รหัสโครงการ[SUT7-703-48-12-74]

รายงานการวิจัย

การประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง

The Assessment of Raw Material and the Energy production from Cassava Stock Technology

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรชัย อาจหาญ

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

พรรษา ลิบลับ	พินิจ จิรัคคกุล	ทิพย์สุภินทร์ หินซุย
ณัฐพงษ์ ประภาการ	สุภัทร หนูแย้ม	สาวิตรี คำหอม
ธนธัช มุขขันธ์	ปภัส ชนะโรค	พจนาลัย ชาวห้วยหมาก
ศรัลย์ ปานศรีพงษ์	นัยวัฒน์ สุขทั่ง	วิเชียร ดวงสีเสน
กิตติยาภรณ์ รองเมือง	กฤษกร รับสมบติ	นิวัตน์ คงกะพี้
กงจักร ลมวิชัย	คงเดช พะสีนาม	ธราวุธ บุญน้อม

ปิยะ กิตติภาดากุล

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2548

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

สิงหาคม 2553

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2548 ระยะ เวลาทำการวิจัย 6 เดือน ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คณะกรรมการผู้ตรวจสอบทางวิชาการ ที่ได้ให้คำแนะนำข้อเสนอแนะต่อคณะผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ

หัวหน้าโครงการวิจัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประเมินศักยภาพและเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสถานภาพของเหง้ามันสำปะหลังทั้งปริมาณและคุณภาพ พร้อมทั้งศึกษาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น การศึกษาแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ 1) การศึกษาศักยภาพของเหง้ามันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ 2) การสำรวจพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ 3) การทดสอบคุณสมบัติเหง้ามันสำปะหลัง 4) การวิเคราะห์ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง และ5) การศึกษาการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น

จากการศึกษาพบว่าการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยประจำปี พ.ศ. 2544 พบว่า มีการปลูกมันสำปะหลังเพื่อการค้า 48 จังหวัด โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา พันธุ์มันสำปะหลังที่ปลูกมากที่สุดคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์50 คิดเป็น 60.91% ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมด มีปริมาณเหง้าที่ผลิต 0.29 ตันสดต่อไร่ สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังสดต่อหัวมันสำปะหลังสด (Crop Residual Ratio, CRR) มีค่าประมาณ 0.12 หรือ 12 %ของหัวมันสำปะหลังสด ปริมาณเหง้ามันสำปะหลังในจังหวัดคิดเป็น 136,705.00 ตัน คิดเป็นพลังงาน 2014.32 GJ เทียบเท่าน้ำมันดิบ 48.11 ktoe และต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังมีค่าประมาณ 0.58-0.95 บาท/กิโลกรัมสด ขึ้นอยู่กับวิธีการรวบรวมและสับ/ย่อย ในส่วนการสำรวจความสนใจของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการนำเหง้ามันสำปะหลังที่ไม่มีประโยชน์มาขายเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับตนเอง

จากผลการทดสอบหาคุณสมบัติของเหง้ามันสำปะหลังที่จำเป็นในการพิจารณานำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตความร้อนและกระแสไฟฟ้า พบว่า ปริมาณความชื้น(%) ปริมาณเถ้า (%) ปริมาณสารละเหย (%) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (%) ความหนาแน่น (kg/m^3) และค่าความร้อนสูง (kJ/kg) เท่ากับ 1.8, 8.4, 75.8, 14.0, 238.0 และ 14,734.8 ตามลำดับ และองค์ประกอบแบบแยกธาตุ คือ ปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และออกซิเจน เท่ากับ 46.12%, 7.55%, 1.13%, 0.03% และ 54.83% ตามลำดับ โดยรวมคุณลักษณะของเหง้ามันสำปะหลังเหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น

การผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น นั้นสามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ ไม่ซับซ้อน มีเสถียรภาพ และได้รับการยอมรับกันทั่วโลกว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีความปลอดภัย เพราะเป็นระบบความดันต่ำ (Low Pressure) เหมาะสมสำหรับการใช้กับชุมชน แต่อย่างไรก็ดียัง การใช้ประโยชน์จากเหง้ามันสำปะหลังยังประสบกับปัญหาด้านการรวบรวม การแปรรูป และการขนส่ง ที่มีอยู่อย่างกระจัดกระจาย ซึ่งจะต้องมีการศึกษาแนวทางการ

บริหารจัดการเหง้ามันสำปะหลัง ที่เหมาะสม สำหรับรองรับการขยายตัวของความต้องการเชื้อเพลิงชีวมวลในอนาคตต่อไป

ABSTRACT

This research is the study on evaluation of potential and energy production technology from cassava rhizome. The objectives are to survey the situation of cassava both in terms of quantity and quality as well as to study the appropriateness of energy production via gasification technology. The study was divided into five parts including 1) study of the quantitative potential of cassava rhizome according to its cultivars, 2) survey of cassava growing area using Geographic Information System (GIS) technology, 3) examination of cassava properties, 4) analysis of the cost of cassava rhizome as fuel, and 5) study of the energy production from cassava rhizome using gasification technology.

From the study, it was found that in Thailand 2004 there were 48 provinces growing cassava in commercial, the largest area was in Nakhon Ratchasima province, and the most popular cultivar was Kasetsart 50 which accounts for 60.91% of the total growing area. The rhizome production was found to be 0.29 ton/rai, and the ratio of rhizome to fresh cassava root (Crop Residual Ratio, CRR) was 0.12 or 12% of the cassava root production. Consequently, the cassava rhizome produced in the province was 136,705 ton which could be converted into energy approximately 2,01432 GJ or 48.11 ktoe. The cost of cassava preparation as fuel was found between 0.58-0.95 Baht/kg_{fresh} depending on the processes of collection and size reduction. As for the survey on farmer interest, most of cassava growing farmers agreed to the concept of selling their useless residue in order to get more income.

The results on properties of cassava rhizome with respect to energy production in terms of heat and electricity production showed that the proximate values including moisture content (%), ash content (%), volatile matter (%), fixed carbon (%), density (kg/m^3) and high heating value (kJ/kg) were 1.8, 8.4, 75.8, 14.0, 238.0 and 14,734.8, respectively. For the ultimate values of carbon, hydrogen, nitrogen, sulphur and oxygen elements were found to be 46.12%, 7.55%, 1.13%, 0.03% and 54.83%, respectively. Overall, cassava rhizome characteristics indicate appropriateness for use as feedstock in gasification process.

The energy production from cassava rhizome via gasification technology is highly potential because it is uncomplicated and stable. In addition, it has been widely held that this technology is safe because the operation is carried out under low pressure. Therefore, it is appropriate for use in rural community. However, there are problems

concerning the collection, processing and transportation of cassava rhizome scattered on the field. These would require further study on suitable management approaches of cassava rhizome in order to support the growing demand of biomass fuel in the future.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูปภาพ ..... ช
คำอธิบายสัญลักษณ์ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 บทนำ 5
2.2 เหง้ามันสำปะหลัง 5
2.3 การผลิตพลังงานทดแทน จากเหง้ามันสำปะหลัง 7
2.4 เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification Technology) 7
2.4.1 ปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชั่น 8
2.4.2 ชนิดของเตาผลิตแก๊สชีวมวล (Type of Gasifier) 9
2.4.3 ระบบผลิตพลังงาน (Power Generation System) 10
2.5 การพัฒนาเทคโนโลยีแก๊สฟิซิเคชั่นในประเทศไทย 11
2.6 สรุป 16
บทที่ 3 เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย
3.1 การศึกษาศักยภาพของเหง้ามันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ 17
3.2 การสำรวจพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ 17
3.3 การทดสอบคุณสมบัติเหง้ามันสำปะหลัง 17
3.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 18
3.3.2 ตัวอย่างและวิธีการเก็บตัวอย่าง 18
3.3.3 การวิเคราะห์สมบัติของเหง้ามันสำปะหลังที่เตรียมได้ 19

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.4 การวิเคราะห์ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง 19
3.5 การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยกระบวนการ Gasification 24

บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 บทนำ 25
4.2 สถิติการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย 25
4.3 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย 28
4.4 พันธุ์มันสำปะหลัง 30
4.4.1 พันธุ์ระยอง 5 30
4.4.2 พันธุ์ระยอง 72 30
4.4.3 พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 31
4.4.4 พันธุ์ห้วยบง 60 31
4.5 ผลการศึกษาศักยภาพของเหง้ามันสำปะหลัง (จังหวัดนครราชสีมา) 32
4.5.1 ข้อมูลทั่วไป 32
4.5.2 ข้อมูลประชากรและเขตการปกครอง 34
4.5.3 ข้อมูลการเกษตร 34
4.5.4 คุณสมบัติเหง้ามันสำปะหลัง 36
4.5.5 การประเมินปริมาณเหง้ามันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา 37
4.6 การวิเคราะห์ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง 39
4.6.1 สมมติฐานและการวิเคราะห์ต้นทุน 42
4.6.2 สรุปต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง 45
4.6.3 ทัศนคติในการนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นพลังงานทดแทน:กรณีศึกษา ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 48
4.7 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยกะบวนการ Gasification 50
4.7.1 ประวัติโรงไฟฟ้าชีวมวล "สุรนารี" 50
4.7.2 ทฤษฎีแก๊สซิฟิเคชั่น 51
4.7.3 ส่วนประกอบของระบบ 54
4.7.4 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า 56

4.7.5 ขั้นตอนการทำงานของต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก 60
4.7.6 การบำรุงรักษา..... 63
4.7.7 สรุปเทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยกะบวนการ Gasification..... 64
บทที่ 5 สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ 66
บรรณานุกรม.....
ภาคผนวก ก แบบสอบถามข้อมูล (ภาคเกษตรกรรม) .....
ประวัติผู้วิจัย.....

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 พื้นที่ปลูก มันสำปะหลังในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 ถึง 2547 26
ตารางที่ 4.2 เนื้อที่ปลูกมันสำปะหลัง ปี 2545 แยกตามพันธุ์ 30
ตารางที่ 4.3 ประชากร จังหวัด นครราชสีมา 33
ตารางที่ 4.4 พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2548/49 35
ตารางที่ 4.5 พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังรายอำเภอ จังหวัด นครราชสีมา ปี 2550 35
ตารางที่ 4.6 ผลการศึกษาองค์ประกอบของเหง้ามันสำปะหลัง โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบประมาณ ... 37
ตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาองค์ประกอบแบบแยกธาตุ ของเหง้ามันสำปะหลัง 37
ตารางที่ 4.8 สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสด จังหวัด นครราชสีมา 38
ตารางที่ 4.9 ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา 39
ตารางที่ 4.10 การทดสอบกำลังการสับ/ย่อยสูงสุดของเครื่องสับ/ย่อยเหง้ามันสำปะหลัง 43
ตารางที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสับ/ย่อยเหง้ามันสำปะหลังกรณีต่างๆ 44
ตารางที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบพิกัดรถบรรทุกชนิดต่างๆ เพื่อนำมาขนส่งเหง้ามันสำปะหลัง.. 45
ตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังกรณีต่างๆ (บาท/กิโลกรัม)46
ตารางที่ 4.14 ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังกรณีที่ 1 46
ตารางที่ 4.15 ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังกรณีที่ 2 47
ตารางที่ 4.16 ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังกรณีที่ 3 47
ตารางที่ 4.17 ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังกรณีที่ 4 48
ตารางที่ 4.18 ประชากร ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 49
ตารางที่ 4.19 อาชีพของประชากรใน ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 49

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ลักษณะเหง้ามันสำปะหลัง ที่อยู่ในแปลง จากการขุดมันสำปะหลังด้วยแรงงานคน..... 6
รูปที่ 2.2 กลไกของปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชั่น..... 8
รูปที่ 2.3 เตาผลิตแก๊สชีวมวลชนิดต่างๆ..... 9
รูปที่ 2.4 โรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิตฯ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 14
รูปที่ 2.5 กระบวนการและส่วนประกอบของระบบโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิตฯกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน 14
รูปที่ 2.6 ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 15
รูปที่ 2.7 กระบวนการและการจัดวางระบบต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 16
รูปที่ 3.1 เครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับขุดถอนที่เกษตรกรทั่วไปเรียกว่า "แมคโค"..... 20
รูปที่ 3.2 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบซี่แบบขุดไม่พลิกดินในเขตพื้นที่จังหวัดสระแก้วและฉะเชิงเทรา..... 21
รูปที่ 3.3 ผาลขุดแบบจานโค้งในเขตพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร (ก) และเขตจังหวัดนครราชสีมา (ข)22
รูปที่ 3.4 ลักษณะการขุดแบบไม่มีการพลิกดิน (ก) และแบบมีการพลิกดินให้พลิกไปด้านเดียว (ข) 22
รูปที่ 3.5 การใช้แรงงานคนจำนวนมากในการเก็บหัวมันสำปะหลังภายหลังการขุด โดยเฉพาะการขุดแบบ พลิกดินออกสองข้าง หรือการใช้เครื่องขุดต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่ 23
รูปที่ 3.6 การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากต้น (ก) แล้วใช้แรงงานคนขนย้ายเพื่อขึ้นรถบรรทุก (ข) ซึ่งมีทั้งรถเทรลเลอร์พ่วงรถไถเดินตาม (ค) รถอีแต๋น หรือ รถบรรทุกสิบล้อ (จ)..... 23
รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งของเหง้ามันในแปลงที่เกษตรกรจะทิ้งไว้เป็นจุด..... 24
รูปที่ 3.8 แสดงการขนส่งเหง้ามันและรถสำหรับขนส่งมันสำปะหลัง..... 24
รูปที่ 4.1 พื้นที่ปลูก มันสำปะหลังในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 ถึง 2552 28
รูปที่ 4.2 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย ปี 2544..... 29
รูปที่ 4.3 แผนที่แสดงอาณาเขตของจังหวัดนครราชสีมา..... 32
รูปที่ 4.4 สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสดแยกตามพันธุ์จังหวัดนครราชสีมา..... 38
รูปที่ 4.5 สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสดแยกตามพื้นที่ปลูกจังหวัดนครราชสีมา38
รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังและการแปรรูปเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล 40
รูปที่ 4.7 แสดงการรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงเข้าสู่โรงงาน 41
รูปที่ 4.8 เครื่องสับ/ย่อยวัสดุเกษตร (Chipper) ชนิดหัวสับชนิดจานกลม (Flywheel Type)..... 43

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.9 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น 52
รูปที่ 4.10 แผนผังส่วนประกอบที่สำคัญของต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 57
รูปที่ 4.11 ส่วนประกอบสำคัญต่างๆ ของโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารีฯ 58
รูปที่ 4.12 ขั้นตอนการเปิดฝาของเตาผลิตแก๊สชีวมวล การปล่อยน้ำ การลำเลียงเชื้อเพลิง และการเติมเชื้อเพลิง 60
รูปที่ 4.13 เปิดวาล์วทางเข้าของอากาศรอบตัวเตา การเปิดช่องจุดไฟ และวาล์วระบายแก๊สออก 61
รูปที่ 4.14 การเปิดสวิตซ์ระบบควบคุมสำหรับ Biomass Power Plant Control 61
รูปที่ 4.15 การจุดเตาผลิตแก๊สชีวมวล และการทดสอบการลุกไหม้ของแก๊ส 62
รูปที่ 4.16 การเปิดสวิตซ์ระบบควบคุมสำหรับ Biomass Gas Control 62
รูปที่ 4.17 การจุดเตาผลิตแก๊สชีวมวล และการทดสอบการลุกไหม้ของแก๊ส 63

คำอธิบายสัญลักษณ์

G_C	Gas Composition (%V)
G_{ex}	Exhaust Gas
HHV_{bio}	High Heating Value of biomass (MJ/Nm^3)
HHV_g	High Heating Value of gas (MJ/Nm^3)
m_{ash}	Ash Production (kg/hr)
m_{bio}	Biomass Consumption (kg/hr)
T_0	Producer Gas Temperature (Gas Outlet (^oC))
T_1- T_6	Reactor Temperature
T_g	Producer Gas Temperature (Cleaned Gas (^oC))
V_g	Gas Flow Rate (Nm^3/h)
W_1	Waste water characteristics After Scrubber
W_2	Waste water characteristics After Flocculation
W_3	Waste water characteristics Sludge
ηg	Gasification Efficiency
ηe	Engine-generator Efficiency
ηel	Electrical Efficiency

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ในภาวะปัจจุบันสถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศไทยนั้นกำลังอยู่ในช่วงวิกฤติ เนื่องมาจากความไม่แน่นอนของสถานการณ์ทางการเมืองในต่างประเทศ หรือแม้กระทั่งการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศเราเองที่มีแนวโน้มในการใช้พลังงานเพิ่มมากขึ้นเป็นเหตุจูงใจให้นักวิจัยส่วนมากหันมาทำการค้นคว้าและวิจัยหาแหล่งพลังงานใหม่มาทดแทนที่เหมาะสมในประเทศ อันสอดคล้องกับนโยบายพลังงานของชาติ

ในจำพวกของพลังงานทดแทน เอทานอลถูกจัดอยู่ในอันดับต้นๆ ที่มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในและได้รับการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมาเป็นลำดับ จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่ 5 ได้มีการตั้งโรงงานผลิตเอทานอลต้นแบบ โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) เพื่อศึกษาการใช้พลังงานทดแทนจากการนำพืชจำพวกแป้งและน้ำตาลมาผลิตเป็นเอทานอลบริสุทธิ 99.5-99.7% เพื่อนำมาผลิตแก๊สโซฮอลล์ โดยที่เอทานอลนี้จะทดแทนสาร MTBE ที่เป็นสารเพิ่มออกซิเจนและออกเทนในน้ำมันจึงสามารถนำมาใช้แทนน้ำมันเบนซินออกเทน 95 ได้ และมีราคาถูกกว่า ลิตรละประมาณ 2 บาท โดยขณะนี้นโยบายต่างๆ ได้มีความชัดเจนมากขึ้น และมีการอนุมัติให้สร้างโรงงานผลิตเอทานอลในจังหวัดนครราชสีมาถึง 4 แห่ง เพื่อนำมาใช้ในการผลิตแก๊สโซฮอลล์ดังกล่าว ตลอดจนได้มีการศึกษาเพื่อเพิ่มปริมาณการใช้เอทานอลบริสุทธิ์เข้าไปผสมในน้ำมันเบนซิน 15% และ 20% อีกด้วย

การศึกษาสถานภาพของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแก๊สโซฮอลล์ พบว่าพืชที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเอทานอลมากที่สุดคือ มันสำปะหลัง ทั้งนี้พื้นที่การปลูกมันสำปะหลังในปี 2552/2553 มีประมาณ 7.781 ล้านไร่ และผลผลิตสามารถเก็บเกี่ยวได้ 27.759 ล้านตัน (สมาคมค้ามันสำปะหลังไทย,2553) ความต้องการมันสำปะหลังในประเทศและเพื่อการส่งออก คาดว่าจะขยายตัวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความต้องการบริโภคในประเทศจะขยายตัวมากกว่าการส่งออก ในอัตราการขยายตัวประมาณร้อยละ 20 ต่อปี ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการใช้มันสำปะหลังเพื่อผลิตเอทานอลที่ขยายตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

อย่างไรก็ดีต้นทุนการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังในปัจจุบันนั้นประมาณการณ์อยู่ในช่วง 12.85 -13.90 บาทต่อ 1 ลิตร (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม; 2552) ซึ่งแยกเป็นค่าวัตถุดิบ ค่าใช้จ่ายในการผลิตและการกำจัดของเสีย ในการที่จะลดต้นทุนการผลิต เอทานอลโดยอาศัยความ

ผันแปรของราคามันสำปะหลังหรือมันเส้นนั้นทำได้ยาก เพราะราคามันสำปะหลังในปัจจุบันนั้นอยู่ในขั้นต่ำที่เกษตรกรอยู่ได้ ซึ่งโอกาสที่จะปรับตัวสูงขึ้นนั้นมีสูง อันเนื่องมาจากความต้องการของมันสำปะหลังที่สูงขึ้น ส่วนหนึ่งเป็นเพราะอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลเอง ดังนั้นจึงควรที่จะพิจารณาทำการลดต้นทุนการผลิตในส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายในการผลิต และกำจัดของเสีย ซึ่งทั้งสองส่วนนี้ตัวการที่สำคัญที่เป็นค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ก็คือ *พลังงาน* นั่นเอง

พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนเป็นพลังงานหลักที่ใช้ในการผลิตเอทานอล ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการหมัก การกลั่น ไปจนกระทั่ง การกำจัดของเสีย จึงน่าที่จะหาทางนำเศษวัสดุหรือของเหลือกลับมาใช้ในการผลิตพลังงานหมุนเวียน เฉกเช่น โรงงานอุตสาหกรรมอื่นๆ ยกตัวอย่าง โรงงานน้ำตาล โรงสีข้าว ที่นำชานอ้อยหรือแกลบ มาผลิตเป็นพลังงานหมุนเวียนในกิจกรรมในโรงงานได้อีกครั้นมามองที่เศษวัสดุหรือของเหลือจากกระบวนการผลิตเอทานอล ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในรูปของของเหลว ซึ่งอาจจะสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานหมุนเวียนได้อีก แต่อาจต้องสิ้นเปลืองกับกระบวนการดังกล่าว และอาจจะไม่คุ้มทุน ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะนำเศษวัสดุหรือของเหลือที่ได้จากการผลิต (ปลูก) มันสำปะหลังมาใช้เป็นพลังงานสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล นั่นก็คือเหง้ามันสำปะหลัง

เหง้ามันสำปะหลัง (Cassava stock) เป็นเศษวัสดุหรือของเหลือจากการผลิตมันสำปะหลัง ที่ยังไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หรือแม้กระทั่งบางครั้งก่อให้เกิดภาระที่ต้องทำลายหรือกำจัดทิ้ง ดังนั้นการนำวัสดุเหล่านี้มาใช้ในการผลิตพลังงานจึงเป็นการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรอย่างคุ้มค่าเหมาะสม และยังช่วยขจัดปัญหาเศษวัสดุหรือของเหลือจากการเกษตรให้แก่เกษตรกรอีกด้วย การนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้ในการผลิตพลังงาน ยังไม่ปรากฏให้เห็นว่าจะเป็นอุตสาหกรรมการผลิตใด ๆ

อาจจะเป็นเพราะว่า การรวบรวมและการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังนั้นมีต้นทุนสูง เมื่อเปรียบเทียบกับราคาน้ำมันและเชื่อเพลิงอื่นๆ แต่ในปัจจุบัน ปัจจัยพื้นฐานในการขนส่ง เช่น ถนนหนทาง รถบรรทุกเกษตร ที่สามารถเข้าถึงแปลงเพาะปลูกได้ ประกอบกับราคาน้ำมันและเชื้อเพลิงอื่นๆ มีแนวโน้มสูงและหายากขึ้น จึงสมควรที่จะทำการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังอย่างจริงจัง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสถานภาพของเหง้ามันสำปะหลังทั้งปริมาณและคุณภาพ

1.2.2 เพื่อศึกษาสถานภาพของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยกระบวนการ Gasification เพื่อทำการประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง

1.2.3 เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายในการรวบรวม และการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังไปยังจุดที่จะผลิตพลังงาน รวมถึงกระบวนการอื่นๆ จะถูกกระทำควบคู่กันไป

1.2.4 เพื่อเป็นแนวทางการวางแผนและกำหนดนโยบายในการจัดการเหง้ามันสำปะหลังที่นำมาใช้ผลิตพลังงานเสริมสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะประเมินสถานภาพของวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง ด้วยกระบวนการ Gasification เพื่อทำการประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง ไม่เพียงแต่สามารถใช้เป็นแนวทางการวางแผนและกำหนดนโยบายในการจัดการเหง้ามันสำปะหลัง ที่นำมาใช้ผลิตพลังงานเสริมสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอลเท่านั้น ยังสามารถนำไปใช้กับอุตสาหกรรมประเภทอื่น ตลอดจนใช้ผลิตพลังงานเพื่อชุมชนได้อีกด้วย ส่วนสาเหตุที่เลือกใช้เทคโนโลยีการเผาโดยวิธี Gasification คือ เป็นระบบที่สามารถใช้กับวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงได้ และสามารถนำมาใช้งานได้หลากหลาย ยกตัวอย่าง ระบบ Hybrid updraft-downdraft gasification ที่สามารถผลิตก๊าซเชื้อเพลิงที่มีค่า Heating value สูง และจุดติดไฟง่าย ออกมาสองช่องทางในขณะเดียวกัน โดยก๊าซเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ทางช่องออก Updraft และ Downdraft สามารถนำมาใช้ในการอบแห้งและผลิตกระแสไฟฟ้าตามลำดับ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นการประเมินวัตถุดิบ และ ส่วนของการประเมินเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง ทำให้สามารถประมาณหรือคาดคะเนปริมาณเหง้ามันสำปะหลังที่มีอยู่ให้ได้ใกล้เคียงที่สุด ตลอดจนสถานภาพทั่วไปในการจัดการเหง้ามันสำปะหลัง

นอกจากนี้การตรวจข้อมูลพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเบื้องต้นโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถแสดงการกระจายตัวของวัตถุดิบได้อย่างแม่นยำ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเหง้ามันสำปะหลัง สำหรับใช้ในการตัดสินใจ วางแผน การกำหนดนโยบายในการจัดการเหง้ามันสำปะหลังเพื่อนำมาใช้ผลิตพลังงานทดแทนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด อีกด้านหนึ่งของการประเมินวัตถุดิบก็คือ การประเมินในเชิงคุณภาพจะทำให้ทราบถึงคุณสมบัติที่เหมาะสมของเหง้ามันสำปะหลัง ในการนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ ไม่ว่าจะเป็นพลังงานสะสม (Energy content) ความชื้น (Moisture content) ขนาดและการกระจายตัว (Size and distribution) ความหนาแน่น (Bulk density) สารระเหย (Volatile matter content) ปริมาณเถ้า (Ash content) เป็นต้น

ส่วนที่สอง คือการประเมินเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง จะทราบถึงสถานภาพและวิวัฒนาการของระบบ Biomass gasification ตลอดจนการตรวจสอบเอกสารของ

งานวิจัยที่ผ่านมา การแจกแจงเทคโนโลยีต่างๆ และได้ข้อสรุปออกมาในส่วนที่เป็นข้อดี ข้อเสีย ปัญหา และข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปปรับปรุงหาวิธีการที่สามารถนำมาใช้กับเหง้ามันสำปะหลังได้อย่างเหมาะสม

ก่อนเริ่มต้นพัฒนารูปแบบและเทคโนโลยีการใช้พลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ เป็นการส่งเสริมให้มีการนำพลังงานหมุนเวียนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยมาใช้อย่างแพร่หลาย เกิดตลาดของสินค้าและบริการที่ช่วยและสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงาน นอกจากนี้ยังมีผลพลอยได้ในส่วนของสังคม ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม พลังงานโดยรวม ตลอดจนด้านการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ความสัมพันธ์ระหว่างองค์กร และอื่นๆ มากมายที่จะตามมา

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวนำถึงวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ เหง้ามันสำปะหลังซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่กำลังขยายตัวเพิ่มขึ้นไปพร้อมกับอุตสาหกรรมมันสำปะหลัง การผลิตพลังงานทดแทนจากเหง้ามันสำปะหลัง เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น และการพัฒนาเทคโนโลยีแก๊สฟิซิเคชั่นในประเทศไทย โดยมีรายละเอียดดังในหัวข้อต่อไป

2.2 เหง้ามันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีศักยภาพด้านการตลาด เนื่องจากสามารถนำไปแปรรูป เป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในรูปต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ได้นานาประการ ทั้งในรูปอาหารและมิใช่อาหาร เช่น มันเส้น มันอัดเม็ด ใช้เป็นส่วนประกอบอาหารสัตว์ และผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ สำหรับแป้งมันสำปะหลังใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร สารความหวาน ผงชูรส สิ่งทอ กระดาษ เป็นต้น รวมทั้งเอทานอลและภาชนะบรรจุย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ซึ่งในอนาคตจะมีการใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมากยิ่งขึ้น เพราะช่วยลดปัญหามลภาวะและสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากการใช้พลาสติกและโฟม ส่วนการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปยังต่างประเทศ คาดว่า จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการเปิดการค้าเสรีในรูปของทวิภาคีมากขึ้น โดยเฉพาะในตลาดนำเข้าที่สำคัญของไทย

ในขณะที่มีการใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลังจำนวนมากก็ยังมีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเกิดขึ้นมาพร้อมๆ กัน คือ เหง้ามันสำปะหลัง (Cassava stock) ซึ่งเป็นเศษวัสดุหรือของเหลือจากการผลิตมันสำปะหลัง แสดงในรูปที่ 2.1 ที่ยังไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้หรือแม้กระทั่งบางครั้งก่อให้เกิดภาระที่ต้องทำลายหรือกำจัดทิ้ง ดังนั้นการนำวัสดุเหล่านี้มาใช้ในการผลิตพลังงานจึงเป็นการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรอย่างคุ้มค่าเหมาะสม และยังช่วยขจัดปัญหาเศษวัสดุหรือของเหลือจากการเกษตรให้แก่เกษตรกรอีกด้วย

รูปที่ 2.1 ลักษณะเหง้ามันสำปะหลัง ที่อยู่ในแปลง จากการขุดมันสำปะหลังด้วยแรงงานคน

2.3 การผลิตพลังงานทดแทน จากเหง้ามันสำปะหลัง

การผลิตพลังงานทดแทน จากเหง้ามันสำปะหลังที่น่าสนใจ โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 วิธีการ ได้แก่

2.3.1 การหมัก (Fermentation)

การหมัก (Fermentation) ซึ่งจะได้ก๊าซมีเทน หรือ เมทานอลและเอทานอล แต่อยู่ในปริมาณที่น้อยและใช้ระยะเวลานาน ส่วนการเผา (Combustion and gasification) สามารถนำมาผลิตพลังงานความร้อนได้โดยตรง หรือ ได้องค์ประกอบก๊าซเชื้อเพลิงที่มีค่า Heating value สูง ซึ่งมีความเหมาะสมและเป็นไปได้อย่างยิ่งในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล

2.3.2 การเผาโดยวิธี Gasification

การผลิตเหง้ามันสำปะหลังโดยวิธีการเผาโดยวิธี Gasification อาศัยกระบวนการทางเคมี ที่ทำให้องค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในชีวมวล เปลี่ยนไปเป็นก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และไฮโดรเจน (H_2) จุดติดไฟง่าย สามารถนำไปใช้ในการผลิตพลังงานได้หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็น การผลิตพลังงานความร้อนโดยการเผาไหม้โดยตรงในห้องเผาไหม้ (Burner) หรือแม้กระทั่งนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า (Engine-generator set) ซึ่งสภาวะที่ทำให้เกิดก๊าซดังกล่าวก็คือ สภาวะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ กล่าวคือ เป็นสภาวะที่มีการกำจัดปริมาณอากาศหรือก๊าซออกซิเจน เพราะหากมีกาซออกซิเจนเพียงพอ หรือมากเกินพอจะเป็นกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Combustion) และมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำออกมาซึ่งไม่ติดไฟ

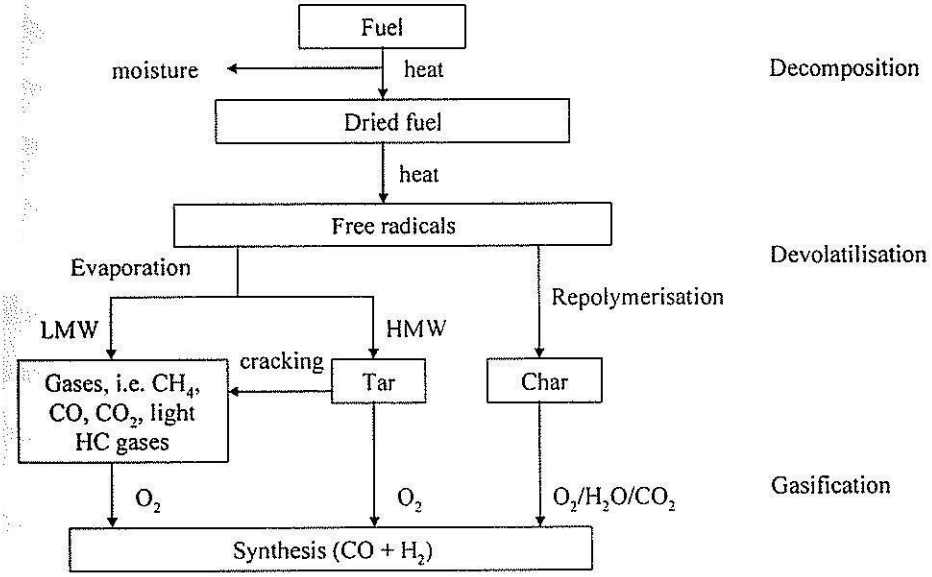
2.4 เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification Technology)

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นเป็นการแตกตัวของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในสภาวะที่มีการควบคุมปริมาณออกซิเจนในสัดส่วนที่ต่ำกว่าค่าที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Stoichiometric Fuel Air Ratio) ได้ผลิตภัณฑ์แก๊สซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจนและมีเทน เรียกว่า แก๊สสังเคราะห์ (Synthesis Gas) ในกรณีที่ใช้อากาศเป็นตัวทำปฏิกิริยา แก๊สที่ได้จะมีค่าความร้อนต่ำประมาณ 3 – 5 MJ/Nm^3 หากมีการเติมไอน้ำด้วยจะทำให้ได้แก๊สที่มีค่าความร้อนเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใช้ออกซิเจนเป็นตัวทำปฏิกิริยา แก๊สที่ได้จะมีค่าความร้อนสูงกว่าคือ ประมาณ 15 – 20 MJ/Nm^3 แก๊สผลิตภัณฑ์นี้สามารถนำไปใช้ในรูปของเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานหรือนำไปใช้ผลิตเชื้อเพลิงในรูปแบบอื่นต่อไป เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นสามารถรองรับวัตถุดิบได้หลากหลายชนิดและคุณสมบัตินอกจากชีวมวลประเภทเศษไม้หรือของเหลือจากการเกษตรแล้ว บางกระบวนการได้รับการพัฒนาและปรับปรุงให้สามารถใช้กับกากตะกอนน้ำเสีย (Sewage Sludge) และขยะ

องค์ประกอบของระบบแก๊สซิฟิเคชั่นสำหรับการผลิตพลังงานประกอบด้วยส่วนแรก คือ เครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชั่น (Gasifier) ซึ่งเป็นส่วนที่ผลิตแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อป้อนเป็นเชื้อเพลิงสู่ส่วนที่สอง คือ ระบบผลิตพลังงาน (Power Generation System) โดยแก๊สเชื้อเพลิงก่อนเข้าสู่ระบบผลิตพลังงานจะต้องมีการบำบัดเสียก่อนเพื่อไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อส่วนต่างๆของระบบผลิตพลังงาน และส่วนที่สาม คือส่วนควบคุมมลพิษ (Pollutant Control Unit)

2.4.1 ปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชั่น

ปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชั่น เป็นส่วนที่ทำการเปลี่ยนวัตถุดิบในรูปของแข็งให้เป็นแก๊สที่เผาไหม้ได้ เรียกว่า แก๊สสังเคราะห์ กลไกของปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชั่นสามารถอธิบายดังแสดงใน **รูปที่ 2.2**



รูปที่ 2.2 กลไกของปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชั่น

เมื่อให้ความร้อนต่อเชื้อเพลิงแข็ง อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้สารอินทรีย์ในเชื้อเพลิงเกิดกระบวนการสลายตัว (Decomposition) และกระบวนการกลั่นสลาย (Devolatilisation) และผลิตสารระเหย (Volatiles) เช่น มีเทน และส่วนที่เหลือที่ยังคงสภาพของแข็งอยู่เรียกว่า ถ่านชาร์ (Char) ถ่านชาร์และสารระเหยจะทำปฏิกิริยาทุติยภูมิ (Secondary Reaction) อย่างต่อเนื่องโดยทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ไอน้ำ หรือคาร์บอนไดออกไซด์ได้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงซึ่งมีองค์ประกอบหลักคือ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทนแต่ในปริมาณที่น้อยกว่า

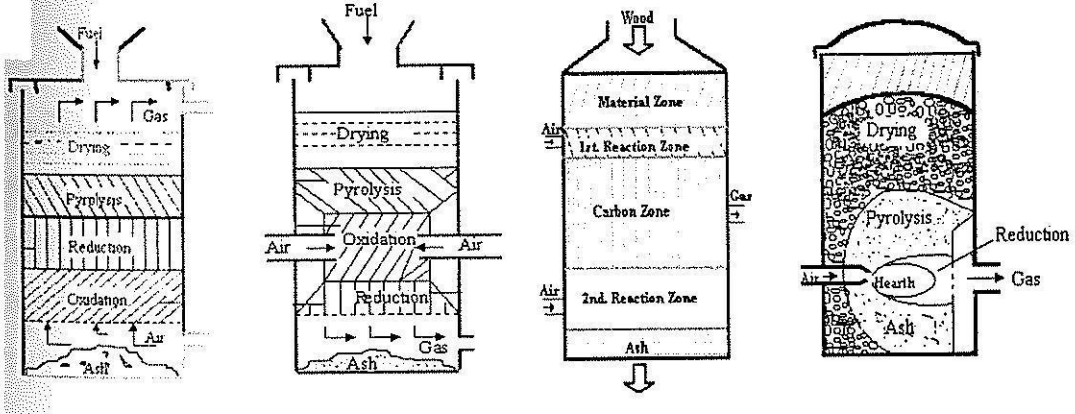
ปฏิกิริยาอุณหเคมีที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งปัจจัยหลักที่จะกำหนดการเกิดปฏิกิริยาคืออุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ เช่น ถ้าเวลา (Residence

ปฏิกิริยาอุณหเคมีที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวกำหนดองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งปัจจัยหลักที่จะกำหนดการเกิดปฏิกิริยาคืออุณหภูมิภายในเครื่องปฏิกรณ์ เช่น ถ้าเวลา (Residence time) ในบริเวณ Hot Zone ของเครื่องปฏิกรณ์น้อยเกินไป หรืออุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้โมเลกุลขนาดกลางไม่เกิดการสันดาปและจะหลุดออกไปเกิดการควบแน่นที่บริเวณ Reduction Zone เป็นน้ำมันทาร์ ปัจจัยที่กำหนดองค์ประกอบของแก๊สเชื้อเพลิง ปริมาณของน้ำมันทาร์และฝุ่นละอองในแก๊สเชื้อเพลิง คือ ชนิดของเครื่องปฏิกรณ์ สภาวะความดัน อุณหภูมิ

2.4.2 ชนิดของเตาผลิตแก๊สชีวมวล (Type of Gasifier)

ชนิดของเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง (Gasifier) แบ่งตามลักษณะการป้อนเชื้อเพลิงดิบ (ชีวมวล) แบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ แบบคอลัมน์ (Fixed Bed Gasifier) และแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized Bed Gasifier) ซึ่งมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ตามลักษณะของการนำไปใช้ประโยชน์ (Dutta, 1998) และวัตถุดิบที่ใช้ หากต้องการนำไปใช้ในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง และวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่แล้วพบว่าเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบคอลัมน์ มีความเหมาะสมเพราะนอกจากจะสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากวัตถุดิบที่มีความชื้นสูงด้วยระบบที่ไม่ซับซ้อนและยังสามารถนำพลังงานที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

เตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงแบบคอลัมน์นี้สามารถจำแนกตามทิศทางการป้อนอากาศในเตาคือ ถ้าอากาศถูกป้อนจากด้านล่างขึ้นข้างบนของเตาเรียกว่า Updraft Gasifier และถ้าป้อนจากส่วนบนของห้องเผาไหม้ลงด้านล่างของเตาเรียกว่า Downdraft Gasifier ส่วนอากาศเข้าในแนวขวางเรียกว่า Crossdraft Gasifier ดังแสดงใน **รูปที่ 2.3**



a) Updraft b) Downdraft c) Twin-fire d) Crossdraft

รูปที่ 2.3 เตาผลิตแก๊สชีวมวลชนิดต่างๆ

2.4.3 ระบบผลิตพลังงาน (Power Generation System)

แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นสามารถนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยทำได้หลายแนวทาง ดังต่อไปนี้

1) การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไอน้ำโดยผ่านกังหันไอน้ำ

แก๊สเชื้อเพลิงจะถูกส่งจากเครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชั่นเข้าห้องเผาแบบ Close-coupled Combustion Chamber จากนั้นแก๊สร้อนที่ได้จะถูกส่งต่อไปยังหม้อไอน้ำ (Waste Heat Boiler) เพื่อผลิตไอน้ำที่ใช้ในการเดินกังหันไอน้ำและผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าต่อไปเหมือนในกรณีของไอน้ำที่ผลิตได้จากความร้อนจากระบบการเผาไหม้โดยตรง ส่วน Flue Gas ที่เกิดขึ้นจากหม้อไอน้ำจะต้องผ่านระบบบำบัดมลพิษทางอากาศก่อนระบายออกสู่บรรยากาศต่อไป

2) การผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้แก๊สเชื้อเพลิงในการเดินเครื่องยนต์สันดาปภายในหรือเครื่องยนต์ดีเซล

แก๊สเชื้อเพลิงจะถูกส่งจากเครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชั่นจะถูกทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่อาจเป็นอันตรายต่อส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์โดยเฉพาะส่วนที่เป็นโลหะจะเกิดการสึกหรอเนื่องจากการกัดกร่อน หลังจากนั้นพลังงานกลจะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้าต่อไป ซึ่งเครื่องยนต์จะต้องทำการดัดแปลงให้เหมาะสมกับการใช้กับแก๊สเชื้อเพลิง การเดินเครื่องยนต์ดีเซลอาจใช้เชื้อเพลิงเป็นแก๊สเชื้อเพลิง 100% หรือใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงร่วมกับน้ำมันดีเซลใน Duel Fuel Diesel Engine

3) การผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยการเผาเพื่อเดินกังหันแก๊ส

ทางเลือกอีกทางหนึ่งของการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลคือ การใช้เทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวลร่วมกับวัฏจักรกังหันแก๊ส (Biomass-integrated Gasifier/Gas Turbine Technology BIG/GT) เทคโนโลยีนี้เป็นการรวมวัฏจักรเบรตัน (Brayton Cycle) ซึ่งเป็นวัฏจักรหลักของโรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส และเทคโนโลยีการผลิตแก๊สจากถ่านหินมาประยุกต์ใช้กับเชื้อเพลิงชีวมวล ระบบดังกล่าวจะมีต้นทุนโรงไฟฟ้าต่อหน่วยของกำลังการผลิตต่ำกว่าในขณะเดียวกันจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า

แก๊สเชื้อเพลิงจะถูกส่งจากเครื่องปฏิกรณ์แก๊สซิฟิเคชั่นจะถูกทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อน ได้แก่ ฝุ่น ขี้เถ้าหรือแก๊สต่างๆ ที่อาจเป็นอันตรายต่อกังหันใบพัด (Turbine Blades) ออกก่อนป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ของโรงไฟฟ้ากังหันแก๊ส ซึ่งแก๊สจะต้องมีความสะอาดค่อนข้างสูง โดยทั่วไปสามารถตรวจสอบได้กับผู้ผลิตกังหันแก๊ส แก๊สที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วจะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเผาไหม้ในกังหันแก๊สเพื่อผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าต่อไป

ข้อควรระวังสำหรับระบบนี้ คือ ระบบต้องการใช้แก๊สที่มีค่าความร้อน (Heating Value) ค่อนข้างสม่ำเสมอ หากใช้แก๊สเชื้อเพลิงซึ่งมีค่าความร้อนที่แตกต่างกันมากๆ อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อการดำเนินงาน และทำให้ค่าดำเนินงานระบบสูงขึ้นไปอีก ยกตัวอย่างเช่น ขยะมูลฝอยชุมชนซึ่งมีลักษณะสมบัติแตกต่างกันมาก หรือมีค่าความชื้นสูง จะส่งผลให้ค่าความร้อนของแก๊สที่ได้หรือค่าบีทียูมีค่าแตกต่างกันมาก สามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงเสริม ซึ่งจะทำให้เกิดความซับซ้อนในการดำเนินงานมากขึ้น และยังส่งผลต่อราคาค่าดำเนินงานที่เพิ่มขึ้นด้วย

2.5 การพัฒนาเทคโนโลยีแก๊สฟิซิเคชั่นในประเทศไทย

การตรวจสอบงานวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานในส่วนของ Biomass Gasification (การนำชีวมวล หรือ Biomass มาผลิตพลังงานด้วยกระบวนการ Gasification) ในประเทศไทย พบว่าได้มีการทดลองสร้างและทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิง จากถ่านไม้ ในปี 1979 (กองเกษตรวิศวกรรม, 2522) โดยนำมาใช้ในผลิตเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ ขนาด 5 แรงม้า เพื่อใช้ในการสูบน้ำเพื่อการเกษตร พบว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ในท้องถิ่นที่มีถ่านมาก เช่น ในภาคใต้ที่มีการตัดยางพาราเพื่อปลูกยางพันธุ์ดีทดแทนในยุคนั้น

ส่วนกลุ่มวิจัยที่ได้รับเครดิตและถือได้ว่าเป็นผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ Biomass Gasification อย่างจริงจังก็คือ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ทำการศึกษาและพัฒนา Gasification System ขนาดเล็กสำหรับใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าขึ้น ในช่วงปี 1981-1990 โดยเฉพาะในช่วงปี 1989-1990 Gasification System ขนาด 10 kW_e ที่พัฒนาขึ้นใช้งานไปได้ 700 ชั่วโมง ใช้ในการสาธิตและฝึกอบรม นอกจากนี้มีการติดตั้ง 3 เครื่องในเขตที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึงของภาคตะวันออกเฉียงเหนืออีกด้วย (RAR-FAO, 1999)

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี Biomass Gasification ของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ ในการนำพลังงานที่ได้จากกระบวนการ Gasification มาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในแง่มุมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นเทคนิคและรายละเอียดการออกแบบเตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงตลอดจนสภาวะต่างๆที่เหมาะสมที่จะผลิตแก๊สให้ได้คุณภาพ ที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ซึ่งเป็นต้นกำลังในการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือแม้กระทั่งเรื่องของวัตถุดิบ (Biomass) อื่นๆที่มีศักยภาพอีกด้วย (Coovattanachai et al., 1982; 1982a; 1982b; 1983; 1986; 1990; 1997)

จากการที่โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี Biomass Gasification ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล และหน่วยงานระหว่างประเทศที่ผ่านมามากมายในอดีต แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าและเป็นที่ยอมรับในเทคโนโลยีและศักยภาพของประเทศไทยที่สามารถผลิตพลังงานจากกระบวนการ Gasification ได้เป็นอย่างดี จากรายงานของ Biomass Gasification Component of Renewable Non-

conventional Energy Project (Chulalongkorn Univ., 1985) ซึ่งเป็นโครงการที่ได้รับการสนับสนุนจาก สำนักงานพลังงานแห่งชาติ (National Energy Administration) และ U.S. Agency for International Development พบว่ามีการออกแบบ สร้าง ทดสอบ Gasifier นำใช้งานในลักษณะ Pilot Project โดยมีการพัฒนารูปแบบ Gasifier หลายชนิด ชนิดที่เป็น Fixed Bed Gasifier มีตั้งแต่ขนาด 0.5 kW_e จนถึง 25 kW_e หรือแม้กระทั่ง Fluidized Bed Gasifier ซึ่งไม่เพียงแต่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เท่านั้นที่ได้ที่ได้รับการสนับสนุน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย กระทรวงวิทยาศาสตร์ก็ได้รับการสนับสนุน และมีงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ไม่น้อย (TISTR, 1984) อย่างไรก็ตาม ปัญหาใหญ่ที่เกิดขึ้นในงานวิจัยและพัฒนาที่ผ่านมานั่นก็คือ ปัญหายางเหนียวที่เกิดขึ้น และมีผลต่อชิ้นส่วนการทำงานของเครื่องยนต์นั่นเอง

การพัฒนา Multi-stage gasifier ในประเทศไทยนั้นเริ่มต้นโดย นักวิจัยชาวเวียดนาม Bui Tuyen (Bui *et al.*, 1994; Bui, 1996) ขณะที่ศึกษาปริญญาเอกอยู่ที่ AIT (Asian Institute of Technology) และได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจาก Siddque A.H. Md.M. Rahman (Siddque, 1997) Dutta Animesh (Dutta, 1998) และ Wickramasinghe T.A (Wickramasinghe, 2001) โดยเตาเผาชนิดนี้ได้รับการพัฒนาให้มีการป้อนอากาศ 2 ส่วนและมีทางออกของแก๊สเชื้อเพลิง 2 ด้านซึ่งเรียกว่า Hybrid Updraft-downdraft Gasifier ซึ่งได้รับการยืนยันอย่างชัดเจนในเรื่องของ ปริมาณยางเหนียวที่ลดลงจนถือว่าน้อยมากตลอดจนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เช่น การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมของเครื่องยนต์เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า (Dutta, 1998; San, 1999; Sethapanich, 2001; Bhattacharya S. C. *et al.*, 1998; Bhattacharya S. C *et. Al.*, 2001) หรือแม้กระทั่งนำมาใช้ในการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร (Bhatta, 1998; Aung, 2000) จึงน่าที่จะนำเทคโนโลยี Hybrid Updraft-downdraft Gasifier มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และเหมาะสมกับประเทศไทย

เทคโนโลยี Hybrid Updraft-downdraft Gasifier นี้ ได้รับการพัฒนาต่อเนื่อง โดยหน่วยปฏิบัติการวิศวกรรมพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (ปี 2544-2548) โดยมีการพัฒนาต้นแบบโรงไฟฟ้าและสถานีอบแห้ง ขนาด 30 kW_e โดยเน้นการนำไปใช้ในสถานประกอบการ และมีการเผยแพร่ติดตั้งโรงงานต้นแบบ 2 แห่ง คือ

1) ไร่เคหะนคร บริษัท เคหะนครจำกัด ต. ลาดบัวขาว อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา
2) สถานีบ่มใบยา เวียงแก้ว อ. แม่สาย จ. เชียงราย

โดยมีเป้าหมายในการผลิตไฟฟ้าควบคู่กับการใช้ความร้อนร่วมในการอบแห้งใบกระถินยักษ์ (อาหารสัตว์) และใบยาสูบ จากการติดตามประเมินผลพบว่า โรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสามารถใช้ได้ดีในการการนำความร้อนไปใช้ในกระบวนการอบแห้ง แต่ในส่วนการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง

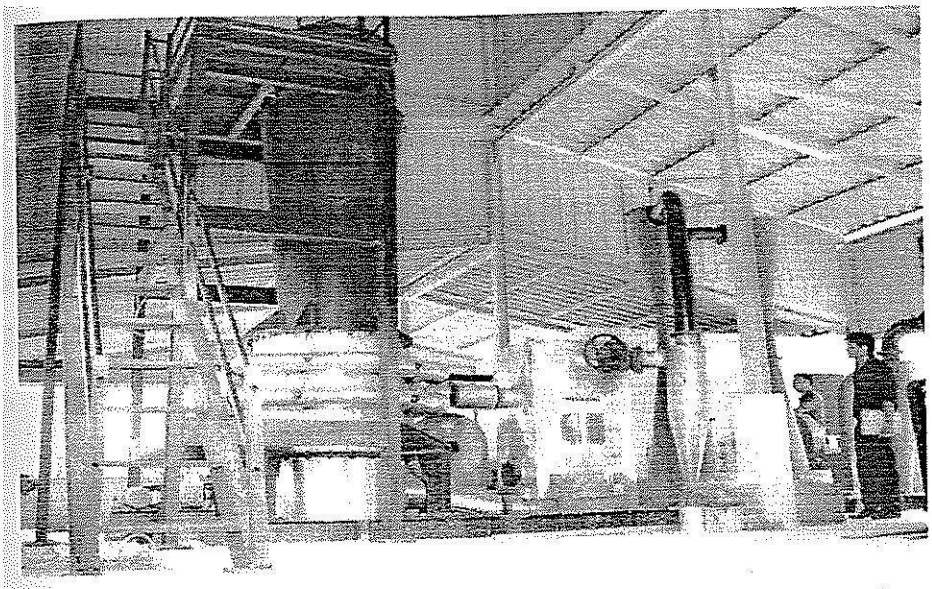
สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน จำเป็นที่จะต้องทำการปรับปรุงอุปกรณ์ทำความสะอาดและเพิ่มความเข้มข้นของแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งอยู่ในช่วงการปรับปรุงพัฒนา

ปัจจุบันทิศทางการพัฒนาเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นมุ่งเน้นที่จะนำมาใช้สำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า โดยจะเห็นได้ว่ามีการพัฒนาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กโดยอาศัยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น โดยมีต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก 2 แห่งคือ องค์การบริหารส่วนตำบลทับสะแก อ. ทับสะแก จ. ประจวบขีรีขันธ์ สนับสนุนงบประมาณโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา สนับสนุนงบประมาณโดย บริษัท ซาตาเก้ (ประเทศไทย) จำกัด และ Satake Corporation Co., Ltd. (ประเทศญี่ปุ่น)

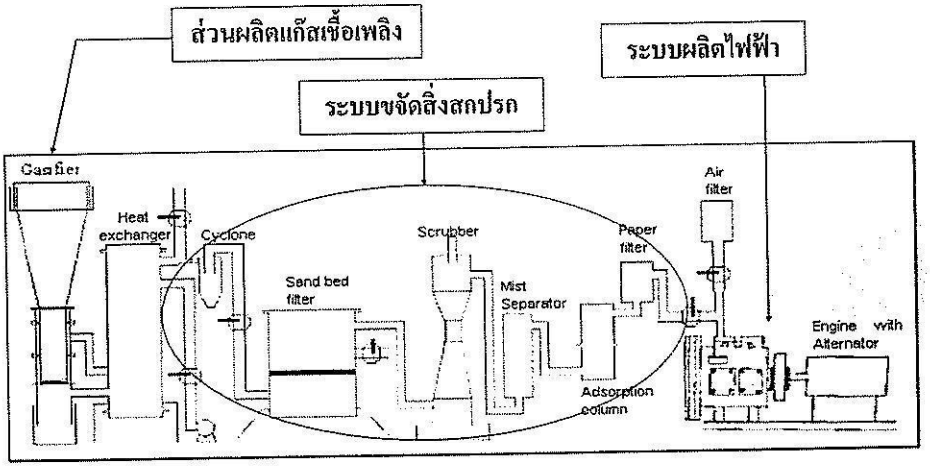
โรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิต อ. ทับสะแก จ.ประจวบขีรีขันธ์ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

โรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิตที่อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ได้รับงบประมาณในปี 2548 โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ขนาด 100 kW โดยใช้เทคโนโลยี Downdraft Gasifier เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาโดยสถาบัน TERI ของประเทศอินเดีย โรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิต มีส่วนประกอบหลัก 3 ระบบคือ 1) ระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิง 2) ระบบขจัดสิ่งสกปรก และ 3) ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า โดยภาพรวมของโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิตที่อำเภอทับสะแก แสดงไว้ใน **รูปที่ 2.4** และส่วนประกอบที่สำคัญของโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิตที่อำเภอทับสะแกมีการจัดวางระบบดังแสดงไว้ใน **รูปที่ 2.5**

จากการศึกษาการเดินระบบผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิต โดยใช้เชื้อเพลิงกะลามะพร้าว และชีวมวลชนิดอื่น ๆ เช่น ไม้สน ไม้ยางพารา ไม้มะพร้าว ไม้กระถิน ไม้มะม่วง และเหง้ามันสำปะหลัง โดยการใช้น้ำมันดีเซลร่วมและแก๊สชีวมวลที่ผลิตได้ พบว่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย 58.85 kg/hr ประสิทธิภาพของระบบมีค่าเท่ากับ 26.7 %



รูปที่ 2.4 โรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิตฯ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

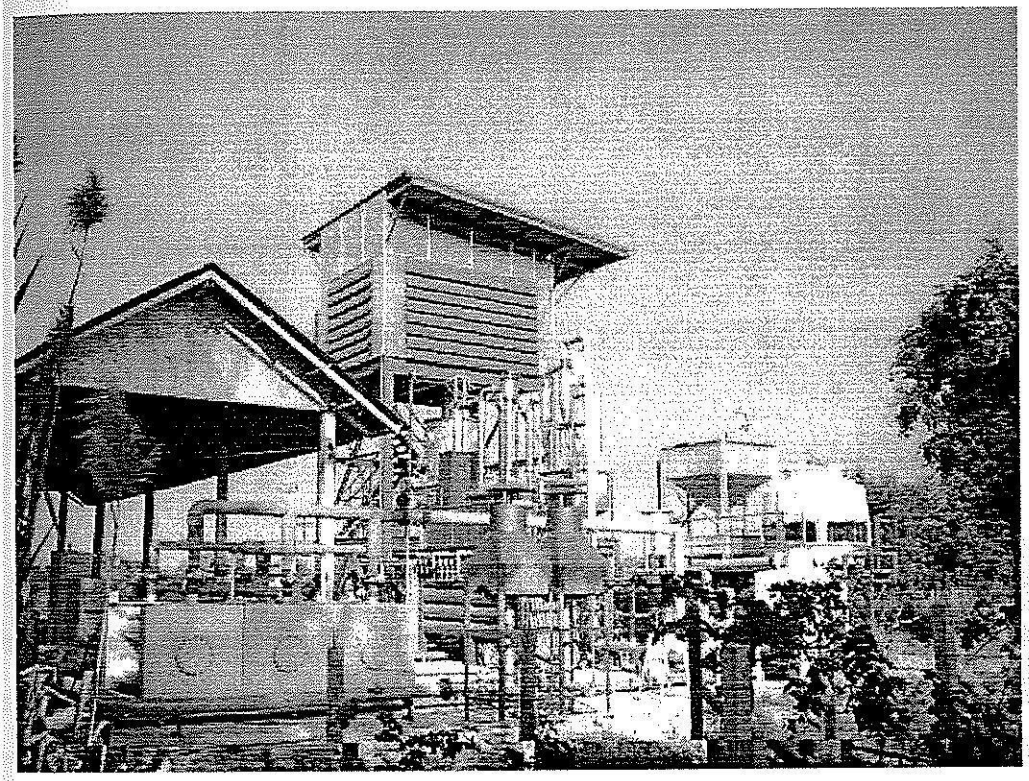


รูปที่ 2.5 กระบวนการและส่วนประกอบของระบบโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิตฯกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

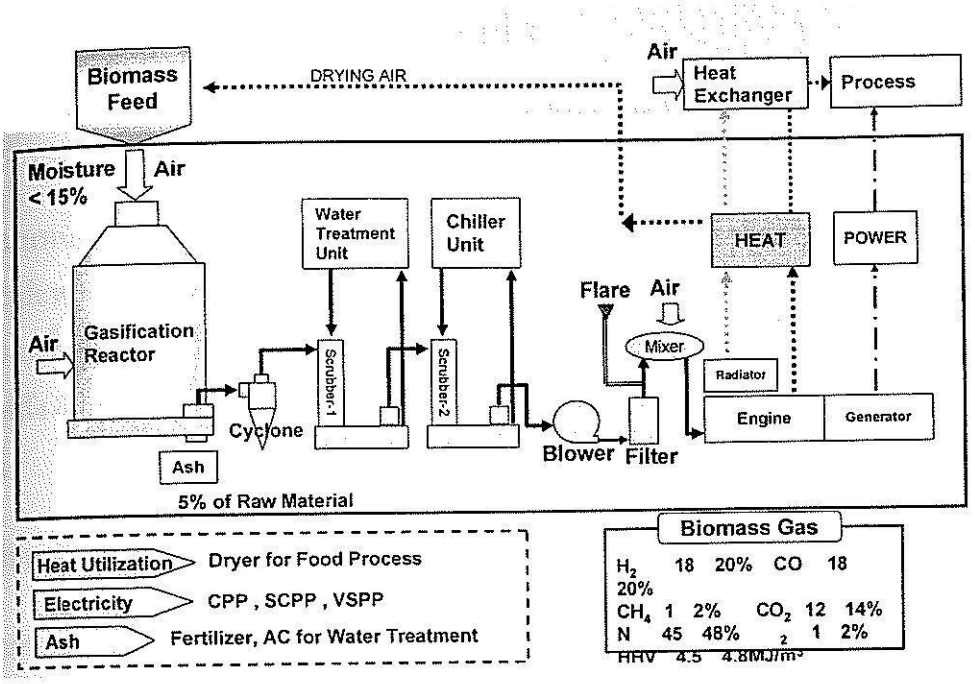
ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

พัฒนาจากความร่วมมือของ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี บริษัท ซาตาเก้ (ประเทศไทย) จำกัด และ Satake Corporation Co., Ltd. โดยทำการพัฒนาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 100 kW โดยใช้เทคโนโลยี Downdraft Gasification จากสถาบัน IISc ประเทศอินเดีย มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ 1) ชุดเตาผลิตแก๊สชีวมวล 2) ระบบทำความสะอาดแก๊ส และ 3) อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยภาพรวมของโรงไฟฟ้าชีวมวลฯ แสดงไว้ใน **รูปที่ 2.6** และส่วนประกอบที่สำคัญของต้นแบบโดยมีการจัดวางระบบ ดังแสดงไว้ใน **รูปที่ 2.7**

จากการทดสอบเบื้องต้น โดยใช้ ไม้กระถินยักษ์ และแกลบอัดแท่ง พบว่าไม้กระถินยักษ์และแกลบอัดแท่ง สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า โดยกระบวนการ Gasification ได้ดี แก๊สที่ผลิต เมื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า (Engine-generator Set) พบว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 78 kW ซึ่งมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงไม้กระถินยักษ์ หรือแกลบอัดแท่ง เฉลี่ย 1.4 – 1.8 kg/kWh ประสิทธิภาพของระบบมีค่าเท่ากับ 16% และ 24% เมื่อใช้วัตถุดิบคือ ไม้กระถินยักษ์ และแกลบอัดแท่งตามลำดับ



รูปที่ 2.6 ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.7 กระบวนการและการจัดวางระบบต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.6 สรุป

จากข้อมูลที่กล่าวมาในข้างต้น การผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น นั้นสามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน มีเสถียรภาพ และ ได้รับการยอมรับกันทั่วโลกว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีความปลอดภัย เพราะเป็นระบบความดันต่ำ (Low Pressure) เหมาะสมสำหรับชุมชน แต่อย่างไรก็ดียัง การใช้ประโยชน์จากเหง้ามันสำปะหลังยังประสบกับปัญหาด้านการรวบรวม การแปรรูป และการขนส่ง ที่มีอยู่อย่างกระจัดกระจาย ซึ่งจะต้องมีการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการเหง้ามันสำปะหลัง ที่เหมาะสม สำหรับรองรับการขยายตัวของความต้องการเชื้อเพลิงชีวมวลในอนาคตต่อไป

บทที่ 3
เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือและวิธีการวิจัยที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยในหัวข้อเรื่องการประเมินเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ส่วนคือ 1) การศึกษาศักยภาพของเหง้ามันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ 2) การสำรวจพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ 3) การทดสอบคุณสมบัติเหง้ามันสำปะหลัง 4) การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยกระบวนการ Gasification โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาศักยภาพของเหง้ามันสำปะหลังแต่ละพันธุ์

ในการประเมินศักยภาพเหง้ามันในประเทศไทย เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการประเมินผลผลิตเหง้ามันแต่ละพันธุ์ โดยทำการศึกษาสถานะภาพการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย และดูปริมาณผลผลิตมันสำปะหลัง รวมไปถึงพันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์ เพื่อที่จะนำมาประเมินศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังต่อพื้นที่การปลูก เพื่อที่จะหาปริมาณเหง้ามันสำปะหลังในประเทศเพื่อนำมาทำเป็นพลังงานชีวมวลได้ รวมไปถึงการสำรวจข้อมูลของพื้นที่ตัวอย่าง ในที่นี้ กรณีศึกษา ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา โดยศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป จำนวนประชากร สัดส่วนการใช้พื้นที่ในการทำเกษตรกรรม รวมไปถึงทัศนคติในการนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นพลังงานทดแทน

3.2 การสำรวจพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์

จากข้อมูลขั้นต้นพบว่าจังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในประเทศดังนั้นในการประเมินศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังจังหวัดนครราชสีมามีความเหมาะสมในการศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งมีการจัดทำชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่จากการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่างๆ เช่น ข้อมูลขอบเขตการปกครอง ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ ธรณีวิทยา แหล่งน้ำ ทรัพยากรดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ป่าไม้ แหล่งท่องเที่ยว โครงสร้างพื้นฐานและข้อมูลอื่นๆ รวมไปถึงข้อมูลทางด้านการใช้พื้นที่ทำการเกษตร และผลผลิตที่ได้ในแต่ละพื้นที่ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลเพื่อประเมินศักยภาพเหง้ามันสำปะหลังโดยคิดเป็น สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังสดต่อหัวมันสำปะหลังสด (Crop Residual Ratio, CRR) ของแต่ละพันธุ์ในพื้นที่ภายในจังหวัดนครราชสีมา

3.3 การทดสอบคุณสมบัติเหง้ามันสำปะหลัง

ในส่วนนี้จะเป็นการทดสอบคุณสมบัติของเหง้ามันสำปะหลังที่สุ่มเก็บตัวอย่างจากพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในประเทศไทย เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติต่างๆที่แสดงถึงความ

เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล โดยจะทำการวิเคราะห์คุณสมบัติต่างๆ ด้วยวิธี Proximate analysis และ Ultimate analysis ในแต่ละตัวอย่างเพื่อที่จะหาค่าพลังงานสะสม (Energy Content) ความชื้น (Moisture Content) ขนาดและการกระจายตัว(Size and Distribution) ความหนาแน่น (Bulk Density) ปริมาณของระเหย (Volatile Matter Content) ปริมาณเถ้า (Ash Content) เป็นต้น ส่วนในกรณีของ Ultimate Analysis จะทำการส่งไปทดสอบที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) เครื่องชั่งแบบละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2) โถดูดความชื้น (Desiccators)

3) ตู้อบ

4) เครื่องบด

5) ตะแกรงแยกขนาด (Sieve)

6) เตาเผาอุณหภูมิสูง 1200 องศา

3.3.2 ตัวอย่างและวิธีการเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ เหง้ามันสำปะหลังในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ที่เกษตรกรทิ้งไว้ในแปลงหลังจากที่ทำการตัดและเก็บหัวมันสำปะหลังไปส่งขายยังโรงงานแล้ว การวิจัยนี้ได้เก็บตัวอย่างจาก อำเภอที่มีความแตกต่างกันทางสภาพภูมิศาสตร์ และมีความหลากหลายของสายพันธุ์ที่ปลูก ได้แก่ อำเภอ ขามทะเลสอ ชุมพวง ด่านขุนทด สูงเนิน โชคชัย เมือง สีคิ้ว หนองบุนนาก ขามทะเลสอ ชุมพวง ด่านขุนทด สูงเนิน โชคชัย เมือง สีคิ้ว หนองบุนนาก และเสิงสาง โดยสายพันธุ์ที่นำมาเป็นตัวอย่าง ได้แก่ เกษตรศาสตร์ 50 (KU 50) ระยอง 72 (R 72) ระยอง 90 (R 90) และ ห้วยบง 60 (HB 60) ซึ่งเป็นที่นิยมปลูกในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

การสุ่มเก็บตัวอย่างใช้วิธีการของ Yamane ที่ระดับความคาดเคลื่อน 5 เปอร์เซ็นต์ สุ่มตัวอย่างจากพื้นที่ 400 ไร่ (พื้นที่เก็บเกี่ยวของจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2550 ประมาณ 1 ล้าน) โดยแยกสายพันธุ์ วิธีการสุ่มในแปลงนั้นจะเลือกเก็บตัวอย่างประมาณ 10-20 เหง้า ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง (กองเหง้ามันสำปะหลัง) โดยเดินแบบเส้นทะแยง แล้วนำมารวมเป็นตัวอย่างเดียว (ทำการวิเคราะห์หาความหนาแน่น) และสุ่มเลือกมาประมาณ 2 กิโลกรัม ใส่ถุงพลาสติกแบบไม่ให้ความชื้นเข้าและออก แล้วนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3.3.3 การวิเคราะห์สมบัติของเหง้ามันสำปะหลังที่เตรียมได้

1) วิเคราะห์สมบัติแบบละเอียด (Ultimate Analysis)
เป็นการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ด้วยเครื่อง Carbon, Hydrogen, Nitrogen and Sulfur Analyzer CHNS-932 ก่อนนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ให้บดตัวอย่างให้มีลักษณะเป็นผง (ขนาดเล็กกว่า 150 ไมโครเมตร)

2) วิเคราะห์สมบัติแบบประมาณ (Proximate analysis) ประกอบไปด้วย
- ปริมาณความชื้น ตามมาตรฐาน ASTM D1762 – 84
- ปริมาณสารระเหย ตามมาตรฐาน ASTM D1762 – 84
- ปริมาณเถ้าตาม มาตรฐาน ASTM D1762 – 84
- ปริมาณคาร์บอนคงตัว (By difference)

3) ความหนาแน่น
งานวิจัยนี้ทำการวัดความหนาแน่นของตัวอย่างในรูปแบบของ Apparent (Bulk) Density (ความหนาแน่นกองวัสดุปรากฏ)

4) ค่าความร้อน
งานวิจัยนี้วิเคราะห์ค่าของตัวอย่างในหน่วยกิโลจูลต่อกิโลกรัมของสารตัวอย่าง (kJ/kg) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่าความร้อน GALLENKAMP Autobomb

3.4 การวิเคราะห์ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง

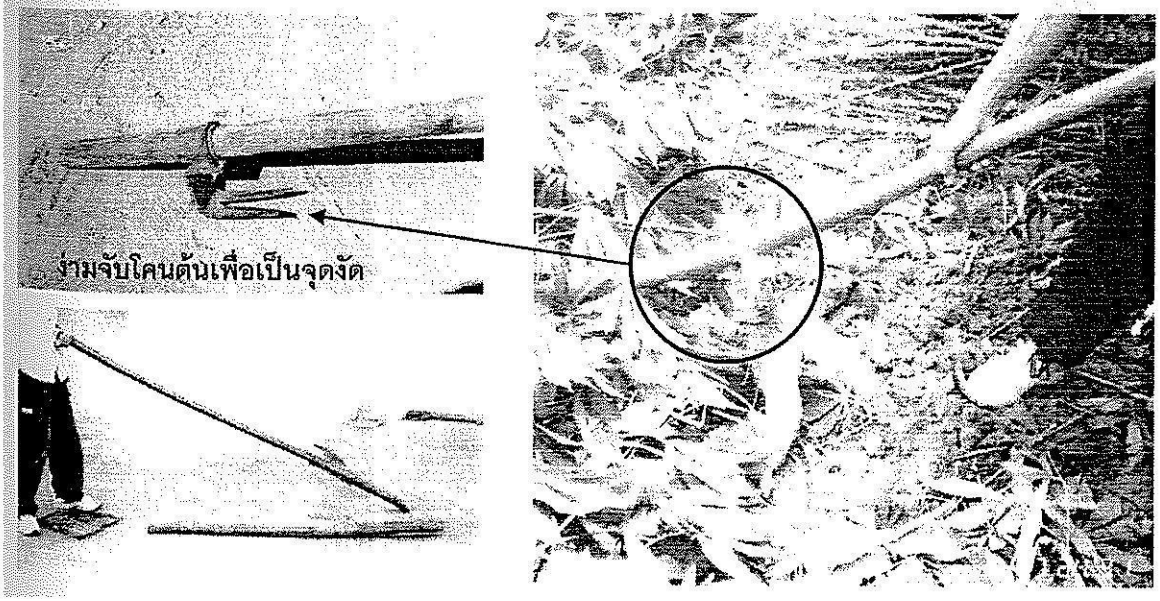
ก่อนการวิเคราะห์ต้นทุนผลิตเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังเราต้องทราบถึงขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่ง ในการผลิตมันสำปะหลังเนื่องจากมีสัดส่วนของการลงทุนสูงสุดเมื่อเทียบกับขั้นตอนการเพาะปลูกอื่น มีผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตที่ได้รับ ซึ่งขั้นตอนการเก็บเกี่ยวโดยทั่วไปประกอบด้วย 1) การตัดต้นโดยเฉพาะกรณีต้องการใช้เป็นท่อนพันธุ์ในฤดูการปลูกต่อไปหรือจำหน่ายท่อนพันธุ์ 2) การถอนหรือขุดหัวมันสำปะหลังออกจากดิน 3) การเก็บรวบรวมหัวมันสำปะหลังที่ขุดหรือถอนแล้วให้เป็นกอง 4) การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากต้นหรือเหง้า และ 5) การขนลำเลียงหัวมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุกซึ่งมีหลากหลายชนิด เพื่อการขนย้ายไปจำหน่ายยังสถานที่รับซื้อต่อไป ซึ่งปัจจัยดังกล่าวนี้จะมีผลต่อการวิเคราะห์ค่าต้นทุนทั้งสิ้น

จากการประเมินผลข้อมูลภาคสนามที่เกี่ยวข้องกับระบบการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลัง พบว่ามีวิธีการเก็บเกี่ยวอยู่ 2 รูปแบบหลัก คือ การเก็บเกี่ยวแบบใช้แรงงานคนในทุกขั้นตอน และแบบใช้เครื่องขุดมันสำปะหลังร่วมกับการใช้แรงงานคน

การใช้แรงงานคนในทุกขั้นตอน

เป็นวิธีการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่ใช้ปฏิบัติกันมาตั้งแต่ในอดีตจนกระทั่งถึงปัจจุบัน โดยเกษตรกรจะใช้มือจับต้นมันสำปะหลัง แล้วดึงถอนขึ้นให้หัวมันแยกจากดิน แต่หากกำลังของคนไม่สามารถถอนได้ เนื่องจากหัวมันมีขนาดใหญ่ หรือดินแน่นแข็ง เกษตรกรก็จะใช้จอบ หรืออีเตอร์ขุดดินที่ใช้ในงานก่อสร้าง ทำการขุดบางส่วนรอบ ๆ ต้น แล้วจึงถอนต้นด้วยมือ ในบางพื้นที่มีการพัฒนาเครื่องมือที่ชาวบ้านเกษตรกรทั่วไปเรียกว่า "แมคโค" ที่เรียกเพี้ยนจากคำว่า "แบคโฮ" (Backhoe) ซึ่งหมายถึงรถขุดตัก โดยเครื่องมือง่ายๆ นี้จะใช้หลักการของคานดีดคานงัดมาช่วยผ่อนแรงในการถอน โดยพบว่า เครื่องมือดังกล่าวมีรูปร่างแตกต่างกันไป โดยมีทั้งแบบใช้แรงกด และแรงยก แบบที่มีการใช้มาเป็นเวลานานแล้วจนถึงปัจจุบันจะมีลักษณะเป็นคานไม้กลม มีเหล็กลักษณะคล้ายง่าม 2 ขา สวมติดอยู่กับคานไม้ค่อนไปทางปลายด้านหน้า โดยเอาด้านยาวเป็นด้านสำหรับงัด แสดงดังรูปที่ 3.1 อย่างไรก็ตาม เครื่องมือนี้จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็เฉพาะในพื้นที่ปลูกที่เป็นดินร่วนหรือร่วนปนทราย หรือ การปลูกแบบยกร่อง ส่วนกรณีพื้นที่ซึ่งเป็นดินเหนียว อาจต้องทำการขุดดินบางส่วนก่อนแล้วจึงจะสามารถถอนได้

ในภาพรวมจะเห็นได้ว่า วิธีการรูปแบบนี้เป็นงานซึ่งต้องใช้กำลังของแรงงานมาก สมรรถนะในการทำงานต่ำ จุดด้อยสำคัญที่สุดของวิธีการนี้ ก็คือ การถอนด้วยกำลังแขนของคน ไม่ว่าจะมีเครื่องมือช่วยงัดถอนหรือไม่ การดึงหรืองัดถอนจะมีลักษณะดึงกระตุกเป็นช่วง ๆ การดึงถอนในลักษณะนี้จะทำให้หัวมันขาดตกค้างอยู่ในดิน มากน้อยขึ้นอยู่กับสภาพของดินและพันธุ์ที่ใช้ปลูก ซึ่งภายหลังการดึงถอนต้นมันขึ้นจากดินแล้ว จะทำการรวบรวมเป็นกองๆตัดต้น และตัดหัวมันออกจากเหง้า จากนั้นขนขึ้นรถบรรทุก เพื่อนำไปจำหน่าย โดยในทุกขั้นตอนจะใช้แรงงานคนทั้งหมด

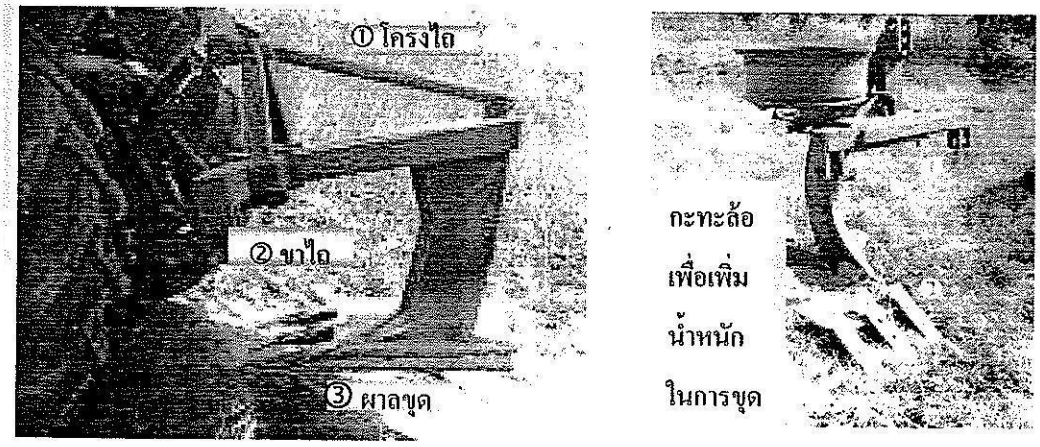


รูปที่ 3.1 เครื่องมือช่วยผ่อนแรงสำหรับขุดถอนที่เกษตรกรทั่วไปเรียกว่า "แมคโค"

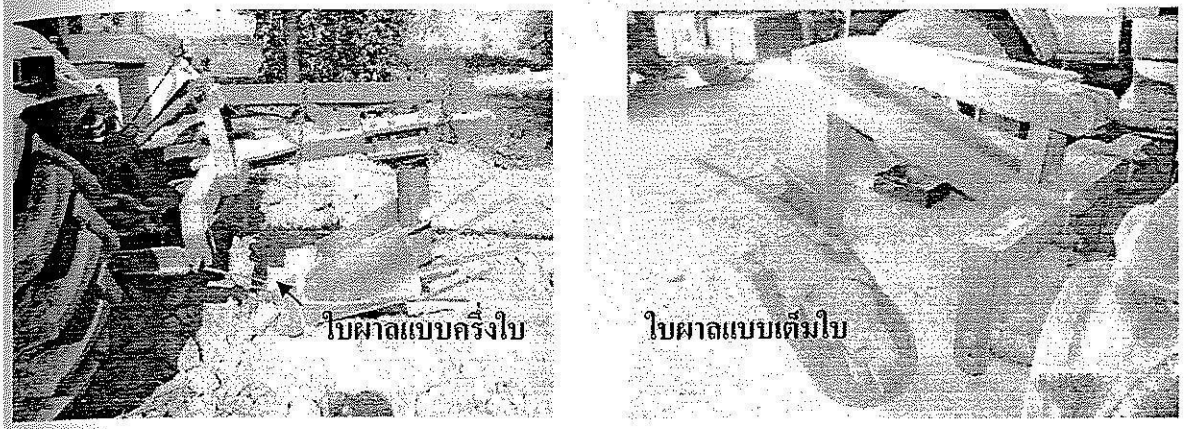
การใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง

เครื่องขุดมันสำปะหลังที่มีการผลิตจำหน่ายในปัจจุบันนั้น เป็นผลงานการวิจัยและพัฒนา ทั้งของภาครัฐและเอกชน ซึ่งมีการดำเนินงานมาต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปีแล้ว จนมีเครื่องขุดหลากหลายรูปแบบ โดยที่บางแบบมีความสามารถในการทำงานสูงระดับหนึ่ง คือ มีความสามารถในการทำงาน 2 – 4 ไร่ต่อชั่วโมง มีการสูญเสียผลผลิตเนื่องจากเหลือตกค้างอยู่ในดินระหว่างร้อยละ 5 – 10 แต่ยังมีปัญหาการใช้งานบางประการที่ทำให้ไม่สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางเท่าที่ควร สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากเครื่องขุดแต่ละแบบยังมีข้อจำกัดในการใช้งานพอสมควร เกษตรกรที่ลงทุนซื้อเครื่องขุดไปใช้งานหลายราย ต้องปรับปรุงดัดแปลงแบบจากที่จัดซื้อจากโรงงานผู้ผลิต เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพพื้นที่ของตน

ซึ่งจากการสำรวจพบว่า แบบที่มีการผลิตจำหน่าย และเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรอย่างกว้างขวางนั้น มีอยู่ 2 แบบหลัก คือ ผาลขุดแบบซี่ (**รูปที่ 3.2**) และผาลขุดแบบจานโค้ง (**รูปที่ 3.3**) ที่มีลักษณะการขุดทั้งแบบที่ไม่มีการพลิกดิน และแบบมีการพลิกดิน (**รูปที่ 3.4**)



รูปที่ 3.2 เครื่องขุดมันสำปะหลังแบบซี่แบบขุดไม่พลิกดินในเขตพื้นที่จังหวัดสระแก้วและฉะเชิงเทรา



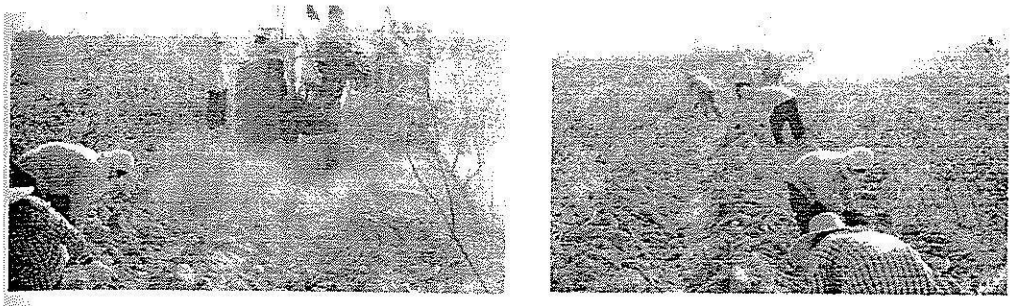
(ก) (ข)

รูปที่ 3.3 ผาลขุดแบบจานโค้งในเขตพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร (ก) และเขตจังหวัดนครราชสีมา (ข)

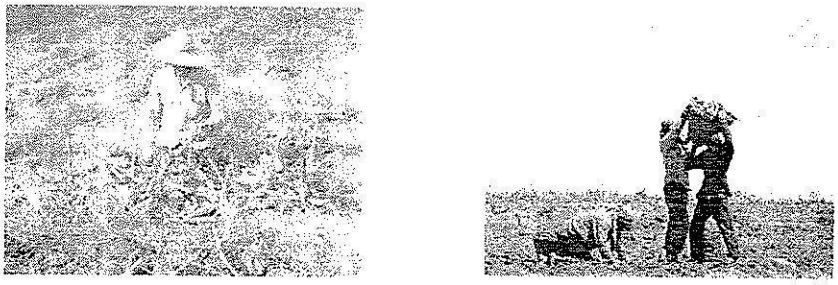
(ก) (ข)

รูปที่ 3.4 ลักษณะการขุดแบบไม่มีการพลิกดิน (ก) และแบบมีการพลิกดินให้พลิกไปด้านเดียว (ข)

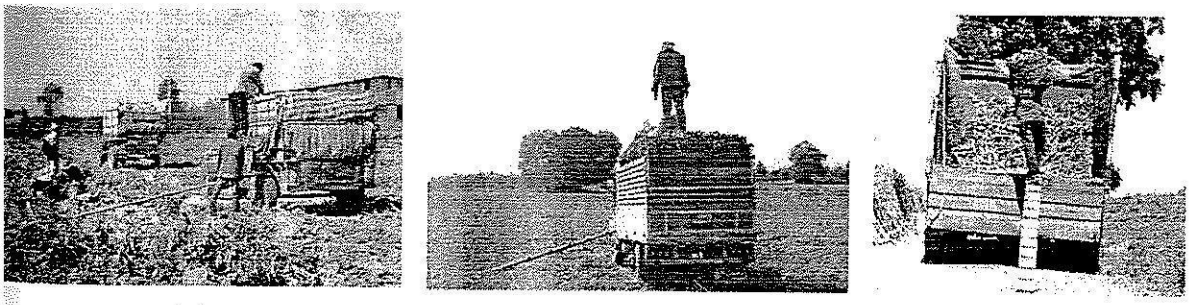
อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องขุดมันสำปะหลัง ยังต้องใช้แรงงานจำนวนมากเพื่อตามเก็บหัวมันที่ขุดแล้วรวมเป็นกอง และตัดหัวมันออกจากเหง้า แล้วขนลำเลียงขึ้นรถบรรทุกเพื่อนำไปจำหน่าย (**รูปที่ 3.5 และ 3.6**) เพราะโดยส่วนใหญ่เกษตรกรจะทำการขุดเท่าที่สามารถจัดการขนไปจำหน่ายได้ในแต่ละวันเท่านั้น ดังนั้นจำนวนแรงงานที่สามารถจัดหาได้ในการเก็บรวมกอง การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากต้น และขนาดรถบรรทุกที่ใช้ในการขนย้ายไปจำหน่ายจึงเป็นข้อจำกัดหรืออุปสรรคที่สำคัญต่อความสามารถในการทำงานของเครื่องขุด ประกอบกับปัจจุบันประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานทำให้จัดหาแรงงานได้ยาก และมีอัตราค่าจ้างแรงงานสูง



รูปที่ 3.5 การใช้แรงงานคนจำนวนมากในการเก็บหัวมันสำปะหลังภายหลังการขุด โดยเฉพาะการขุดแบบ พลิกดินออกสองข้าง หรือการใช้เครื่องขุดต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดใหญ่



(ก) (ข)

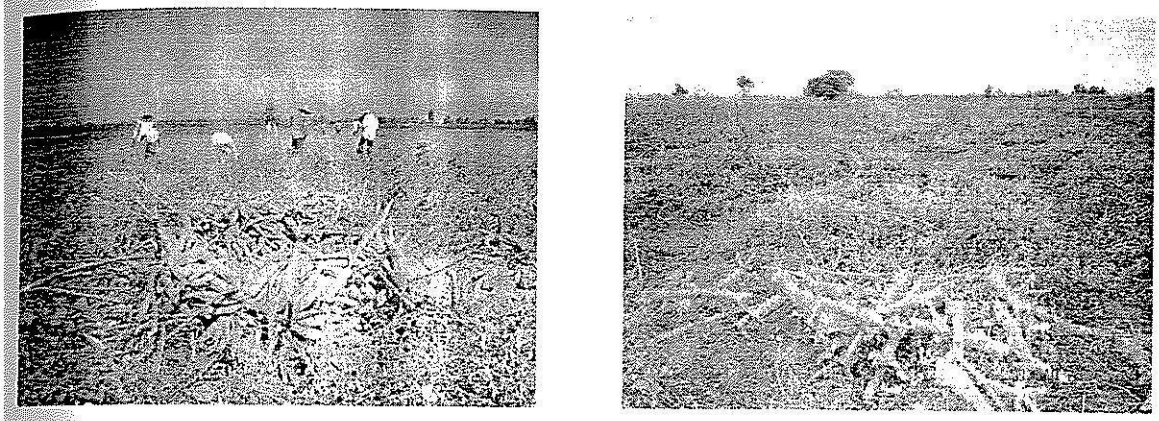


(ค) (ง) (จ)

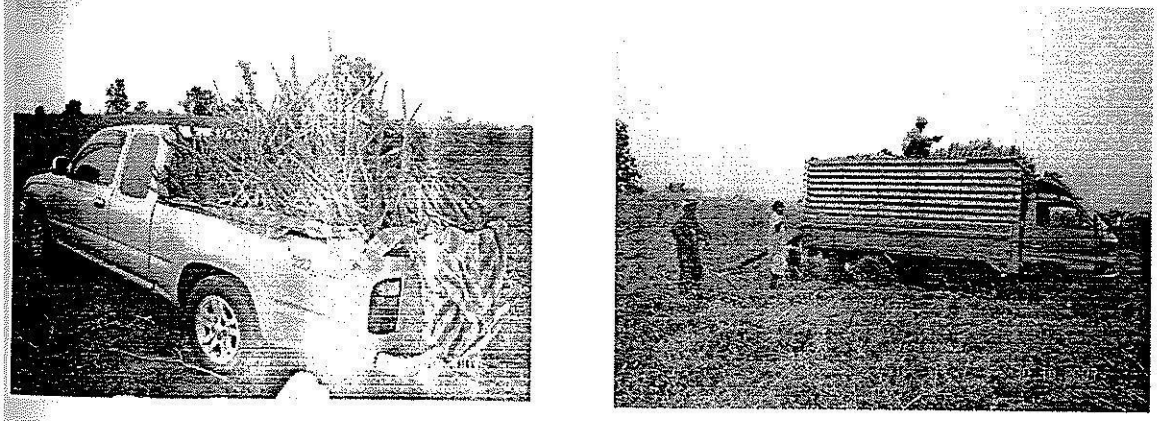
รูปที่ 3.6 การตัดหัวมันสำปะหลังออกจากต้น (ก) แล้วใช้แรงงานคนขนย้ายเพื่อขึ้นรถบรรทุก (ข) ซึ่ง มีทั้งรถเทรลเลอร์พ่วงรถไถเดินตาม (ค) รถอีแต๋น หรือ รถบรรทุกสิบล้อ (จ)

จากการสำรวจในพื้นที่ ต.สุรนารี และพื้นที่ใกล้เคียง พบว่า พฤติกรรมการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรในพื้นที่นี้ นิยมใช้แรงงานเกษตรกรในการเก็บเกี่ยวมากกว่าการใช้เครื่องจักรเพื่อทำการขุดมันสำปะหลัง ดังนั้นเหง้ามันสำปะหลังที่เกิดขึ้น จะไม่กระจายตัวไปทั่วแปลงเหมือนการขุดมันโดยใช้เครื่องจักร แต่จะรวมกันเป็นกลุ่ม ใกล้ๆหัวมันสำปะหลังสด และกองเป็นจุดในแปลงดังรูปที่ 3.7 สามารถขนถ่ายขึ้นรถได้ง่าย เมื่อทดลองใช้รถยนต์ในการขนถ่ายออกจากแปลง พบว่าจะทำการขนส่งได้เพียง 200-250 กิโลกรัม ซึ่งจะทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน และเมื่อทำการขนส่งด้วยรถขนส่งผลิตผลเกษตรขนาดเล็ก (รถอีแต๋น) และ

รถหกล้อที่ขนส่งมันสำปะหลังสู่โรงงาน จะได้อยู่ประมาณ 1 – 1.2 ตัน/เที่ยว และ 2-2.2 ตัน/เที่ยว ตามลำดับ หลังจากรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บ แปรรูป และขนส่งหัวมันสำปะหลังและเหง้ามันสำปะหลังแล้ว จึงนำข้อมูลขั้นต้นทั้งหมดมาวิเคราะห์ต้นทุนในการแปรรูปเชื้อเพลิงจากเหง้ามันสำปะหลัง และแสดงผลต่อไป



รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งของเหง้ามันในแปลงที่เกษตรกรจะทิ้งไว้เป็นจุด



รูปที่ 3.8 แสดงการขนส่งเหง้ามันและรถสำหรับขนส่งมันสำปะหลัง

3.5 การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยกระบวนการ Gasification

ในการศึกษานี้ได้ใช้เทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยกระบวนการ Gasification จากต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อันดับแรกต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในเทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยกระบวนการ Gasification เพื่อให้เข้าใจในกระบวนการผลิตแก๊สชีวมวล ศึกษาส่วนประกอบต่างๆของโรงไฟฟ้า หน้าที่ของอุปกรณ์ต่างๆ ศึกษาขั้นตอนในการเดินระบบโรงไฟฟ้าชีวมวล รวมไปถึงลักษณะของเชื้อเพลิงที่มีผลต่อระบบผลิตพลังงานแบบ Gasification เพื่อที่จะนำมาประเมินว่าการนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะมีศักยภาพเหมาะสมที่จะนำมาเป็นพลังงานชีวมวลหรือไม่

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะแสดงให้เห็นถึงผลการศึกษาเกี่ยวกับสถิติการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในแต่ละจังหวัด พันธุ์มันสำปะหลังที่นิยมปลูกทั่วไป ศักยภาพของมันสำปะหลังโดยศึกษาจากจังหวัดนครราชสีมาที่มีสถิติการปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดในประเทศ และการวิเคราะห์ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง รวมถึงเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยมีรายละเอียดดังในหัวข้อต่อไป

4.2 สถิติการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย

ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนใหญ่ขยายไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากพื้นที่ปลูกจำนวน 102,000 ไร่ ใน พ.ศ. 2498 เพิ่มพื้นที่เป็น 10 ล้านไร่ ใน พ.ศ. 2532 ซึ่งเป็นปีที่มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังสูงที่สุดเท่าที่ผ่านมา แต่หลังจากนั้นตลาดในสหภาพยุโรปเริ่มจำกัดการนำเข้ามันสำปะหลังไทย และเริ่มปฏิรูประบบราคาสินค้าธัญพืชในสหภาพยุโรปให้ต่ำลงตั้งแต่ พ.ศ. 2536 เป็นต้นมา ทำให้การส่งออกมันสำปะหลังไปสหภาพยุโรปเริ่มน้อยลง เป็นเหตุให้พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเริ่มอยู่ในระดับน้อยกว่า 10 ล้านไร่ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

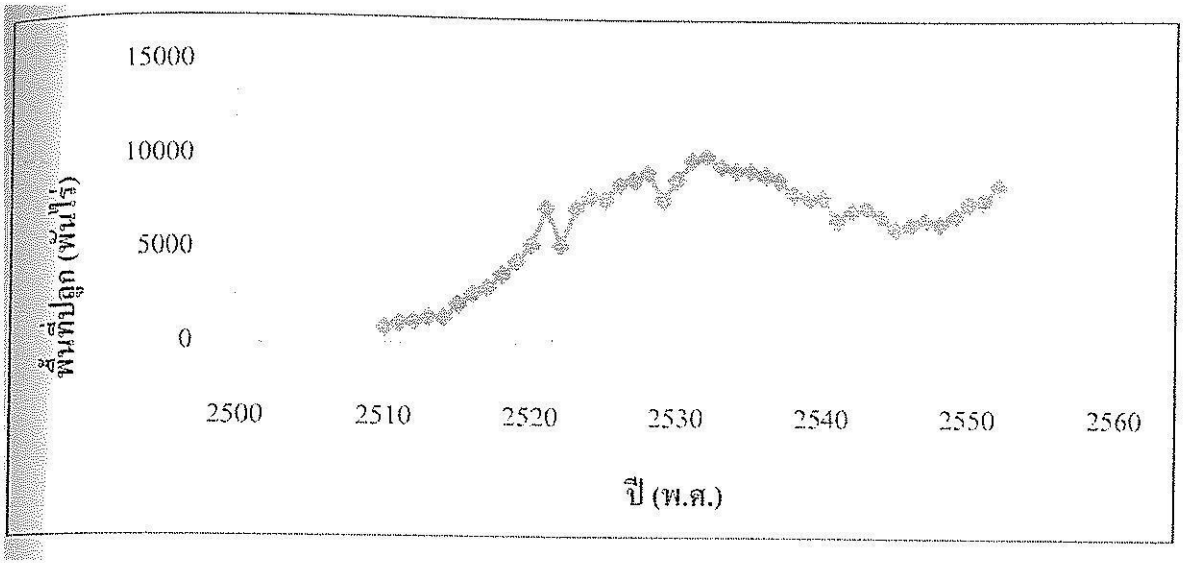
ตารางที่ 4.1 พื้นที่ปลูก มันสำปะหลังในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 ถึง 2552

ปี (พ.ศ.)	พื้นที่ปลูก (พันไร่)
2510	880
2511	1,066
2512	1,193
2513	1,403
2514	1,384
2515	2,093
2516	2,674
2517	3,000
2518	3,715
2519	4,373
2520	5,293
2521	7,282
2522	5,286
2523	7,250
2524	7,940
2525	7,726
2526	8,552
2527	8,780
2528	9,230
2529	7,748
2530	8,820
2531	9,879
2532	10,136
2533	9,562
2534	9,323
2535	9,323
2536	9,100

ตารางที่ 4.1 พื้นที่ปลูก มันสำปะหลังในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 ถึง 2552 (ต่อ)

ปี (พ.ศ.)	พื้นที่ปลูก (พันไร่)
2537	8,817
2538	8,093
2539	7,885
2540	7,907
2541	6,694
2542	7,200
2543	7,406
2544	6,918
2545	6,224
2546	6,435
2547	6,757
2548	6,524
2549	6,933
2550	7,623
2551	7,750
2552	8,584
เฉลี่ย	**6,404**

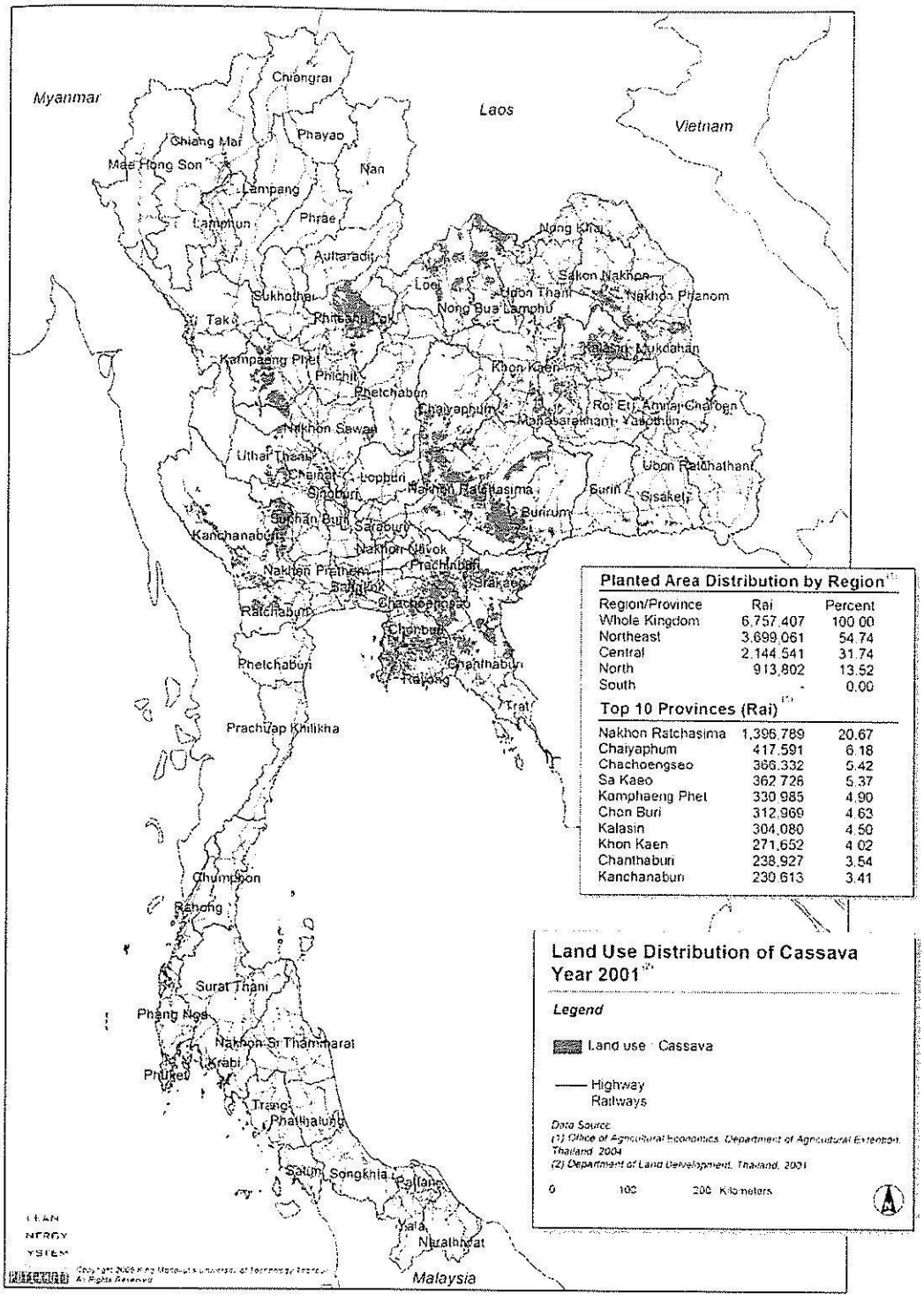
ที่มา : สถิติการเกษตรของประเทศไทย



รูปที่ 4.1 พื้นที่ปลูก มันสำปะหลังในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 ถึง 2552

4.3 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย

จากรายงานการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยประจำปี พ.ศ. 2544 พบว่า มีการปลูกมันสำปะหลังเพื่อการค้าในประเทศไทยถึง 48 จังหวัด โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา รองลงมา คือ จังหวัดฉะเชิงเทรา สระแก้ว กำแพงเพชร ชลบุรี กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชลบุรี และกาญจนบุรี ตามลำดับ ดังรายละเอียดแสดงไว้ในรูปที่ 4.2



ที่มา : [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

[2] กรมพัฒนาที่ดิน

ประมวลผลโดยนักวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รูปที่ 4.2 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย ปี 2544

4.4 พันธุ์มันสำปะหลัง

จากการสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2545) พบว่าในฤดูปลูกมันสำปะหลัง ปี 2545 (1 ตุลาคม 2544–30 กันยายน 2545) พันธุ์ที่ปลูกมากที่สุดคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์50 คิดเป็นร้อยละ 60.91 ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ ตามด้วยพันธุ์ ระยอง 5 ระยอง 90 ระยอง 60 และระยอง 3 ในขณะที่พันธุ์ดั้งเดิมคือพันธุ์ ระยอง 1 ที่เคยปลูกมากที่สุดขณะนี้มีพื้นที่ปลูกเพียง 3,483 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.06 เท่านั้น ดังรายละเอียดใน**ตารางที่ 4.2**

ตารางที่ 4.2 เนื้อที่ปลูกมันสำปะหลัง ปี 2545 แยกตามพันธุ์

พันธุ์	เนื้อที่ปลูก (ไร่)	ร้อยละพื้นที่ปลูก
เกษตรศาสตร์50	3,791,104	60.91
ระยอง5	1,214,643	19.52
ระยอง90	526,886	8.47
ระยอง60	105,810	1.70
ระยอง3	31,352	0.50
ระยอง1	3,483	0.06
อื่นๆ	550,586	8.85
รวม	**6,223,864**	**100**

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2545)

4.4.1 พันธุ์ระยอง 5

เป็นพันธุ์มันสำปะหลังของกรมวิชาการเกษตรที่แนะนำเมื่อ พ.ศ. 2537 เป็นลูกผสมระหว่าง 27-77-10 กับพันธุ์ระยอง 3 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง และมีปริมาณแป้งในหัวสูง ท่อนพันธุ์งอกดี ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี หัวอ้วนสั้นเก็บเกี่ยวได้ง่าย พันธุ์นี้ในปี 2545 เป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกมากเป็นอันดับสอง รองจากพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

4.4.2 พันธุ์ระยอง72

พันธุ์ระยอง 72 เป็นพันธุ์ใหม่ของกรมวิชาการเกษตร แนะนำส่งเสริมพันธุ์เมื่อ พ.ศ. 2542 เกิดจากการผสมระหว่างระยอง 1 กับพันธุ์ระยอง 5 พันธุ์ระยอง 72 นี้ให้ผลผลิตหัวสดค่อนข้างสูงคือ หัวสดสูงกว่าพันธุ์ระยอง1 ระยอง 5 และ ระยอง 90 ในเกือบทุกสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปหัวสดมีปริมาณแป้งสูงกว่าพันธุ์ระยอง 1 แต่ต่ำกว่าพันธุ์ระยอง 5 เกษตรศาสตร์ 50 และ

ระยอง 90 นอกจากนั้นลักษณะของท่อนพันธุ์งอกดี ลำต้นตรงสูงใหญ่ ทรงต้นสวย อย่างไรก็ตาม พันธุ์นี้มีข้อจำกัดที่ปริมาณแป้งในหัวที่ไม่สูงมากนัก ทางราชการแนะนำให้ปลูกเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ไม่ส่งเสริมให้ปลูกในภาคตะวันออก

4.4.3 พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

เป็นผลงานวิจัยร่วมกันของ 3 หน่วยงานคือ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรมวิชาการเกษตร และศูนย์เกษตรเขตร้อนนานาชาติ (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT) พันธุ์นี้เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ระยอง 1 กับพันธุ์ระยอง 90 และเนื่องในวาระครบรอบ 50 ปี ใน พ.ศ. 2535 ของการก่อตั้งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงตั้งชื่อพันธุ์นี้ว่า "เกษตรศาสตร์ 50"

พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีลักษณะเด่นคือ ผลผลิตสูง ปริมาณแป้งในหัวสูง และยังคงลักษณะเด่นของพันธุ์ระยอง 1 ไว้ คือ ท่อนพันธุ์งอกดี ลำต้นสูงใหญ่คลุมวัชพืชได้ดี หัวเป็นกลุ่มขุดเก็บเกี่ยวสะดวก พันธุ์นี้ได้รับการส่งเสริมและเป็นที่ต้องการของเกษตรกรมาก ปัจจุบันเป็นพันธุ์ที่นิยมมากที่สุดในประเทศไทย และเป็นที่นิยมปลูกมากที่เกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย คิดเป็นพื้นที่ 80% ของพื้นที่ปลูกบนเกาะสุมาตรา ในขณะเดียวกันที่ประเทศเวียดนามได้นำพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ไปปลูก และเปลี่ยนชื่อเป็นพันธุ์ KM 94 ซึ่งปีเพาะปลูก 2545 ครอบคลุมพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของประเทศเวียดนามประมาณ 30% รายละเอียดของพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50

4.4.4 พันธุ์ห้วยบง 60

พันธุ์ห้วยบง 60 เป็นมันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ล่าสุดที่พัฒนาโดยความร่วมมือของนักวิชาการจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย พันธุ์นี้เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างพันธุ์ระยอง 5 กับพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 แนะนำและส่งเสริมพันธุ์ในปี 2546 นี้

ลักษณะเด่นของพันธุ์ห้วยบง 60 ให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 อยู่ 7% และมีแป้งในหัวสูงกว่าพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เล็กน้อย สามารถปลูกได้ทั่วเขตปลูกมันสำปะหลัง และนำมาสกัดแป้งจากหัวสดได้มาก แป้งมีสีขาวและมีความหนืดสูง เหมาะสมกับอุตสาหกรรมแป้งและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง นอกจากนั้นพันธุ์นี้ยังมีคุณสมบัติที่ท่อนพันธุ์งอกดี ลำต้นสูงใหญ่ สามารถคลุมวัชพืชได้ดี

4.5 ผลการศึกษาศักยภาพของเหง้ามันสำปะหลัง (จังหวัดนครราชสีมา)

จากข้อมูลการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย พบว่าจังหวัดนครราชสีมามีพื้นที่ปลูกมากที่สุดในประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้จึงทำการสุ่มตัวอย่างและข้อมูลของเหง้ามันสำปะหลังของจังหวัดนครราชสีมาดังต่อไปนี้

4.5.1 ข้อมูลทั่วไป

จังหวัดนครราชสีมาตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง มีเนื้อที่รวม 12,808 ,750 ไร่ (20,494 ตารางกิโลเมตร) เป็นจังหวัดที่มีเนื้อที่มากที่สุดในประเทศ อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานคร 259 กิโลเมตร สภาพภูมิประเทศ ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ระหว่าง 150 - 300 เมตร มีเทือกเขาสันกำแพงและเทือกเขาพนมดงรักเป็นแนวยาวทางด้านทิศใต้ และทิศตะวันตก ส่วนบริเวณตอนล่างค่อนไปทางเหนือ และตะวันออกเป็นที่ราบลุ่ม มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียงดังนี้

- ทิศเหนือ ติดต่อกับ จังหวัดชัยภูมิ และ จังหวัด ขอนแก่น
- ทิศใต้ ติดต่อกับ จังหวัด นครนายก และ จังหวัด ปราจีนบุรี
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับ จังหวัด บุรีรัมย์
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับ จังหวัด ลพบุรี และ จังหวัด สระบุรี

รูปที่ 4.3 แผนที่แสดงอาณาเขตของจังหวัดนครราชสีมา

ตารางที่ 4.3 ประชากร จังหวัด นครราชสีมา

อำเภอ	จำนวนประชากร			จำนวนครัวเรือน
	ชาย	หญิง	รวม	
เมืองนครราชสีมา	209,755	217,344	427,099	31,482
ครบุรี	46,086	47,167	93,253	36,236
เสิงสาง	33,733	33,302	67,035	21,012
คง	40,052	41,076	81,128	23,901
บ้านเหลื่อม	10,620	10,731	21,351	9,396
จักราช	34,441	34,643	69,084	19,658
โชคชัย	37,297	39,223	76,520	18,681
ด่านขุนทด	62,571	63,347	125,918	14,294
โนนไทย	36,126	37,592	73,718	26,748
โนนสูง	62,639	65,374	128,013	37,721
ขามสะแกแสง	21,423	21,753	43,176	13,147
บัวใหญ่	41,855	42,278	84,133	20,758
ประทาย	38,622	38,761	77,383	22,697
ปักธงชัย	56,716	58,950	115,666	40,087
พิมาย	64,421	66,024	130,445	30,387
ห้วยแถลง	37,443	37,131	74,574	22,963
ชุมพวง	40,918	41,243	82,161	38,050
สูงเนิน	38,429	40,181	78,610	27,327
ขามทะเลสอ	14,091	14,021	28,112	9,863
สีคิ้ว	60,898	61,163	122,061	35,576
ปากช่อง	91,146	91,685	182,831	58,842
หนองบุญมาก	29,424	29,316	58,740	16,150
แก้งสนามนาง	18,782	19,054	37,836	8,015
โนนแดง	12,597	12,984	25,581	9,069
วังน้ำเขียว	20,416	20,503	40,919	13,310

ตารางที่ 4.3 ประชากร จังหวัด นครราชสีมา (ต่อ)

อำเภอ	จำนวนประชากร			จำนวนครัวเรือน
	ชาย	หญิง	รวม	
กิ่งเทพารักษ์	12,002	11,451	23,453	7,879
กิ่งเมืองยาง	14,321	14,038	28,359	8,260
กิ่งพระทองคำ	21,260	21,680	42,940	17,390
กิ่งลำทะเมนชัย	16,114	15,953	32,067	9,366
กิ่งบัวลาย	12,374	12,450	24,824	3,548
กิ่งสีดา	12,087	12,133	24,220	3,521
เฉลิมพระเกียรติ	16,966	17,411	34,377	8,990
รวม	**1,471,320**	**1,088,673**	**2,559,993**	**656,309**

4.5.2 ข้อมูลประชากรและเขตการปกครอง

จังหวัดนครราชสีมา มีประชากรจำนวน 2,565,685 คน แบ่งเขตการปกครองเป็น 26 อำเภอ 6 กิ่งอำเภอ 287 ตำบล 3,528 หมู่บ้าน หน่วยราชการบริหารส่วนภูมิภาคมีทั้งสิ้น 42 หน่วยงาน หน่วยงานราชการบริหารส่วนท้องถิ่น จำนวน 334 หน่วยงาน คือ องค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง เทศบาลนคร 1 แห่ง เทศบาลตำบล 45 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบล จำนวน 287 แห่ง

4.5.3 ข้อมูลการเกษตร

อาชีพหลักของประชากรจังหวัดนครราชสีมา คือ อาชีพเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 75 ของประชากรทั้งหมด จังหวัด นครราชสีมามีพื้นที่เกษตรกรรม 7,784,798 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 60 ของพื้นที่ มีแหล่งน้ำธรรมชาติที่สำคัญครอบคลุม 9 ลุ่มน้ำ ได้แก่ ลุ่มน้ำมูล ลุ่มน้ำลำมาศตอนปลาย ลุ่มน้ำลำมาศตอนต้น ลุ่มน้ำจักราช ลุ่มน้ำลำมูลบน-ลำพระเพลิง ลุ่มน้ำลำตะคอง ลุ่มน้ำเชียงไกร ลุ่มน้ำลำสะแทด ลุ่มน้ำชี มีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ 4 แห่ง คือ อ่างเก็บน้ำลำตะลอง อ่างเก็บน้ำลำพระเพลิง - ลำสำลาย อ่างเก็บน้ำมูลบน - ลำแชะ อ่างเก็บน้ำลำปลายมาศ รวมพื้นที่ชลประทาน 544,660 ไร่ พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ คือ ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด และอ้อยโรงงาน ดังแสดงไว้ใน **ตารางที่ 4.4**

จะเห็นได้ว่า จังหวัด นครราชสีมามีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง มากกว่า 2,000,000 ไร่ โดยปลูกกันเกือบทุกอำเภอ โดยพื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลังเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ อำเภอ ครบุรี อำเภอ สีคิ้ว อำเภอ ด่านขุนทด อำเภอสูงเนิน อำเภอปากช่อง และ อำเภอ ปักธงชัย แสดง

ไว้ในตารางที่ 4.5 อย่างไรก็ดี พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในแต่ละปีนั้นมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากพื้นที่มีการแข่งขันค่อนข้างสูง พืชที่แข่งขันกันเห็นได้ชัดคือ อ้อยโรงงาน โดยในปี 2548/49 ราคาอ้อยดี ทำให้เกษตรกรหันไปปลูกอ้อยในฤดู 2549/50 มาก พื้นที่มันสำปะหลังจะหายไปบางส่วน นอกจากนี้ ยังมีพืชแข่งขันตัวอื่นที่ถือว่าเป็นคู่แข่งที่สำคัญก็คือ ไม้ยูคาลิปตัส บางพื้นที่เริ่มมีการเปลี่ยนจากมันสำปะหลังเป็นไม้ยูคาลิปตัส มากขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 4.4 พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ จังหวัดนครราชสีมา ปี 2548/49

พืชเศรษฐกิจ	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิตรวม (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ย (ตัน/ไร่)
ข้าวนาปี	3,939,918	2,842,788	1,305,648	0.459
มันสำปะหลัง	2,100,473	2,028,068	4,827,109	3.380
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	868,962	802,752	417,431	0.520
อ้อยโรงงาน	317,061	230,109	4,327,964	7.595

ที่มา: สำนักงานเกษตรจังหวัดนครราชสีมา

ตารางที่ 4.5 พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังรายอำเภอ จังหวัด นครราชสีมา ปี 2550

อำเภอ	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)
เมืองนครราชสีมา	55,977	13,673
ครบุรี	248,825.10	149,049.50
เสิงสาง	47,911	43,610
คง	21,233	16,831
บ้านเหลื่อม	n/a	12,359
จักราช	-	-
โชคชัย	59,208	29,219
ด่านขุนทด	196,852	175,910
โนนไทย	49,311	21,457
โนนสูง	334	0
ขามสะแกแสง	7,387	4,280
บัวใหญ่	115	399

ตารางที่ 4.5 พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังรายอำเภอ จังหวัด นครราชสีมา ปี 2550 (ต่อ)

อำเภอ	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)
ประทาย	0	30
ปักธงชัย	73,857	34,493
พิมาย	47,200	21,934
ห้วยแถลง	14,197	4,652
ชุมพวง	34,264	19,625
สูงเนิน	109,257	72,343
ขามทะเลสอ	56,154	29,074
สีคิ้ว	224,900	168,509.50
ปากช่อง	82,883	58,605
หนองบุญมาก	40,604	2,149
แก้งสนามนาง	4,251	0
โนนแดง	-	-
วังน้ำเขียว	62,561	61,278
กิ่งเทพารักษ์	53,804	28,945
กิ่งเมืองยาง	-	-
กิ่งพระทองคำ	8,994	142
กิ่งลำทะเมนชัย	0	0
กิ่งบัวลาย	2,011	1,066
กิ่งสีดา	-	-
เฉลิมพระเกียรติ	19,303	14,635
รวม	**1,521,393.10**	**984,268.00**

หมายเหตุ : n/a คือ ไม่สามารถค้นหาข้อมูลได้

4.5.4 คุณสมบัติเหง้ามันสำปะหลัง

จากผลการทดสอบหาคุณสมบัติของเหง้ามันสำปะหลัง(วิธีการทดสอบและเก็บตัวอย่างแสดงไว้ในบทที่ 3) ที่จำเป็นในการพิจารณานำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตความร้อนและกระแสไฟฟ้า พบว่า ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบแบบประมาณ คือ ปริมาณความชื้น 1.76 % ปริมาณเถ้า

8.43% ปริมาณสารละเหย 75.80% ปริมาณคาร์บอนคงตัว 14.00% ความหนาแน่น 238.00 kg/m^3 และค่าความร้อนสูง 14,734.80 kJ/kg รายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ **4.6** และองค์ประกอบแบบแยกธาตุ คือ ปริมาณคาร์บอน 46.12%, ไฮโดรเจน 7.55% ไนโตรเจน1.13% ซัลเฟอร์ 0.03% และออกซิเจน 54.83% รายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ **4.7**

ตาราง 4.6 ผลการศึกษาองค์ประกอบของเหง้ามันสำปะหลัง โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบประมาณ

ชนิดชีวมวล	Proximate Analysis				Density	High Heating Value
	Moisture	Ash	Volatile Matter	Fixed Carbon		
	(%)	(%)	(%)	(%)	(kg/m^3)	(kJ/kg)
เหง้ามันสำปะหลัง	**1.76**	**8.43**	**75.80**	**14.00**	**238.00**	**14,734.80**

ตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาองค์ประกอบแบบแยกธาตุ ของเหง้ามันสำปะหลัง

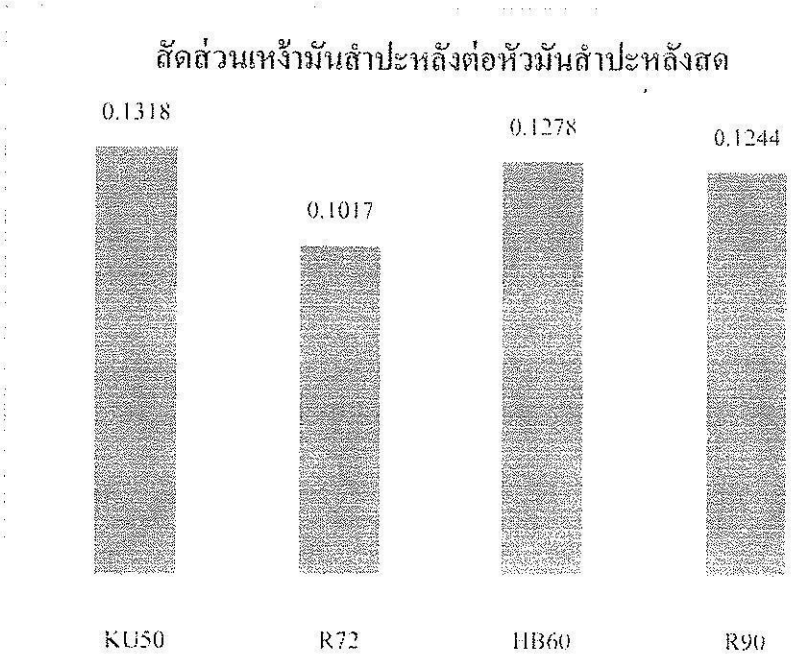
ชนิดชีวมวล	สัดส่วนของธาตุ (ร้อยละ)				
	C	H	N	S	O
เหง้ามันสำปะหลัง	46.12	7.55	1.13	0.03	54.83

4.5.5 การประเมินปริมาณเหง้ามันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา

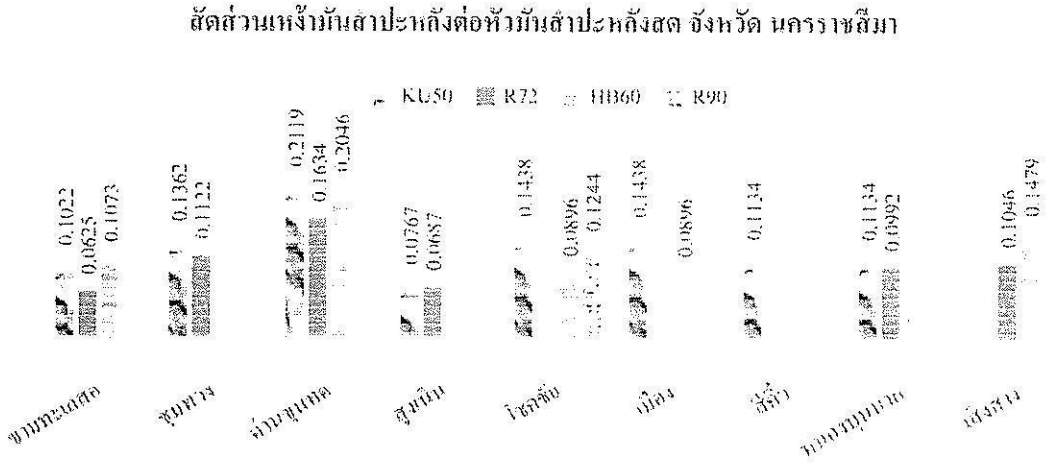
จากการสุ่มตัวอย่างและเก็บข้อมูลมันสำปะหลัง(วิธีการทดสอบและเก็บตัวอย่างแสดงไว้ในบทที่ 3) ของจังหวัดนครราชสีมา ตามลักษณะพันธุ์มันสำปะหลังแต่ละชนิด ที่นิยมปลูก โดยสนใจปริมาณเหง้าต่อน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสด พบว่า ค่าเฉลี่ยของเหง้ามันสำปะหลังเท่ากับ 0.29 ตันต่อไร่ และสัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังสดต่อหัวมันสำปะหลังสด (Crop Residual Ratio, CRR) มีค่าประมาณ 0.1200 รายละเอียดแสดงในตารางที่ **4.8** และมันสำปะหลังพันธุ์ เกษตรศาสตร์ 50 (KU50) มีสัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังสดต่อหัวมันสำปะหลังสดสูงสุดเท่ากับ 0.1318 รองลงมา คือ ห้วยบง 60 ระยอง 90 และ ระยอง 5 เท่ากับ 0.1278, 0.1244 และ 0.1017 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่านอกจากพันธุ์มันสำปะหลังที่มีผลต่อ CRR แล้ว ในส่วนของพื้นที่ปลูกก็มีผลกับ CRR ด้วย ดังแสดงในรูปที่ **4.4** และ **4.5**

ตาราง 4.8 สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสด จังหวัด นครราชสีมา

ชนิดชีวมวล	น้ำหนักมันสำปะหลังสด (ตัน/ไร่)	น้ำหนักเหง้ามันสำปะหลัง (กก./ไร่)	สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลัง/หัวมันสำปะหลังสด
เหง้ามันสำปะหลัง	**2.7532**	**290.7491**	**0.1200**



รูปที่ 4.4 สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสดแยกตามพันธุ์ จังหวัดนครราชสีมา



รูปที่ 4.5 สัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสดแยกตามพื้นที่ปลูก จังหวัดนครราชสีมา

ตารางที่ 4.9 ศักยภาพเหง้ามันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา

	ปริมาณคงเหลือ (ตันสด/ปี)	ความชื้น (%wb)	ค่าความร้อน MJ /kg	พลังงานทั้งสิ้น (GJ)	พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ (toe)
เหง้ามันสำปะหลัง	1,862.00*	54.00	8.19	15,249.78**	364.21***

หมายเหตุ

* ปริมาณเหง้ามันสำปะหลังคงเหลือ ปี 2552 เท่ากับ 1,862 ตันสด (MC = 54%)

** ค่าพลังงาน (MJ) = ปริมาณเหง้ามันสำปะหลัง (kg) X ค่าความร้อน (MJ/kg)

*** 1 toe = 41.87 GJ

จากข้อมูลกรณีศึกษาเหง้ามันสำปะหลังที่มีอยู่ในจังหวัดนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2552 สามารถสรุปได้ใน**ตารางที่ 4.9** โดยมีปริมาณเหง้ามันสำปะหลังในจังหวัดคิดเป็น 1,862.00 ตันสด คิดเป็นพลังงาน 15,249.78 GJ เทียบเท่าน้ำมันดิบ 364.21 toe

4.6 การวิเคราะห์ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง

เหง้ามันสำปะหลังเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ที่มีศักยภาพในอันดับต้นๆ ที่โรงไฟฟ้าชีวมวลหรืออุตสาหกรรมต่างๆให้ความสนใจในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง และได้มีการประกาศรับซื้อเหง้ามันสำปะหลัง อย่างกว้างขวาง แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติการนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟและความร้อนยังติดปัญหาหลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาด้านการจัดการเก็บรวบรวม ขนส่ง เนื่องจากเหง้ามันสำปะหลัง มีกิ่งก้าน เบา ความหนาแน่นต่ำ ทำให้ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง ในการศึกษานี้จึงได้ทำการวิเคราะห์ต้นทุนการรวบรวม แปรรูปและ ขนส่งเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังที่เกิดขึ้น โดยใช้ข้อมูลการทดสอบภาคสนาม ในพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งถือได้ว่าเป็นแหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลังที่ใหญ่เป็นอันดับหนึ่งของประเทศ โดยทำการศึกษาลักษณะการกระจายตัวของเหง้ามันสำปะหลัง ซึ่งพบว่า โดยส่วนใหญ่ เกษตรกรจะทำการลำเลียงหัวมันสดมากองรวมกันเป็นจุด เพื่อทำการตัด/สับแยกหัวมันสำปะหลังสดออกจากเหง้ามันสำปะหลัง ทำให้เหง้ามันสำปะหลังจะไม่กระจัดกระจายทั่วแปลงเหมือนกับฟางข้าว ใบอ้อย/ยอดอ้อย

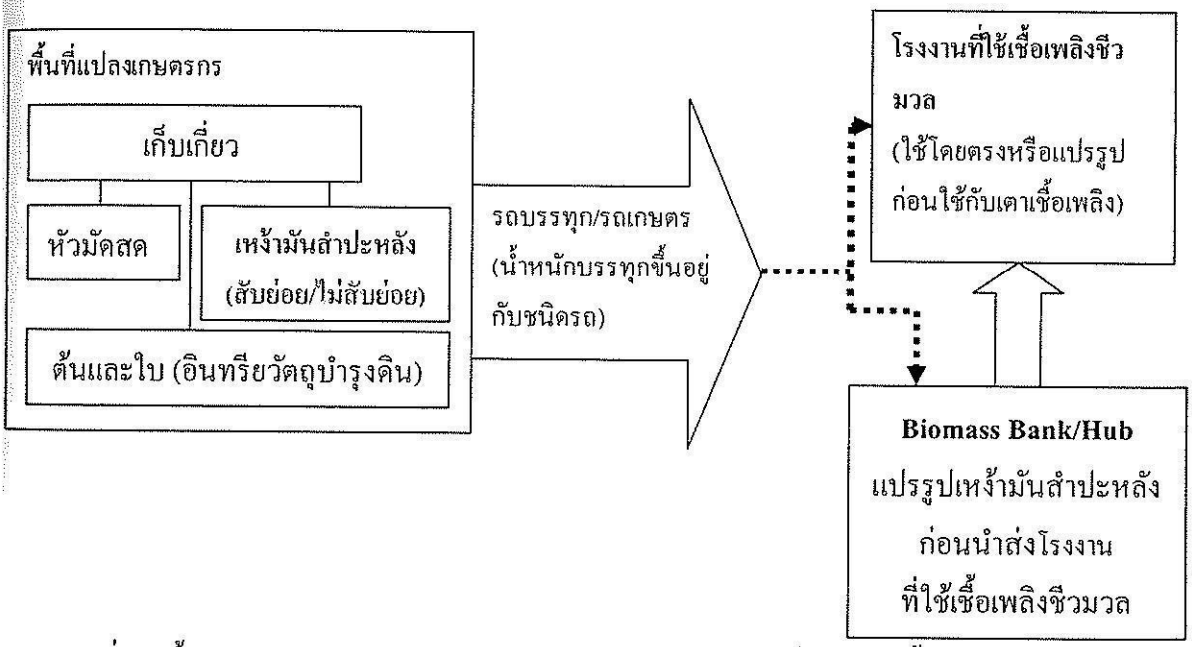
นอกจากนี้ยังพบว่า ถนนและ เส้นทางคมนาคมเข้าสู่แปลงมันสำปะหลังค่อนข้างสะดวก สามารถนำเครื่องจักรหรือรถบรรทุกเข้าไปขนผลผลิตหรือทำการแปรรูปภายในแปลงได้ ทำให้เห็นถึงศักยภาพการนำเครื่องสับ/ย่อยแบบ Onsite Chipper เข้าไปทำงานเพื่อการแปรรูปที่แหล่งกำเนิดได้

โดยสรุปแล้วขั้นตอนการรวบรวมเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง จะประกอบด้วย การเก็บรวบรวม การแปรรูปโดยการย่อยลดขนาด การลำเลียงขึ้น-ลงรถบรรทุก (Loading และ Unloading) และการขนส่ง ดังแสดงไว้ในรูปที่ **4.7 และ 4.8**

ทั้งนี้การวิเคราะห์ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง จะใช้ข้อมูล ในการศึกษานี้จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี ใหญ่ๆ คือ

1) การแปรรูปแบบรวมศูนย์

ในกรณีนี้จะเป็นการแปรรูปเชื้อเพลิงขั้นที่ 1 (Primary Processes) คือการสับ/ย่อยให้มีขนาดพร้อมใช้ เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อย โดยเกษตรกรจะทำการรวบรวมและขนส่งเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังไปแปรรูปสับ/ย่อยลดขนาดแบบรวมศูนย์ โดยที่โรงงานแปรรูปเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ



รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังและการแปรรูปเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

กรณีที่ 1) ส่งไปสับ/ย่อย ที่โรงไฟฟ้าชีวมวลหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังโดยตรง

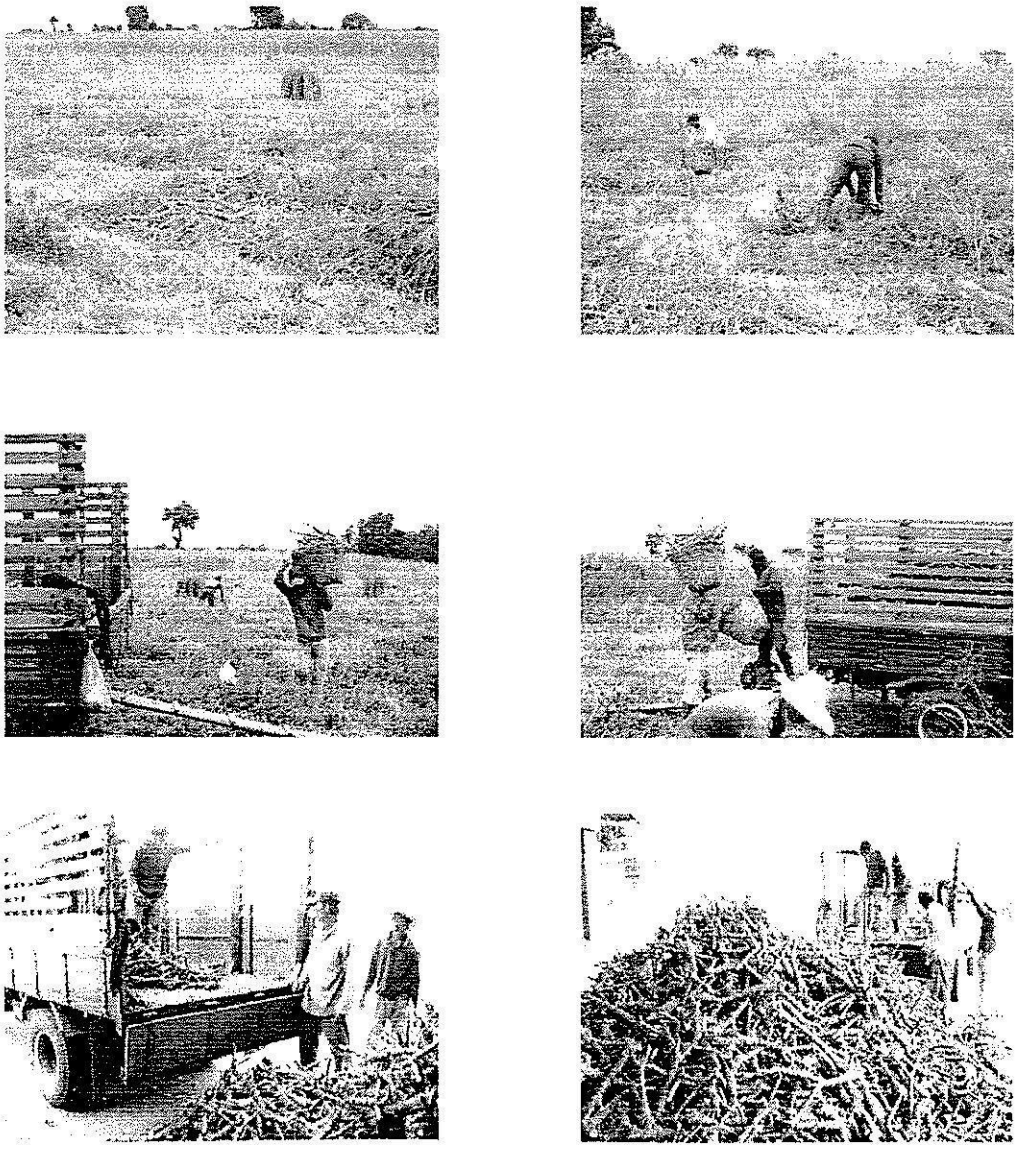
กรณีที่ 2) ส่งไปสับ/ย่อย ที่ศูนย์รวบรวมเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Bank หรือ Biomass Hub) ที่ทำการรวบรวมและแปรรูปเชื้อเพลิงเพื่อส่งไปจำหน่ายหรือนำไปเข้ากระบวนการแปรรูปเชื้อเพลิงขั้นที่ 2 อีกต่อหนึ่ง

2) **การแปรรูปที่แหล่งกำเนิด**

ในกรณีนี้จะเป็นการจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลแบบ On-site Management ที่กระทำ การแปรรูปโดยสับ/ย่อยเหง้ามันสำปะหลังในแปลงปลูก ก่อนที่จะทำการขนส่งไปโรงไฟฟ้าชีวมวลหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังโดยตรง หรือศูนย์รวบรวมเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Bank หรือ Biomass Hub) โดยแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ

กรณีที่ 3) สับ/ย่อยในแปลงและส่งเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวลหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้งานโดยตรง

กรณีที่ 4) สับ/ย่อยในแปลงและส่งเข้าศูนย์รวบรวมเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Bank หรือ Biomass Hub) เพื่อส่งไปจำหน่ายหรือนำไปเข้ากระบวนการแปรรูปเชื้อเพลิงขั้นที่ 2 อีกต่อหนึ่ง



รูปที่ 4.7 แสดงการรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังจากแปลงเข้าสู่โรงงาน

4.6.1 สมมติฐานและการวิเคราะห์ต้นทุน

1) ต้นทุนเหง้ามันสำปะหลัง

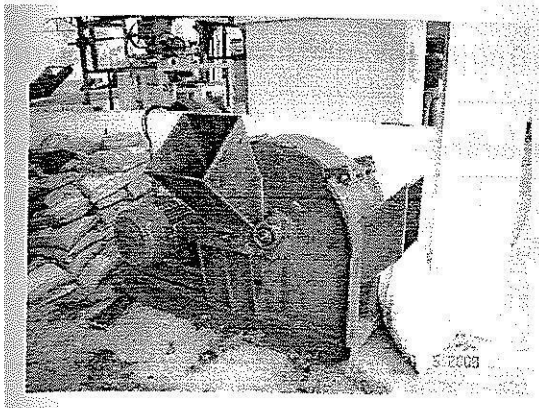
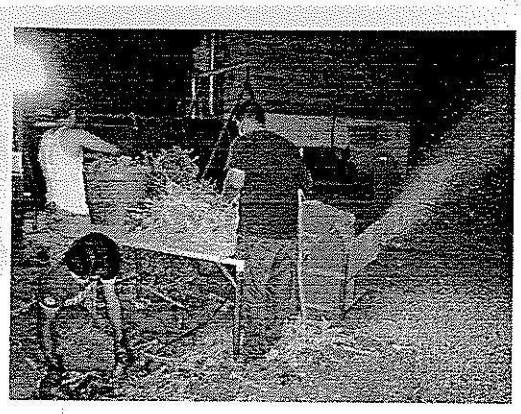
จากการสำรวจปริมาณเหง้ามันสำปะหลัง ที่เกิดขึ้นในแปลงปลูกหลังการเก็บเกี่ยวของ อำเภอ เมือง จังหวัด นครราชสีมา พบว่า สัดส่วนเศษวัสดุเหลือใช้ของเหง้ามันสำปะหลังต่อผลผลิต จะมีเหง้ามันสำปะหลังประมาณ 12% ของผลผลิต โดยผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยจะอยู่ในช่วง 2.7 ตันต่อไร่ พบว่ามีเหง้ามันสำปะหลังสดในแปลงเฉลี่ย 286 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมูลค่าของเหง้ามันสำปะหลังน้อยมากถือว่าไม่มีราคา อย่างไรก็ดีหากมีการจัดระบบการรวมเหง้ามันสำปะหลังในลักษณะเชิงพาณิชย์ขึ้น เกษตรกรเจ้าของแปลงปลูก มีโอกาสที่จะคิดมูลค่าเหง้ามันสำปะหลังน่าจะเกิดขึ้น ดังนั้นทางโครงการฯ จึงได้ทำการสำรวจความพึงพอใจของเกษตรกร โดยการสัมภาษณ์ พบว่า ในการคิดมูลค่าเหง้ามันสำปะหลัง น่าจะเป็นระบบเหมาไร่เหมือนกับฟางข้าว และ ใบอ้อยยอดอ้อย โดยราคาที่น่าจะเป็นไปได้คือ อัตรา 30 บาท/ไร่ ทำให้ต้นทุนเหง้ามันสำปะหลังเฉลี่ยอยู่ที่ 30 บาท/286 กิโลกรัม คิดเป็น **มีค่า 0.105 บาทต่อกิโลกรัม**

2) ต้นทุนค่าเก็บรวบรวมโดยใช้แรงงานคน

ปัจจุบันการเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังจะใช้แรงงานคน จากการทดสอบความสามารถในการรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังในแปลง พบว่า ความสามารถในการรวบรวมเหง้ามันสำปะหลัง พร้อมขนขึ้นรถบรรทุก เฉลี่ย 6.66 ไร่ต่อคนต่อวัน หรือประมาณ 1.9 ตันต่อคน-วัน (เหง้ามันสำปะหลังเฉลี่ย 286 กิโลกรัม/ไร่) ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณเหง้ามันสำปะหลังภายในแปลง โดยที่ค่าแรงเกษตรกรวันละ 180 บาท/คน/วัน ทำให้ต้นทุนการเก็บรวบรวมเหง้ามันสำปะหลังโดยใช้คนมีค่า **0.095 บาทต่อกิโลกรัม**

3) ต้นทุนการสับ/ย่อยลดขนาด

ข้อสมมติฐานต้นทุนในการสับย่อยลดขนาดของเหง้ามันสำปะหลัง จะใช้ข้อมูลการทดสอบเครื่องสับ/ย่อยลดขนาด หัวสับชนิดจานกลม (Flywheel Type) ที่พัฒนาขั้นต้นโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ดังรายละเอียดแสดงไว้ในรูปที่ 4.5 มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง (830mm x 1450mm x 1150mm) มีใบมีดสับ 4 ใบ ขนาดจานสับ 800 mm. ใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 22 kW ความเร็วรอบ 2,000 RPM กำลังการผลิตเฉลี่ย 2 ตันต่อชั่วโมง

รูปที่ 4.8 เครื่องสับ/ย่อยวัสดุเกษตร (Chipper) ชนิดหัวสับชนิดจานกลม (Flywheel Type)

จากการศึกษาประสิทธิภาพการสับ/ย่อยเหง้ามันสำปะหลัง ในห้องปฏิบัติการ พบว่าประสิทธิภาพการสับ/ย่อยเหง้ามันสำปะหลัง โดยทำการป้อนโดยใช้แรงงานคนงานพบว่าเครื่องสับ/ย่อย ไม่สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากการล้าของคนงาน โดยเฉลี่ยกำลังการผลิตจะอยู่ที่ 1.59 ตัน/ชั่วโมง จำเป็นต้องพัฒนาระบบป้อน (Feeder) เพื่อให้เครื่องจักรสามารถทำงานเต็มประสิทธิภาพ โดยประสิทธิภาพแสดงไว้ใน **ตารางที่ 4.10**

ตารางที่ 4.10 การทดสอบกำลังการสับ/ย่อยสูงสุดของเครื่องสับ/ย่อยเหง้ามันสำปะหลัง

การทดลองที่	น้ำหนัก * (kg)	เวลาที่ใช้ (s)	กำลังที่ใช้ (kW)	สมรรถนะ (ton/hr)	พลังงานที่ใช้ในการสับ (kWh/ton)
1	300	606.74	15.65	1.78	8.79
2	311	761.63	14.95	1.47	10.17
3	295	689.61	15.65	1.54	10.16
4	302	688.10	16.07	1.58	10.17
เฉลี่ย	**302.00**	**686.52**	**15.58**	**1.59**	**9.82**

หมายเหตุ *ความชื้น 53.5%wb ความหนาแน่นก่อนสับ 193 kg/m^3 ความหนาแน่นหลังสับ 332 kg/m^3

จากผลการทดสอบที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาวิเคราะห์หาต้นกำลังที่ใช้ในกรณีนำไปใช้สับ/ย่อยเหง้ามันสำปะหลังแบบ Onsite Chipper ทั้งนี้ต้นกำลังคือ รถแทรกเตอร์ที่มีเพลาอำนวยกำลัง (PTO) ติดอยู่ โดยกำลังของเครื่องยนต์ที่ใช้ควรจะมีกำลังมากกว่า มอเตอร์ไฟฟ้าประมาณ 20% (เนื่องจากประสิทธิภาพของเครื่องยนต์อยู่ที่ประมาณ 70% มอเตอร์ไฟฟ้าประมาณ 90%) ทั้งนี้ต้องใช้เครื่องยนต์ต้นกำลังสำหรับเครื่องสับ/ย่อยแบบ Onsite Chipper ประมาณ 27 kW หรือใช้รถแทรกเตอร์ขนาดไม่ต่ำกว่า 40 แรงม้า สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนการสับ/ย่อยเหง้ามันสำปะหลัง สามารถแสดงได้ดัง**ตารางที่ 4.11**

ตารางที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการสับ/ย่อยเหง้ามันสำปะหลังกรณีต่างๆ

กรณีที่	ต้นทุนการสับย่อยเหง้ามันสำปะหลัง (บาทต่อกิโลกรัม)					
	ค่าใช้เครื่องสับ/ย่อย	ค่าซ่อมบำรุง ลับใบมีด	พลังงานที่ใช้	ค่าเช่ารถแทรกเตอร์	คนป้อนเหง้ามันสำปะหลัง	รวม
1	-	-	-	-	-	**0.200**[3]
2	0.063	0.063	0.022[1]	-	0.026	**0.174**
3	0.063	0.063	0.066[2]	0.157	0.026	**0.375**
4	0.063	0.063	0.066[2]	0.157	0.026	**0.375**

หมายเหตุ [1] สมมติให้ค่าไฟฟ้าราคาหน่วยละ 3.5 บาท ใช้ 9.82 kWh/ton

[2] สมมติให้ค่าน้ำมันดีเซลลิตรละ 35 บาท ใช้ 3 ลิตร/ตัน

[3] ค่าสับหน้าโรงงานตันละ 200 บาท

4) ต้นทุนการขนส่ง

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว สภาพแปลงปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่ จะสามารถนำรถบรรทุกขนส่งเข้าไปลำเลียงมันสำปะหลังออกมาได้ อย่างไรก็ดี การนำรถบรรทุก 10 ล้อขนาดใหญ่เข้าไปในแปลงที่อยู่ลึกๆทำได้ค่อนข้างลำบาก ทำให้เกษตรกรเลือกใช้รถที่มีขนาดเล็กลง โดยปกติจะใช้รถบรรทุกเกษตร (อีแต๋น) รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ และ 6 ล้อ รถแทรกเตอร์พ่วงเทเลอร์ ยกเว้นหากมีการขนส่งมันสำปะหลังเป็นระยะทางไกลจะใช้รถบรรทุก 10 ล้อ ในการศึกษานี้จะทำการประเมินต้นทุนการขนส่งโดยใช้รถบรรทุกชนิดต่างๆ 5 ชนิด คือ รถปิคอัพบรรทุก รถบรรทุก 4 ล้อ รถบรรทุก 6 ล้อ รถบรรทุก 10 ล้อ และ แทรกเตอร์พ่วงเทเลอร์ ทั้งนี้พิกัดบรรทุก ปริมาตรบรรทุก อัตราค่าขนส่งแสดงไว้ใน**ตารางที่ 4.12**

การวิเคราะห์ต้นทุนการขนส่งในกรณีต่างๆ ได้แสดงไว้ใน**ตารางที่ 4.13** พบว่ารถบรรทุกขนส่งที่ใช้ในการขนส่งวัสดุทางการเกษตรในปัจจุบัน ที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวลหรือโรงงานอุตสาหกรรม คือ รถบรรทุก 6 ล้อ โดยมีต้นทุนค่าขนส่งอยู่ที่ 0.18 และ 0.10 บาท/กิโลกรัม (อัตราค่าขนส่งระยะทางไม่เกิน 150 กม.) กรณีเหง้ามันสำปะหลังสดและเหง้ามันสำปะหลังสับตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อพิจารณากรณีที่จะต้อง ขนส่งเหง้ามันสำปะหลังเข้าสู่ ศูนย์รวบรวมเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Bank หรือ Biomass Hub) เพื่อทำการส่งต่อหรือแปรรูปพบว่า ค่าขนส่งจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีการขนส่ง ลำเลียง 2 เที่ยว คือ ใช้รถปิคอัพบรรทุก 1

เที่ยว และใช้รถบรรทุก 6 ล้อ 1 เที่ยว จะมีต้นทุนค่าขนส่งอยู่ที่ 0.33และ 0.23 บาท/กิโลกรัม กรณีเหง้ามันสำปะหลังสดและเหง้ามันสำปะหลังสับตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบพิกัดรถบรรทุกชนิดต่างๆ เพื่อนำมาขนส่งเหง้ามันสำปะหลัง

ประเภทรถ	พิกัดบรรทุก (ตัน)	ก x ย x ส (ม. x ม. x ม.)	ปริมาตรบรรทุก (ลบ.ม.)	น้ำหนักบรรทุกเหง้าสด[3](ตัน)	น้ำหนักบรรทุกเหง้าสับ[4] (ตัน)
รถปิคอัพบรรทุก	1				
- มีคอกสูง[1]		1.5 x 2.4 x 1.5	5.40	1.042	1.793
- มีคอกเตี้ย[1]		1.5 x 2.4 x 0.9	3.24	0.625	1.076
รถบรรทุก 4 ล้อ [2]	4	1.9 x 3.0 x 1.8	10.26	1.980	3.406
รถบรรทุก 6 ล้อ	8				
- ขนาดกลาง[2]		2.1 x 4.5 x 2.0	18.90	3.648	6.275
- ขนาดใหญ่[2]		2.1 x 6.7 x2.5	35.18	6.789	11.678
รถบรรทุก 10 ล้อ[2]	13	2.3 x 6.0 x2.5	34.50	6.658	11.145
แทรกเตอร์เทเลอร์[1]	5	2.0 x 3.8 x 2.0	15.20	2.934	5.046

หมายเหตุ [1] รับขนส่งไม่เกิน 50-80 กม. (วิ่งรถเที่ยวเดียว)

[2] อัตราค่าขนส่งระยะทางไม่เกิน 150 กม. (วิ่งรถ 2 เที่ยว มีของกลับ)

[3] เหง้ามันสำปะหลังสด ความชื้น 53.5%wb ความหนาแน่นก่อนสับ 193 kg/m^3

[4] เหง้ามันสำปะหลังสับ ความชื้น 53.5%wb ความหนาแน่นก่อนสับ 332 kg/m^3

4.6.2 สรุปต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลัง

จากข้อสมมติฐานและการวิเคราะห์ต้นทุนข้างต้น พบว่า ต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังมีค่าประมาณ 0.58-0.95 บาท/กิโลกรัม ขึ้นอยู่กับวิธีการรวบรวมและสับ/ย่อย โดยสามารถสรุปรายละเอียดได้ตาม**ตารางที่ 4.14 ถึง 4.17** เมื่อคิดค่าความร้อนของเหง้ามันสำปะหลังที่ 54.0 % ความชื้น มีค่าความร้อนเท่ากับ 8.19 MJ/kg (1,959 Mcal/kg) สามารถประเมินต้นทุนเชื้อเพลิงพร้อมใช้ของเหง้ามันสำปะหลัง ในกรณีที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 0.29 0.44 0.37 และ 0.49 บาท/Mcal ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งเหง้ามันสำปะหลังกรณีต่างๆ (บาท/กิโลกรัม)

กรณีที่	รถปิคอัพ[1]		รถบรรทุก 4 ล้อ[2]	รถบรรทุก 6 ล้อ[2]		รถบรรทุก 10 ล้อ	แทรกเตอร์ พ่วงเทเลอร์
	คอกสูง	คอกเตี้ย		ขนาดกลาง	ขนาดใหญ่		
1	0.22	0.24	0.30	0.33	**0.18**	0.29	0.34
2	**0.22**	0.24	0.30	0.33	**0.18**	0.29	0.34
3	0.13	0.14	0.18	0.19	**0.15**	0.17	0.20
4	**0.13**	0.14	0.18	0.19	**0.15**	0.17	0.20

หมายเหตุ ต้นทุนการขนส่งที่เหมาะสม คือ ตัวเลขที่ขีดเส้นใต้เอาไว้

[1] รับขนส่งไม่เกิน 50-80 กม. (วิ่งรถเที่ยวเดียว)

[2] อัตราค่าขนส่งระยะทางไม่เกิน 150 กม. (วิ่งรถ 2 เที่ยว มีของกลับ)

ตารางที่ 4.14 ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังกรณีที่ 1

ต้นทุน	รายละเอียดการคำนวณ	คิดเป็น [บาท/กก.]	สัดส่วน[%]
ค่าเหง้ามันสำปะหลัง	= 30 [บาท/ไร่] / 286 [กิโลกรัม/ไร่]	0.105	20.87
ค่าแรงคนงาน (การเก็บรวบรวม)	= 180 [บาท/คน/วัน] / 286 [กิโลกรัม/ไร่] x 6.66 [ไร่/คน/วัน]	0.095	15.66
ค่าสับ/ย่อย	= 200 [บาท/ตัน]	0.200	34.70
ค่าขนส่ง[1]	= 1,200 [บาท/เที่ยว]/ [6,789 กิโลกรัม/เที่ยว]	0.177	63.47
รวม		0.577	100

หมายเหตุ [1] ใช้รถบรรทุก 6 ล้อในการขนส่ง

ตารางที่ 4.15 ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังกรณีที่ 2

ต้นทุน	รายละเอียดการคำนวณ	คิดเป็น [บาท/กก.]	สัดส่วน[%]
ค่าเหง้ามันสำปะหลัง	= 30 [บาท/ไร่] / 286 [กิโลกรัม/ไร่]	0.105	12.11
ค่าแรงคนงาน (การเก็บรวบรวม)	= 180 [บาท/คน/วัน] / 286 [กิโลกรัม/ไร่] x 6.66 [ไร่/คน/วัน]	0.095	10.94
ค่าสับ/ย่อย	= 174 [บาท/ตัน]	0.174	20.09
ค่าลำเลียงขึ้น-ลงรถบรรทุก	= 2 คน x 250 [บาท/คน/วัน] / 5,000 [กิโลกรัม/วัน]	0.100	11.54
ค่าขนส่ง[1)]	= 225 [บาท/เที่ยว]/ [1,042 กิโลกรัม/ เที่ยว] + 1,200 [บาท/เที่ยว]/ [6,789 กิโลกรัม/ เที่ยว]	0.393	45.33
รวม		0.866	100

หมายเหตุ [1)] ใช้รถปิคอัพ จากแปลงมาที่ Biomass Bank และใช้รถบรรทุก 6 ล้อขนส่งต่อเพื่อจำหน่าย

ตารางที่ 4.16 ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังกรณีที่ 3

ต้นทุน	รายละเอียดการคำนวณ	คิดเป็น [บาท/กก.]	สัดส่วน [%]
ค่าเหง้ามันสำปะหลัง	= 30 [บาท/ไร่] / 290 [กิโลกรัม/ไร่]	0.105	14.47
ค่าแรงคนงาน (การเก็บรวบรวม)	= 180 [บาท/คน/วัน] / 286 [กิโลกรัม/ไร่] x 6.66 [ไร่ต่อคนต่อวัน]	0.095	13.07
ค่าสับ/ย่อย[1)]	= 375 [บาท/ตัน]	0.375	51.77
ค่าขนส่ง[2)]	= 1,200 [บาท/เที่ยว]/ [6,789 กิโลกรัม/ เที่ยว]	0.150	20.69
รวม		0.725	100

หมายเหตุ [1)] ใช้รถบรรทุก 6 ล้อในการขนส่ง

ตารางที่ 4.17 ต้นทุนเชื้อเพลิงเหง้ามันสำปะหลังกรณีที่ 4

ต้นทุน	รายละเอียดการคำนวณ	คิดเป็น [บาท/กก.]	สัดส่วน [%]
ค่าเหง้ามันสำปะหลัง	= 30 [บาท/ไร่] / 286 [กิโลกรัม/ไร่]	0.105	11.04
ค่าแรงคนงาน (การเก็บรวบรวม)	= 180 [บาท/คน/วัน] / 286 [กิโลกรัม/ไร่] x 6.66 [ไร่ต่อคนต่อวัน]	0.095	9.97
ค่าสับ/ย่อย	= 375 [บาท/ตัน]	0.375	39.49
ค่าลำเลียงขึ้น-ลงรถบรรทุก	= 2 คน x 250 [บาท/คน/วัน] / 5,000 [กิโลกรัม/วัน]	0.100	10.52
ค่าขนส่ง[1)]	= 225 [บาท/เที่ยว]/ [1,500 กิโลกรัม/เที่ยว] + 1,200 [บาท/เที่ยว]/ [8,000 กิโลกรัม/ เที่ยว]	0.275	28.99
รวม		0.950	100

หมายเหตุ [1)] ใช้รถปิคอัพ จากแปลงมาที่ Biomass Bank และใช้รถบรรทุก 6 ล้อขนส่งต่อเพื่อจำหน่าย

4.6.3 ทัศนคติในการนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นพลังงานทดแทน:กรณีศึกษา ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

จากข้อมูลพื้นฐานของ จังหวัดนครราชสีมา พบว่า มันสำปะหลังยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดนครราชสีมาเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสถานการณ์มันสำปะหลังราคาแพงในปี 2550 เนื่องจากสาเหตุ ความต้องการมันเส้น มันอัดเม็ด จากประเทศจีน และกลุ่มประเทศอียู ในการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนนี้สนใจที่จะนำเศษเหง้ามันที่กระจัดกระจายอยู่ในไร่ มาทำการรวบรวม แปรรูปและใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยทำการศึกษาในพื้นที่ ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งแม้ว่าจะไม่ใช่พื้นที่ที่ปลูกมันหนาแน่นที่สุด แต่ชุมชนดังกล่าวเป็นชุมชนที่อยู่รอบมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งนอกจากจะทำให้การดำเนินการพัฒนาต้นแบบเป็นไปได้อย่างใกล้ชิดแล้ว ยังแสดงให้เห็นถึงการเป็นมหาวิทยาลัยท้องถิ่นที่นำเทคโนโลยีต่างๆถ่ายทอดให้แก่ชุมชนใกล้เคียง

ตำบลสุรนารี นี้มีเนื้อที่ทั้งหมด 31,188 ไร่ (49.9 ตารางกิโลเมตร) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม ตำบลสุรนารี ห่างจากอำเภอเมืองนครราชสีมาระยะทางประมาณ 18 กิโลเมตร มีประชากรทั้งสิ้น 15,163 คนแยกเป็นประชากรชาย 7,176 คน หญิง 7,987 คน มีจำนวนหลังคาเรือนทั้งสิ้น 3,406 หลังคาเรือน ดังแสดงไว้ใน**ตารางที่ 4.18** ประชากรในเขต ตำบลสุรนารี ประกอบอาชีพหลากหลายครอบคลุมทุกอาชีพ คือ การทำไร่ ทำนา ทำสวน รับจ้าง ค้าขาย และรับราชการ มีรายได้เฉลี่ยประมาณ 25,500 บาท/ คน/ปี ทั้งนี้ ดังแสดงรายละเอียดไว้ใน**ตารางที่ 4.19**

ตารางที่ 4.18 ประชากร ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

หมู่บ้าน	จำนวนประชากร			จำนวนครัวเรือน
	ชาย	หญิง	รวม	
ราชสีมา	1,004	1,130	2,134	966
โนนไม้แดง	870	960	1,830	756
ยางใหญ่	918	995	1,913	564
ตะเภาทอง	319	361	680	184
หนองบง	652	679	1,331	468
มาบเอื้อง	1,290	1,615	2,905	1,132
โกรกเดือนห้า	351	375	726	200
สะพานหิน	153	156	309	110
ยางใหญ่พัฒนา	765	835	1,600	656
ท้าวสุระ	849	881	1,730	590
รวม	7,176	7,987	15,163	3,406

ตารางที่ 4.19 อาชีพของประชากร ใน ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา

อาชีพ	ครัวเรือน	ร้อยละ
ทำนา	150	4.40
ทำไร่	288	8.46
ทำสวน	32	0.94
เลี้ยงสัตว์	95	2.79
ค้าขาย	287	8.43
รับจ้าง (ภาคเกษตรกรรม)	750	22.02
อื่นๆ เช่น รับราชการ พนักงานรัฐวิสาหกิจ พนักงานบริษัท	1,804	52.97

การศึกษา คือ ศึกษาทัศนคติในการนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นพลังงานทดแทน โดยจะใช้แบบสอบถามข้อมูลเกษตรกรจำนวน 213 ชุด (ครัวเรือน) คิดเป็น 94% ของครัวเรือนเกษตรกร ทั้งนี้รายละเอียดแบบฟอร์มแบบสอบถามแสดงไว้ในภาคผนวก โดยผลวิเคราะห์แบบสอบถามมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากแบบสำรวจเกษตรกรพบว่า เกษตรกรจำนวน 36.6 % ทำการปลูกข้าว ปลูก มันสำปะหลัง 53.5 % และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 29.1 % โดยที่เกษตรกร 34 % มีการเลี้ยงสัตว์เป็นอาชีพเสริมและเป็นอาชีพหลักเมื่อพิจารณาข้อมูลการปลูกมันสำปะหลังของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรจะปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50โดยจะทำการปลูกในเดือนกันยายนและตุลาคม และทำการเก็บเกี่ยวเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 1 ปี โดยที่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรคือ เหง้ามันสำปะหลัง ทั้งหมดจะอยู่ในไร่มันสำปะหลังยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ ผลการสำรวจความสนใจในการนำวัสดุเหลือใช้ในแปลงมาใช้ประโยชน์ หรือทำให้มีมูลค่าสรุปได้ดังนี้

1. เห็นด้วยอย่างยิ่ง และยินดีให้ความร่วมมือ 36.6 %
2. เห็นด้วย แต่ของดูเกษตรกรอื่นๆ ก่อน 36.6 %
3. เห็นด้วย ถ้าราคาวัสดุเหลือใช้ราคาดีพอกับความต้องการ 5.1 %
4. ไม่เห็นด้วยเพราะมีการใช้วัสดุเหลือใช้อยู่แล้ว(ใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน) 3.2 %
5. ไม่เห็นด้วยเพราะไม่คุ้มค่าต่อการนำวัสดุเหลือใช้ออกมาจากแปลง 1.4 %
6. ไม่เห็นด้วย 2.5 % เพราะไม่มั่นใจในการจัดการ
7. ไม่มีความคิดเห็น 14.6 %

4.7 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยกะบวนการ Gasification

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยกะบวนการ Gasification จากต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.7.1 ประวัติโรงไฟฟ้าชีวมวล "สุรนารี"

โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนเริ่มก่อสร้างในเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2548 โดยความร่วมมือของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และบริษัท ซาตาเกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ประเทศญี่ปุ่น มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการพัฒนาระบบการผลิตไฟฟ้าจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยอาศัยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาวิจัย และเผยแพร่ไปสู่

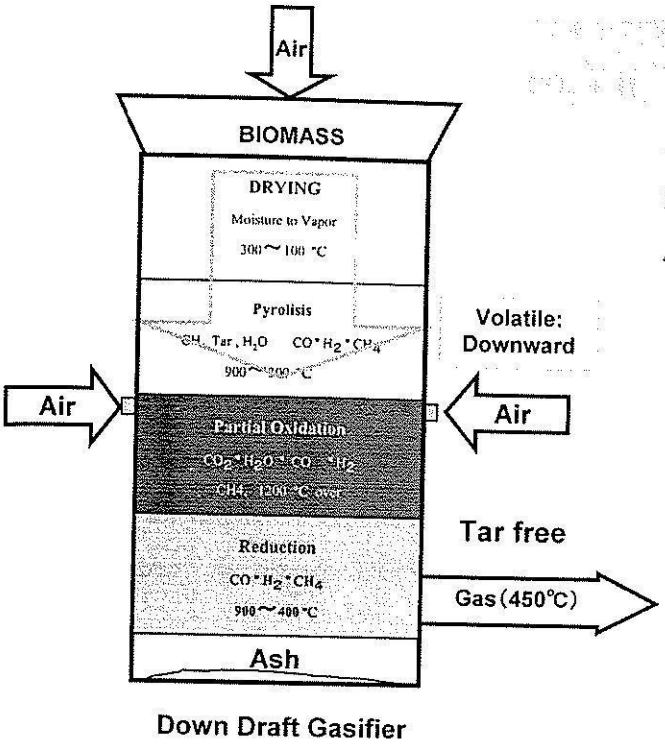
ชุมชน โดยดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2549 ซึ่งเป็นปีมหามงคลที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชมหาราช ทรงครองราชสมบัติ ครบ 60 ปี ซึ่งพระองค์ทรงเปรียบเสมือนพระบิดาแห่งการพัฒนาพลังงานทดแทนของประเทศ ตามหลัก"เศรษฐกิจพอเพียง" ที่มีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (ชีวมวล) ที่มีอยู่ในพื้นที่ มาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าหมุนเวียนก่อให้เกิดการพึ่งพาตนเองในด้านพลังงานของชุมชน

ในปีมหามงคลนั้นเอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้รับพระบรมราชานุญาตให้ใช้ชื่อ ***โรงไฟฟ้าชีวมวลเฉลิมพระเกียรติฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี*** โดยได้รับพระมหากรุณาธิคุณจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินเป็นองค์ประธานในพิธีเปิดเมื่อวันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2549

โรงไฟฟ้าชีวมวล "สุรนารี" นี้มีกำลังการผลิต 100 กิโลวัตต์ เป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กใช้เทคโนโลยี Biomass Gasification ชนิด Open Top Downdraft Gasification โดยทำการป้อนเชื้อเพลิงทางด้านบน ที่ใช้หลักการเผาไหม้ที่ควบคุมปริมาณอากาศ ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เชื้อเพลิงชีวมวลที่เป็นของแข็ง จะถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สมีองค์ประกอบ คือ แก๊สคาร์บอนมอนนอก-ไซด์ (CO) 18-22% แก๊สไฮโดรเจน (H_2) 18-20% และ แก๊สมีเทน (CH_4) 1-2% มีค่าความร้อนเฉลี่ย 4.5-5.5 เมกะจูลต่อลูกบาศก์เมตร สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมหรือแก๊สธรรมชาติได้ โดยแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการทำความสะอาดยางเหนียวและฝุ่น (Tar and dust) และลดอุณหภูมิแล้ว จะสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่เป็นต้นกำลังผลิตกระแสไฟฟ้าได้ สามารถใช้ได้กับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (ชีวมวล) ได้ทุกประเภท อาทิ เศษไม้ ทางและทะลายปาล์ม แกลบ กะลามะพร้าว ซังข้าวโพด เหง้ามันสำปะหลัง ฯลฯ จึงเหมาะสมกับทุกภาคของ ประเทศไทย

4.7.2 ทฤษฎีแก๊สซิฟิเคชั่น

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น (Biomass Gasification) เป็นกระบวนการที่ทำให้องค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวล เปลี่ยนรูปไปเป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่จุดไฟติดและมีค่าความร้อนสูง โดยอาศัยปฏิกิริยาอุณหเคมี (Thermo-chemical Reaction) ซึ่งแก๊สเชื้อเพลิงดังกล่าวนี้ประกอบด้วย แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) แก๊สไฮโดรเจน (H_2) และแก๊สมีเทน (CH_4) ซึ่งสภาวะที่ทำให้เกิดแก๊สดังกล่าวก็คือ สภาวะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ กล่าวคือ เป็นสภาวะที่มีการจำกัดปริมาณอากาศหรือแก๊สออกซิเจน เพราะหากมีแก๊สออกซิเจนเพียงพอ หรือมากเกินพอจะกลายเป็นกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Combustion) และมีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ออกมาซึ่งไม่ติดไฟ ในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น สามารถแบ่งโซนการเกิดปฏิกิริยาออกเป็น 4 โซน ดังแสดงใน**รูปที่ 4.9** โดยโซนของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอธิบายได้ดังต่อไปนี้



1. Combustion หรือ Oxidation Zone
2. Reduction Zone
3. Pyrolysis หรือ Distillation Zone
4. Drying Zone

รูปที่ 4.9 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น

Combustion หรือ **Oxidation Zone** เป็นบริเวณที่ป้อนอากาศ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อน เชื้อเพลิงชีวมวลจะลุกไหม้ เกิดปฏิกิริยาอุณหเคมีระหว่างแก๊สออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอนและไฮโดรเจน ซึ่งอยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวล ผลของปฏิกิริยาดังกล่าวก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ดังสมการที่ (1) ถึง (2)

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad (1)$$

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \quad (2)$$

ปฏิกิริยาในสมการที่ (1) และ (2) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อนและความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาดูดความร้อนในโซน Reduction และโซน Pyrolysis อุณหภูมิในโซน Combustion จะมีค่าระหว่าง 1,100 – 1,500 °C

Reduction Zone แก๊สร้อนที่ผ่านมาจาก Combustion Zone จะทำให้เกิดปฏิกิริยา Reduction ใน Zone นี้จะมีอุณหภูมิระหว่าง 500 – 900 °C ทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจะไหลผ่านคาร์บอนที่กำลังลุกไหม้อยู่ ก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ไฮโดรเจน และมีเทน ดังสมการที่ (3) ถึง (7)

$$C + CO_2 \longrightarrow 2CO \quad (3)$$

$$C + H_2O \longrightarrow CO + H_2 \quad (4)$$

$$C + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 2H_2 \quad (5)$$

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 \quad (6)$$

$$C + 2H_2 \rightarrow CH_4 \quad (7)$$

ปฏิกิริยาในสมการที่ (3) เรียกว่า Boundouard Reduction และปฏิกิริยาในสมการที่ (4) เรียกว่า Water Gas Reduction เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 900 °C แก๊สที่ได้จากสมการทั้งสองเป็นแก๊สที่เผาไหม้ได้ และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นแก๊สหลักที่ต้องการ ปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในแก๊สชีวมวลนี้จะขึ้นอยู่กับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ว่าจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนที่ร้อนได้มากน้อยเพียงใด

ในโซนของ Reduction นี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะดีเพียงใดขึ้นกับอุณหภูมิ ความเร็วของแก๊สที่สัมผัสกับเชื้อเพลิงชีวมวล และพื้นที่ผิวสัมผัสของเชื้อเพลิงชีวมวล ดังนั้นขนาดและปริมาณของเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้ จะมีผลต่อการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลขนาดใหญ่จะมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำ ทำให้ยากต่อการจุดเผาภายในเตาและจะทำให้เกิดปริมาณของช่องว่างระหว่างเชื้อเพลิงด้วยกันมาก เป็นผลทำให้มีออกซิเจนไหลผ่านเข้าไปในระบบมาก ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นก็จะน้อยตามไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีวมวลมีค่าต่ำ

แต่ถ้าขนาดของเชื้อเพลิงมีขนาดเล็ก ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียความดันภายในเตามาก จึงต้องใช้พัดลมขนาดใหญ่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากยิ่งขึ้นและแก๊สที่ผลิตได้ก็จะมีฝุ่นมากยิ่งขึ้น จากปฏิกิริยาถ้าอุณหภูมิในโซน Reduction สูงกว่า 900 °C แล้วแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 90% จะถูกเปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ และถ้าอุณหภูมิสูงมากกว่า 1,100 °C จะทำให้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดเปลี่ยนเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ นั่นคือประสิทธิภาพของเตาเผาจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของโซน Reduction

ในขณะที่แก๊สร้อนจากโซน Combustion ไหลเคลื่อนเข้าสู่โซน Reduction จะทำให้อุณหภูมิของแก๊สลดลง เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ดังนั้นไอน้ำกับคาร์บอนจะทำปฏิกิริยากันเพื่อก่อให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการที่ (5) ซึ่งจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 500-600 °C ปฏิกิริยานี้มีความสำคัญเพราะจะทำให้ส่วนผสมของแก๊สไฮโดรเจนในแก๊สชีวมวลมีค่ามากขึ้นซึ่งมีผลทำให้แก๊สมีค่าพลังงานความร้อนสูงขึ้น (แก๊สไฮโดรเจนมีผลต่อการจุดระเบิดของเครื่องยนต์สันดาปภายใน)แต่ถ้าในกระบวนการที่มีไอน้ำมากเกินไปไอน้ำอาจทำปฏิกิริยา กับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ จะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนดังสมการที่ (6) (ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Water Shift Reduction) ทำให้ค่าความร้อนของแก๊สชีวมวลที่ได้มีค่าลดลง ดังนั้นเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้จะต้องมีความชื้นไม่มากจนเกินไป นอกจากนี้ในกระบวนการ Reduction แก๊สไฮโดรเจนบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนทำให้เกิดแก๊สมีเทนขึ้นได้ ดังสมการที่ (7) ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Methane Production

Pyrolysis หรือ **Distillation Zone** รับความร้อนจากโซน Reduction ทำให้ Volatile Matter ที่อยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวลเกิดการสลายตัว เกิดเป็นเมทานอล กรดน้ำส้ม และทาร์ อุณหภูมิในโซนนี้จะมีค่าประมาณ 200-500 °C ของแข็งที่เหลืออยู่ภายหลังจากการผ่านกระบวนการนี้ก็คือ คาร์บอนในรูปถ่าน ซึ่งจะทำปฏิกิยาต่อในโซน Reduction และ Combustion ปฏิกิริยาที่ได้ในโซนนี้แสดงไว้ในสมการที่ (8)

$$\text{Dry Biomass} + \text{Heat} \longrightarrow \text{Charcoal} + CO + CO_2 + H_2O + CH_4 + C_2H_6 + \text{Pyroligneous Acid} + \text{Tars} \quad (8)$$

Drying Zone ในโซนนี้ความร้อนจะลดลงมากทำให้อุณหภูมิไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดการสลายตัวของ Volatile Matter แต่ความชื้นในเชื้อเพลิงจะระเหยออกมาได้ โซนนี้จะมีอุณหภูมิประมาณ 100-200 °C

4.7.3 ส่วนประกอบของระบบ

ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ 1) ระบบเตาผลิตแก๊สชีวมวล 2) ระบบทำความสะอาดแก๊ส 3) ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า โดยส่วนประกอบที่สำคัญและการจัดวางระบบ แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.10** และส่วนประกอบสำคัญต่างๆ ของโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารี ดังแสดงไว้ใน **รูปที่ 4.11**

1) เตาผลิตแก๊สชีวมวล

เตาผลิตแก๊สชีวมวล เป็นชนิด Open Top Downdraft Gasifier ภายนอกทำจากวัสดุโลหะม้วนกลม ภายในบุด้วยฉนวนกันความร้อนทำจากวัสดุทนความร้อน ทำหน้าที่เก็บรักษาอุณหภูมิที่ได้จากการเผาไหม้และลดการสูญเสียความร้อน ด้านบนของเตาประกอบด้วย Hopper Feeder รับเชื้อเพลิงชีวมวล และฝาปิดที่ Seal ด้วยน้ำ ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อากาศเข้าเตาขณะ Shut down ระบบ ด้านข้างของเตาจะมีทางเข้าของอากาศหลายส่วนเพื่อป้อนอากาศและควบคุมอากาศเข้าสู่เตาสำหรับใช้ในการเผาไหม้ ด้านล่างของเตามีระบบลำเลียงขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ออกจากเตา สามารถควบคุมระยะเวลาการลำเลียงขี้เถ้าออกได้ แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.11 (ก)**

2) ระบบทำความสะอาดแก๊ส

Cyclone Collector

เป็นอุปกรณ์แยกฝุ่นหรืออนุภาคออกจากแก๊ส ใช้หลักการดักฝุ่นด้วยแรงหนีศูนย์ถ่วง ทำให้เกิดแก๊สหมุนวน (Vortex) จากนั้นฝุ่นหรืออนุภาคจะตกลงสู่ด้านล่างของ Cyclone Collector ส่วนแก๊สจะหมุนวนอยู่ด้านบนแล้วไหลตามท่อไปสู่ระบบ Water Scrubber และ Chiller Scrubber ซึ่งเป็นส่วนประกอบ แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.11 (ข)**

Water Scrubber and Chiller Scrubber

เป็นอุปกรณ์ดักฝุ่นหรืออนุภาคออกจากแก๊ส โดยใช้ละอองน้ำ ส่วน Chiller Scrubber เป็นอุปกรณ์ดักยางเหนียวและฝุ่นโดยใช้น้ำเย็นซึ่งไอระเหยของยางเหนียวจะ Condense ลงมาพร้อมกับน้ำลงไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ลักษณะของ Water Scrubber และ Chiller Scrubber แสดงไว้ในรูปที่ **4.11 (ค)**

ระบบบำบัดน้ำเสีย (Closed-loop wastewater treatment)

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้เป็นระบบปิด โดยจะหมุนเวียนน้ำที่มาจาก Scrubber แล้วบำบัดโดยใช้วิธีทางเคมี (Chemical Treatment) โดยใช้หลักการโคแอกูเลชั่น (Coagulation) ซึ่งใช้สารเร่งการรวมตัวตะกอน (Coagulant) คือ PAC (Polymer Aluminum Chloride) ร่วมกับสารเคมีที่ช่วยในกระบวนการเพื่อให้อนุภาคของตะกอนมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ระบบบำบัดน้ำเสีย มีส่วนประกอบคือ

Flocculation Tank ทำหน้าที่เป็นถังบำบัดน้ำที่ผ่าน Water Scrubber และ Chiller Scrubber เนื่องจากน้ำที่นำไปใช้จะทำหน้าที่ดักฝุ่นหรือยางเหนียวออกจากแก๊ส จะไหลลงสู่ถัง จากนั้นน้ำจะถูกส่งไปยัง Flocculation Tank และบำบัดโดยวิธีทางเคมี (Chemical Treatment) ทำให้ฝุ่นหรืออนุภาคจับตัวกันเป็นก้อนเรียกว่า ตะกอน ตะกอนเกิดขึ้นสามารถนำไปตากแห้งแล้วนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อีกครั้ง สำหรับน้ำส่วนใสจะนำกลับไปใช้หมุนเวียนในระบบต่อไป แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.11 (ง)**

Buffer Tank เป็นถังเก็บน้ำ/ พักน้ำเสีย โดยน้ำเสียที่มาจาก Water Scrubber และ Chiller Scrubber จะถูกดึงกลับมาที่ถังรวบรวมน้ำเสีย (Water Tank A) และจะถูกดึงไปบำบัด ใน Flocculation Tank และผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 โดยการกรองด้วยถ่านคาร์บอน (Active Carbon) ก่อนจะรวบรวมกลับมายัง (Water Tank B) เพื่อนำกลับไปใช้กับระบบทำความสะอาดแก๊สต่อไป สำหรับน้ำเสียส่วนที่ตกตะกอน จะบำบัดโดยผ่านตะแกรง (Screen) แล้วรวบรวมไปเก็บไว้ในถังรวบรวมน้ำเสีย (Water Tank C) เพื่อนำกลับไปบำบัดอีกครั้งลักษณะของ Buffer Tank ดังแสดงไว้ใน **รูปที่ 4.11(จ)**

Biomass Filter Unit

ทำหน้าที่ดักความชื้น ฝุ่นและอนุภาคอื่นๆ โดยใช้ไม้ที่สับแล้วขนาดเล็กเป็นตัวดูดซับ เนื่องจากแก๊สเชื้อเพลิงที่ถูกทำความสะอาดจากระบบ Scrubber นั้นยังมีความชื้นสูง และมีละอองไอของน้ำมันดินเหลืออยู่ หน่วยบำบัดนี้จะช่วยยืดอายุการใช้งานของถุงกรองใน Bag Filter Unit ได้ ลักษณะของ Biomass Filter Unit แสดงไว้ในรูปที่ **4.11 (ฉ)**

Bag Filter Unit

ทำหน้าที่ดักฝุ่นหรืออนุภาค และความชื้นครั้งสุดท้ายหลังจากผ่านกระบวนการต่างๆที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยฝุ่นหรืออนุภาคที่ผ่านเข้ามาจะถูกจับไว้รวมกันเป็นแผ่นของฝุ่นหรืออนุภาคที่ผิวหน้าของถุงกรองซึ่งสามารถกรองอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากถึง 0.1 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้แก๊สที่สะอาดสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.11 (ช)**

4.7.4 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

1) Start Up Flare

ทำหน้าที่ทดสอบการลุกไหม้ของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ (Producer Gas) และระบายแก๊สออกจากระบบกรณีฉุกเฉิน Start Up Flare จะติดตั้งไว้ในระบบก่อนทางเข้าเครื่องยนต์ แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.11 (ซ)**

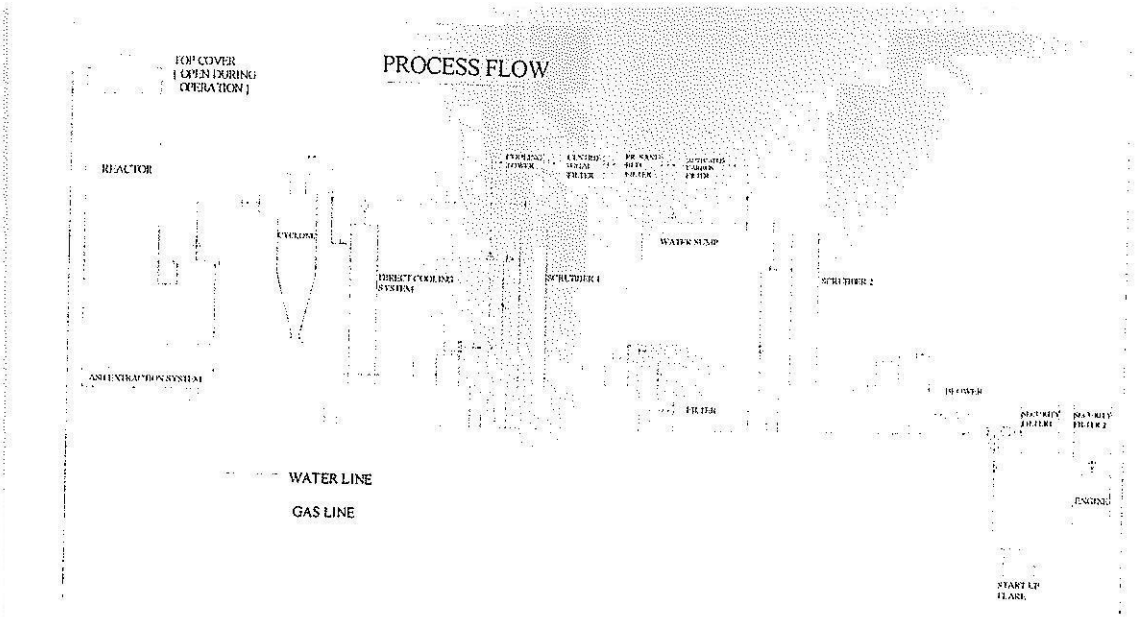
2) Engine-generator Set

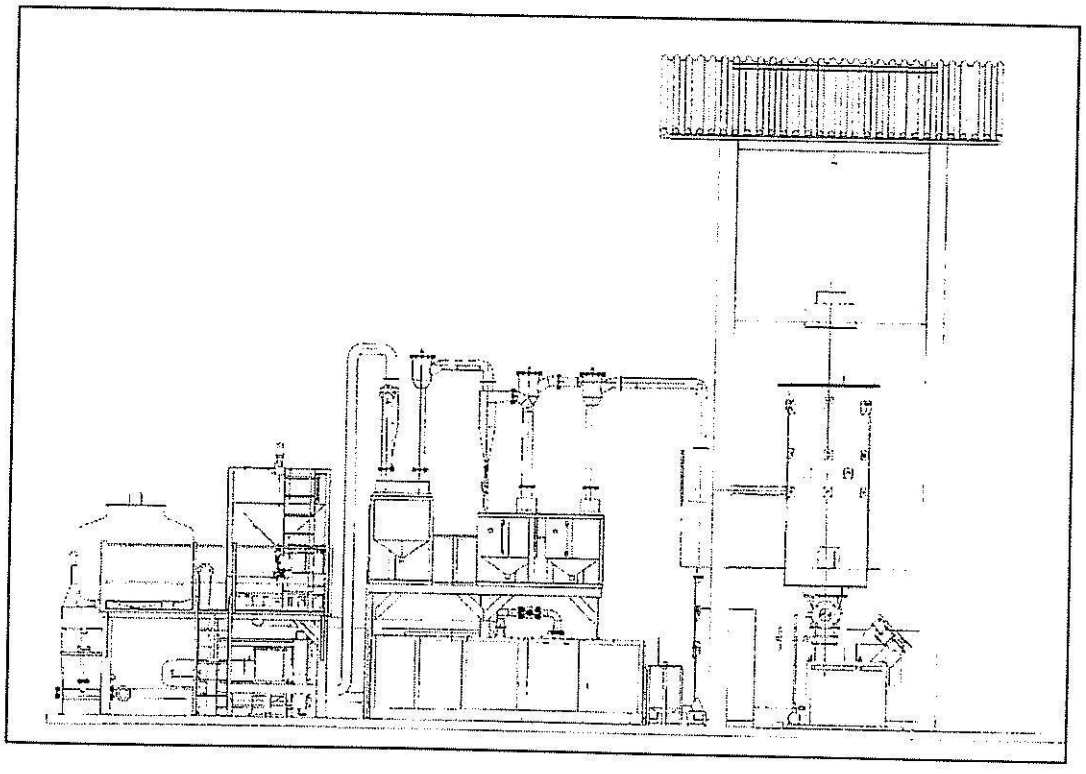
เป็นชุดเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงแก๊สที่ได้มาจากการเผาไหม้ภายในเตาผลิตแก๊สชีวมวล แล้วผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการเป็นเชื้อเพลิง แล้วนำกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ไปขับ Generator เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กนี้ ติดตั้งชุดเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้า 2 แบบ ซึ่งประกอบด้วย

- Diesel-engine generator Set (KOMUTSU : 6 สูบ, 125 KVA) แสดงไว้ใน**รูปที่ 4.11 (ฌ)**
- Gas-engine generator Set (CUMMINS : 6 สูบ, 115 KVA) แสดงไว้ใน**รูปที่ 4.11 (ญ)**

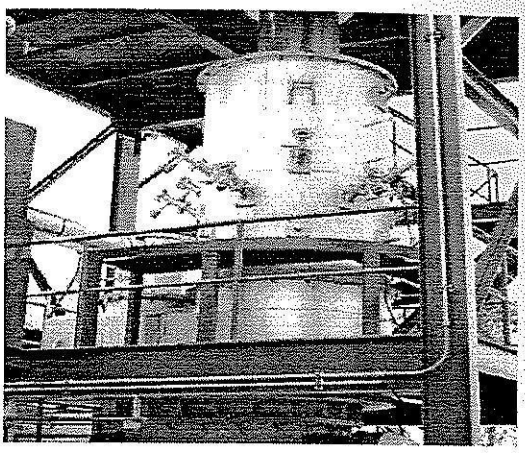
3) Control System

ประกอบไปด้วยตู้ควบคุมการทำงานของเตาผลิตแก๊สชีวมวล (Biomass Power Plant Control) แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.11 (ฎ)** และตู้ควบคุมแก๊สชีวมวล (Biomass Gas Control) แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.11 (ฏ)**



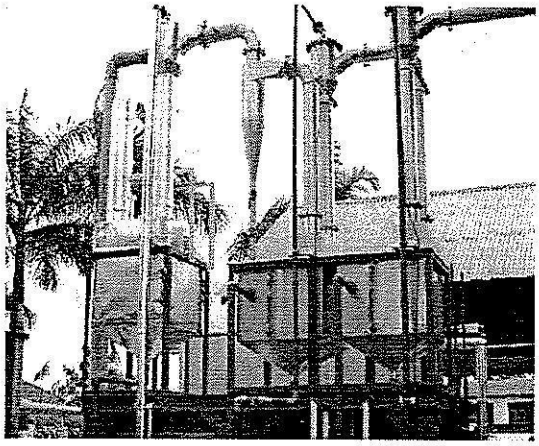


รูปที่ 4.10 แผนผังส่วนประกอบที่สำคัญของต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

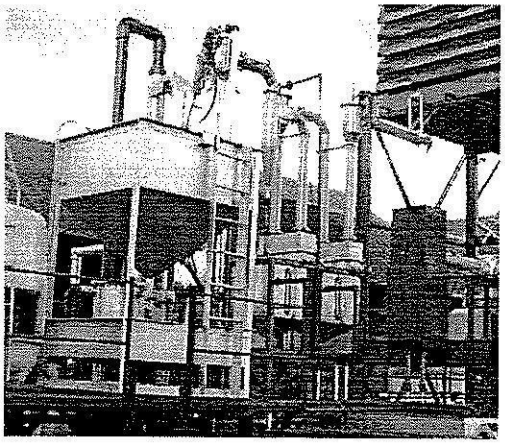


ก. เตาผลิตแก๊สชีวมวล

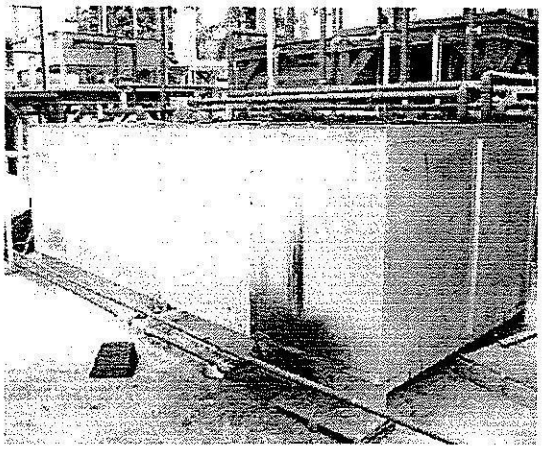
ข. Cyclone Collector



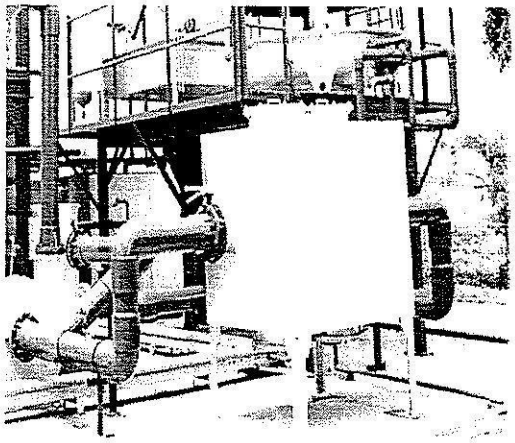
ค. Water Scrubber and Chiller Scrubber



ง. Flocculation Tank

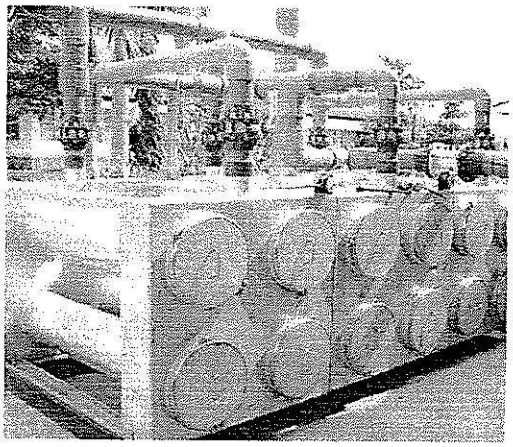


จ. Buffer Tank

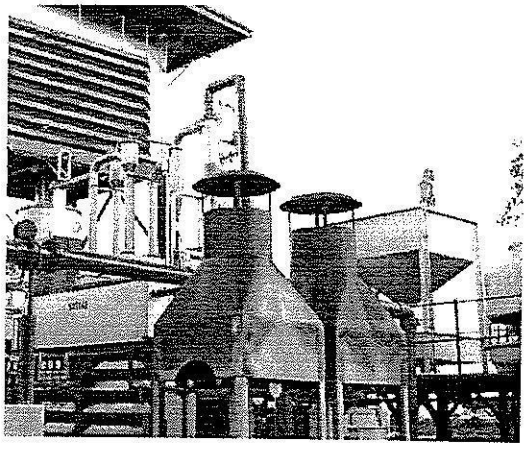


ฉ. Biomass Filter Unit

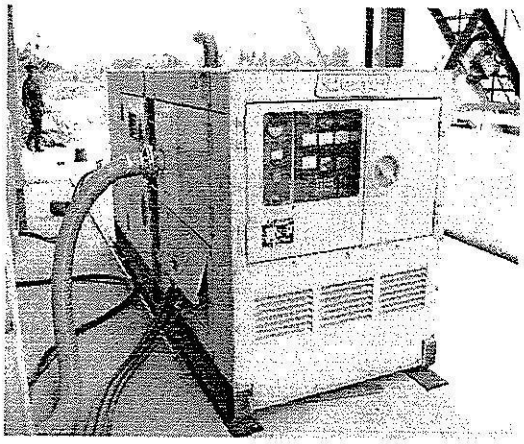
รูปที่ 4.11 ส่วนประกอบสำคัญต่างๆ ของโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารีฯ



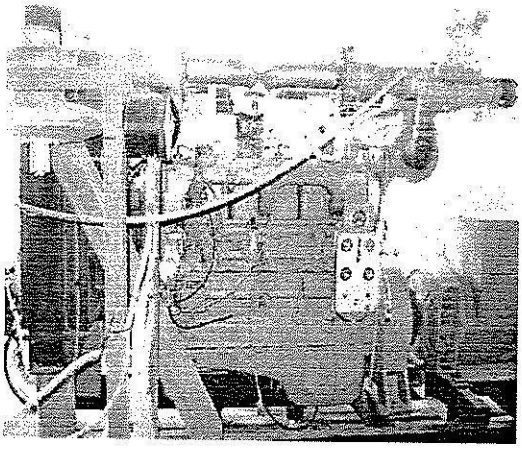
ช. Bag Filter Unit



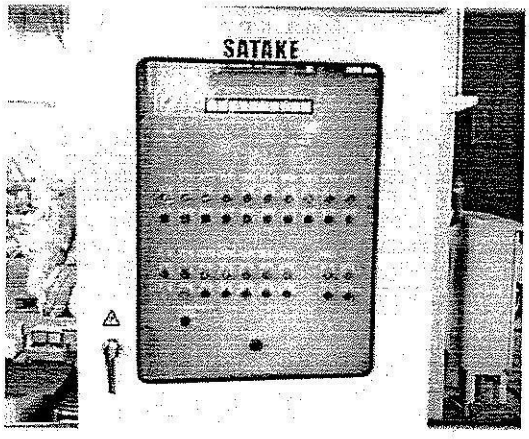
ซ. Start Up Flare



ฌ. Diesel-engine generator Set



ญ. Gas-engine generator Set



ฎ. Biomass Power Plant Control

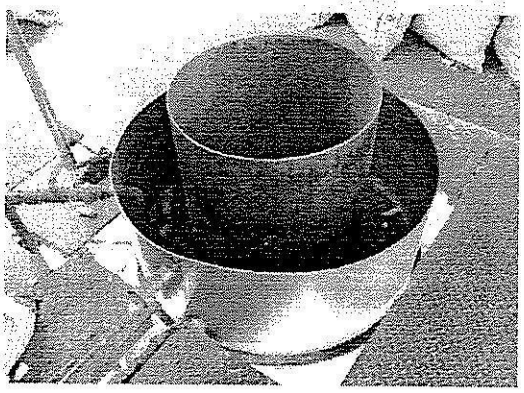
ฎ. Biomass Gas Control

รูปที่ 4.11 ส่วนประกอบสำคัญต่างๆ ของโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารีฯ (ต่อ)

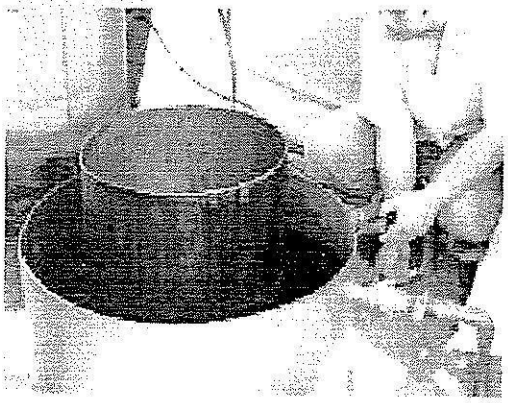
4.7.5 ขั้นตอนการทำงานของต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก

1) การเริ่มต้นการทำงานของเตาผลิตแก๊สชีวมวล (Gasifier start-up)

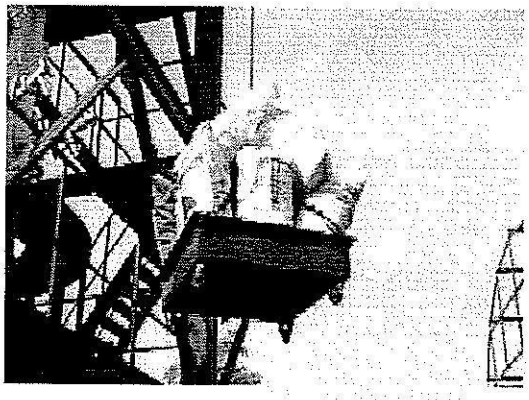
(ก) ทำการเปิดฝาของเตาผลิตแก๊สชีวมวล (Hopper Feeder) รับเชื้อเพลิงชีวมวล และทำการปล่อยน้ำที่อยู่ด้านข้างขอบเตาซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการไหลเข้าออกของอากาศในช่วงที่ดับเตาผลิตแก๊สชีมวล ขณะเดียวกันก็ทำการลำเลียงวัตถุดิบโดยใช้รอกไฟฟ้า สุดท้ายทำการเติมวัตถุดิบให้อยู่ในระดับที่กำหนด ขั้นตอนทั้งหมดดังแสดงใน **รูปที่ 4.12**



ก. เปิด Hopper Feeder รับเชื้อเพลิงชีวมวล



ข. ทำการปล่อยน้ำ

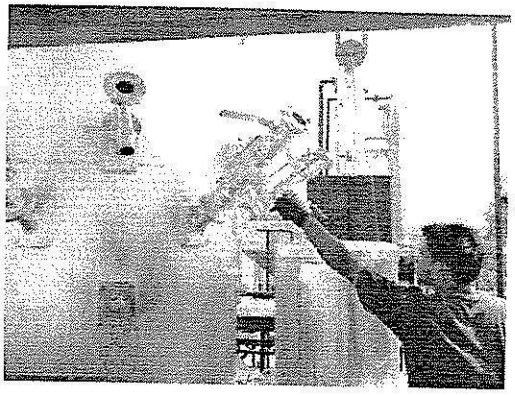


ค. ระบบการลำเลียงเชื้อเพลิงชีวมวล

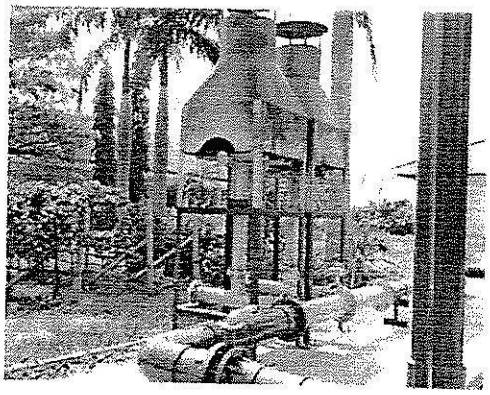
ง. การเติมเชื้อเพลิงชีวมวล

รูปที่ 4.12 ขั้นตอนการเปิดฝาของเตาผลิตแก๊สชีวมวล การปล่อยน้ำ การลำเลียงเชื้อเพลิง และการเติมเชื้อเพลิง

(ข) ทำการเปิดวาล์วทางเข้าของอากาศรอบตัวเตาผลิตแก๊สชีวมวลเพื่อให้อากาศไหลเข้าสู่ภายในของตัวเตา เปิดช่องสำหรับจุดไฟ และเปิดวาล์วเพื่อระบายแก๊สออกทาง Start Up Flare ดังแสดงใน **รูปที่ 4.13**



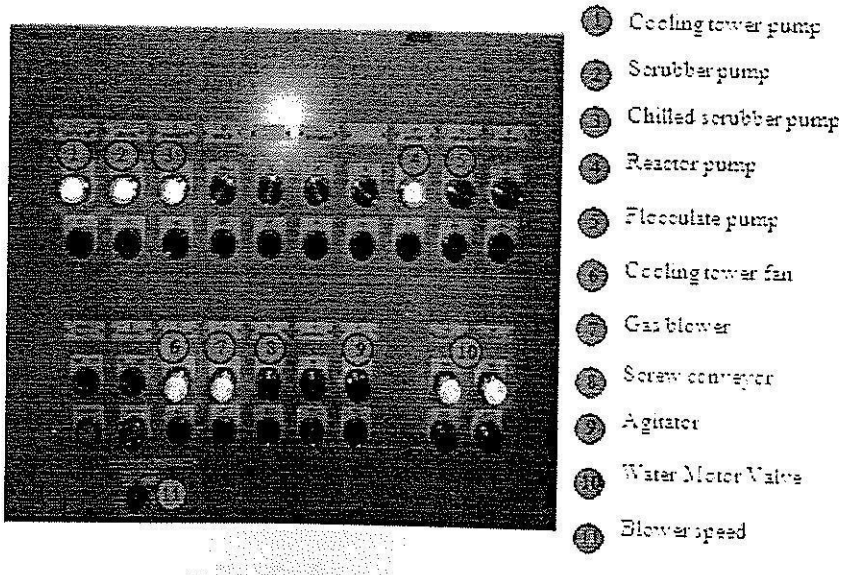
ก. การเปิดวาล์วทางเข้าของอากาศรอบตัวเตา



ข. เปิดวาล์วระบายแก๊สทาง Start Up Flare

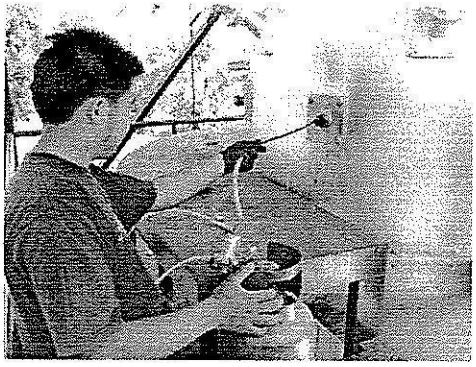
รูปที่ 4.13 เปิดวาล์วทางเข้าของอากาศรอบตัวเตา การเปิดช่องจุดไฟ และวาล์วระบายแก๊สออก

(ค) กดเปิดสวิตช์ระบบควบคุมในส่วนของระบบการทำงานของเตาผลิตแก๊สชีวมวล (Biomass Power Plant Control) เพื่อเริ่มการทำงานของระบบโรงไฟฟ้าชีวมวล สวิตช์ควบคุมระบบแสดงไว้ใน **รูปที่ 4.14**



รูปที่ 4.14 การเปิดสวิตช์ระบบควบคุมสำหรับ Biomass Power Plant Control

(ง) ทำการจุดเตาผลิตแก๊สชีวมวล และภายหลังจากจุดเตาผลิตแก๊สชีวมวลประมาณ 2 ชั่วโมง ทำการการเปิด Start up Flare Vale ที่ตู้ควบคุมแก๊ส (Biomass Gas Control) แล้วทำการทดสอบการลุกไหม้ของแก๊สชีวมวล ที่ Start up Flare ขั้นตอนดังแสดงใน **รูปที่ 4.15**



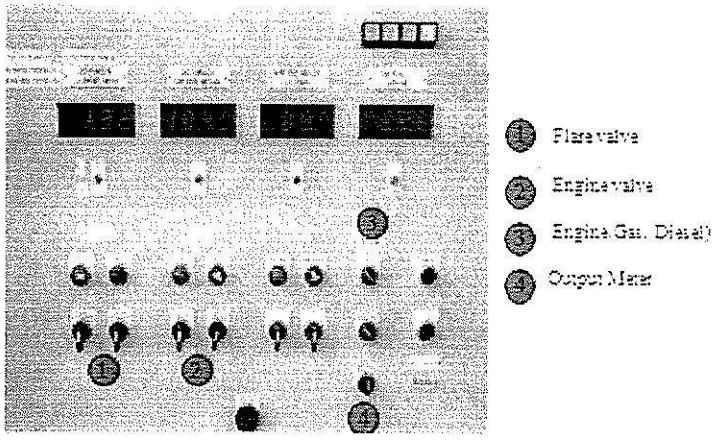
ก. การจุดเตาผลิตแก๊สชีวมวลการ

ข. การทดสอบการลุกไหม้ของแก๊สชีวมวล

รูปที่ 4.15 การจุดเตาผลิตแก๊สชีวมวล และการทดสอบการลุกไหม้ของแก๊ส

2) การเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า(Start Engine-generator Set)

1) กดเปิดสวิตช์ระบบควบคุมเพื่อเริ่มการทำงานของระบบควบคุมแก๊สชีวมวล (Biomass Gas Control) แสดงไว้ใน **รูปที่ 4.16**



รูปที่ 4.16 การเปิดสวิตช์ระบบควบคุมสำหรับ Biomass Gas Control

2) กรณีใช้เครื่องยนต์ดีเซลร่วม (Diesel – engine generator Set) ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการจุดระเบิดในช่วงเริ่มต้น ทำการปิด Flare Valve และ

เปิด Engine Valve เพื่อให้แก๊สชีวมวลที่ผลิตได้เข้าไปแทนที่ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล จากนั้นควบคุมปริมาณการแทนที่ของแก๊สชีวมวลให้อยู่ในช่วง 70-80 %

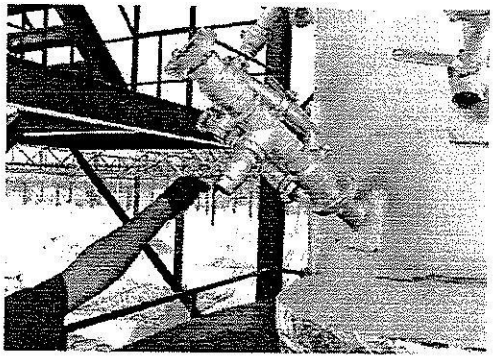
3) กรณีใช้เครื่องยนต์แก๊ส (Gas – engine generator Set) ทำการเปิด Flare Valve ที่ 25 องศา และเปิด Engine Valve ที่ 75 องศา สตาร์ทเครื่องยนต์ ทำการปิด Flare Valve และเปิด Engine Valve ที่ 90 องศา เพื่อให้แก๊สชีวมวลไหลเข้าสู่เครื่องยนต์ ควบคุมความดันบริเวณทางเข้าของแก๊สชีวมวลให้อยู่ในช่วง 1.5-2 kPa

3) การหยุดการทำงานของเตาผลิตแก๊สชีวมวล (Gasifier Shut Down)

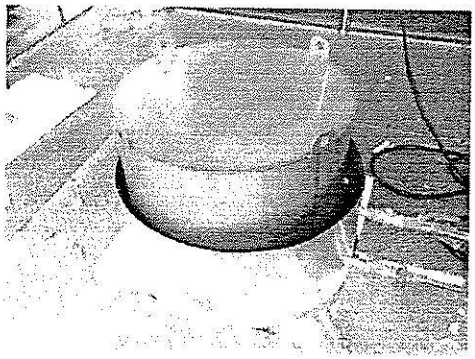
1) ทำการปิดช่องทางเข้าของอากาศรอบตัวเตาผลิตแก๊สชีวมวลเพื่อไม่ให้อากาศไหลเข้าสู่ภายในของตัวเตาผลิตแก๊สชีวมวล ดังแสดงไว้ใน **รูปที่ 4.17 (ก)**

2) กดปิดสวิตช์ควบคุมระบบ ทั้ง Biomass Power Plant Control และ Biomass Gas Control เพื่อให้หยุดการทำงานของโรงไฟฟ้าชีวมวล

3) ปิดฝาด้านบนของเตาผลิตแก๊สชีวมวล และทำการปล่อยน้ำเข้าช่องด้านข้างเตา เพื่อทำหน้าที่ป้องกันการไหลเข้าออกของอากาศในช่วงที่ดับเตาผลิตแก๊สชีวมวล ดังแสดงไว้ใน **รูปที่ 4.17 (ข)**



ก. ปิดช่องทางเข้าของอากาศรอบตัวเตา



ข. ปิดฝาด้านบนของเตาผลิตแก๊สชีวมวล

รูปที่ 4.17 การจุดเตาผลิตแก๊สชีวมวล และการทดสอบการลุกไหม้ของแก๊ส

4.7.6 การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวล หลังจากที่มีการเดินระบบต่อเนื่อง 1000 ชั่วโมง จะต้องมีการตรวจเช็คอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

เตาผลิตแก๊สชีวมวล

- ตรวจเช็คสภาพของสกรูนำขี้เถ้าออก
- ตรวจเช็คฉนวนกันความร้อนที่ออกจากเตาผลิตแก๊สชีวมวล

เปิด Engine Valve เพื่อให้แก๊สชีวมวลที่ผลิตได้เข้าไปแทนที่ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล จากนั้นควบคุมปริมาณการแทนที่ของแก๊สชีวมวลให้อยู่ในช่วง 70-80 %

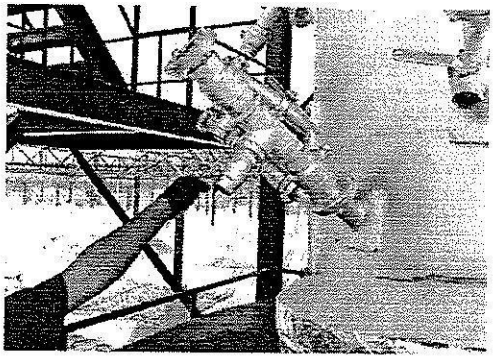
3) กรณีใช้เครื่องยนต์แก๊ส (Gas – engine generator Set) ทำการเปิด Flare Valve ที่ 25 องศา และเปิด Engine Valve ที่ 75 องศา สตาร์ทเครื่องยนต์ ทำการปิด Flare Valve และเปิด Engine Valve ที่ 90 องศา เพื่อให้แก๊สชีวมวลไหลเข้าสู่เครื่องยนต์ ควบคุมความดันบริเวณทางเข้าของแก๊สชีวมวลให้อยู่ในช่วง 1.5-2 kPa

3) การหยุดการทำงานของเตาผลิตแก๊สชีวมวล (Gasifier Shut Down)

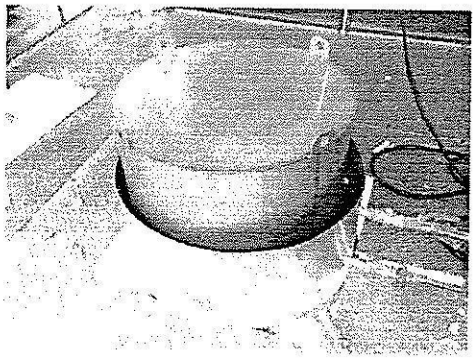
1) ทำการปิดช่องทางเข้าของอากาศรอบตัวเตาผลิตแก๊สชีวมวลเพื่อไม่ให้อากาศไหลเข้าสู่ภายในของตัวเตาผลิตแก๊สชีวมวล ดังแสดงไว้ใน **รูปที่ 4.17 (ก)**

2) กดปิดสวิตช์ควบคุมระบบ ทั้ง Biomass Power Plant Control และ Biomass Gas Control เพื่อให้หยุดการทำงานของโรงไฟฟ้าชีวมวล

3) ปิดฝาด้านบนของเตาผลิตแก๊สชีวมวล และทำการปล่อยน้ำเข้าช่องด้านข้างเตา เพื่อทำหน้าที่ป้องกันการไหลเข้าออกของอากาศในช่วงที่ดับเตาผลิตแก๊สชีวมวล ดังแสดงไว้ใน **รูปที่ 4.17 (ข)**



ก. ปิดช่องทางเข้าของอากาศรอบตัวเตา



ข. ปิดฝาด้านบนของเตาผลิตแก๊สชีวมวล

รูปที่ 4.17 การจุดเตาผลิตแก๊สชีวมวล และการทดสอบการลุกไหม้ของแก๊ส

4.7.6 การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวล หลังจากที่มีการเดินระบบต่อเนื่อง 1000 ชั่วโมง จะต้องมีการตรวจเช็คอุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

เตาผลิตแก๊สชีวมวล

- ตรวจเช็คสภาพของสกรูนำขี้เถ้าออก
- ตรวจเช็คฉนวนกันความร้อนที่ออกจากเตาผลิตแก๊สชีวมวล

- ตรวจเช็ควาล์วอากาศรอบ ๆ เตา ผลิตแก๊สชีวมวล

ระบบหล่อเย็นและระบบทำความสะอาด

1) ระบบหล่อเย็น

- ทำความสะอาดระบบทำความเย็น Cooling Tower
- ทำความสะอาดระบบแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger)
- ทำความสะอาดเครื่องทำน้ำเย็น(Chiller Water)

2) ชุดทำความสะอาดแก๊ส

- นำฝุ่นออกจาก Cyclone และตรวจเช็คสภาพ
- ทำความสะอาดหัวฉีดสเปรย์น้ำของชุด Scrubber
- ทำการเปลี่ยนไม้สับในชุด Biomass Filter
- ทำการเปลี่ยนชุดกรองผ้าของ Bag Filter Unit
- ตรวจเช็คการคลายตัวของน็อตบริเวณหน้าแปลน

3) ชุดวาล์ว

- ตรวจเช็คการทำงานของวาล์ว วาล์วไฟฟ้าและทำความสะอาด
- ตรวจเช็คและทำความสะอาดอุปกรณ์วัดการไหลของแก๊ส

4) พัดลมดูดอากาศ

- ตรวจเช็คและบำรุงรักษาชุดลูกปืน

5) ชุดปั๊มน้ำ

- ตรวจเช็คและทำความสะอาดระบบกรองน้ำ
- ตรวจเช็คและบำรุงรักษาชุดลูกปืน
- ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของปั๊ม

ชุดผลิตกระแสไฟฟ้า

- ตรวจเช็คและเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง
- ตรวจเช็คและทำความสะอาดกรองอากาศ
- ตรวจเช็คแบตเตอรี่
- ตรวจเช็คระบบน้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์
- ตรวจเช็คชุดลูกปืน

4.7.7 สรุปเทคโนโลยีการผลิตพลังงานด้วยกะบวนการ Gasification

จากรายละเอียดโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จะเห็นว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ที่ใช้คือ Open Top Downdraft Gasification ซึ่งเป็นระบบที่มีองค์ประกอบที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งบางครั้งในส่วนของระบบทำความสะอาดแก๊สที่เห็น จะมี

อุปกรณ์และเครื่องมือหลายชนิด ทั้งนี้เนื่องจาก การทำความสะอาดแก๊สเป็นเรื่องที่สำคัญ ปัญหาของการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น คือ ปัญหายางเหนียวและฝุ่น (Tar and Dust) ดังนั้น ระบบทำความสะอาดแก๊สดังกล่าวนี้เป็นเรื่องที่สำคัญ ซึ่งหากระบบทำความสะอาดแก๊สไม่มีประสิทธิภาพ หรือมีข้อผิดพลาดไม่ทำงาน และมีฝุ่นและยางเหนียวหลุดเข้าไปในเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์เสียหายหรือต้องซ่อมแซม และทำงานไม่ได้ในที่สุด ตามที่กล่าวมาแล้วนั้นเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นสามารถผลิตแก๊สชีวมวลที่ใช้ได้กับเครื่องยนต์ Gas Engine โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพาน้ำมันหรือเชื้อเพลิงอื่นๆ

จากข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติแบบประมาณ และคุณสมบัติแบบแยกธาตุ ของเหง้ามันสำปะหลัง นั้นสามารถนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นได้ แต่ต้องผ่านกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิงให้มีขนาด และความชื้นให้เหมาะสมกับเทคโนโลยีนี้ก่อน โดยประสิทธิภาพการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงนั้นจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้น การจัดการระบบ และประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งต้องมีการศึกษาต่อไป

บทที่ 5
สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากสถิติการปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทยประจำปี พ.ศ. 2544 พบว่า มีการปลูกมันสำปะหลังเพื่อการค้าในประเทศไทยถึง 48 จังหวัด โดยจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา รองลงมา คือ จังหวัดฉะเชิงเทรา สระแก้ว กำแพงเพชร ชลบุรี กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชลบุรี และกาญจนบุรี ตามลำดับ โดยพันธุ์มันสำปะหลังที่ปลูกมากที่สุดคือ พันธุ์เกษตรศาสตร์50 คิดเป็นร้อยละ 60.91 ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ ตามด้วยพันธุ์ ระยอง 5 ระยอง 90 ระยอง 60 และ ระยอง 3 รวมถึงห้วยบง 60 ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากการสุ่มตัวอย่างและเก็บข้อมูลมันสำปะหลังในแต่ละอำเภอของจังหวัดนครราชสีมา ตามลักษณะพันธุ์มันสำปะหลังแต่ละชนิด ที่นิยมปลูก โดยสนใจปริมาณเหง้าต่อน้ำหนักหัวมันสำปะหลังสด พบว่า มีปริมาณเหง้ามันสำปะหลัง 0.29 ตันสดต่อไร่ และสัดส่วนเหง้ามันสำปะหลังสดต่อหัวมันสำปะหลังสด (Crop Residual Ratio, CRR) มีค่าประมาณ 0.12 หรือ 12 % ของหัวมันสำปะหลังสด และปริมาณเหง้ามันสำปะหลังในจังหวัดคิดเป็น 1,862.00 ตันสด คิดเป็นพลังงาน 15,249.78 GJ เทียบเท่าน้ำมันดิบ 364.21 toe

จากผลการทดสอบหาคุณสมบัติของเหง้ามันสำปะหลังที่จำเป็นในการพิจารณานำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตความร้อนและกระแสไฟฟ้า พบว่า ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบแบบประมาณสมบัติทางกายภาพ และ ค่าความร้อนคือ ปริมาณความชื้น 1.76 % ปริมาณเถ้า 8.43% ปริมาณสารละเหย 75.80% ปริมาณคาร์บอนคงตัว 14.00% ความหนาแน่น 238.00 kg/m^3 และค่าความร้อนสูง 14,734.80 kJ/kg และองค์ประกอบแบบแยกธาตุ คือ ปริมาณคาร์บอน 46.12%, ไฮโดรเจน 7.55% ไนโตรเจน1.13% ซัลเฟอร์ 0.03% และออกซิเจน 54.83%

จากข้อสมมติฐานและการวิเคราะห์ต้นทุน พบว่าต้นทุนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเหง้ามันสำปะหลังมีค่าประมาณ 0.58-0.95 บาท/กิโลกรัมสด ขึ้นอยู่กับวิธีการรวบรวมและสับ/ย่อย

จากการศึกษาทัศนคติในการนำเหง้ามันสำปะหลังมาใช้เป็นพลังงานทดแทน กรณีศึกษา ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา โดยจะใช้แบบสอบถามข้อมูลเกษตรกรจำนวน 213 ชุด (ครัวเรือน) คิดเป็น 94% ของครัวเรือนเกษตรกร โดยผลวิเคราะห์แบบสอบถามพบว่าเกษตรกรจำนวน 36.6 % ทำการปลูกข้าว ปลูกมันสำปะหลัง 53.5 % และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 29.1 % โดยที่เกษตรกร 34 % มีการเลี้ยงสัตว์เป็นอาชีพเสริมและเป็นอาชีพหลักเมื่อพิจารณาข้อมูลการปลูก

มันสำปะหลังของเกษตรกร พบว่า เกษตรกรจะปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 โดยจะทำการปลูกในเดือนกันยายนและตุลาคม และทำการเก็บเกี่ยวเมื่อมันสำปะหลังมีอายุ 1 ปี โดยที่วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรคือ เหง้ามันสำปะหลัง ทั้งหมดจะอยู่ในไร่มันสำปะหลังยังไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ ผลการสำรวจความสนใจในการนำวัสดุเหลือใช้ในแปลงมาใช้ประโยชน์ หรือทำให้มีมูลค่าสรุปได้ดังนี้

1. เห็นด้วยอย่างยิ่ง และยินดีให้ความร่วมมือ 36.6 %
2. เห็นด้วย แต่ขอดูเกษตรกรอื่นๆ ก่อน 36.6 %
3. เห็นด้วย ถ้าราคาวัสดุเหลือใช้ราคาดีพอกับความต้องการ 5.1 %
4. ไม่เห็นด้วย เพราะมีการใช้วัสดุเหลือใช้อยู่แล้ว 3.2 %
5. ไม่เห็นด้วยเพราะไม่คุ้มค่าต่อการนำวัสดุเหลือใช้ออกมาจากแปลง1.4 %
6. ไม่เห็นด้วย 2.5 % เพราะไม่มั่นใจในการจัดการ
7. ไม่มีความคิดเห็น 14.6 %

การผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลังโดยใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น นั้นสามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย ไม่ซับซ้อน มีเสถียรภาพ และได้รับการยอมรับกันทั่วโลกว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีความปลอดภัย เพราะเป็นระบบความดันต่ำ (Low Pressure) เหมาะสมสำหรับชุมชน แต่อย่างไรก็ดียัง การใช้ประโยชน์จากเหง้ามันสำปะหลังยังประสบกับปัญหาด้านการรวบรวม การแปรรูป และการขนส่ง ที่มีอยู่อย่างกระจัดกระจาย ซึ่งจะต้องมีการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการเหง้ามันสำปะหลัง ที่เหมาะสม สำหรับรองรับการขยายตัวของความต้องการเชื้อเพลิงชีวมวลในอนาคตต่อไป

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2548). เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ การศึกษาและประเมินศักยภาพแหล่งชีวมวล.

กรมวิชาการเกษตร. (2548). เทคโนโลยีการผลิต. ฐานความรู้ด้านพืช กรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา : http://doa.go.th/pl_data/PLAM/1STAT/st01.html,10 ธันวาคม 2550.

กรมส่งเสริมการเกษตร.2537. พันธุ์มันสำปะหลังและลักษณะประจำพันธุ์. หสน. เจียฮั้ว. กรุงเทพฯ. 23 หน้า.

กองเกษตรวิศวกรรม. (2522). การออกแบบเตาเผาแก๊สเชื้อเพลิงด้วยถ่านไม้, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ ปิยะวุฒิ พูลสงวน จำลอง เจียมจำนรรจา สมยศ พุทธเจริญ ธีรวัฒน์ กษิรวัฒน์ วิจารณ์ วิชชุกิจ เอ็จ สโรบล ปิยะ ดวงพัตรา นิพนธ์ ทวีชัย ชาญ ถิรพร Kazuo Kawano อัจฉรา ลิ่มศิลา และดนัย ศุภาหาร. 2536. มันสำปะหลังพันธุ์ใหม่...เกษตรศาสตร์ 50. หน้า 1-12 (ใน) รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 30 สาขาพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2535.

ดนัย ศุภาหาร และโอภาส บุญเส็ง. (2545). ลักษณะพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง72 : พื้นที่และดินที่เหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง72. เอกสารเผยแพร่ ในการประชุมเรื่อง "ข้อเด่น-ข้อจำกัด มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง72". ณ โรงแรมปริ้นซ์พาเลซ กทม. 12 กรกฎาคม 2545.

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร. 2546. มันสำปะหลัง การผลิต การแปรรูป การใช้ประโยชน์. เอกสารการประกอบการอบรม โครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการตลาดมันสำปะหลัง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิไล สันติโสภาศรี, กล้าณรงค์ ศรีรอต, เอ็จ สโรบล และ สุนีรัตน์ หทัยรักษ์ธรรม. 2546. สถานภาพของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรและการใช้ประโยชน์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. (2542). ผลงานวิจัยเรื่อง มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง72. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

สมาคมค้ามันสำปะหลังไทย. (2553). แหล่งที่มา : www.ttta-tapioca.org

สำนักคณะกรรมการการวิจัยและพัฒนาแห่งชาติ. (2549). รายงานวิจัยพลังงานชีวมวล.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2545). ผลการสำรวจมันสำปะหลัง ปี 2545. ศูนย์สารสนเทศการเกษตรสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2549). สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก2548/2549. กรุงเทพฯ: ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2550). ผลพยากรณ์การผลิตพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ปีเพาะปลูก 2550/51. แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/mis/Forecast/thai/all/wh_01.htm. 10 ธันวาคม 2550.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2550). สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2549/50. แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/statistic/yearbook49/.10 ธันวาคม 2550.

สุริย์ จรูญศึกดิ์. (2543). การศึกษาการใช้พลังงานความร้อนจากเตาผลิตแก๊สชนิดไหลลงเพื่อใช้ในการผลิตเซรามิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ปี พ.ศ. 2543, หน้า 1-122

Aung, M.K. (2000). A Study of Solar and Biomass-Fuelled Hybrid Drying System. M.Eng. Thesis. Energy Program, Asian Institute of Technology (A.I.T.), Thailand.

BanLiang, O . and A. Buchanan. (1979). The management and utilization of food waste materials. Project report approved by ASEAN Subcommittee on Protein, Denpaser.

Bhattacharya S. C., et al. (1999). A study on wood gasification for low-tar gas production, Energy, 24(4):285-296.

Bhattacharya S. C. , San Shwe Hla and Hoang-Luang Pham . (2001). A study on a multi-stage hybrid gasifier-engine system, Biomass and Bioenergy, 21(6):445-460.

Bui, Tuyen, R. Loof and S.C. Battacharya. (1994). Multi Reactor for Biomass Gasification for Power Generation. Fuel, 19(4):397-404.

Bui, Tuyen. (1996). A Multi Stage Approach. Ph.D. Dissertation. Energy Program, Asian Institute of Technology (A.I.T.), Thailand.

Rojanaridpiched, C., et al. (2002). Breeding and dissemination of new cassava varieties in Thailand. Paper presented at the 7th Regional Cassava Workshop, held in Bangkok, Thailand, Oct. 28 – Nov. 1, 2002.

Chulalongkorn University. (1984). Biomass Gasification in Thailand. Final report: Renewable

Nonconventional Energy Project, Bangkok.

Coovattanachai, N., Chongcharoen, W., and Kooptamond, C. (1982). The Feasibility of Operating Small Engines with Producer Gas in Electricity Generation. Journal of Energy Heat Mass Transfer, 4:213-227.

Coovattanachai, N. (1982a). Producer Gas in Electricity Generation, Proceeding of Papers, The 5th Miami International Conference on Alternative Energy Source, Miami Beach, Florida.

Coovattanachai, N. (1982b). The Potential of Producer Gas as an Alternative Source of Energy in Thailand, Proceeding of the FAO/PHI Regional Technical Consultation on Agricultural Wastes and Solar Technologies for Farm Energy Needs. China & Philippines.

Coovattanachai, N. (1983). Current Status of Biomass Gasification and FAO Activities in Gasification of Agricultural Residues for Power Generation, Proceeding of the FAO/UNDP Inter-country Cooperation in Post-Harvest Technology, Bangkok.

Coovattanachai, N. (1986). The Feasibility of Operating Small Engines with Producer Gas in Electricity Generation and Process Heating, ASEAN Conference on Energy from Biomass, Malaysia.

Coovattanachai, N. (1990). Biomass Gasification, Final Report, ASEAN Sub-Committee on Non-Conventional Energy Research and ASEAN-Australia Energy Cooperation Programme, Prince of Songkla University, Songkla.

Coovattanachai, N. (1990). Biomass in Electricity Generation: Prospects and Challenges, A paper presented at the 2nd ASEAN Renewable Energy Conference, Phuket.

Dutta, A. (1998). A Study of Biomass Gassification for Engine Application. M. Eng. [Thesis]. Energy Program, Asian Institute of Technology (A.I.T.), Thailand.

Nurmi J. (1999). The storage of logging residue for fuel. Biomass and Bioenergy 1999;17:41–7.

Wade A. A., (1998). Report on Biomass Drying Technology. National Renewable Energy Laboratory A national laboratory of the U.S. Department of Energy Managed by Midwest Research Institute for the U.S. Department of Energy.

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามข้อมูล (ภาคเกษตรกรรม)

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามข้อมูล (ภาคเกษตรกรรม)

เลขที่.....

วันที่สัมภาษณ์.....

ผู้สัมภาษณ์.....

1. รายละเอียดผู้ให้ข้อมูล

ชื่อ .....

ที่อยู่.....

เลขที่.....หมู่..... ตำบล.....อำเภอ

..... จังหวัด.....

เบอร์โทรศัพท์.....

2. จำนวนสัตว์เลี้ยง เช่น โค และ กระบือ จำนวน ..... ตัว

(สัตว์ที่บริโภคฟางและข้าวโพด)

3. จำนวนเนื้อที่เพาะปลูก

ประเภทผลผลิตทางการเกษตร (ไร่)		ผลผลิตที่ได้ต่อปี (กก./ไร่)	ต้นทุนการผลิต (บาท/ไร่)	ราคาของผลผลิต (บาท/ตัน)	หมายเหตุ
ข้าวเจ้านาปี					
ข้าวเหนียวนาปี					
ข้าวเจ้านาปรัง					
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์					
มันสำปะหลังโรงงาน					
อ้อยโรงงาน					
อื่น ๆระบุ.....					

(ต้นทุนการผลิต ไม่รวมค่าขนส่ง)

4. ข้อมูลการเพาะปลูก

ชื่อพืช ..... ชื่อพันธุ์ .....

เดือนที่ปลูก ช่วง..... ถึง ..... เดือนที่เก็บเกี่ยว .....

มีระบบชลประทาน ☐ มี ☐ ไม่มี

การปลูก

☐ ใช้แรงงานในครอบครัว ☐ จ้างแรงงาน ..... บาทต่อไร่

ค่าจ้างเครื่องจักร..... บาทต่อไร่

การเก็บเกี่ยว

☐ ใช้แรงงานในครอบครัว ☐ จ้างแรงงาน ..... บาทต่อตัน

ค่าจ้างเครื่องจักร ..... บาทต่อตัน หรือ บาทต่อไร่

จำนวนผลผลิต ..... กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณวัสดุเหลือใช้ในแปลง ..... กก/ไร่ ระบุชนิด.....

ปริมาณวัสดุเหลือใช้ในแปลง ..... กก/ไร่ ระบุชนิด.....

ปริมาณวัสดุเหลือใช้ในแปลง ..... กก/ไร่ ระบุชนิด.....

การจัดการวัสดุเหลือใช้ในแปลง

☐ ไถกลบ ☐ เผา ☐ ให้ฟรี ☐ เก็บไว้ใช้เอง

☐ ขาย ☐ เชื้อเพลิงพลังงาน ราคา ..... บาทต่อตัน

☐ วัสดุใช้ทางการเกษตร

อื่น ๆ ระบุ.....

การเก็บเกี่ยว *ระบุชนิดวัสดุเหลือใช้*

ค่าจ้างคน.....บาทต่อตัน

ค่าจ้างเครื่องจักร.....บาทต่อตัน

การขนส่งวัสดุเหลือใช้

☐ ผู้ซื้อดำเนินการเอง ราคา .....บาทต่อตัน

☐ ผู้ขายดำเนินการเอง ราคา .....บาทต่อตัน

ระยะทางขนส่ง.....กม.

ชื่อผู้รับซื้อ.....

ที่อยู่ผู้รับซื้อ.....

หากทางภาครัฐหรือมีหน่วยงานรวบรวมวัสดุเหลือใช้ในพื้นที่ของท่าน เช่นทางปาล์ม เศษไม้ ฟางข้าว เหง้ามันสำปะหลัง ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร

☐ เห็นด้วยอย่างยิ่ง และยินดีให้ความร่วมมือ

☐ เห็นด้วย แต่ของดูเกษตรกรอื่นๆ ก่อน

☐ เห็นด้วย ถ้าราคาวัสดุเหลือใช้ราคาดีพอกับความต้องการ (โปรดระบุราคาที่ต้องการ.....)

☐ ไม่เห็นด้วย เพราะมีการใช้วัสดุเหลือใช้อยู่แล้ว

☐ ไม่เห็นด้วย เพราะไม่คุ้มค่าต่อการนำวัสดุเหลือใช้ออกมาจากแปลง

☐ ไม่เห็นด้วย เพราะ(โปรดระบุ).....

ประวัตินักวิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล ดร. วีรชัย อาจหาญ

Dr. WEERACHAI ARJHARN

2. หมายเลขบัตรประชาชน 3 1799 00014 82 4 วัน เดือน ปี เกิด 5 มิถุนายน 2513

3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์/หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถ. มหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

โทรศัพท์/ โทรสาร 044-224225, 044-225007

E-mail : arjharh@g.sut.ac.th

5. การศึกษา

1. Ph.D. สาขาวิศวกรรมเกษตร University of Tsukuba, Japan. พ.ศ. 2544
2. วศ.ม. วิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2540
3. วท.บ. เกษตรกลวิธาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ.2537

สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- Energy (Renewal energy and their applications)
- Environmental and Resources Management (Waste management)

6. ประวัติการทำงาน

2550-ปัจจุบัน	:	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
	:	หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
	:	หัวหน้าศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
พ.ศ. 2548 - 2550	:	รักษาการหัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
	:	รักษาการรองผู้จัดการฟาร์มมหาวิทยาลัย สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา

พ.ศ. 2544- 2549 : อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
จ.นครราชสีมา

7. ประสบการณ์การทำงาน

7.1 ประสบการณ์โดยสรุป:

ประสบการณ์ 15 ปี ในการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน ปี 2537-2543 (7 ปี) วิจัยและพัฒนา การประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นต้นกำลังในรถแทรกเตอร์เกษตร โดยการพัฒนาต้นแบบรถแทรกเตอร์พลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 15 hp ซึ่งเป็นวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท-เอก ปี 2544-ปัจจุบัน (8 ปี) เน้นการวิจัยและพัฒนาด้านพลังงานชีวมวล//ชีวภาพและการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน ทั้งส่วนของการวิจัยและพัฒนา และเป็นผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษา แก้ไขปัญหาและวางแผนยุทธศาสตร์ด้านพลังงาน เช่น การนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวมวล (Biomass Gasification) การพัฒนาเทคโนโลยีการก่อสร้างระบบผลิตแก๊สชีวภาพ การพัฒนาระบบการใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวมวลและแก๊สชีวภาพ การดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลใช้กับแก๊สชีวมวลและแก๊สชีวภาพ การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Feedstock Technology) การพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกพืชพลังงาน เช่น ไม้โตเร็วสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง ตลอดจนการวิเคราะห์และตรวจวัดการใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน

7.2 ผลงานการบริหารโครงการ

พ.ศ. 2544 – ปัจจุบัน

1) โครงการออกแบบและทดสอบเครื่องอัดแท่งชีวมวลสำหรับผลิตถ่านชีวภาพ (วิจัย: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2545

2) โครงการหน่วยงานที่ปรึกษาในเครือข่ายฯ โครงการส่งเสริมการผลิตแก๊สชีวภาพในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ขนาดกลาง (ระยะที่ 3) ฟาร์มขนาดกลาง (ผู้ว่าจ้าง: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ สนพ.) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2545

- ฟาร์มเรืองศิริ จ. ขอนแก่น 1000 m^3
- ฟาร์มคุณประยุทธ์ จ. ชลบุรี 1000 m^3
- ฟาร์มสุกรจักรกริช จ. ชลบุรี 1000 m^3
- ฟาร์มพนัสพันธุ์สัตว์ จ. ชลบุรี 1000 m^3
- ฟาร์มบูรพา จ. ร้อยเอ็ด 1000 m^3
- ฟาร์มธงชัย จ. บุรีรัมย์ 400 m^3
- ไทยฟาร์ม จ. บุรีรัมย์ 500 m^3
- ฟาร์มกุดรัง จ. มหาสารคาม 1000 m^3

3) โครงการออกแบบและทดสอบระบบกกลูกสุกรในโรงเรือนอนุบาล โดยใช้แก๊สชีวภาพ (วิจัย: สกว. และบริษัท โฟร์ที จำกัด) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2546

4) โครงการออกแบบเตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบสองทางออกสำหรับการผลิตกระแส ไฟฟ้าและการอบแห้ง (วิจัย: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2546

5) การประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวมวล (วิจัย: มหาวิทยา ลัยเทคโนโลยีสุรนารี) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2547

6) โครงการศึกษาการสมบัติน้ำมันรำข้าวสำหรับผลิตน้ำมันไบโอดีเซล (ผู้ว่าจ้าง: บริษัท เจียเม้ง จำกัด) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2547

7) โครงการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานแบบบูรณาการระดับจังหวัด ปี 2547– บุรีรัมย์ –(ผู้ว่าจ้าง: สำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 5 (นครราชสีมา) กระทรวงพลังงาน) ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน / ผู้ประสานงานโครงการ) 2547

8) การประเมินวัตถุดิบและเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากเหง้ามันสำปะหลัง (วิจัย: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2548

9) โครงการพัฒนาต้นแบบสถานีผลิตไฟฟ้าและความร้อนขนาดเล็กโดยใช้เตาผลิตแก๊สชีวมวลแบบสองทางออก (วิจัย: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2548

10) โครงการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ น้ำมันพืชใช้แล้วสำหรับนำมาใช้ผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ในจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดเชียงใหม่ (วิจัย: Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry, METI) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2548

11) โครงการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์พลังงานแบบบูรณาการระดับจังหวัดปี 2548 – ชัยภูมิ มหาสารคาม ศรีสะเกษ – (ผู้ว่าจ้าง: สำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 5 (นครราชสีมา) กระทรวงพลังงาน) ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน / ผู้ประสานงานโครงการ) 2548

12) โครงการหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชน้ำมันสำหรับผลิตน้ำมันไบโอดีเซล -ปาล์มน้ำมัน ทานตะวัน สบู่ดำ - (วิจัย: Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry, METI) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2549

13) โครงการออกแบบและทดสอบระบบกกลูกสุกรในโรงเรือนคลอดโดยใช้ความร้อนเหลือทิ้ง จากเครื่องยนต์ผลิตไฟฟ้าด้วยแก๊สชีวภาพ (วิจัย: มทส. และ บริษัท เอสพีเอ็ม จำกัด) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2549

14) โครงการพัฒนาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน (วิจัย: บริษัทซาตาเก้ (ประเทศไทย) จำกัด และ SATAKE CORPERATION CO., LTD JAPAN) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2549

15) โครงการบูรณาการงานด้านพลังงานกับแผนยุทธศาสตร์จังหวัด ปี 2549 (ผู้ว่าจ้าง: สำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 5 (นครราชสีมา) กระทรวงพลังงาน) ตำแหน่ง ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน/ผู้ประสานงานโครงการ) 2549

16) โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล (วิจัย: กองทุนอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2550

17) โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน (ระดับชุมชน) (วิจัย: กองทุนอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2550

18) โครงการศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก สำหรับชุมชน ระยะที่ 2 (วิจัย: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2550

19) โครงการศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก สำหรับชุมชน 2 (วิจัย: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2550

20) โครงการ การศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักงบประมาณ ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2550

21) โครงการศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก สำหรับชุมชน ระยะที่ 1 (วิจัย: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2551

22) โครงการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซล (วิจัย: Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry, METI) ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2552

23) โครงการ การพัฒนากระบวนผลิตวัตถุดิบจากมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล แหล่งทุน ศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2552

24) โครงการ การศึกษาสังเคราะห์ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังงานทางเลือก แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2552

25) การศึกษาแนวทางบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนแบบครบวงจร (ระดับชุมชน) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2553

26) การศึกษาและพัฒนาต้นแบบการจัดการขยะชุมชนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน (กรณีศึกษาชุมชนขนาดเล็ก ปริมาณขยะ 3-5 ตัน/วัน) กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานโนบายและแผนพลังงานตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2553

27) การผลิตพลังงานจากฟางข้าวเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน ศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2553

28) การรีไซเคิลลำไยค้างสต๊อค ปี 2546/2547 โดยใช้เป็นพลังงานชีวมวล สำนักงานปลัด กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2553

29)โครงการหมู่บ้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตำแหน่ง หัวหน้าโครงการ 2553

7.3 ผลงานตีพิมพ์

1) ***Arjharn W.***, M. Koike, T. Takigawa,. A. Yoda, H. Hasegawa and B. Bahalayodhin. *Preliminary Study on the Applicability of an Electric Tractor (Part 1) – Energy Consumption and Drawbar Pull Performance* – Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery, 63(3), 130-137, 2001.

2) ***Arjharn W.***, M. Koike, T. Takigawa,. A. Yoda, H. Hasegawa and B. Bahalayodhin. *Preliminary Study on the Applicability of an Electric Tractor (Part 2) – Effect of Battery allocation on the Tractive Performance* – Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery, 63(5), 92-99, 2001.

3) Hasegawa, H., Koike, M., Yoda, A., ***Arjharn, W.*** and Sato, S. 2001. *Studies on the Development of Supporting Technology for Rice in View of Environmental (Part 1) - Field Trial for Weed Control by Using Rice Bran Pellets* -. Proceedings of 37th Annual Meeting of the Kanto Regional Unit of JSAM, 4-5.

4) กรัชพล ปรารถนารักษ์, ระวิ โปร่งสี และ **วีรชัย อาจหาญ**. 2545. *การออกแบบและทดสอบระบบทำความร้อนสำหรับกกลูกสุกรในโรงเรือนอนุบาลโดยใช้แก๊สชีวภาพ*. วารสารสำนักวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 4-5.

5) Jantasiri, J. and **Arjharn W.** 2003. *Design and Testing of the Heating System for Swine Nursery House Using Biogas*. Proceedings of 2003 Annual Meeting of the Thai Society of Agricultural Engineering, 643-650,

6) จิระกุล จันทศิริ และ **วีรชัย อาจหาญ**. 2547. การออกแบบและทดสอบระบบทำความร้อนสำหรับกกลูกสุกรในโรงเรือนอนุบาล โดยใช้แก๊สชีวภาพ. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี. 10(3). 300-306

7) เจนวิทย์ วรรณพีระ, ณัฐยา พูนสุวรรณ, ศรัลย์ ปานศรีพงษ์ และ **วีรชัย อาจหาญ**. 2547. *การเตรียมและวัดสมบัติถ่านจากวัสดุชีวมวล*. การประชุมวิชาการครั้งที่ 5 ประจำปี 2547, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 469-474.

8) พจนาลัย ชาวห้วยหมาก, ธีระสุต สุขกำเนิด และ *วีรชัย อาจหาญ*. 2547. *การใช้คลื่นอัลตร้าโซนิกในการปรับปรุงกระบวนการเกิดปฏิกิริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชั่นของปาล์มน้ำมัน*. การประชุมวิชาการครั้งที่ 5 ประจำปี 2547, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 432-438.

9) Saran Pansiripong, Sarawut Panthon and **Weerachai Arjharn**. (2006). Chassis dynamometer emission test of diesel engine using various % blend of biodiesel. Proceedings of 2003 Annual Meeting of the, Thai Society of Agricultural Engineering, 155-160.

10) Niwat Kongkapee, Saran Pansiripong and **Weerachai Arjharn**. (2006). Performance characteristics of the diesel engine using various % blend of biodiesel . Proceedings of 2003 Annual Meeting of the, Thai Society of Agricultural Engineering, 161-166.

11) Pojanalai Chowhouimak, Terasut Sookkumnerd and **Weerachai Arjharn**. (2006). Chassis dynamometer emission test of diesel engine using various % blend of biodiesel. Proceedings of 2003 Annual Meeting of the, Thai Society of Agricultural Engineering, 147-154.

12) พยุงศักดิ์ จุลยุเสน และ **วีรชัย อาจหาญ.** 2551. ระบบกกลูกสุกรในโรงเรือนคลอดโดยใช้ความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องยนต์แก๊สชีวภาพ. การประชุมวิชาการครั้งที่ 9 ประจำปี 2551, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 176-177.

13) สุภัทร หนูแย้ม, เวียง อากรชี และ **วีรชัย อาจหาญ.** 2551. การศึกษาลักษณะการอบแห้งของเชื้อเพลิงชีวมวลโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารี. การประชุมวิชาการครั้งที่ 9 ประจำปี 2551, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 182-183.

14) ณัฐพงษ์ ประภาการ, พรรษา ลิบลับ และ **วีรชัย อาจหาญ.** 2551. การศึกษาคุณสมบัติกำลังเฉือนของเชื้อเพลิงชีวมวล. การประชุมวิชาการครั้งที่ 9 ประจำปี 2551, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 184-185

15) นิวัฒน์ คงกะพี้, กฤษกร รับสมบัติ และ **วีรชัย อาจหาญ.** 2551. การทดสอบประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน. การประชุมวิชาการครั้งที่ 9 ประจำปี 2551, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 186-187

16) ทิพย์สุภินทร์ หินซุย, ปภัส ชนะโรค และ **วีรชัย อาจหาญ.** 2551. การศึกษามลพิษและของเสียจากโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน. การประชุมวิชาการครั้งที่ 9 ประจำปี 2551, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 188-189

17) **วีรชัย อาจหาญ,** นิวัฒน์ คงกะพี้, กฤษกร รับสมบัติ, ปภัส ชนะโรค และ ทิพย์สุภินทร์ หินซุย. 2551. การศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน การประเมินประสิทธิภาพและผลกระทบด้านมลพิษ. วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. ปีที่ 40 เล่มที่ 2 .

18) **วีรชัย อาจหาญ,** ชิงชัย วิริยะบัญชา และ สมิต บุญเสริมสุข. 2551. การศึกษาศักยภาพการปลูกไม้โตเร็วสำหรับใช้ผลิตไฟฟ้าในชุมชนสำหรับประเทศไทย. การประชุมวิชาการครั้งที่ 9 ประจำปี 2551, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 190-191

19) สาวิตรี คำหอม และ **วีรชัย อาจหาญ.** 2551. การศึกษาผลกระทบของสมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลต่อค่าความร้อน. การประชุมวิชาการครั้งที่ 9 ประจำปี 2551, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 192-193

20) **Weerachai Arjharn,** Pansa Liplap and Payungsak Junyusen. (2008). The Study on a Small-Scale Biomass Gasifiction Power Plant for a Rural Electricity Production in Thailand. Proceedings of 2008 The 43rd Annual Meeting Japanese Society of Farm Wor

21) Payungsak Junyusen, **Weerachai Arjharn** and Pansa Liplap. (2008). Utilization of a Biogas Combined Heat and Power System for Warming Piglets in Farrowing House. Proceedings of 2008 The 43rd Annual Meeting Japanese Society of Farm Work Research, 171

22) Pansa Liplap and, **Weerachai Arjharn** and Payungsak Junyusen. (2008). A Study on Shearing Characteristics of Biomass Fuel. Proceedings of 2008 The 43rd Annual Meeting Japanese Society of Farm Work Research, 173-174.

23) ทิพย์สุภินทร์ หินซุย, **วีรชัย อาจหาญ**, บุญชัย วิจิตรเสถียร และ สมรัฐ เกิดสุวรรณ (2552). การผลิตพลังงานและมลพิษสิ่งแวดล้อมจากการใช้กากตะกอนน้ำเสียกับเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8. หน้า 225.

24) สาวิตรี คำหอม, **วีรชัย อาจหาญ** และชาญชัย ทองโสภา. 2552. การศึกษาการประยุกต์ใช้เตาอบไมโครเวฟแบบสายพานในกระบวนการนึ่งปาล์มน้ำมัน. การประชุมวิชาการครั้งที่ 10 ประจำปี 2552, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 36-41.

25) พินิจ จิรัดกุล, วีรชัย อาจหาญ, สุภัทร หนูแย้ม และสาวิตรี คำหอม. 2552. การศึกษาต้นทุนการแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์. การประชุมวิชาการครั้งที่ 10 ประจำปี 2552, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 380-385.

26) สุภัทร หนูแย้ม, เวียง อากรชี และ **วีรชัย อาจหาญ**. 2552. การศึกษาการใช้ประโยชน์จากความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องยนต์ผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับใช้ในการอบแห้งเชื้อเพลิงชีวมวล. การประชุมวิชาการครั้งที่ 10 ประจำปี 2552, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 396-401.

27) พินิจ จิรัดกุล, **วีรชัย อาจหาญ** และ พรรษา ลิบลับ.2553. การศึกษาต้นทุนการผลิตเหง้ามันสำปะหลังเพื่อเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล. การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2553 หัวข้อ "การพัฒนาชนบทที่ยั่งยืน" ครั้งที่ 2

28) เกียรติศักดิ์ นิคมชัยประเสริฐ, คงเดช พะสีนาม และ **วีรชัย อาจหาญ**. 2553. การศึกษาสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสม. การประชุมวิชาการครั้งที่ 11 ประจำปี 2553, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 333-338.

29) คงเดช พะสีนาม และ **วีรชัย อาจหาญ**. 2553. การศึกษาสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสม. การประชุมวิชาการครั้งที่ 11 ประจำปี 2553, สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 339-344.

31) **วีรชัย อาจหาญ**. 2553. การศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน (ระยะที่ 2). วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ด้านพลังงานฉบับพิเศษ (วช. ครบรอบ 50 ปี)