พลังงานเชื้อเพลิงชีวมวล

จากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์

คู่มือ

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไพโรจน์ นะเที่ยง

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย

โครงการจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยและนวัตกรรม

จาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2558

คำนำ

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน เพื่อการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานตามแนวพระราชดำริ เป็นการดำเนินงานโดยการใช้รูปแบบการจัดการความรู้แบบมีส่วนร่วมระหว่างชุมชน นักวิจัย และองค์กรภาคีเครือข่ายในพื้นที่ มีจุดมุ่งหมายสำคัญในการช่วยให้เกิดการพึ่งพาตนเองในระดับชุมชนที่สามารถผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้ในชุมชนโดยการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปในชุมชนมาเป็นแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในครัวเรือนในการที่จะนำไปสู่การพึ่งพาตนเองด้านพลังงาน ลดค่าใช้จ่ายภาคครัวเรือนด้านพลังงาน อีกทั้งยังก่อให้เกิดผลต่อการพัฒนาศักยภาพของชุมชนในการจัดการเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรหลังจากการแปรรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดการพัฒนาพลังงานในชุมชนได้อย่างยั่งยืนต่อไปบนพื้นฐานของแนวพระราชดำริด้านพลังงาน ที่ส่งเสริมให้มีการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานภายในประเทศเพื่อลดการนำเข้าและพึ่งพาตนเองในด้านพลังงานให้มากที่สุด

ทางคณะผู้จัดทำโครงการจึงได้จัดทำคู่มือการฝึกอบรม ซึ่งเป็นเอกสารคู่มือที่ใช้ประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยการให้ความรู้เกี่ยวกับหลักการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร หลักการทำการและขั้นตอนการใช้งานรวมไปถึงการบำรุงรักษาเทคโนโลยีเพื่อการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูป อันได้แก่ เทคโนโลยีแก๊สซิไฟเออร์แบบเชื้อเพลิงนิ่ง หรือ Fixed bed Gasifier) และเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการอัดด้วยเกลียว (Screw press) เพื่อใช้สำหรับเป็นสื่อประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยีในรูปแบบของการจัดการความรู้เพื่อใช้ประโยชน์จากผลงานวิจัยสำหรับการจัดการพลังงานในภาคชุมชนได้ต่อไป

ไพโรจน์ นะเที่ยง
หัวหน้าโครงการ
มีนาคม 2559

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	1
สารบัญ	2
หลักการ/เหตุผล	3
จุดมุ่งหมายของการพัฒนาเทคโนโลยีฯ	5
ประโยชน์ของการพัฒนาเทคโนโลยีฯ	5
มะม่วงหิมพานต์	6
หลักการจัดการของเสียหรือเศษวัสดุเหลือทิ้งทางอุตสาหกรรมการเกษตร	10
พลังงานมวลชีวมวล(Biomass)	12
ถ่านชีวภาพและถ่านอัดแท่ง	17
เทคโนโลยีก๊าซซิฟิเคชั่น	28
ความสำคัญของการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์	36
แนวคิด/หลักการที่ใช้ในการออกแบบเทคโนโลยีฯ	37
ขั้นตอนการใช้งานเทคโนโลยีสำหรับการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลฯ	49
ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีสำหรับการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลฯ	63
แบบประเมินตนเองด้านความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลฯ	76
เอกสารอ้างอิง	79

เทคโนโลยีการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน

หลักการ/เหตุผล

การจัดการเปลือกมะม่วงหิมพานต์ซึ่งเป็นที่เศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปของกลุ่มผู้วิสาหกิจชุนในพื้นที่อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ ส่วนใหญ่มักใช้วิธีการจัดการโดยการนำไปทิ้งตามที่ทิ้งขยะสาธารณะหรือหรือในบริเวณพื้นที่ซึ่งเป็นที่เป็นว่างเปล่าจึงทำให้เกิดการก่อมลภาวะในหลายๆด้านกับชุมชน เช่น กลิ่นเหม็น ทำลายแหล่งน้ำของชุมชน หรือแม่แต่การก่อให้เกิดปัญหาขยะที่เป็นอันตรายต่อคนในชุมชน เนื่องมาจากในเปลือกมะม่วงหิมพานต์มีส่วนประกอบของกรดอราคาร์ดิค 90% และคาร์ดอล 10% มีสีน้ำตาลคล้ำแกมดำ กรดน้ำมันนี้แม้จะเป็นอันตรายต่อผิวหนังและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของมนุษย์ ซึ่งถ้าหากไปถูกหรือแตะต้องเข้าแล้วจะทำให้เกิดเป็นแผลผุพองและเน่าเปื่อยได้ แต่ก็มีกลุ่มผู้ผลิตบางรายที่ทำการกำจัดเปลือกมะม่วงหิมพานต์โดยการเผาทำลาย แต่ก็ยังเป็นวีการกำจัดที่ทำให้เกิดมลพิษ เนื่องจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์เมื่อถูกความร้อนสูงประมาณ 80-100 องศาเซลเซียส สารพิษพวกนี้จะระเหยมีกลิ่นฉุนจัด เป็นอันตรายต่อเยื่อหุ้มจมูกและนัยน์ตาด้วย จึงทำให้กลุ่มผู้ผลิตหลายรายในอำเภอท่าปลาเลือกที่จะใช้วิธีการกำจัดโดยการกองเปลือกมะม่วงหิมพานต์ทิ้งไว้ให้ย่อยสลายไปตามธรรมชาติ จากการประมาณการผลผลิตมะม่วงหิมพานต์ทั้งหมดของอำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่มีถึงปีละประมาณ 5,000 ตัน แต่เมื่อนำเม็ดมะม่วงหิมพานต์จำนวนนี้ไปกะเทาะแล้วจะมีปริมาณเปลือกที่เหลือจากการแปรรูปในแต่ละปีประมาณปีละ 4,000 ตัน จึงเท่ากับว่าเปลือกมะม่วงหิมพานต์จำนวนนี้จะก่อให้เกิดปัญหากับชุมชนและสิ่งแวดล้อมของอำเภอท่าปลาในระยะยาวแน่นอนหากไม่มีการจัดการที่เหมาะสมและถูกต้อง โดยในปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่อำเภอท่าปลาจำนวน 3,036 ราย ในพื้นที่กว่า 20,000 ไร่ และมีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้แล้วถึง 10,000 ไร่ คิดเป็นผลผลิตทั้งหมดประมาณ 5,000 ตัน ซึ่งถ้าหากกะเทาะเมล็ดหุ้มเมล็ดออกแล้วจะมีปริมาณเปลือกมะม่วงหิมพานต์เหลืออยู่ไม่น้อยกว่าปีละ 3,700 ตัน/ปี (โดยการแปรรูปผลผลิตทั้งเปลือก 5 กิโลกรัม เมื่อกะเทาะแล้วจะได้เนื้อเมล็ดมะม่วงเพียง 1.3 กิโลกรัม ซึ่งจะมีปริมาณเปลือกที่เหลือทิ้งในปริมาณ 3.7 กิโลกรัม) เมื่อคิดเทียบกับปริมาณเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งในแต่ละปีที่เกิดขึ้นจากการแปรรูปผลผลิตมะม่วงหิมพานต์ของเครือข่ายวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่มีปริมาณมากถึงประมาณ 3,700 ตัน/ปี

จากสภาพการณ์ที่เกิดขึ้นจึงทำให้มีการดำเนินโครงการวิจัยเพื่อการศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากการแปรรูปโดยความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์กับกลุ่มเครือข่ายวิสาหกิจชุมชน อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ ขึ้นในปีพ.ศ.2556 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการหาแนวทางหรือวิธีการเพิ่มมูลค่าและใช้ประโยชน์จากเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากการแปรรูป โดยได้นำเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากการแปรรูปมาใช้เป็นวัตถุดิบในการการผลิตพลังงานแก๊สชีวมวลด้วยการออกแบบและสร้างเตาเผาเปลือกมะม่วงหิมพานต์แบบประสิทธิภาพสูง (เทคโนโลยีแก๊สซิไฟเออร์แบบเชื้อเพลิงนิ่ง หรือ Fixed bed Gasifier) และการออกแบบสร้างเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ เพื่อเพิ่มมูลมูลค่าให้กับเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่าเตาเผาเปลือกมะม่วงหิมพานต์แบบประสิทธิภาพสูง (เทคโนโลยีแก๊สซิไฟเออร์แบบเชื้อเพลิงนิ่ง หรือ Fixed bed Gasifier) ใช้หลักการออแบบและสร้างเตาแก๊สซิไฟเออร์เพื่อใช้สำหรับเผาเปลือกเม็ดมะม่วงหิม

พานต์แบบเชื้อเพลิงไหลลง (downdraft gasifier) ซึ่งเป็นระบบที่อากาศไหลลงทิศทางเดียวกับการไหลเลื่อนของเชื้อเพลิง เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า co-current gasifier โดยเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์นั้นสามารถทำให้เกิดแก๊สซิไฟเออร์ได้จริง และมีปริมาณที่มาก อุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเตาเผานั้นมีอุณหภูมิที่สูงไม่ถึง 800 องศา ส่วนเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการอัดด้วยเกลียว (Screw press) ออกแบบโดยใช้หลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) ซึ่งเกลียวจะทำการอัดแท่งชีวมวลผ่านแม่พิมพ์ออกมาอย่างต่อเนื่องโดยมีการให้ความร้อนจากภายนอกเพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น แท่งชีวมวลที่ได้ออกมาติดกันอย่างต่อเนื่องเป็นเส้นยาวและมีขนาดสม่ำเสมอ การอัดแบบเกลียวนี้ทำให้บริเวณผิวรอบนอกของแท่งชีวมวลถูก Carbonized บางส่วน จึงทำให้ง่ายต่อการจุดติดไฟและการเผาไหม้ นอกจากนี้ยังปกป้องแท่งชีวมวลจากความชื้นรอบๆได้ โดยส่วนผสมต่างๆที่นำมาใช้ตามสูตรที่กำหนด(ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ : 2555) โดยส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ผงถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์ให้เป็นผงละเอียด 10 กิโลกรัม ผงแป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม และน้ำ 3 ลิตร ซึ่งเป็นการผลิตถ่านอัดแท่งแบบอัดเย็น ผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) เมื่อทำการผลิตถ่านอัดแท่งความยาว 20 เซนติเมตร จากการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตถ่านอัดแท่งจำนวน 5 ครั้ง พบว่า เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ มีประสิทธิภาพการอัดแท่งโดยใช้เวลาเฉลี่ยที่ 30.276 วินาที น้ำหนักถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้เฉลี่ย 0.3946 กิโลกรัมต่อการผลิตถ่านอัดแท่งในระยะความยาว 20 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อคิดเวลาในการผลิตถ่านอัดแท่งในระยะเวลา 8 ชั่วโมงการทำงาน พบว่าสามารถผลิตถ่านอัดแท่งได้เฉลี่ย 474.966 กิโลกรัมต่อ 8 ชั่วโมงการทำงาน โดยเมื่อทำการผลิตถ่านอัดแท่งในระยะเวลา 1 ชั่วโมงการทำงาน จากการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตถ่านอัดแท่งจำนวน 5 ครั้ง พบว่า เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์สามารถผลิตถ่านอัดแท่งที่มีค่าความชื้นเฉลี่ย 40.80 % มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 654.53 กิโลกรัม/ลบ.ม. และมีอัตราการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ได้ในอัตราเฉลี่ย 60.01 กิโลกรัม/ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาต้นทุนค่ากระแสไฟฟ้าเมื่อมีการใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลังขนาด 10.4 แอมแปร์ โดยในขณะที่เครื่องฯทำงานโดยมีโหลด อัตราการกินกระแส 3.4 Amp แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ซึ่งผลจากการคำนวณพบว่าใช้กำลังไฟฟ้า = 0.748 กิโลวัตต์/ชั่วโมง และมีค่าใช้จ่ายไฟฟ้าเมื่อใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ในเวลา 1 ชั่วโมง เท่ากับ 1.78 บาท/ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าเมื่อใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 1 วัน (8 ชั่วโมง) เท่ากับ 14.45 บาท/วัน และมีค่าใช้จ่ายไฟฟ้าเมื่อใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 1 เดือน (30 วัน) เท่ากับ 623.58 บาท/เดือน และเมื่อทำการประเมินคุณสมบัติของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ โดยการนำแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจ ากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ทางตากแดดจนแห้งสนิท มาศึกษาประสิทธิภาพในการหุ้มต้ม โดยการทดสอบกับการต้มน้ำ ซึ่งใช้หม้ออลูมิเนียมเบอร์ 20 พร้อมกับฝาปิด และเตาหุ้มต้มโดยใช้น้ำในปริมาตร 1,525.90 กรัม (ปริมาตรของน้ำคิดเป็น ¾ ของปริมาณความจุของหม้อ) และนำแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ปริมาณ 500 กรัม โดยทำการทดสอบการเผาไหม้จำนวนสองครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆที่มีผลกับประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ผลจากการทดสอบพบว่าสามารถทำให้น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไปเฉลี่ย 776.39 กรัม น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่มีค่าเฉลี่ย 749.52 กรัม น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิเฉลี่ย 500 กรัม ระยะเวลาที่ใช้ต้มน้ำจนเดือดเฉลี่ย 14.5 นาที ระยะเวลาที่ใช้ไปทั้งหมดเฉลี่ย 44.5 นาที ค่าอุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟเฉลี่ย 32 ℃ ค่าความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิงเฉลี่ย 4280 cal/g ค่างานที่ทำได้เฉลี่ย1.56 อัตราการเผาไหม้

เฉลี่ย 11.24 g/นาที ค่าประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ย16.64% ไม่มีการแตกประทุของถ่าน การติดไฟอยู่ในระดับที่ดีมาก ควันที่เกิดขึ้นขณะเผาไหม้มีบางเล็กน้อยและไม่มีเขม่าขณะเผาไหม้

ดังนั้นเพื่อเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน เพื่อการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานตามแนวพระราชดำริ โดยการใช้รูปแบบการจัดการความรู้แบบมีส่วนร่วมระหว่างชุมชน นักวิจัย และองค์กรภาคีเครือข่ายในพื้นที่ ให้สามารถพึ่งพาตนเองในระดับชุมชนที่สามารถผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้ในชุมชนโดยการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปในชุมชนมาเป็นแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในครัวเรือน ก็จะนำไปสู่การพึ่งพาตนเองด้านพลังงาน ลดค่าใช้จ่ายภาคครัวเรือนด้านพลังงาน อีกทั้งยังก่อให้เกิดผลต่อการพัฒนาศักยภาพของชุมชนในการจัดการเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรหลังจากการแปรรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพก่อให้เกิดการพัฒนาพลังงานในชุมชนได้ย่างยั่งยืนต่อไปบนพื้นฐานของแนวพระราชดำริด้านพลังงาน ที่ส่งเสริมให้มีการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานภายในประเทศเพื่อลดการนำเข้าและพึ่งพาตนเองในด้านพลังงานให้มากที่สุด

จุดมุ่งหมายของการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน

1. เพื่อน้อมนำแนวพระราชดำริด้านพลังงาน ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของชุมชนมาประยุกต์ใช้เพื่อส่งเสริมการสร้างแหล่งพลังงานในชุมชนอย่างยั่งยืน
2. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน
3. เพื่อสร้างคุณค่าให้กับผลงานวิจัยด้านการผลิตแหล่งพลังงานที่เหมาะสมสำหรับชุมชน โดยการใช้วัตถุดิบเหลือทิ้งภายในชุมชนเพื่อการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานตามแนวพระราชดำริ
4. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร โดยการนำมาใช้ประโยชน์ด้วยการแปรรูปเป็นพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน

ประโยชน์ของการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน

1. เกิดการน้อมนำแนวพระราชดำริด้านพลังงาน ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพึงพาตนเองด้านพลังงานของชุมชน มาปรับใช้เพื่อส่งเสริมการสร้างแหล่งพลังงานในชุมชนอย่างยั่งยืน
2. เกิดการประยุกต์ใช้ประโยชน์ในเชิงสาธารณะจากเทคโนโลยีการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน ที่ส่งผลดีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูป การลดต้นทุนค่าใช้จ่ายภาคครัวเรือนด้านพลังงาน การพึ่งพาตนเองด้านพลังงานของชุมชน และการลดปัญหาด้านการก่อมลภาวะทางสิ่งแวดล้อมในชุมชนอันเนื่องมาจากเศษเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร
3. เกิดต้นแบบของกลุ่มเครือข่ายวิสาหกิจชุมชมผู้ผลิตและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นต้นแบบที่ดีในการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งหลังจาการแปรรูป

4. ลดปัญหาการเผาทำลายเศษวัสดุเหลือทิ้งหลังจากการแปรรูป และลดปัญหามลภาวะทางอากาศที่เกิดกลุ่มควันและก๊าซพิษที่ทำลายสิ่งแวดล้อม

5. ส่งเสริมให้กลุ่มเครือข่ายวิสาหกิจชุมชมผู้ผลิตและแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ให้ได้ใช้แหล่งพลังงานเชื้อเพลิงที่มีการต้นทุนต่ำ และลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในภาคครัวเรือน

6. เกิดแหล่งเรียนรู้ในด้านผลิตพลังงานภาคครัวเรือนที่ใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร โดยการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสามารถขยายผลและต่อยอดองค์ความรู้ได้ต่อไป

มะม่วงหิมพานต์

มะม่วงหิมพานต์ (Cashew nut) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Anacardium Occidentale มีถิ่นกำเนิดในประเทศบราซิล นักเดินเรือชาวโปรตุเกสนำไปปลูกในอินเดียและแอฟริกาใน คริสต์ศตวรรษที่ 16 และได้แพร่กระจายไปทั่วบริเวณเขตร้อนของโลก (ปิยะ เฉลิมกลิ่น. 2552: ออนไลน์) สำหรับประเทศไทยนำเข้ามาปลูกครั้งแรกที่ภาคใต้ของประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ.2444 โดย พระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี หรือ คอซิมบี้ ณ ระนอง มีชื่อเรียกตามท้องถิ่น เช่น เล็ดล่อ ยาร่วง หัวครก กาหยู กาหยี เป็นต้น ปัจจุบันมะม่วงหิมพานต์ ได้ปลูกกระจายไปทั่วประเทศแต่ปลูกมากทางภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก โดยเฉพาะที่จังหวัดตราด และจังหวัดอุตรดิตถ์ก็ได้มีการนำมะม่วงหิมพานต์แจกจ่ายแก่เกษตรกร เพื่อปลูกขยายพันธุ์เช่นกัน (พนม เกิดแสง.2553: ออนไลน์) ลักษณะของมะม่วงหิมพานต์ เป็นไม้ผลยืนต้นตระกูลเดียวกับมะม่วงมีขึ้นอยู่ทั่วไปในประเทศที่มีอากาศร้อนและฝนตกชุก เป็นต้นไม้ที่ไม่ผลัดใบ สูงราว 6-12เมตร แผ่กิ่งก้านสาขาเป็นพุ่มกว้างออกไปโดยรอบ 4-10 เมตร กิ่งทอดยาวแผ่ออกข้างๆ กิ่งใหญ่ หรือส่วนโคนของกิ่งใหญ่ ๆ ถ้าปล่อยตามธรรมชาติจะไม่มีกิ่งแขนงเกิด แต่ถ้าได้รับการตัดแต่งหรือบังคับ ก็จะมีกิ่งแขนงแตกออกตามทิศทางที่ต้องการได้ ลักษณะของใบจะค่อนข้างหนาคล้ายรูปไข่ ปลายใบป้อม โคนใบแหลมยาวประมาณ 10-12 เซนติเมตร กว้างประมาณ 5-7.5 เซนติเมตร ออกช่อดอกที่ปลายกิ่ง ช่อดอกยาว ประมาณ 15-25 เซนติเมตร บางดอกมีแต่เกสรตัวผู้ บางดอกมีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย อยู่ในช่อดอกเดียวกันผลของมะม่วงหิมพานต์ ดังภาพที่ 1 และ 2

ภาพที่ 1 ลักษณะของต้นมะม่วงหิมพานต์
(ที่มา : พนม เกิดแสง. 2553. ออนไลน์)

ภาพที่ 2 ลักษณะของใบมะม่วงหิมพานต์
(ที่มา : พนม เกิดแสง. 2553. ออนไลน์)

ลักษณะของผลมะม่วงหิมพานต์ ส่วนที่เป็นผลคือก้านของดอกที่ขยายตัวพองขึ้นและส่วนที่เป็นผลจริง ๆ คือ เมล็ดที่ภาพร่างเหมือนไตติดอยู่ตรงปลายสุด เมื่อยังอ่อนมีสีเขียว และขยายเติบโตจนใหญ่กว่าผลในระยะแรก ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 ลักษณะของผลมะม่วงหิมพานต์
(ที่มา : พนม เกิดแสง. 2553. ออนไลน์)

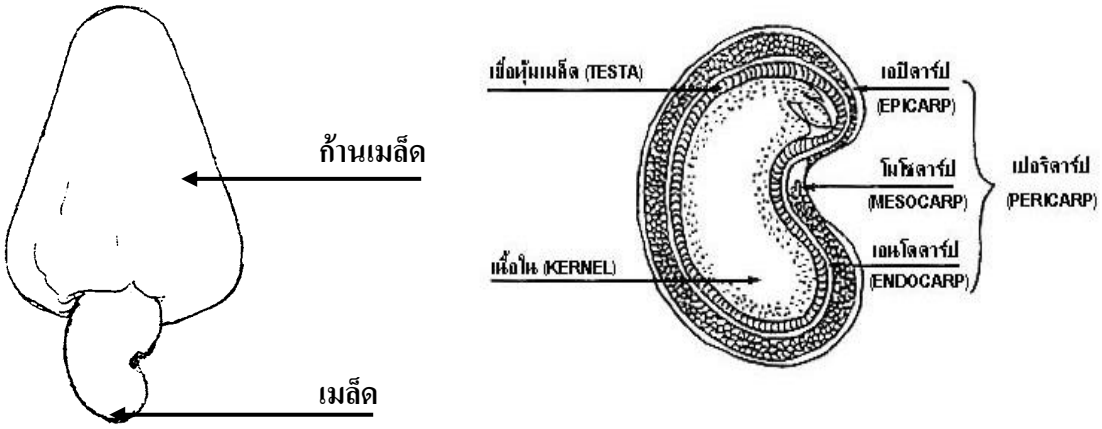
ก้านดอกเมื่อได้ขนาดก็หยุดเจริญเปลี่ยนสีเป็นสีเทาดอกที่ เป็นผลปลอมก็เริ่มขยายเบ่งตัวพองโตขึ้นจนใหญ่กว่าเมล็ด เมล็ดขนาดยาวประมาณ 3 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2.5 เซนติเมตร ถ้าผ่าเมล็ดออกเปลือกเมล็ดจะหนาราว 2-3 มิลลิเมตร เมล็ดในมีสีขาวนวลประกบกัน 2 ซีก เปลือกหุ้มเมล็ดมียางสีน้ำตาลอ่อนมีลักษณะเป็นกรด ถ้าถูกผิวหนังจะทำให้พองเป็นแผลเปื่อย ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 ลักษณะของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์
(ที่มา : พนม เกิดแสง. 2553. ออนไลน์)

ประโยชน์ของมะม่วงหิมพานต์ มะม่วงหิมพานต์เป็นไม้ผลอุตสาหกรรมชนิดหนึ่งที่มีการใช้ ประโยชน์ได้ทุกส่วนของต้น เช่น ยอดอ่อนใช้เป็นผัก ลำต้นและกิ่งใช้ทำ ถ่านและฟืน เปลือกลำต้นใช้ทำยาแผนโบราณแก้โรคความดันโลหิตสูง หรือนำมาเป็นสีย้อมผ้า ส่วนของผลปลอมใช้รับประทานและเป็นอาหารสัตว์ รวมทั้งใช้ผลิตแยม ไวน์ และน้ำส้มสายชู ในส่วนของเปลือกเมล็ดที่หนาและแข็งจะมีน้ำมันเป็นส่วนของกรด อะนาคาร์ดิก (anacardid acid) ร้อยละ 90 และสารการ์ดอล (cardol) ร้อยละ 10 ซึ่งเป็นพิษต่อผิวหนังมนุษย์ และสัตว์ แต่นำมาใช้ประโยชน์กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมสี ผ้าเบรค

ผ้าคลัตช์ และส่วนของ ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้า ในส่วนเยื่อหุ้มเนื้อในนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ สำหรับ ส่วนเนื้อในสุดของเมล็ด (kernel) เป็นส่วนที่ใช้รับประทาน และมีคุณค่า ทางอาหารสูงมาก มีไขมันร้อยละ 47 โปรตีนร้อยละ 21 แป้งร้อยละ 12มีวิตามินและธาตุอาหารอื่นๆ อีกมากมาย (ปิยะ เฉลิมกลิ่น. 2544: ออนไลน์)

เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (Cashew nut) มีรูปร่างคล้ายไต เปลือกและเมล็ดจะหนาและแข็งภายในเปลือกมีกรดมีชื่อทางการค้าว่า CNSL (Cashew Nut Shell Liquid) ซึ่งประกอบด้วยกรดอนาคาร์ดิค (anacardic acid) 90% และคาร์ดอล (cardol) 10% กรดน้ำมันนี้แม้จะเป็นอันตรายต่อผิวหนังและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของมนุษย์ ซึ่งถ้าหากไปถูกหรือแตะต้องเข้าแล้วจะทำให้เกิดเป็นแผลผุพอง และเน่าเปื่อยได้ เมื่อถูกความร้อนสูง สารพิษพวกนี้จะระเหยมีกลิ่นฉุนจัด เป็นอันตรายต่อเยื่อจมูกและนัยน์ตาด้วย (ธงชัย เนมขุนทด, 2539) ถัดจากเปลือกเป็นเยื่อหุ้มเมล็ดใน (testa) ซึ่งมีสีน้ำตาลแดง ส่วนในสุดของเมล็ดเป็นเมล็ดเนื้อใน (kernel) ซึ่งเป็นประโยชน์ที่สุด สามารถนำไปบริโภค หรือจำหน่ายได้ (สนั่น รัตนานุกูลและคณะ, 2532) ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ลักษณะและโครงสร้างของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์
(ที่มา : วิทยา บุญคำ, 2530)

การใช้ประโยชน์ของมะม่วงหิมพานต์

1. เมล็ดใน

หลังจากนำเอาเมล็ดมากะเทาะเปลือกออกจะเห็นข้างในเป็นเมล็ดอยู่เรียกว่าเมล็ดเนื้อใน ซึ่งเมื่อนำเอาไปคั่วหรืออบแล้วใช้เป็นอาหารคบเคี้ยว หรือใช้ทำอาหารคาวหวาน เช่น อาหารจำพวกผัด ยำ แกง เมล็ดเนื้อในนี้จัดได้ว่ามีคุณค่าอาหาร โดยเฉพาะโปรตีนสูงใกล้เคียงกับเนื้อ นม และไข่ อีกทั้งโปรตีนที่ได้ก็ย่อยง่ายและดีกว่าที่ได้จากพืชตระกูลถั่วทั่ว ๆ ไปด้วย ซึ่งมีสารประกอบที่เป็นประโยชน์ ดังนี้ (ธงชัย เนมขุนทด, 2539)

น้ำ	5.9	%ของน้ำหนักเมล็ด
โปรตีน	21.0	%ของน้ำหนักเมล็ด
ไขมัน	47.0	%ของน้ำหนักเมล็ด

แป้ง	22.3	%ของน้ำหนักเมล็ด
แคลเซียม	0.55	%ของน้ำหนักเมล็ด
ฟอสฟอรัส	0.45	%ของน้ำหนักเมล็ด
เหล็ก	5.0	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	322.0	I.U.
วิตามินบี 1	111.0	มิลลิกรัม
วิตามินอี	46.0	มิลลิกรัม
น้ำมัน	47.7	%ของน้ำหนักเมล็ด
แร่ธาตุอื่น ๆ	2.4	%ของน้ำหนักเมล็ด แต่เมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะไม่เพิ่มไขมันในเส้นเลือดและตับแต่อย่างใด

2. น้ำมันในเมล็ดเนื้อใน

เมื่อเอาเมล็ดมาสกัดน้ำมัน จะได้น้ำมันสีเหลืองอ่อน และเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพสูง มีกลิ่นหอมอ่อนๆ เหมาะสำหรับที่จะนำเอาไปเป็นน้ำมันสกัด และผลิตเนยเทียมมาการีนใช้ในอุตสาหกรรมทำช็อคโกแล็ตเพราะช่วยให้ช็อคโกแล็ตแข็งตัวได้ดี แต่เนื่องจากเมล็ดของมะม่วงหิมพานต์มีราคาแพงในการสกัดเอาน้ำมันจากเมล็ดจึงเป็นไปในวงแคบ ๆ และจำกัดอยู่ที่ในแหล่งที่ทำการปลูกเท่านั้น

3. เปลือกและเยื้อหุ้มเมล็ดเนื้อใน

เปลือกและเยื่อหุ้มเมล็ดเนื้อใน ทั้งสองอย่างนี้นำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น เปลือกหุ้มเมล็ดถ้านำมาสกัดจะได้กรดน้ำมัน ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า CNSL (Cashew nut shell liquid) มีส่วนประกอบของกรดอราคาร์ดิค 90% และคาร์ดอล 10% มีสีน้ำตาลคล้ำแกมดำ กรดน้ำมันนี้แม้จะเป็นอันตรายต่อผิวหนังและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของมนุษย์ ซึ่งถ้าหากไปถูกหรือแตะต้องเข้าแล้วจะทำให้เกิดเป็นแผลผุพอง และเน่าเปื่อยได้ เมื่อถูกความร้อนสูงประมาณ 80-100 องศาเซลเซียส สารพิษพวกนี้จะระเหยมีกลิ่นฉุนจัด เป็นอันตรายต่อเยื่อหุ้มจมูกและนัยน์ตาด้วย แต่น้ำมันในเปลือกหุ้มเมล็ดนี้ สามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้หลายประการ เช่น ใช้ทำสี ย้อมแห ด้าย อวน ใช้ทาผลิตภัณฑ์ไม้ เฟอร์นิเจอร์ ไม้ต่าง ๆ เพื่อป้องกันพวกมอด ปลวก และแมลงที่กัดกินเนื้อไม้ ใช้ผสมกับน้ำมันก๊าด หรือสารพาราฟินเหลวราดลงบนแอ่งน้ำ หรือหลุมเพื่อปกคลุมผิวน้ำสามารถกำจัดตัวอ่อนหรือลูกน้ำของยุงได้ ใช้ทำเป็นยาป้องกันหรือไล่ยุงในบ้านเรือนได้เป็นอย่างดี โดยใช้เปลือกส่วนที่แกะเอาเนื้อในออกแล้ว หรือกากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันออกแล้วมาสุมไฟ ใช้เป็นครีมลอกฝ้าหรือลอกผิดหนังที่ตกกระออก หรือใช้ทำยารักษาโรคเรื้อน โรคเท้าช้าง โรคผิวหนัง โรคฝ่าเท้าแตก โรคเรื้อนวงแหวน หูด ตาปลา ริดสีดวงทวาร โรคเหน็บชา ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมสี และอื่น ๆ มากกว่า 400 ชนิด เช่น สีทาบ้าน ทำพลาสติก ผ้าเบรก ผ้าคลัชรถยนต์ กระเบื้องยางปูพื้น ฉนวนหุ้มสายไฟฟ้าซึ่งเป็นฉนวนไฟฟ้าที่สามารถทนต่อกรด ด่าง ความร้อนและแรงเสียดสีได้ดี เปลือกเมล็ดเนื้อในก่อนที่จะถึงชั้นของเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ดซึ่งนำเอาไปใช้เป็นอาหารสัตว์นั้น จะมีอีกชั้นหนึ่งเรียกว่ากะลา ซึ่งเป็นส่วนที่แข็งที่สุดของเมล็ด มีประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักเมล็ด ส่วนนี้สามารถนำเอาไปทำเป็นเชื้อเพลิง ทำฝาผนังบ้านได้

4. ลำต้นและกิ่ง

นำเอามาใช้ทำหีบหรือลังไม้บรรจุของ ทำฟืนสำหรับหุงต้มหรือเผาถ่าน ทำเฟอร์นิเจอร์และอื่น ๆ

5. เปลือกลำต้น

เปลือกลำต้นของมะม่วงหิมพานต์จะมียางสีน้ำตาลใส เมื่อสกัดออกมาแล้วทิ้งไว้ให้แห้ง ยางนี้จะจับตัวกันแข็งเป็นสีน้ำตาลแกมดำมีลักษณะใสคล้ายชัน เมื่อนำเอาเปลือกลำต้นมาสกัดจะได้น้ำที่ฝาดสำหรับทำน้ำยาฟอกหนัง ทำหมึกย้อมแห อวน ด้าย ผ้าดิบ ใช้เป็นยาประสานในการบัดกรีโลหะ ทำกาวติดแน่นดีเป็นพิเศษ ในด้านการแพทย์และสุขภาพใช้เป็นยาแก้ปวดฟันที่เกิดจากรำมะนาด แก้โรคความดันโลหิตสูง แก้อาการท้องร่วง ใช้กลั้วคอล้างปากเพื่อกำจัดกลิ่นปาก ใช้รักษาโรคผิวหนังผุพองอันเนื่องจากการแพ้ยา แพ้สารเคมี หรือแม้กระทั่งถูกยางของเปลือกเมล็ดก็รักษาได้ สามารถรักษากามโรคชนิดเข้าข้อ และยังสามารถใช้รักษาโรคมาลาเรียได้ดีกว่านาควินิน

6. ผลปลอมหรือก้านดอก

ผลปลอมหรือก้านดอก นำเอามาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่นใช้รับประทานสดเป็นอาหาร กลิ่นของผลนี้ถ้านำไปผ่านกรรมวิธีในการแยกกลิ่นออกแล้วจะมีกลิ่นคล้ายกับวนิลา นำเอาไปหยดใส่ไอศกรีมทำให้ได้กลิ่นและรสชาติที่แปลกออกไป ใช้หมักทำไวน์ ใช้เป็นส่วนประกอบกลุ่มอาหารคาวหวาน หรือนำเอาไปแปรรูปโดยการกวน ใช้เป็นยารักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคฟัน โรคกระเพาะ รำมะนาด ช่วยยับยั้งการอาเจียนแก้เจ็บคอ เป็นยาขับปัสสาวะอย่างรุนแรง แก้อาการปวดตามข้อ ประสาทพิการ นำไปตากแห้งเป็นอาหารของวัว ความ ม้า หรือนำไปทำปุ๋ยอินทรีย์ และก๊าซชีวภาพโดยหมักในหลุม นอกจากนี้ผลปลอมยังมีวิตามินและสารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ

7. ใบและยอดอ่อน

ใบของมะม่วงหิมพานต์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน โดยนำมารับประทาน บรรเทาโรคท้องร่วง บิด ริดสีดวง ในใบแก่นำมาบดให้ละเอียดใช้พอกแผลที่เกิดจากไฟไหม้ หรือนำมาขยี้ใช้สีฟันทำให้ฟันสะอาด ยอดอ่อนใช้เป็นผักสด ใบที่ร่วงหล่นหรือใบแห้งนำมาทำปุ๋ยหมัก

8. ราก

มียางเช่นเดียวกับในลำต้น ใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับยางในลำต้นนอกจากนั้นนำเอามาทำเป็นยาฝาดสมานแผลและแก้โรคท้องร่วง

หลักการจัดการของเสียหรือเศษวัสดุเหลือทิ้งทางอุตสาหกรรมการเกษตร

วัสดุเหลือใช้หรือของเสีย (Residue/waste) จากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร คือ ส่วนของวัตถุดิบ (Raw material) ซึ่งผู้ดำเนินการหรือเจ้าของกิจการเห็นว่าการนำวัสดุนั้นมาทำการแปรรูปให้เป็นผลผลิต (Product) แล้วจะให้ผลที่ไม่คุ้มค่ากับการลงทุน แต่เนื่องจากปัญหาเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในปัจจุบันทำให้การกำจัดวัสดุเหลือใช้ให้อยู่ในสภาพซึ่งสามารถทิ้งออกจากโรงงานได้มีราคาสูงมากขึ้นเรื่อย ๆ และผลเนื่องจากสภาพทางเศรษฐศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จึงทำให้เกิดการศึกษา การค้นคว้าวิจัยกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น ที่จะนำวัสดุเหลือใช้ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ (by product) จากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรมาเป็นวัตถุดิบ เพื่อใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจจะเป็นการเพิ่มรายได้และช่วยลดต้นทุนในการกำจัดวัสดุเหลือใช้เหล่านั้น โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อลดปริมาณสารที่จะต้องกำจัดก่อนปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรม และเพื่อใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1. ผลที่ได้จากการอุตสาหกรรมเกษตร

การผลิตผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมเกษตรจะมีผลผลิตที่ได้จากอุตสาหกรรมเกษตร 3 อย่าง ด้วยกันคือ

1.1 ผลิตภัณฑ์ (pro-duct) ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของการผลิต

1.2 ผลพลอยได้ (By-Pro-duct) คือสิ่งที่ได้มาจากกรรมวิธีการแปรรูปวัตถุดิบ เป็นสิ่งที่สามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์หรือเป็นสิ่งที่มีราคา ถึงแม้มิได้ดำเนินการต่อไปก็สามารถขายได้ราคา เช่น กากน้ำตาล ชานอ้อย กางปลา เศษปลา ฟาง แกลบ

1.3 ของเหลือ (Waste) คือวัสดุเหลือใช้ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมประเภทหนึ่ง เช่น อุตสาหกรรมน้ำตาล ใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบ ได้น้ำตาลทรายขาว ของเหลือคือ ชานอ้อย (bagasse) โรงสีข้าวผลิตภัณฑ์คือข้าวสาร แกลบดิบเป็นของเหลือ เป็นต้น

2. การใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ (By-Pro-duct)

การผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตรซึ่งใช้วัตถุดิบหลักจากผลิตผลการเกษตร นอกจากจะได้ผลิตภัณฑ์ตามต้องการแล้วยังได้สิ่งอื่นๆเรียกว่าผลพลอยได้ (by-product) และของเหลือ (Waste) เพิ่มจากผลิตภัณฑ์ ซึ่งโรงงานต้องหาทางใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด เพื่อตัดปัญหาในการกำจัดและทำลาย และป้องกันมลภาวะอันจะเกิดขึ้นกับสภาพแวดล้อม ตลอดจนให้เป็นไปตามข้อบังคับการสุขาภิบาล และการกำจัดของเสียตามกฎหมาย

อุตสาหกรรมเกษตรจะมีของเหลือเป็นปริมาณ ในรูปของแข็งของเหลวและน้ำเสียจากโรงงาน ซึ่งจะต้องหาวิธีใช้ประโยชน์ก่อนที่จะกำจัดทิ้ง การใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้มีหลักการพิจารณาดังนี้

1. ปริมาณของผลพลอยได้ซึ่งจะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต
2. กรรมวิธีในการผลิตไม่ซับซ้อนยุ่งยาก และเสียค่าใช้จ่ายสูง
3. ทุนที่ต้องใช้เพื่อจัดหาเครื่องมืออุปกรณ์ในการผลิต
4. ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะได้รับ และความต้องการของตลาดต่อผลิตภัณฑ์

การที่จะใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์ จึงต้องมีโรงงานอุตสาหกรรมชนิดต่าง ๆ อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เช่น อุตสาหกรรมสีข้าว จะได้ปลายข้าว และรำ เป็นผลพลอยได้ จะต้องมีโรงงานอุตสาหกรรมทำแป้ง และผลิตภัณฑ์จากแป้ง เช่น โรงงานทำเส้นหมี่ หรือเส้นก๋วยเตี๋ยว โรงงานสกัดน้ำมันรำ เป็นต้น

3. การใช้ประโยชน์จากของเหลือ (Waste)

โดยทั่วไปโรงงานทุกแห่งพยายามจะใช้ประโยชน์จากของเหลือให้ได้มากที่สุดเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดทิ้งลง โดยตั้งจุดประสงค์ในการใช้ประโยชน์ 3 ประการดังต่อไปนี้

1. ใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น โรงงานน้ำตาลทรายใช้ชานอ้อยที่เป็นของเหลือจากการหีบอ้อยเป็นเชื้อเพลิง วิทยาการเกี่ยวกับแก๊สชีวภาพและการนำไปใช้ประโยชน์เป็นที่สนใจในปัจจุบัน เพราะเป็นการนำเอาของเหลือมาใช้ประโยชน์ เป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และควบคุมสภาวะแวดล้อมไม่ให้เกิดผลภาวะขึ้น ทั้งยังเป็นการรักษาความสะอาดให้ถูกสุขลักษณะ

2. ทำเป็นปุ๋ยหมัก (compose) ถึงแม้ว่าจะใช้ของเหลือเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงแล้วก็ตาม ก็ยังมีเหลือมากที่จะต้องการกำจัดทิ้ง ซึ่งเป็นการเสียค่าใช้จ่ายโดยไม่มีผลตอบแทนทางตรง เช่น นำเอาไปหมักเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ นอกจากจะได้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงแล้ว กากที่เหลือจากการหมักยังนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ด้วย หากไม่ได้นำไปหมักเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ ยังมีวิธีการใช้ประโยชน์ของเหลือเหล่านี้อีกวิธีหนึ่ง คือการทำปุ๋ยหมัก เพื่อจำหน่ายแก่เกษตรกรราคาต่ำ เป็นการช่วยบำรุงดินและเพิ่มธาตุอาหารแก่พืช ซึ่งจะส่งผลกลับมายังโรงงานในรูปของวัตถุดิบที่มีคุณภาพสูง

ปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยอินทรีย์ **(organic fertilizer)** ที่ได้จากการนำเศษพืช เศษวัชพืช หรือเศษสารอินทรีย์รูปอื่นๆหรือวัตถุดิบผลิตผลเกษตรที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ชานอ้อย กากมันสำปะหลัง มาหมักเพื่อให้เกิดการสลายตัวจนถึงขั้นที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในรูปของปุ๋ยอินทรีย์ ปรับปรุงดิน

3. ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ การใช้ของเหลือเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ประกอบด้วยคือ

- ชนิดของของเหลือและปริมาณที่มีอยู่
- ต้นทุนในการใช้ของเหลือเพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์
- ความยุ่งยากในกรรมวิธีแปรรูป
- ความต้องการของตลาด

พลังงานมวลชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานได้ เช่น เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือกากจากกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น แกลบ ได้จากการสีข้าวเปลือกชานอ้อย ได้จากการผลิตน้ำตาลทรายเศษไม้ ได้จากการแปรรูปไม้ยางพาราหรือไม้ยูคาลิปตัสเป็นส่วนใหญ่ และบางส่วนได้จากสวนป่าที่ปลูกไว้กากปาล์ม ได้จากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบออกจากผลปาล์มสดกากมันสำปะหลัง ได้จากการผลิตแป้งมันสำปะหลังซังข้าวโพด ได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำเมล็ดออกกาบและกะลามะพร้าว ได้จากการนำมะพร้าวมาปลอกเปลือกออกเพื่อนำเนื้อ มะพร้าวไปผลิตกะทิ และน้ำมันมะพร้าวส่าเหล้า ได้จากการผลิตแอลกอฮอล์เป็นต้นชีวมวลสามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานได้ เพราะในขั้นตอนของการเจริญเติบโตนั้น พืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แล้วเปลี่ยนพลังงาน จากแสงอาทิตย์โดยผ่านกระบวนการ สังเคราะห์แสงได้ออกมา เป็นแป้งและน้ำตาล แล้วกักเก็บไว้ตามส่วนต่างๆ ของพืช ดังนั้น เมื่อนำพืชมาเป็นเชื้อเพลิง เราก็จะได้พลังงานออกมา การใช้ประโยชน์ จากพลังงานชีวมวล สามารถใช้ได้ ทั้งในรูปของพลังงานความร้อน ไอน้ำ หรือผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า โดยจะใช้ เชื้อเพลิงชีวมวล ชนิดใดชนิดหนึ่งที่กล่าวมาข้างต้น หรือหลายชนิดรวมกันก็ได้ชีวมวลจึงเป็นแหล่งเชื้อเพลิงราคาถูก หากมีการใช้ประโยชน์ในบริเวณที่ไม่ไกลจากแหล่งเชื้อเพลิงมากนัก เพื่อลดต้นทุนในการขนส่ง ชีวมวล มีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย การนำชีวมวลมาใช้จึงช่วยลดการสูญเสียเงินตราต่างประเทศในการนำเข้าเชื้อเพลิงและสร้างรายได้ให้กับคนท้องถิ่น นอกจากนี้การผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะและไม่สร้างสภาวะเรือนกระจก เนื่องจากการปลูกทดแทนทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการหมุนเวียนและไม่มีการปลดปล่อย

เพิ่มเติม เรายังมุ่งหวังว่าการพัฒนาโครงการเกี่ยวกับชีวมวลจะสามารถเสริมสร้างความเข้มแข็งและ การมีส่วนร่วมของชุมชนได้อีกด้วย(ความหมายของชีวมวล.2014. ออนไลน์)

องค์ประกอบของชีวมวล

องค์ประกอบของชีวมวลหรือสสารทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักคือ

1. ความชื้น(Moisture) ความชื้นหมายถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ ชีวมวลส่วนมากจะมีความชื้นค่อนข้างสูง เพราะเป็นผลผลิตทางการเกษตร ถ้าต้องการนำชีวมวลเป็นพลังงานโดยการเผาไหม้ ความชื้นไม่ควรเกิน 50 เปอร์เซ็นต์

2. ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) ส่วนที่เผาไหม้ได้จะแบ่งออกเป็น2ส่วนคือ Volatiles matter และ Fixed Carbon Volatiles matter คือส่วนที่ลุกเผาไหม้ได้ง่าย ดังนั้นชีวมวลใดที่มีค่า Volatiles matter สูงแสดงว่าติดไฟได้ง่าย

3. ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้คือขี้เถ้า (Ash) ชีวมวลส่วนใหญ่จะมีขี้เถ้าประมาณ1 -3 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นแกลบและฟางข้าว จะมีสัดส่วนขี้เถ้าประมาณ 10 -20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะมีปัญหาในการเผาไหม้และกำจัดพอสมควร (ความหมายของชีวมวล. 2014. ออนไลน์)

การใช้พลังงานจากมวลชีวมวลเป็นแหล่งเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ จำพวกไม้ฟืน แกลบ หรือ มูลสัตว์ต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานความร้อน ในประเทศกำลังพัฒนาหลายๆ ประเทศ ถือว่าเป็นการใช้พลังงานมวลชีวภาพแบบดั้งเดิม (traditional biomass) ซึ่งไม่สามารถกล่าวได้ในรูปแบบของการบริโภคพลังงานแบบมหภาคหรือเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเมื่อกล่าวถึงการใช้พลังงานจากมวลชีวภาพมักจะกล่าวถึงในลักษณะของปริมาณการใช้พลังงานจากมวลชีวภาพในเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะการใช้เป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งลักษณะการใช้พลังงานจากมวลชีวภาพแบบนี้เรียกว่า การใช้พลังงานจากมวลชีวภาพแบบใหม่ (new biomass) โดยสามารถจำแนกแหล่งพลังงานจากมวลชีวภาพออกเป็น 2 แหล่งหลักๆคือ

1. แหล่งพลังงานที่เป็นพืช

พลังงานจากมวลชีวภาพที่มาจากแหล่งพลังงานที่เป็นพืช (energy crops) เป็นการนำเอาพืชทั้งประเภทที่มีอยู่ในธรรมชาติและทำการเพาะปลูกขึ้นเอง มาใช้เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งสามารถแบ่งแหล่งพลังงานจากพืชเหล่านี้ออกเป็น 2 ประเภทคือ

1.1 ประเภทที่มีลักษณะเป็นไม้ (woody crops) สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปโดยเฉพาะตามแหล่งป่าไม้ต่างๆ ป่าไม้เป็นแหล่งช่วยลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศได้ดีที่สุดซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าในช่วงการเจริญเติบโตของต้นไม้หนึ่งต้น ปริมาณก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ที่ต้นไม้นั้นช่วยดูดซับจากชั้นบรรยากาศเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง จะมีค่าใกล้เคียง หรือเท่ากับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการนำเอาต้นไม้ต้นนั้นมาทำการเผาไหม้ ดังนั้นการนำเอาต้นไม้จากธรรมชาติหนึ่งต้นมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะไม่ทำให้ธรรมชาติเสียสมดุลในเรื่องของมลพิษแต่อย่างใด แต่ปัญหาของมลพิษที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศคือมนุษย์มีการใช้พลังงานจากแหล่งอื่นโดยเฉพาะจากซากดึกดำบรรพ์ซึ่งทำให้มีการ ปล่อยก๊าซพิษต่างๆ ออกสู่ชั้นบรรยากาศ โดยแหล่งพลังงานเหล่านั้นไม่สามารถกำจัดของเสียด้วยตัวของมันเองได้เหมือนต้นไม้ จึงเป็นการปล่อยออกมาแล้วสะสมอยู่ในบรรยากาศ

1.2 ประเภทที่มีลักษณะเป็นพืชผลทางการเกษตร (agricultural crops) ในปัจจุบันมีการปลูกพืชผลทางการเกษตรจำพวก อ้อย และข้าวโพด เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งสิ่งที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจคือการนำเอาศักยภาพที่มีอยู่ในพืชเหล่านี้มาทำเป็น เชื้อเพลิงเหลว (liquid fuels) นอกจากนี้ยังมีการปลูกพืชผลทางการเกษตรชนิดอื่นๆ เพื่อใช้เมล็ดไปสกัดเป็นน้ำมันอย่างเช่น ทานตะวัน สบู่ดำ หรือพืชตระกูลถั่วต่างๆ โดยสามารถเปลี่ยนน้ำมันจากพืชเหล่านี้ไปเป็นน้ำมันไบโอดีเซล และสามารถนำน้ำมันนี้ไปใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบได้

2. พลังงานที่เป็นของเหลือใช้

หลังการใช้ประโยชน์จากไม้หรือการเก็บเกี่ยวพืชผลทางการเกษตรแล้ว จะมีของเหลือใช้ (wastes) จำพวกเศษไม้ ขี้เลื่อย ซังหรือเปลือกของพืชต่างๆ รวมถึงมูลสัตว์ที่ได้จากการ ปศุสัตว์ สิ่งต่างๆ เหล่านี้ถือว่าเป็นแหล่งพลังงานมวลชีวภาพอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ ของเหลือใช้มีตั้งแต่ระดับในครัวเรือน ระดับชุมชน จนกระทั่งระดับโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะเห็นได้ว่าแหล่งพลังงานเหล่านี้มีมากมาย สามารถจำแนกเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

2.1 เศษไม้ (wood residues) เป็นแหล่งพลังงานมวลชีวภาพที่อยู่ในรูปของของแข็ง (solid biomass) มีเกิดขึ้นมากมายจากการทำอุตสาหกรรมป่าไม้ ซึ่งส่วนใหญ่ต้องการใช้แต่เนื้อไม้ ส่วนที่เหลือคือใบและกิ่งก้านต่างๆ ที่ไม่สามารถใช้ได้ตามวัตถุประสงค์รวมถึงบรรดาขี้เลื่อย ที่ได้จากกระบวนการแปรรูปไม้ สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทั้งในรูปของพลังงานความร้อนและการผลิตไฟฟ้า โดยเฉพาะการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันในประเทศออสเตรียมีใช้ประมาณร้อยละ 6 ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด และในสหรัฐอเมริกาใช้เศษไม้เหล่านี้เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตไฟฟ้ากว่า 6 จิกะวัตต์

2.2 เศษพืชผลทางการเกษตร (agricultural wastes) เศษวัสดุต่างๆ ที่เกิดจากพืชผลทางการเกษตรจำพวก ฟางข้าวสาลี ข้าวโพด ชานอ้อย และแกลบ เป็นต้น เศษวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ในแต่ละปีรวมกันมีปริมาณนับพันล้านตัน และเมื่อคิดเป็นพลังงานจะได้พลังงานร่วม 40 ล้านเทระจูล ในสมัยก่อนฟางจะถูกเผาทิ้งตั้งแต่อยู่ในนาหรือในไร่ ซึ่งก่อให้เกิดให้ปัญหามลพิษเป็นอย่างมาก แต่เมื่อประมาณสิบกว่าปีมานี้ในแถบประเทศยุโรปมีการห้ามเผาฟางในนา จึงทำให้ต้องมีการขนย้ายฟางข้าวมาเก็บไว้ในที่แห้งๆ และเมื่อแห้งแล้วก็จะถูกส่งไปยังแหล่งผลิตไฟฟ้าต่อไป แต่เนื่องจากค่าความหนาแน่นของพลังงาน (energy density) ของฟางข้าวมีค่า 15 จิกะจูลต่อตัน และฟางข้าว 1 ตันมีปริมาตรถึง 6 ลูกบาศก์เมตร ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและการเก็บรักษา จึงทำให้เกิดอุตสาหกรรมชนิดใหม่ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการอัดฟางให้แน่นเหมือนการอัดกระดาษทำให้มีความหนาแน่นประมาณ 1 ตันต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายดังกล่าวได้และยังช่วยให้การใช้ฟางเป็นเชื้อเพลิงสะดวกมากขึ้น สำหรับชานอ้อยซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการบีบอ้อยของโรงงานน้ำตาล สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานเองหรือในกรณีที่สามารถผลิตได้มากจนเหลือใช้ก็สามารถส่งขายผ่านระบบสายส่งได้ ในปัจจุบันโรงงานน้ำตาลทั่วโลกมีกำลังผลิตไฟฟ้ารวมกันประมาณ 50 จิกะวัตต์

2.3 สิ่งปฏิกูลจากสัตว์ (animal wastes) เนื่องจากในแต่ละวัน สัตว์จะมีการถ่ายสิ่งปฏิกูลออกมาปริมาณมากหรือน้อยก็แล้วแต่ขนาดของสัตว์ชนิดนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นการเลี้ยงสัตว์ในลักษณะเป็นฟาร์ม จะสามารถรวบรวมสิ่งปฏิกูลจากสัตว์ได้ในปริมาณมากพอที่จะสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ สิ่งปฏิกูลเหล่านี้ในเบื้องต้นอาจถูกใช้ประโยชน์ในลักษณะของปุ๋ยคอก (animal manure) ซึ่งถือว่าเป็นการคืนพลังงานให้แก่ธรรมชาติทางหนึ่ง เพราะพืชสามารถดูดซึมเอาสารอาหารบางอย่างไปช่วยในการเจริญเติบโต

อย่างไรก็ตามในการทำปุ๋ยคอกนั้นจะมีก๊าซมีเทนออกมาซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม เนื่องจากก๊าซมีเทนเป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์สภาวะเรือนกระจก ปัจจุบันในหลายประเทศทั่วโลกได้มีการใช้แหล่งพลังงานเหล่านี้ผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ ซึ่งโรงไฟฟ้าในบางแห่งอาจมีกำลังการผลิตถึง 40-50 เมกะวัตต์

2.4 ของเหลือใช้จากชุมชน (municipal wastes) หรืออาจเรียกโดยทั่วไปว่าขยะจากชุมชน ผลจากการบริโภคของมนุษย์ทำให้มีการทิ้งสิ่งของที่เหลือกินเหลือใช้ให้อยู่ในสภาพขยะ ค่าเฉลี่ยของการทิ้งขยะในแต่ละครัวเรือนของกลุ่มประเทศอุตสาหกรรมมีมากกว่า 1 ตันต่อปี ซึ่งคิดเป็นพลังงานถึง 9 จิกะจูล (Boyle. 2004 : 120) ขยะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นพวกกระดาษ เศษแก้ว เศษโลหะต่างๆ และอื่นๆ อีกมากมาย หนึ่งในขยะเหล่านี้ที่น่าสนใจคือบรรดาพวกขยะที่เป็นสาร อินทรีย์ชนิดต่างๆซึ่งสามารถย่อยสลายได้โดย กระบวนการย่อยสารอินทรีย์แบบไม่ต้องใช้ออกซิเจน (anaerobic digestion) และผลที่ได้จากกระบวนการส่วนใหญ่ คือก๊าซมีเทนซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 9.4 ส่วนขยะประเภทอื่นอาจใช้วิธีคัดแยกเพื่อเอาไปใช้ใหม่ (recycling) อย่างเช่น พวกขยะที่เป็นโลหะ หรือมีส่วนผสมของโลหะอยู่ เป็นต้น นอกจากนี้ขยะส่วนที่เหลือยังสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานโดยใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ (combustion) หรืออาจใช้วิธีฝังกลบ (landfills) โดยวิธีนี้เมื่อเวลาผ่านไปนานเป็นปีๆ ผลที่เกิดขึ้นคือจะเกิดก๊าซจากหลุมฝังกลบ (landfills gas, LFG) ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

3. การแปรรูปชีวมวลให้เป็นพลังงาน

1. การเผาไหม้โดยตรง (Combustion) เมื่อนำชีวมวลมาเผาจะได้ความร้อนออกมาตามค่าความร้อนของชนิดชีวมวลความร้อนที่ได้จากการเผาสามารถนำไปใช้ในการผลิตไอน้ำที่มีอุณภูมิ และความดันส่งไอน้ำนี้จะถูกนำไปขับกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ตัวอย่างชีวมวลประเภทนี้คือเศษวัสดุทางการเกษตร และเศษไม้

2. การผลตแก๊ส (Gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งหรือชีวมวลให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงเรียกว่าแก๊สชีวภาพ (Biogas) มีองค์ประกอบของ แก๊สมีเทน ไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนนอกไซด์ สามารถนำไปใช้กับกังหันแก๊ส (Gas Turbine)

3. การหมัก (Fermentation) เป็นการนำชีวมวลมาหมักด้วยแบคทีเรียในสภาวะไร้อากาศชีวมวลจะถูกย่อยสลายและแตกตัวเกิดแก๊สชีวภาพ (Biogas) ที่มีองค์ประกอบของแก๊สมีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์แก๊สมีเทนที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สำหรับผลิตไฟฟ้า

4. การผลิตเชื้อเพลิงเหลวจากพืชมีกระบวนการที่ใช้ผลิต ดังนี้

4.1 กระบวนการทางชีวภาพทำการย่อยสลายแป้งน้ำตาล และเซลลูโลสจากพืชทางการเกษตร เช่น อ้อย มันสำปะหลังให้เป็นเอทานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงเหลวในเครื่องยนต์เบนซิน

4.2 กระบวนการทางฟิสิกส์และเคมีโดยสกัดน้ำมันออกจากพืชน้ำมันจากนั้นน้ำ น้ำมันที่ได้ไปผ่านกระบวนการทางเคมี เช่น ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชั่น (Transesterification) เพื่อผลิตเป็นไบโอดีเซล

4.3 กระบวนการใช้ความร้อนสูง เช่น กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis) เมื่อวัสดุทางการเกษตรได้รับความร้อนสูงในสภาพไร้ออกซิเจนจะเกิดการสลายตัวเกิดเป็นเชื้อเพลิงในรูปของเหลว และแก๊สผสมกัน

4. ข้อดีของเชื้อเพลิงชีวมวล

4.1 มีปริมาณกำมะถันต่ำ

4.2 ราคาถูกกว่าพลังงานเชิงพาณิชย์อื่นๆโดยเปรียบเทียบต่อหน่วยความร้อนที่เท่ากัน

4.3 มีแหล่งที่ผลิตอยู่ภายในประเทศ

4.4 พลังงานจากชีวมวลจะไม่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจกและแทบจะไม่ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศหรือทำให้อากาศเป็นพิษเลยในกรณีมีการปลูกทดแทน

5.ปัญหาการใช้พลังงานจากชีวมวล

พลังงานจากชีวมวลมีข้อเสียเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงประเภทถ่านหินแก๊สธรรมชาติ และน้ำมันเตา และเป็นเหตุผลที่ทำให้การผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานหมุนเวียนไม่แพร่หลายเท่าที่ควรคือ

5.1 ชีวมวลมีปริมาณไม่แน่นอนเนื่องจาก

1) ชีวมวลแต่ละชนิดปลูกเพียงตามฤดูกาลเท่านั้นและผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเกษตรกรเปลี่ยนชนิดของผลผลิตไปตามความต้องการของตลาด

2) พื้นที่การเกษตรลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพเกษตรกรรมไปสู่เมือง ชีวมวลมีอยู่มากแต่อยู่อย่างกระจัดกระจายทำให้รวบรวมได้ยาก เช่น เศษไม้ ซังข้าวโพด กะลามะพร้าว ยอดอ้อยที่อยู่ตามท้องไร่ท้องนาและแกลบตามโรงสีเล็กๆ

5.2 ปริมาณชีวมวลที่มีใช้ในโรงงานและพื้นที่ใกล้เคียงมีไม่เพียงพอที่จะผลิตไฟฟ้าที่ให้ผลตอบแทนในการลงทุนดีพอและเมื่อต้องหาชีวมวลประเภทอื่นหรือจากแหล่งอื่นมาเสริมก็จะมีปัญหาในเรื่องต่างๆดังนี้

1) ค่าขนส่งจากแหล่งชีวมวลมาสู่โรงงานถ้ายังไกลพื้นที่ตั้งก็ยังทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง

2) เทคโนโลยีที่สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงชีวมวลหลายๆชนิดมีราคาแพง

3) มีความเสี่ยงสูงในการรวบรวมชีวมวลจากแหล่งต่างๆให้ได้ปริมาณตามต้องการ

5.3 ค่าใช้จ่ายสูงที่จะลงทุนเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าระหว่างโรงงานสู่ระบบสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เช่น ค่าอุปกรณ์เชื่อมต่อ ค่าก่อสร้างระบบสายส่ง เป็นต้น

5.4 โรงงานขาดความเชื่อมั่นที่จะลงทุนเนื่องจาก

1) ขาดการสนับสนุนการลงทุนจากสถาบันการเงินเพราะความไม่แน่นอนของปริมาณเชื้อเพลิงชีวมวล

2) ขาดความมั่นใจด้านเทคโนโลยีเพราะไม่มีการสาธิตเทคโนโลยี และไม่มีที่ปรึกษาทางเทคนิค

3) ขาดบุคลากรที่เป็นผู้ดำเนินการ และบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า

5.5 ราคารับซื้อและราคาขายของไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานสิ้นเปลื้องยังต่ำมากจึงไม่ทำให้เกิดแรงจูงใจในการผลิตแต่ถ้าราคาไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังงานสิ้นเปลื้องสูงขึ้นในอนาคตก็จะเป็นแรงจูงใจให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงสีข้าว และโรงงานน้ำตาลจนทำให้มีไฟฟ้าเหลือมากพอ และสามารถจำหน่ายคืนเข้าระบบของการไฟฟ้าได้ ซึ่งชีวมวลต่างๆเหล่านี้สามารถเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานได้เพราะในขั้นตอนการเจริญเติบโตนั้นพืชใช้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงได้ผลิตผลที่เป็นแป้งและน้ำตาล แล้วกักเก็บไว้ตามส่วนต่างๆของพืช ดังนั้นเมื่อนำพืชมาเป็น

พลังงานเชื้อเพลิงก็จะได้พลังงานออกมา ประเทศไทยเป็นแหล่งชีวมวลขนาดใหญ่ สามารถนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทนพลังงานธรรมชาติได้

องค์ประกอบของชีวมวลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆได้แก่

1) ความชื้น (Moisture) หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีอยู่ ชีวมวลส่วนมากจะมีความชื้นค่อนข้างสูง เพราะเป็นผลผลิตทางการเกษตร ถ้าต้องการนำชีวมวลเป็นพลังงานโดยการเผาไหม้ควรมีความชื้นไม่เกิน 50 เปอร์เซนต์

2) ส่วนที่เผาไหม้ได้ (Combustible substance) แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ Volatiles matter ซึ่งจะระเหยออกมาจากชีวมวลได้ในขณะที่โดนความร้อน มีองค์ประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอ น มีองค์ประกอบของธาตุ (C , H , N , O ,S) แตกต่างกันไป และอีกส่วนหนึ่งคือ Fixed Carbon ทั้งสองส่วนจะลุกไหม้ได้ง่าย

3) ส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ คือขี้เถ้า (Ash) ส่วนใหญ่จะมีประมาณ 1-3 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นแกลบและฟางจะมีสัดส่วนขี้เถ้าประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะมีปัญหาในการเผาไหม้และกำจัดพอสมควร

ถ่านชีวภาพและถ่านอัดแท่ง

นิยามของถ่านชีวภาพ (Biocoal) คือวัตถุที่เกิดกระบวนการ Pyrolysis หรือ Carbonization ขอวัสดุที่หลงเหลือจากการเกษตรและป่าไม้ (Biomass) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทอย่างช้านาน ไม่ว่าจะอยู่ในรูปแบบเป็นแผ่น เป็นผง หรือแม้กระทั่งอยู่ในรูปแบบที่เป็นแท่งหรือก้อนที่เรียกว่าถ่านอัดแท่ง (Charcoal briquettes) จากการสืบค้นประวัติของถ่านชีวภาพ พบว่าที่ประเทศอินเดียในปี ค.ศ.1917 มีการนำถ่านป่นที่ทำจากเปลือกมะพร้าวที่มีลักษณะเป็นแผ่นมาทำให้ป่นแล้วนำมาทำเป็นก้อนโดยใช้อย่างพืชเป็นตัวประสาน และมามีการพัฒนากระบวนการผลิตการอัดแท่งออกมาเรื่อยๆในช่วงปี ค.ศ.1921-1939 ดังตัวอย่างเช่น การศึกษาวิจัยโดยการนำแป้งมาใช้เป็นตัวประสานทำให้เป็นแท่ง เป็นต้น ต่อมาหลังสงครามโลกครั้งที่สองได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพโดยใช้ขี้เลื่อยใช้มาอัดเป็นแท่ง ซึ่งรียกว่าแท่งชีวมวล(Briquetted Biomass) ก่อนที่จะผ่านกระบวนการเผาให้เป็นถ่านชีวภาพ โดยมีการนำถ่านชีวภาพนี้มาใช้กันอย่างแพร่หลายต่อมาไม่ว่าจะเป็นประเทศญี่ปุ่นหรือสหรัฐอเมริกาก็ตาม ในประเทศไทยเองก็ได้มีการนำเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพมาใช้และเป็นที่นิยมอยู่ในระยะหนึ่ง โดยเริ่มจาการที่มีผู้นำเข้าเครื่องอัดแท่งแบบเกลียวอัดจากประเทศไตหวันเข้ามา 4 เครื่องในปี ค.ศ.1978 โดยมีโรงงานอยู่ที่จังหวัดปทุมธานี โดยทำการอัดแท่งขี้เลื่อยโดยขายเป็นแท่งชีวมวลหรือขี้เลื่อยอัดแท่งให้กับโรงงานอบผ้าที่จังหวัดสมุทรปราการ นับว่าเป็นโรงงานผลิตแท่งชีวมวลแห่งแรกของประเทศไทย ตาว่าราคาของแท่งชีวมวลดังกล่าวราคาค่อนข้างแพงกว่าไม้ การใช้แท่งชีวมวลจึงไม่เป็นที่นิยม ดังนั้นทางโรงงานผลิตแท่งชีวมวลจึงเปลี่ยนไปผลิตถ่านชีวภาพจากแท่งชีวมวลในปี ค.ศ.1982 แล้วนำไปขายที่ตลาดสี่มุมเมืองซึ่งได้รับความนิยมมากเนื่องจากราคาถ่านชีวภาพนั้นถูกกว่าไม้ นอกจากนี้ทางสถานประกอบการดังกล่าวยังทำการดัดแปลงเครื่องอัดแท่งชีวมวลแบบใหม่ โดยพัฒนาจากเครื่องที่นำเข้าจากไตหวันเพื่อจำหน่ายและเป็นที่นิยมนำมาใช้ในโรงงานผลิตถ่านชีวภาพมาก โดยรู้จักกันในนามของ V.S. Machine ซึ่งสามารถขายได้ถึง 200 กว่าเครื่อง ได้รับส่วนแบ่งทางการตลาดไปถึง 2 ใน 3 การเติบโตของธุรกิจผลิตถ่านชีวภาพในขณะนั้นเป็นเพราะความต้องการใช้ถ่านชีวภาพเป็นจำนวนมากในค่ายเขมรอพยพที่เขาอีด่าง จังหวัดปราจีนบุรี ทำให้เทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพได้รับความสนใจทั้งภาครัฐบาลและเอกชน ซึ่งต่อมาหลังจากยุบค่ายในปี ค.ศ.

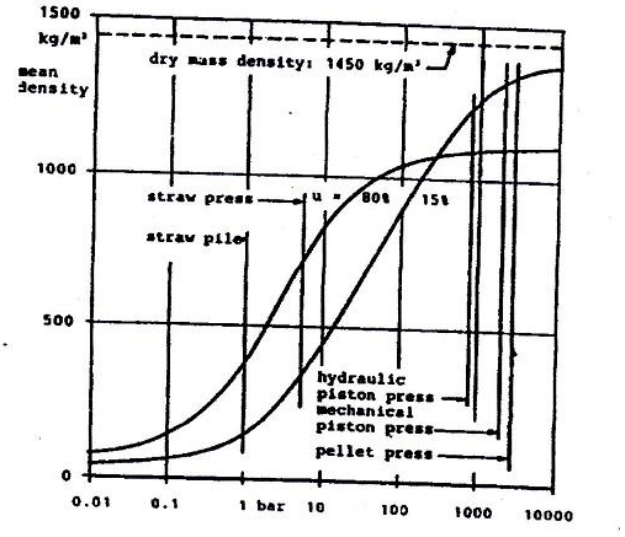
1984 ธุรกิจการผลิตถ่านชีวภาพเริ่มซบเซาลง จากการสำรวจของ Reines พบว่ามีโรงงานผลิตถ่านชีวภาพเหลืออยู่ไม่มาก และมีเครื่องอัดแท่งถ่านที่ใช้กันอยู่ประมาณ 20 กว่าเครื่องเท่านั้น ซึ่งหนึ่งในนั้นคือเครื่อง V.S. Machine ที่โรงสีของโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรดาที่ซื้อเอาไว้ใช้งานซึ่งยังคงใช้งานได้ดีจนมาถึงปัจจุบัน โดยกำลังการผลิตอยู่ที่ 72 ตันต่อปี ในส่วนของบริษัทนั้นมีบริษัท S.P. Energy ที่ยังคงผลิตเครื่องอัดแท่งชีวมวลอย่างต่อเนื่อง แต่ส่วนใหญ่แล้วจะผลิตเอาไว้ใช้เองในโรงงาน สำหรับสถานการณ์ด้านการวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตถ่านชีวภาพในอดีตค่อนข้างที่จะได้รับความสนใจมาก นับตั้งแต่ปี ค.ศ.1983-1988 และค่อนข้างจะหาพบยากในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา จนมาถึงปัจจุบันสถานการณ์พลังงานจากถ่านชีวภาพเริ่มที่จะมีบทบาทมากยิ่งขึ้น แม้จะไม่เป็นที่นิยมในหมู่นักวิจัยเหมือนกับ Solar Energy หรือ Biogas ก็ตาม แต่ก็มีงานวิจัยหลายชิ้นออกมาเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับถ่านชีวภาพในส่วนของแท่งชีวมวลคือ การนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิง(แท่งเชื้อเพลิงเขียว) ที่ดำเนินการโดยกรมป่าไม้ การวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากผักตบชวาในบริเวณบึงมักกะสัน และการศึกษาวิจัยการผลิตเชื้อเพลิงเขียวผสมกับขี้เลื่อยจากถุงเพาะเห็ดภายหลังจากที่เก็บดอกเห็ดที่ดำเนินการโดยโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรดา แต่อย่างไรก็ดีแท่งชีวมวลเหล่านี้ยังมีขีดจำกัดอยู่มากในเรื่องของการใช้งาน กล่าวคือจะมีควันขณะเผาไหม้จากการนำแท่งชีวมวลผ่านกระบวนการ Carbonization เพื่อผลิตเป็นถ่านชีวภาพ สามารถลดปริมาณควันและเหมาะกับการใช้งานเป็นอย่างมาก อีกทั้งความต้องการที่จะนำมาทกแทนถ่านไม้ในปริมาณมาก และเป็นสิ่งที่ประชาชนกำลังให้ความสนใจเป็นอย่างมาก ส่วนสถานการณ์การวิจัยที่เกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตถ่านชีวภาพและการอัดแท่งชีวมวลในประเทศที่กำลังพัฒนา พบว่ากำลังให้ความสนใจทำให้ทราบถึงแนวโน้มถึงความสำคัญของถ่านชีวภาพที่จะนำมาใช้เป็นพลังงานในการหุงต้มในศตวรรษที่ 21 นี้

การอัดแท่งและเครื่องอัดแท่งชีวมวลแบบต่างๆ

การอัดแท่ง (Densification) เป็นการลดปริมาตรและเป็นการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนกันของชีวมวลที่มีการกระจายตัวกันอย่างหลวมๆ การอัดแท่งชีวมวลสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น อัดเป็นเม็ดหรือเป็นแท่งเล็กๆ (Pelleting) อัดแป็นลูกบากศ์ (Cubing) อัดเป็นแท่ง (Extruded log) อักเป็นฟ้อน (Baling) ส่วนใหญ่การนำชีวมวลไปใช้ผลิตเป็นพลังงานั้นจะอัดเป็นแท่ง (Briquette) และเป็นชิ้นเล็กๆ(Pellets) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวลและลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์ โดยค่าแรงดันที่มช้มีผลต่อความหนาแน่นของแท่งชีวมวล ซึ่งการอัดแท่งภายใต้แรงดันที่ต่ำกว่า 0.2-5 MPa ซึ่งจะทำให้ช่องว่าระหว่างอนูมีค่าลดลง และเมื่อเพิ่มแรงกดให้สูงกว่า 100 MPa จะทำให้ผนังเซลล์ของเซลลูโสสลายตัวและจับตัวกันมีความหนาแน่เพิ่มขึ้น ซึ่งการเลือกใช้แรงอัดภายใต้แรงดันต่ำหรือสูงขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวลและลักษณะการนำไปใช้งาน

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่นของแท่งชีวมวลข้นอยู่กับ 1) ประเภทของชีวมวล และ 2) เครื่องมือและอุปกรณ์การอัด สำหรับการอัดแรงดันสูงสุดจะได้ความหนาแน่นของชีวมวลอัดคือ 1,200-1,400 Kg/m^3 โดยวิธีการอัดที่มีความหนาแน่สูงสุดคือ วิธีการอัดเม็ดหรืออัดแท่งเล็กๆ (Pellets) จะมีความหนาแน่นที่ 1,450-1,500 Kg/m^3 และวิธีที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุดคือวิธีการอัดแบบสกรูอัด ซึ่งความหนาแน่นปรากฏของแท่งชีวมวลจะมีค่ามากกว่าความหนาแน่นบรรจุ เนื่องมาจากการเรียงตัวบรรจุอย่างไม่ชิดติดกันของวัสดุชีวมวล โดยขึ้นอยู่กับสองปัจจัยคือ ขนาดและรูปร่างของวัสดุชีวมวล โดยความหนาแน่นบรรจุส่วนใหญ่จะอยู่ประมาณ 600-700 Kg/m^3 หรือน้อยกว่านั้น และที่น้อยที่สุดคือชานอ้อนและฟางจะมีค่าประมาณ 40 Kg/m^3 ลักษณะการจับ

ตัวกันของชีวมวลในขณะที่ถูกอัดสามารถอธิบายไดโดยขึ้นกับระดับแรงดันที่ใช้ในการอัด และความร้อนที่ให้หรือที่เกิดขึ้นขณะอัด กรณีแรงอัดที่ใช้สูงๆซึ่งเกิดความร้อนและมีผลต่อการสลายตัวองค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ผนังเซลล์ของชีวมวลไปเป็นตัวประสานธรรมชาติ และพบว่า Lignin เป็นตัวประสานธรรมชาติที่เกิดขึ้นที่ขณะที่ให้ความร้อน 130-190 องศาเซลเซียส โดยพบว่าเป็นอิทธิพลที่มีผลต่อการรวมตัวกันของชีวมวลก็คือ Pectin ส่วนกรณีระดับแรงดันต่ำๆ จะมีการผลสมตัวประสานเข้าไปในชีวมวลขณะอัดตัว เช่น แป้งมัน หรือ โมลาส เป็นต้น ดังแสดงไว้ตามภาพที่ 6



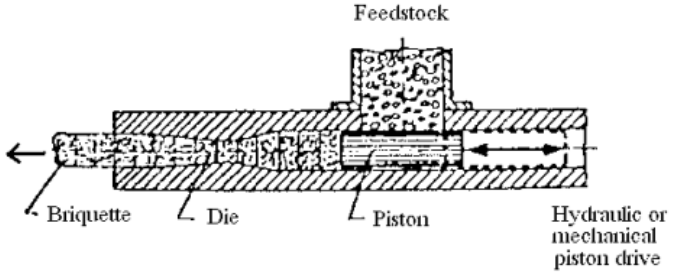
ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกดและความหนาแน่น
(ที่มา : Source: Eriksson and Prior (1990)

ชนิดของเครื่องอัดแท่งชีวมวล

โดยทั่วไปเครื่องอัดแท่งชีวมวลสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

1. เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Presses)

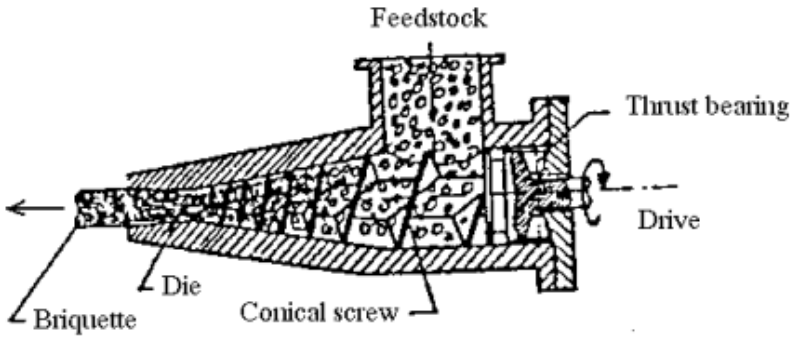
ลูกสูบจะทำหน้าที่อัดชีวมวลเข้ากระบอกอัดออกมาทางหัวดาย (Die) โดยส่งกังด้วยระบบฟลาย์วีลร่วมกับคับปลิง ดังแสงตามภาพที่ 7



ภาพที่ 7 เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Presses)
(ที่มา : Source: Eriksson and Prior (1990)

2. เครื่องอัดแบบสกรู (Screw Presses)

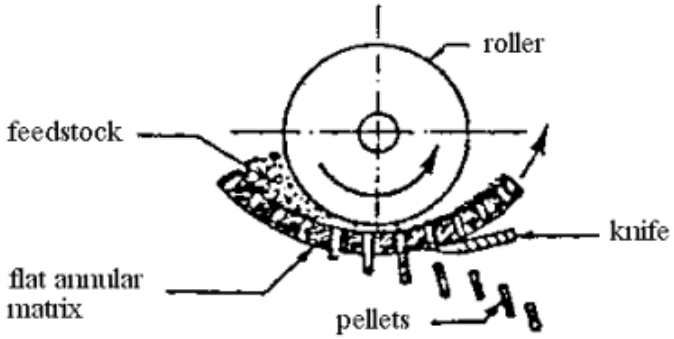
การลำเลียงวัสดุเข้าสู่เกลียวอัดจะทำให้วัสดุถูกกดอัดอย่างต่อเนื่องให้มีปริมาณเล็กลง โดยใช้สกรูแบบกรวย และจะใช้แหล่งความร้อนจากภายนอกเพื่อสลายลิกนินหรือไม่ก็ได้ ดังแสงตามภาพที่ 8



ภาพที่ 8 เครื่องอัดแบบสกรู (Screw Presses)
(ที่มา : Source: Eriksson and Prior (1990)

3. เครื่องอัดแบบเม็ด (Pellet Presses)

การอัดลักษณะนี้จะใช้ลูกกลิ้งหมุนกดทับวัสดุชีวมวลผ่านหน้าแปลนที่ถูกเจาะเป็นรูเล็กๆเอาไว้ โดยวัสดุจะถูกอัดออกมาผ่านรูเหล่านี้เมื่อลูกกลิ้งวิ่งกดทับผ่าน ซึ่งหัวกดดายจะมีลักษณะเป็นแผ่นจานหรือแผ่นวงแหวน ดังแสงตามภาพที่ 9



ภาพที่ 9 เครื่องอัดแบบเม็ด (Pellet Presses)
(ที่มา : Source: Eriksson and Prior (1990)

กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่ง

ขั้นตอนการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่งมีอยู่สองขั้นตอนใหญ่ที่สำคัญคือ ขั้นตอนการอัด (Densification หรือ Briqueting) และขั้นตอนการเผา (Pyrolysis หรือ Carbonization) ซึ่งทั้งสองขั้นตอนสามารถเลือกปฏิบัติก่อนหลังได้ตามเทคโนโลยีที่เลือกใช้

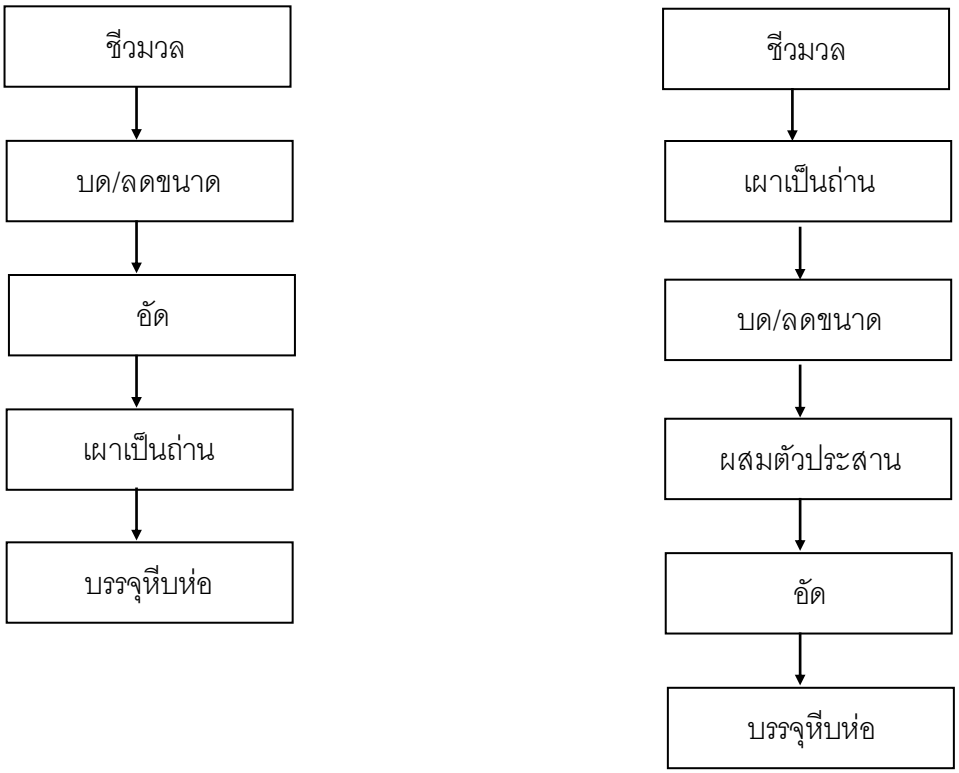
1) การอัดแล้วนำไปเผา หรือ Briqueting- Carbonization (B-C) Option

มีข้อดีคือเป็นกระบวนการที่ง่าย และชีวมวลที่ผ่านการอัดแท่งแล้วสามารถนำไปเผาด้วยวิธีการเผาถ่านแบบเก่าได้ ส่วนข้อเสียคือต้องใช้กำลังในการอัดสูงใช้พลังงานมาก และเกิดการสึกหรอในเครื่องอัดสูง อีกทั้งก่อนที่นำไปเผาถ่านก็ต้องเก็บไว้ในที่ๆมีความชื้นต่ำ เพราะความชื้นจะทำลายแรงยึดเกาะของ

เศษวัสดุ กระบวนการผลิตแบบ Briqueting- Carbonization (B-C) Option ขั้นตอนการอัดถือว่าเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เป็นขั้นตอนการเพิ่มความหนาแน่น และขึ้นรูปชีวมวลให้เป็นแท่งซึ่งสามารถแบ่งวิธีการอัดออกได้เป็นสองวิธีการคือ การอัดร้อนความดันสูง (Hot and high pressure densification) และการอัดเย็นความดันต่ำ (Cold and low pressure densification) ซึ่งจำแนกตามสภาวะการอัดแท่ง

การอัดร้อนความดันสูง (Hot and high pressure densification) เป็นการอัดที่ก่อกำเนิดในสหรัฐอเมริกาประมาณ 57 ปีที่แล้ว โดยมี R.T.Bowling เป็นผู้คิดค้น เครื่องอัดประกอบด้วยสำคัญ ได้แก่ เกลียวหรือสกรู กระบอกดาย รวมทั้งระบบให้ความร้อนกระบอกดาย และการระบายความร้อนเฟืองทด สำหรับวัสดุที่ใช้อัดแท่งเชื้อเพลิงต้องผ่านกระบวนการบดและมีความชื้นระหว่าง 7-12 เปอร์เซ็นต์ หากสูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้การอัดไม่ได้ผล การอัดแห้งจะให้แรงอัดสูงประมาณ 75.84-117.24 MPa

การอัดเย็นความดันต่ำ (Cold and low pressure densification) เป็นการอัดที่สามารถทำได้กับชีวมวลสดหรือแห้ก็ได้ กรณีการอัดชีวมวลสดถือกำเนิดในประเทศไทยโดยกรมป่าไม้ เรียกว่าการอัดด้วยเทคนิคเชื้อเพลิงเขียวหรือการอัดเปียก เครื่องอัดประกอบด้วย เกลียว กระบอกอัด และกระบอกดาย แตกต่างจากการอัดร้อนความดันสูงตรงที่ไม่มีทั้งระบบให้ความร้อนและการระบายความร้อน วัสดุที่จะอัดแท่งเชื้อเพลิงจะผ่านการตัดให้เป็นชิ้นเล็กๆโดยไม่จำเป็นต้องลดความชื้นหรือให้เหลือความชื้นที่จดพอดี การอัดเปียกใช้แรงอัดต่ำ แต่มีข้อเสียเรื่องความชื้นและความหนาแน่นหรือการยึดเกาะของชีวมวลหลังการอัด กรณีที่ชีวมวลแห้งมีหลักการอัดที่คลายคลึงกัน แต่จำเป็นต้องใช้ตัวประสานจากภายนอกมาช่วยในการอัดให้แน่นขึ้น



(ก) การอัดแล้วนำไปเผา (B-C) (ข) การเผาแล้นำไปอัด (C-B)

ภาพที่ 10 กระบวนการผลิตถ่านชีวภาพอัดแท่ง

2) การเผาแล้วนำไปอัด หรือ Carbonization- Briqueting (C-B) Option

มีข้อดีคือ ใช้พลังงานในการผลิตต่ำ และไม่มีการตกหล่นของถ่านที่เป็นผง ส่วนข้อเสีย คือ เป็นกระบวนการที่ยุ่งยาก มีฝุ่นฟุ้งกระจาย กระบวนการเผาแล้นำไปอัด (C-B) ในขั้นตอนการอัดโดยทั่วไปจะใช้การอัดด้วยวิธี การอัดเย็นความดันต่ำ (Cold and low pressure densification)

การประเมินคุณภาพของถานชีวภาพอัดแท่ง

ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการกำหนดมาฐานการผลิตถ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเลขที่ มผช.238/2547 โดยสามารถนำมาตรฐานและการประเมินคุณภาพของถ่านอัดแท่งมาใช้ได้ ซึ่งการประเมินคุณภาพของถ่านอัดแท่งจะใช้ปริมาณขององค์ประกอบที่สำคัญ 3 อย่างของถ่านเป็นหลักในการประเมินคุณภาพถ่านอัดแท่ง ได้แก่ ค่าคาร์บอนคงตัว สารที่ระเหยได้ ขี้เถ้า โดยถ่านที่มีคุณภาพสูงจะมีปริมาณค่าบอนคงตัวสูง แต่มีสารระเหยได้และปริมาณขี้เถ้าต่ำ ตัวอย่างการวิเคราะห์คุณภาพที่ได้จากถ่านไม้ชนิดต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณภาพของถ่านที่ได้จากวัตถุดิบบางชนิดโดยการเผาด้วยเตาอิฐ

วัตถุดิบ	**ผลผลิตถ่าน (%)**	**ปริมาณขององค์ประกอบในถ่าน(%)**			**ค่าความร้อนถ่านอบแห้ง (KCAL/Kg)**
		คาร์บอนคงตัว	**สารระเหย**	**เถ้า**	
เศษไม้จากโรงเลื่อย	31.3	80.5	15.2	4.3	6796
กะลามะพร้าว	-	77.4	18.8	4.5	6610
ไม้กระถินยักษ์	-	72.1	26.6	1.3	6555

สำหรับการประเมินคุณภาพถ่านที่ใช้หุงต้มในครัวเรือน ประเมินได้จากคุณสมบัติของถ่านเรียงตามลำดับความสำคัญได้ดังนี้

1) การแตกประทุขณะติดไฟ ถ่านที่แตกประเภทขณะติดไฟอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผิวหนังหรือเสื้อผ้าที่สวมใส่ ก่อให้เกิดความสกปรกและอาจเป็นสาเหตุของเพลิงไหม้ การประเมินคุณภาพของถ่านที่เกี่ยวกับการแตกประทุขณะติดไฟนี้แสดงให้เห็นตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพของถ่านขณะติดไฟ

ลักษณะของถ่านขณะติดไฟ	คุณภาพของถ่าน
ไม่มีการแตกประทุ	ดีมาก
ประทุบ้างเล็กน้อยในช่วงนาทีแรกที่ติดไฟ	ดี
ประทุนาน 2-3 นาที	ปานกลาง
ประทุมากจนกระทั่งถ่านลุกแดงทั้งก้อน (ประมาณ 5 นาที หรือมากกว่า	ต่ำ

2) น้ำหนักถ่าน ถ่านที่หนักจะเป็นที่ต้องการของผู้ใช้มาก เพราะจะลุกไฟให้ความร้อนได้นาน เนื่องจากเตาถ่านสำหรับหุงต้มในครัวเรือนมีความจุน้อยดังนั้นหากใช้ถ่านที่เบาจะจุถ่านน้ำหนักน้อยอาจจะต้องเติมถ่านบ่อยๆในระหว่างการหุงต้มซึ่งเป็นการไม่สะดวก น้ำหนักถ่านอาจจะดูได้จากความแน่นของถ่านดังแสดงตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงความหนาแน่และน้ำหนักถ่านที่ใช้ประเมินคุณภาพ

ค่าที่สำคัญ	น้ำหนักถ่าน		
	หนัก	ปานกลาง	เบา
ความหนาแน่ (g/cm^3)	มากกว่า 0.45	0.35-0.45	น้อยกว่า 0.35
น้ำหนักต่อกระสอบ(Kg)	มากกว่า 40	30-40	น้อยกว่า 30
ตัวอย่างชนิดไม้	สีเสียดแก่น	กระถินยักษ์	เลี่ยน
	โกงกาง	ยูคาลิปตัส	นนทรี
	สนทะเล	สะแก	มะกอก
	สนปฏิพัทธ์	กระถินณรงค์	

3) ควัน ถ่านที่มีคุณภาพดีไม่ควรที่จะต้องมีควันและกลิ่นฉุนในขณะลุกไหม้ สำหรับถ่านที่มีควันอาจจะเนื่องมากจากไม้กลายเป็นถ่านได้ไม่หมด เพราะอุณหภูมิที่ใช้เตานั้นต่ำเกินไป ซึ่งจะทำให้การเผาถ่านมีสารระเหยมากกว่า 15% ซึ่งในกรณีเช่นนี้ปริมาณคาร์บอนคงตัวจะต่ำ (น้อยกว่า 65%) ซึ่งถ่านที่มีคุณสมบัติเช่นนี้เมื่อติดไฟจะทำให้เกิดควัน

4) ความแข็งและความป่นของถ่าน ถ่านที่ป่นจะไม่เป็นที่ต้องการของผู้ใช้เท่าไรมักเพราะเป็นการไม่สะดวกในการใช้งาน ถ่านที่มีความแข็งสูงจะช่วยลดความแตกหักหรือการป่นเป็นผงระหว่างการทุบหรือบรรจุลงภาชนะระหว่างการขนส่ง และระหว่างการขนย้าย ความแข็งของถ่านนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ ชนิดของเตาเผาและกรรมวิธีการเผาถ่าน

5) ค่าความร้อนของถ่าน ถ่านที่มีค่าความร้อนสูงถือว่าเป็นถ่านที่มีคุณภาพสูงดี แต่สำหรับการใช้ถ่านเพื่อการหุงต้มในครัวเรือนนั้นถ่านที่ถือว่ามีคุณภาพดีไม่จำเป็นต้องเป็นถ่านที่ความร้อนสูงสุด แต่จะต้องมีคุณสมบัติด้านอื่นๆที่ดีของถ่านดังกล่าวมาแล้วครบถ้วน

การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นจากสูตรดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักถ่านก่อนอบแห้ง-น้ำหนักถ่านหลังอบแห้ง})}{\text{น้ำหนักถ่านหลังอบแห้ง}} \times 100$$

การหาผลผลิตถ่าน คำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\% \text{ ผลผลิตถ่าน} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านก้อน}}{(\text{น้ำหนักไม้ฟืนแห้ง} + \text{น้ำหนักไม้ฟืนแห้งหน้าเตา-น้ำหนักสันถ่าน})} \times 100$$

การคำนวณผลผลิตถ่าน คำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{อัตราการผลิตถ่าน (กก./ชม.)} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านก้อน}}{\text{ชั่วโมงการเผาทั้งหมด}}$$

การวิเคราะห์ค่าความร้อนและการหาองค์ประกอบทางเคมีของถ่าน โดยสามารถหาได้จากการนำตัวอย่างถ่านมาบดให้ละเอียดจากนั้นนำผงถ่านมาเผาไหม้ในบรรยากาศของออกซิเจนใน Adidbatic Oxygen bomb Calorimeter ตามกรรมวิธีของ ASTM 3287-77 ตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ความหนาแน่นของถ่าน(กรัม/ซม}^3\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านอบแห้ง (กรัม)}}{\text{ปริมาตรถ่านอบแห้ง (cm}^3\text{)}}$$

ปริมาณสารระเหยได้ (Volatile matter content) คือ ส่วนของเนื้อถ่านอบแห้งที่ระเหยได้ในครูซิเบิลปิดฝาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซลียล ในเตาเผาไฟฟ้านาน 6 นาที สารระเหยที่ได้นี้คือ สารประกอบที่มีคาร์บอนออกซิเจน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ

ปริมาณคาร์บอนเสถียร (Fixed carbon content) คือ ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ในครูซิเบิลหลังจากหักสารระเหยได้และขี้เถ้าออกไปแล้ว คาร์บอนเสถียรนี้ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนเป็นส่วนใหญ่

ปริมาณขี้เถ้า (Ash Content) คือ ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลือจากการสันดาปถ่านในเตาเผาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซลียล นาน 6 ชั่วโมง

สูตรในการหาค่าองค์ประกอบทางเคมีของถ่าน คำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักถ่านก่อนการอบแห้ง} - \text{น้ำหนักถ่านอบแห้ง})}{\text{น้ำหนักถ่านอบแห้ง}} \times 100$$

$$\text{ปริมาณสารระเหย (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักอบแห้งของถ่าน} - \text{น้ำหนักของถ่านที่อุณหภูมิ 950°C})}{\text{น้ำหนักอบแห้งของถ่าน}} \times 100$$

ปริมาณคาร์บอนเสถียร (%) = 100 – ปริมาณความชื้น (%) – ปริมาณสารระเหย (%) – ปริมาณขี้เถ้า

$$\text{ปริมาณขี้เถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักของถ่านที่อุณหภูมิ 750 °C X 100}}{\text{น้ำหนักอบแห้งของถ่าน}}$$

การหาประสิทธิภาพการใช้งานหุงต้มของถ่านกับการหุงต้ม โดยทำการทดสอบการต้มน้ำซึ่งใช้หม้อต้มน้ำอลูมิเนียมเบอร์ 24 พร้อมฝากับเตาที่ใช้ทดสอบเป็นเตาหุงต้มประสิทธิภาพสูงของกรมป่าไม้ กปม. 1 (เตาถ่าน) ใช้น้ำ 3,700 กรัม (ปริมาตรของน้ำประมาณ ¾ ของปริมาตรความจุของหม้อ) และน้ำหยักของถ่านต่อไม้ฟื้นที่ใช้ทดสอบเทากับ 450 กรัม ทำการทดลองในห้องที่ไม่มีลมพัด สังเกตการณ์แตกประทุของถ่าน ปริมาณควันของถ่านขณะติดไฟ วัดอุณหภูมิของน้ำจนกระทั่งน้ำเดือด แล้วบันทึกค่าเวลาที่ใช้ไปพร้อมทั้งเปิดฝาหม้อ จากนั้นปล่อยให้น้ำเดือดต่ออีก 30 นาที

การคำนวณค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้และประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านจากสูตร ต่อไปนี้

$$\text{งานที่ได้} = \frac{\text{น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป}}{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ}}$$

$$\text{อัตราการเผาไหม้} = \frac{\text{น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ (กรัม)}}{\text{ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)}}$$

$$Hu = \frac{[\ MCp\ (T2-T1)\ ] + [\ (M-M1)\ L\ ]}{(MfH1 + MkH2)} \times 100$$

เมื่อ
- Hu = ประสิทธิภาพการใช้งาน (%)
- M = น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (กรัม)
- M1 = น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ (กรัม)
- Mf = น้ำหนักเชื้อเพลิง (ถ่านต่อไม้ฟื้น) (กรัม)
- Mk = น้ำหนักเชื้อเพลิง (ไม้สนประดิพัทธ์) (กรัม)
- Cp = ความร้อนของน้ำจำเพาะเท่ากับ 1 แคลอรี/กรัม
- T1 = อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (องศาเซลเซียล)
- T2 = อุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียล)
- L = ความร้อนแฝงของน้ำเท่ากับ 540 แคลอรี/กรัม
- H1 = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ถ่านต่อไม้ฟื้น) (แคลอรี/กรัม)
- H2 = ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (ไม้สนประดิพัทธ์) ซึ่งมีค่า 4,200 แคลอรี/กรัม

มผช.๒๓๘/๒๕๔๗

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน
ถ่านอัดแท่ง

๑. ขอบข่าย

๑.๑ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะถ่านอัดแท่งที่ทำจากถ่านผงหรือถ่านเม็ดมาอัดเป็นแท่ง หรือทำจากวัสดุธรรมชาติมาอัดเป็นแท่งแล้วเผาจนเป็นถ่าน

๒. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

๒.๑ ถ่านอัดแท่ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ซังข้าวโพด มาเผาจนเป็นถ่าน อาจนำมาบดเป็นผงหรือเม็ดแล้วอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการ หรือนำวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย มาอัดเป็นแท่งตามรูปทรงที่ต้องการแล้วจึงนำมาเผาเป็นถ่าน

๒.๒ ค่าความร้อน หมายถึง พลังงานความร้อนที่ได้จากการเผาถ่านหนัก ๑ กรัม มีหน่วยเป็นแคลอรีต่อกรัม

๓. คุณลักษณะที่ต้องการ

๓.๑ ลักษณะทั่วไป

ในภาชนะบรรจุเดียวกันต้องมีรูปทรงเดียวกัน ขนาดใกล้เคียงกัน มีสีดำสม่ำเสมอ ไม่เปราะ อาจแตกหักได้บ้าง

๓.๒ การใช้งาน

เมื่อติดไฟต้องไม่มีสะเก็ดไฟกระเด็น ไม่มีควันและกลิ่น

๓.๓ ความชื้น

ต้องไม่เกินร้อยละ ๘ โดยน้ำหนัก

๓.๔ ค่าความร้อน

ต้องไม่น้อยกว่า ๕ ๐๐๐ แคลอรีต่อกรัม

๔. การบรรจุ

๔.๑ หากมีการบรรจุ ให้บรรจุถ่านอัดแท่งในภาชนะบรรจุที่สะอาด แห้ง และสามารถป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับถ่านอัดแท่งได้

๔.๒ น้ำหนักสุทธิของถ่านอัดแท่งในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุไว้ที่ฉลาก

เทคโนโลยีก๊าซซิฟิเคชั่น

เทคโนโลยีนี้เป็นกระบวนการทางอุณหเคมีเพื่อเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งในกลายสภาพเป็นก๊าซเชื้อเพลิงภายใต้สภาวะควบคุมอากาศและที่อุณหภูมิสูง โดยปกติกระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่นเป็นกระบวนการย่อยที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเผาไหม้ กล่าวคือขยะเมื่อถูกทำให้แห้งโดยการระเหยความชื้นทิ้งไปแล้วจะนำความร้อนจากการเผาไหม้ก่อนหน้านี้มาทำให้ตัวเองเกิดการแตกสลายทางความร้อน (Pyrolysis) และกลายเป็นก๊าซเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ขณะเดียวกัน มักมีการจ่ายออกซิไดซ์เซอร์เข้ามาบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาด้วยเพื่อช่วยให้เกิดการเผาไหม้บางส่วน (Partial Oxidation/Gasification) ซึ่งจะได้ความร้อนเกิดขึ้นมาจากปฏิกิริยาและนำไปใช้ในกระบวนการแตกสลายทางความร้อน อย่างไรก็ตาม กระบวนการดังกล่าวทั้งกระบวนการไพโรไลซิส กระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่นและกระบวนการเผาไหม้มีความแตกต่างกันทั้งในเรื่องของสภาวะการทำงานและผลิตภัณฑ์ที่ได้ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในกระบวนการก๊าซซิเคชั่นภายในเตาปฏิกรณ์หรือก๊าซซิไฟเออร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 โซนปฏิกิริยา คือ โซนอบแห้ง (Drying) โซนไพโรไลซิส (Pyrolysis) โซนออกซิไดเซชั่น (Oxidization/Combustion) และโซนรีดักชั่น (Reduction/Gasification) ก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจะมีองค์ประกอบหลักเป็น H_2 และ CO ซึ่งเป็นก๊าซที่เผาไหม้ได้ นอกจากนี้ยังมี CO_2, CH_4, N_2, H_2O และอื่นๆ องค์ประกอบของก๊าซเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับประเภทเตาปฏิกรณ์ สารออกซิไดเซอร์ และสภาวะการทำงานของระบบ

เตาเผาแก๊สซิไฟเออร์

แก๊สชีวมวลนั้นจะสามารถเกิดขึ้นได้โดยในการจำกัดการเผาไหม้หรือใช้หลักการ การจำกัดการเผาไหม้หรือ เรียกว่าการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ โดยแก๊สชีวมวลต้องอาศัยเตาที่ออกแบบมาเพื่อการทำให้เกิดแก๊สชีวมวล และหลักการทำให้ได้แก๊สนั้นก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุดิบที่จะนำไปเข้าเตา เพื่อที่จะได้ควบคุมปริมาณแก๊สที่ได้จากการเผาในอุณหภูมิสูง โดยแก๊สที่ผลิตได้เราเรียกรวมๆกันว่าแก๊สซิไฟเออร์ หรือ จะเรียกว่าซินแก๊ส Syngas ก็ได้ โดยทั่วไปในการผลิต Syngas เราจะได้แก๊สมีเทน, คาร์บอนไดออกไซด์, ไฮโดรเจน, คาร์บอนมอนอกไซด์ รวมไปถึงน้ำด้วย ตามหลักการสันดาปแล้วในการเผาไหม้จะจำแนกได้เป็นสองแบบคือ สันดาปแบบสมบูรณ์ กับไม่สมบูรณ์ ซึ่งในการเผาไหม้จะสามารถใช้ได้หลากหลายรูปแบบ แล้วแต่ปริมาณออกซิเจน (ก๊าซช่วยให้ไฟติด) ถ้ามีมากเกินพอจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ถ้ามีน้อยเราก็จะได้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาด้วย

ความหมายของแก๊สซิไฟเออร์

กระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้อยู่ในสภาพแก๊สที่เรียกว่า กระบวนการผลิตแก๊ส (Gasification) จะเกิดขึ้นได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งในสภาพมีออกซิเจนจำกัด เกิดความร้อนบางส่วน และความร้อนนี้จะไปเร่งปฏิกิริยาต่อเนื่องอื่นๆ ให้กลายเป็นแก๊สเชื้อเพลิง (Foley, Timberlake and Barnard, 1983) แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการผลิตแก๊สนี้เรียกว่า แก๊สซิไฟเออร์(Gasifier)เชื้อเพลิงแข็งต่างๆ ได้แก่ ไม้ แกลบ ขี้เลื่อย สามารถนำมาเผาไหม้ให้ความร้อนได้โดยตรงเหตุที่ต้องแปรรูปเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง เพราะว่าแก๊สเชื้อเพลิงสามารถให้ความร้อนและประสิทธิภาพสูงในการเผาไหม้ การเผาไหม้ของแก๊สเชื้อเพลิงสามารถควบคุมได้ แก๊สที่ได้จากการเผาไหม้มีเขม่าน้อย และแก๊สเชื้อเพลิงสามารถขนส่งไปยังที่ต่างๆ ได้สะดวก

แก๊สซิไฟเออร์กับพลังงาน

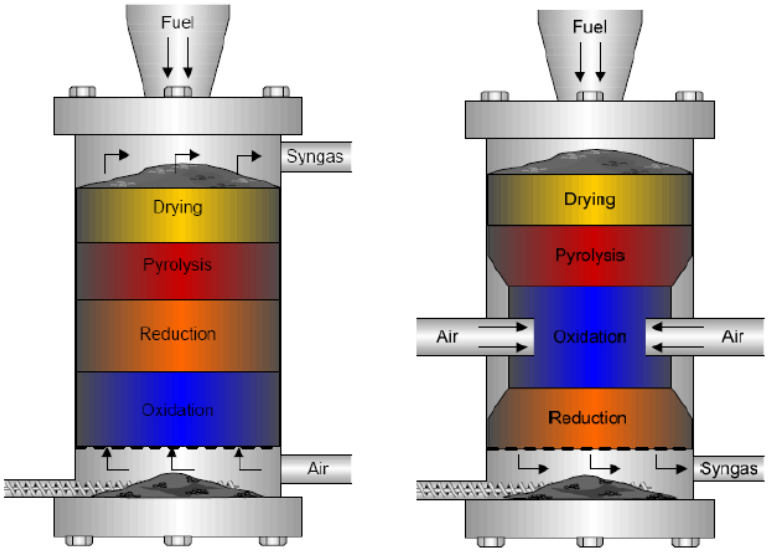
กระบวนการผลิตแก๊สซิไฟเออร์ในกระบวนการนี้ชีวมวลบางส่วนที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจะถูกสันดาปอย่างสมบูรณ์ (Perfect Combustion) และบางส่วนจะถูกสันดาปไม่สมบูรณ์ (Unperfect Combustion)ซึ่งจะทำให้ได้แก๊สที่ติดไฟได้ กระบวนการผลิตแก๊สเป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงแก๊สที่ใช้ในการเผาไหม้ได้ โดยมีการใช้ก๊าซออกซิเจนที่จำกัด ปริมาณอากาศที่ใช้ นั้นมีผลอย่างมากต่อส่วนประกอบของแก๊สที่ผลิต ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ซึ่งเป็นแก๊สที่สามารถใช้ในการเผาไหม้ได้

ประเภทของก๊าซซิไฟเออร์

ก๊าซซิไฟเออร์แบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ ตามลักษณะการเคลื่อนที่ของเชื้อเพลิงและก๊าซเชื้อเพลิงภายในก๊าซซิไฟเออร์ คือ ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Fixed Bed ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Fluidized Bed และก๊าซซิไฟเออร์แบบ Entrained Flow

1. ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Fixed Bed

ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Fixed Bed เหมาะสำหรับเชื้อเพลิงที่มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะทำให้การไหลของเชื้อเพลิงมีความเสถียร โดยปกติเชื้อเพลิงจะมีขนาดประมาณ 1-100 มม. เชื้อเพลิงจะถูกป้อนทางด้านบนและตกลงสู่ด้านล่างของเตา เตาประเภทนี้ยังสามารถแบ่งออกได้เป็นก๊าซซิไฟเออร์แบบไหลลง (Downdraft Gasifier) และก๊าซซิไฟเออร์แบบไหลขึ้น (Updraft Gasifier) สำหรับก๊าซซิไฟเออร์แบบไหลลง สารออกซิไดเซอร์จะถูกป้อนเข้าสู่เตาทางด้านบนและก๊าซเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นจะไหลออกทางด้านล่างของเตา ในขณะที่ก๊าซซิไฟเออร์แบบไหลขึ้น สารออกซิไดเซอร์จะถูกป้อนทางด้านล่างของเตาและก๊าซเชื้อเพลิงจะไหลออกทางด้านบนของเตา โดยโซนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเตาทั้ง 2 ประเภทนี้จะมีการแบ่งโซนอย่างชัดเจน ดังแสดงไว้ในภาพที่ 11



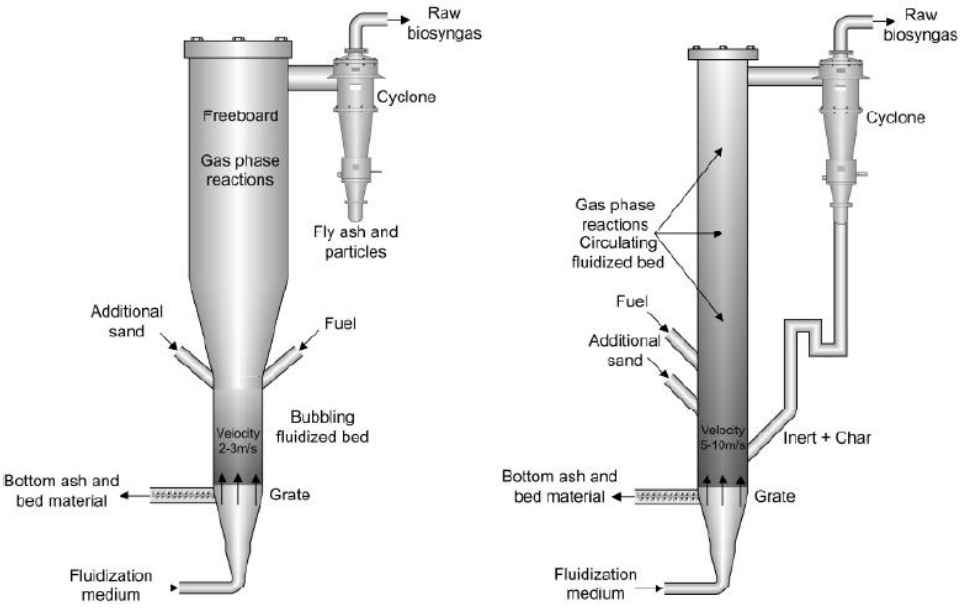
(ก) (ข)

ภาพที่ 11 (ก) ก๊าซซิไฟเออร์แบบไหลขึ้น (ข) ก๊าซซิไฟเออร์แบบไหลลง

(ที่มา: http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/pubs/images/Tr6-8-1.jpg)

2. ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Fluidized Bed

ก๊าซซิไฟเออร์ประเภทนี้เหมาะสำหรับเชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็ก โดยเชื้อเพลิงจะถูกป้อนทางด้านล่างของเตา และจะมีการป้อนสารออกซิไดเซอร์จากใต้เตา ซึ่งสารออกซิไดเซอร์จะต้องมีความเร็วมากเพียงพอที่จะทำให้เชื้อเพลิงเริ่มลอยตัวขึ้นมีสภาพเป็นสารแขวนลอยในเตา นอกจากเชื้อเพลิงแล้วยังมีการใส่สารตัวกลาง เช่น ทราย อลูมินา หรือออกไซด์ของโลหะ ภายในเตาจะไม่มีการแบ่งโซนปฏิกิริยาที่ชัดเจน โดยส่วนใหญ่แล้วกระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่นจะเกิดบริเวณเบดทางตอนล่างของเตา เตาประเภทนี้สามารถแบ่งออกเป็น Bubbling Fluidized Bed และ Circulating Fluidized Bed ดังแสดงไว้ตามภาพที่ 12



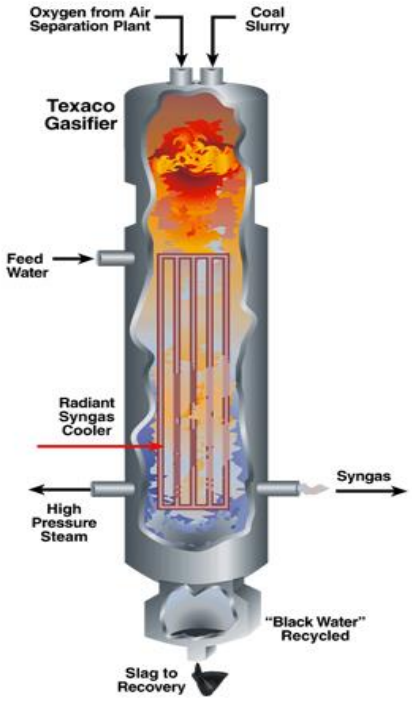
(ก) (ข)

ภาพที่ 12 แสดงภาพก๊าซซิไฟเออร์แบบ (ก) Bubbling Fluidized Bed (ข) Circulating Fluidized Bed
(ที่มา: http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/pubs/images/Tr6-8-1.jpg)

ภาพที่ 13 ลักษณะเตาผลิตแก๊สแบบฟลูอิไดซ์เบด
(ที่มา : Breag and Chitten, 1979)

3 ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Entrained Flow

ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Entrained Flow เหมาะสำหรับเชื้อเพลิงขนาดเล็กมากๆ คือ มีขนาดประมาณ 0.1-1 มม. หรือเชื้อเพลิงเหลว และจะใช้ออกซิเจนเป็นสารออกซิไดเซอร์ โดยออกซิเจนและเชื้อเพลิงจะถูกป้อนทางด้านบนของเตา การเกิดปฏิกิริยาภายในเตาจะไม่มีการแบ่งโซนปฏิกริยาที่ชัดเจน แต่การเกิดปฏิกิริยาจะเป็นรูปแบบของของการผสมกันระหว่างเชื้อเพลิงและสารออกซิเจนที่กระจายอยู่ทั่วก๊าซซิไฟเออร์ ก๊าซซิไฟเออร์แบบนี้จะทำงานที่อุณหภูมิสูง จนกระทั่งในบางครั้งต้องมีระบบหล่อเย็นภายในเตาเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการหลอมตัวของขี้เถ้าภายในเตา ดังภาพที่ 14



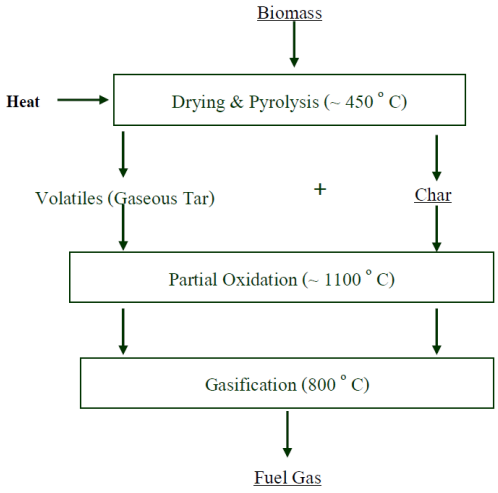
ภาพที่ 14 แสดงระบบก๊าซซิไฟเออร์แบบ Entrained Flow

(ที่มา: http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/pubs/images/Tr6-8-1.jpg)

4. ก๊าซซิไฟเออร์แบบอื่นๆ

4.1 Two-Stage Gasifier

Two-Stage Gasifierเป็นเตาที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยคณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัย Technical ในประเทศเดนมาร์ก ระบบผลิตแก๊สชนิดนี้มีลักษณะที่แตกต่าง จากระบบผลิตแก๊สซิไฟเออร์อื่นๆ ที่ส่วนของ Drying and Pyrolysis และส่วนของ Gasification ซึ่งเป็น แบบ Down-draft Gasification แยกจากกัน คุณสมบัติของเตาชนิดนี้ต่างจากเตาแบบอื่นๆ คือแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จากเตา (Producer Gas) มีปริมาณส่วนผสมของทาร์น้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจาก อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ค่อนข้างสูง (มากกว่า 850°C) ทำให้ทาร์ลดปริมาณลงต่ำกว่า 25 mg/Nm3 แก๊สที่ได้ออกมาจึงค่อนข้างมีความสะอาด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสำหรับระบบผลิตแก๊สนี้

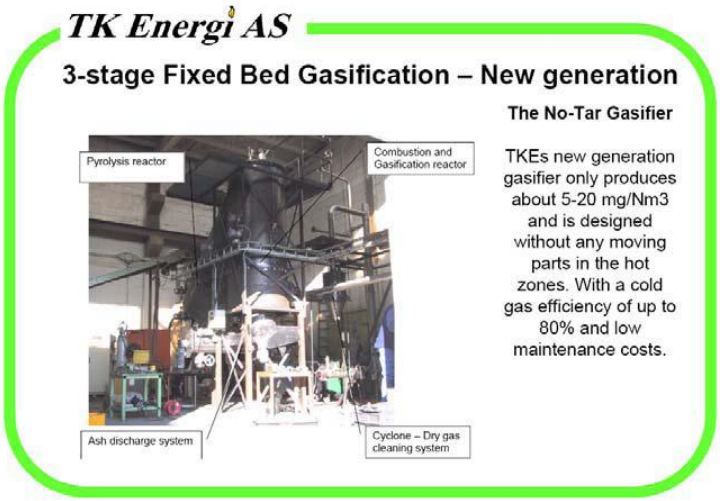


ภาพที่ 15 ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสำหรับระบบผลิตแก๊สแบบ Two-Stage Gasifier

4.2 Three-Stage Gasifier

Three-Stage Gasifierเป็นเตาที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยคณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัย Technical ในประเทศเดนมาร์ก ระบบผลิตแก๊สชนิดนี้มีลักษณะที่แตกต่างจากระบบผลิตแก๊ส ชีวมวลอื่นๆ คือ มีการทำงานทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังนี้ Drying, Pyrolysis และส่วนของ Gasification ซึ่งเป็นแบบ Down-draft Gasification แยกจากกัน คุณสมบัติของเตาชนิดนี้ต่างจากเตาแบบอื่นๆ คือ แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จากเตา (Producer Gas) มีปริมาณส่วนผสมของทาร์น้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจาก อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาไหม้ค่อนข้างสูง (มากกว่า 850 ℃) ทำให้ทาร์ลดปริมาณลงต่ำกว่า 25 mg/Nm3 แก๊สที่ได้ออกมาจึงค่อนข้างมีความสะอาด ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสำหรับระบบผลิตแก๊ส โดยมีลักษณะ ดังนี้

1. ใช้เชื้อเพลิงลักษณะเป็น ชิ้นเล็ก เช่น แกลบ ขี้เลื่อย Wood Chip
2. ประสิทธิภาพสูง ปริมาณทาร์ต่ำ < 25 ppm และราคาสูง



ภาพที่ 16 ลักษณะเตาผลิตแก๊สซิไฟเออร์แบบ Three-stage Gasifier

ก๊าซซิไฟเออร์แต่ละประเภทจะมีสภาวะการทำงานที่แตกต่างกันออกไป เช่น ขนาดของเชื้อเพลิงที่ใช้ อุณหภูมิของปฏิกิริยา ความดันภายในเตา ชนิดของสารออกซิไดเซอร์ที่ใช้ รวมถึงเวลาในการเกิดปฏิกิริยา ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สภาวะการทำงานของเตาปฏิกรณ์แต่ละประเภท

สภาวะการทำงาน	**หน่วย**	**ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Fixed Bed**	**ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Fluidized Bed**	**ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Entrained Flow**
ขนาดของเชื้อเพลิงที่ใช้	mm.	1-100	1-10	< 0.5
อุณหภูมิ	℃	300-900	700-900	1200-1600
ความดัน	MPa	0-5	0.1-3	0.1-3
เวลาในการทำปฏิกิริยา	s	600-6000	10-100	< 0.5
สารออกซิไดเซอร์	-	อากาศ,ของผสมระหว่างไอน้ำ/ออกซิเจน	อากาศ,ของผสมระหว่างไอน้ำ/ออกซิเจน	ออกซิเจน

ก๊าซซิไฟเออร์ทั้ง 3 แบบดังได้กล่าวถึงข้างต้นมีจุดแข็ง ข้อจำกัดในการทำงาน ประสิทธิภาพของระบบและลักษณะเฉพาะตัวอื่นๆ ที่แตกต่างกันออกไป ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบก๊าซซิไฟเออร์สำหรับเทคโนโลยีก๊าซซิฟิเคชั่น โดยมีเกณฑ์ในการเปรียบเทียบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบก๊าซซิไฟเออร์แต่ละประเภท

เกณฑ์	**ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Fixed Bed**		**ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Fluidized Bed**		**ก๊าซซิไฟเออร์แบบ Entrained Flow**
	Downdraft	**Updraft**	**Bubbling Fluidized Bed**	**Circulating Fluidized Bed**	
1. ลักษณะของเชื้อเพลิง	ขนาดเชื้อเพลิงประมาณ 20-100 มม. เชื้อเพลิงจะต้องมีความชื้นและขี้เถ้าไม่เกินร้อยละ 20 และร้อยละ 6 ตามลำดับ	ขนาดเชื้อเพลิงประมาณ 5-100 มม. มีความชื้นและขี้เถ้าไม่เกินร้อยละ 55 และร้อยละ 25 ตามลำดับ	เหมาะสำหรับเชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กประมาณ 1-10 มม. มีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเชื้อเพลิง	เหมาะสำหรับเชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กประมาณ 1-10 มม. มีความยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเชื้อเพลิง	ต้องการเชื้อเพลิงที่มีขนาดเล็กมากและมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 15 ดังนั้นจึงจำเป็นต้องระบบเตรียมเชื้อเพลิงก่อน

ตารางที่ 5 (ต่อ)

2. คุณภาพของก๊าซที่เกิดขึ้น	ก๊าซเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนต่ำ (LHV)ประมาณ 4.5-5MJ/Nm3 ก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะสะอาด แทบไม่มีน้ำมันดินปะปนอยู่ (ประมาณ 0.015-0.5 g/Nm3) รวมทั้งมีอนุภาคฝุ่นปะปนอยู่น้อยมาก	ก๊าซเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนต่ำ (LHV)5-6 MJ/Nm3 มีปริมาณน้ำมันดินสูง (ประมาณ 30-150 g/Nm3) ดังนั้นก่อนนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้ต้องมีการกำจัดน้ำมันดินออกก่อน อย่างไรก็ตามเตาประเภทนี้มีอนุภาคฝุ่นปะปนอยู่น้อย	ก๊าซเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูง (HHV)ประมาณ 5.4 MJ/Nm3 มีปริมาณน้ำมันดินปานกลาง และมีอนุภาคฝุ่นปะปนอยู่ในก๊าซเชื้อเพลิงค่อนข้างสูง ดังนั้นก่อนนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้จะต้องมีการกำจัดน้ำมันดินออกจากก๊าซเชื้อเพลิงก่อน	ก๊าซเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูง (HHV)ประมาณ 5.4 MJ/Nm3 มีปริมาณน้ำมันดินค่อนข้างสูง แต่มีอนุภาคฝุ่นปะปนอยู่น้อย อย่างไรก็ตามก่อนนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้จะต้องมีการกำจัดน้ำมันดินออกจากก๊าซเชื้อเพลิงก่อน	ก๊าซเชื้อเพลิงมีค่าความร้อนสูง เป็นก๊าซสะอาด มีปริมาณน้ำมันดินและก๊าซมีเทนปะปนอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น
3. ประสิทธิภาพของระบบก๊าซซิฟิเคชั่น	ประสิทธิภาพของระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงประมาณร้อยละ 65-75	ประสิทธิของระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงประมาณร้อยละ 40-60	ประสิทธิภาพขอระบบใกล้เคียงกับประสิทธิภาพของเตาแบบ Downdraft	ประสิทธิภาพของระบบสูงถึงร้อยละ 80 เนื่องจากมีการนำอนุภาคเชื้อเพลิงกลับมาเผาใหม่	มีประสิทธิของระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงสูง
4. ขนาดของระบบ	เหมาะกับระบบขนาด 0.02-5 MWth	เหมาะกับระบบขนาด 0.1-20 MWth	เหมาะกับระบบขนาด 10-100 MWth	เหมาะกับระบบขนาดใหญ่กว่า 20 MWth	เหมาะกับระบบขนาดใหญ่กว่า 20 MWth
5. ศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้า	ผลิตไฟฟ้าขนาด 0.1-1 MW_e	ผลิตไฟฟ้าขนาด 1-10 MW_e	ผลิตไฟฟ้าขนาด 10-20 MW_e	ผลิตไฟฟ้าขนาด 2-100 MW_e	พลังงานไฟฟ้าขนาด 5-100 MW_e
6. ค่าลงทุน/ดำเนินงาน	มีค่าลงทุน/ค่าดำเนินงานต่ำ	มีค่าลงทุน/ค่าดำเนินงานต่ำ	มีค่าลงทุน/ค่าดำเนินงานสูง	มีค่าลงทุน/ค่าดำเนินงานสูง	มีค่าลงทุน/ค่าดำเนินงานสูง
7. การควบคุมระบบ	ง่าย	ง่าย	ปานกลาง	ปานกลาง	ยาก

ตารางที่ 5 (ต่อ)

8. การขยายขนาดของระบบ	มีข้อจำกัดในการขยายขนาดของระบบ	สามารถขยายขนาดของระบบได้ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน	ง่ายต่อการขยายขนาดของระบบ	ง่ายต่อการขยายขนาดของระบบ	ง่ายต่อการขยายขนาดของระบบ

อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมในระบบแก๊สซิไฟเออร์

เพื่อให้ระบบการทำงานของการผลิตเชื้อเพลิงของแก๊สซิไฟเออร์มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น จึงจำเปณนต้องใช้อุปกรณ์ร่วมดังต่อไปนี้ประกอบการทำงานของระบบแก๊สซิไฟเออร์ ได้แก่

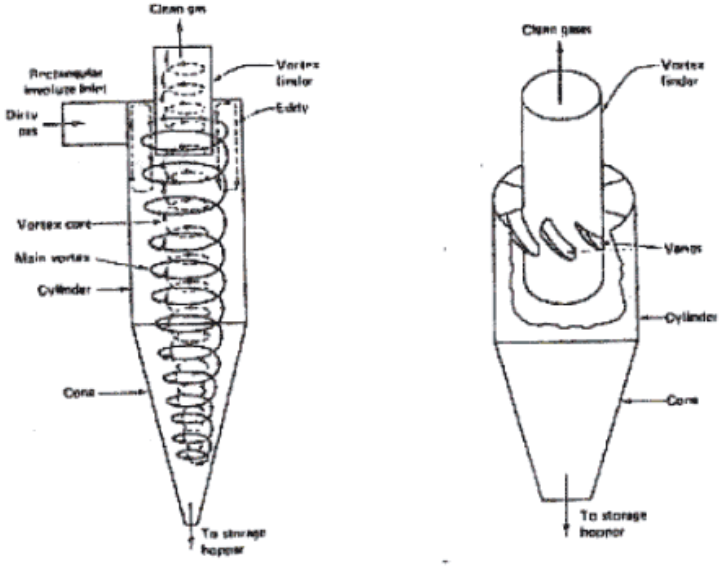
1. ไซโคลน (CYCLONE)

ไซโคลนเป็นเครื่องมือสำหรับแยกอนุภาคขนาดใหญ่ออกจากกระแสก๊าซโดยใช้แรงหนีศูนย์กลาง ซึ่งเกิดจากการทำให้กระแสก๊าซหมุนวน (Vortex) เนื่องจากรูปร่างลักษณะของไซโคลน กระแสที่ไหลเข้าสู่ไซโคลนตามแนวสัมผัสหรือตามแนวแกนโดยผ่าน Vanes ไม่ว่ากรณีใด การทำงานของไซโคลนขึ้นกับความเฉื่อย (Inertia) ของอนุภาคที่จะเคลื่อนในแนวเส้นตรง เมื่อก๊าซเปลี่ยนทิศทางหนีแรงศูนย์กลางจะเหวี่ยงอนุภาคไปยังผนังของไซโคลนและเคลื่อนลงถังพัก

หลักการทำงานของไซโคลน

ไซโคลนประกอบด้วยส่วนรูปทรงกระบอกและมีปลายเป็นรูปโคน (ภาพที่ 2.8) อากาศเคลื่อนเข้าสู่ไซโคลนในแนวสัมผัสที่ใกล้ส่วนบนของเครื่องด้วยความเร็วประมาณ 20 ถึง 30 เมตรต่อวินาที เมื่ออากาศผ่านเข้ามาด้านในจะเกิดกระแสวน (เรียกว่า Main Vortex) ขึ้น ซึ่งทำให้เกิด แรงหนีศูนย์กลางเหวี่ยงอนุภาคไปยังผนังของไซโคลน เมื่อกระแสวนนี้เคลื่อนที่ลงจนถึงเกือบปลายโคน อากาศจะหมุน กลับเป็นกระแสวนที่เล็กกว่าเดิมเรียกว่า Core Vortex และเคลื่อนที่ไปตาม ตัวไซโคลนจนออกไปทางท่อออก (Vortex Finder) ที่อยู่ส่วนบนของเครื่อง นั้นคือมี กระแสวน 2 ชั้น เกิดขึ้นในทิศทางเดียวกัน สำหรับอนุภาคที่ถูกเหวี่ยงไปยังผนังของไซโคลนจะเคลื่อนที่ลงไปยังส่วนปลายของ โคนไปยังถังพัก เนื่องจากแรงเฉื่อยและแรงถ่วง ส่วนอากาศที่ไม่มีอนุภาค จะหมุนขึ้นผ่านท่อออก ที่อยู่ส่วนบนของไซโคลน

ส่วนใหญ่ไซโคลนทำมาจากเหล็กคาร์บอน หรือใช้โลหะหรือเซรามิกใดๆก็ได้ถ้าต้องการใช้งานที่มีอุณหภูมิสูง การกัดกร่อนและสึกกร่อน แต่ผิวภายในต้องเรียบเนื่องจากไซโคลนเป็นเครื่องมือที่ไม่มีส่วน ที่เคลื่อนที่ ดังนั้น การเดินเครื่องจึงง่ายและไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนัก ต้นทุนต่ำ ไซโคลนใช้ในงานหลายอย่าง เช่นใช้แยกผลิตภัณฑ์ที่แห้ง หรือใช้ในการดักฝุ่นละอองซึ่งมีขนาด ใหญ่กว่า 10 ไมครอน จึงมักใช้เป็นอุปกรณ์ดักฝุ่นขนาดใหญ่ (Pre-cleaner) ก่อนส่งไปอุปกรณ์ดักฝุ่นที่มีประสิทธิภาพสูงต่อไป



ภาพที่ 17 ไซโคลนและหลักการทำงานของไซโคลน

2. การกรองฝุ่น

2.1 ไซโคลนดักฝุ่น (Cyclone dust collector)

ทำงานโดยอาศัยหลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) โดยอากาศและฝุ่นที่ไหลเข้าสู่ไซโคลนจะถูกทำให้เกิดการหมุนวนเหมือนกับการหมุนของพายุไซโคลน ซึ่งแบ่งการหมุนวนออกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นนอก เป็นการหมุนวนของอากาศที่มีทิศทางม้วนลงด้านล่างตามผนังไซโคลน ซึ่งจะพัดพาเอาฝุ่นหยาบออกมาด้วย ส่วนการหมุนวนชั้นใน เป็นการหมุนวนที่เกิดขึ้นที่ด้านล่างของไซโคลนโดยมีทิศทางม้วนขึ้นด้านบนตามแนวศูนย์กลางไซโคลน ซึ่งจะพัดพาฝุ่นละเอียดออกจากไซโคลนไปพร้อมกับอากาศได้ ประสิทธิภาพการแยกฝุ่นของไซโคลนจะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น มวล และความเร็วในการแยกฝุ่นออกจากอากาศ

2.2 เครื่องดักฝุ่นแบบผ้ากรอง (Bag House หรือ Bag Filter)

ทำงานโดยอาศัยหลักกลไกการกรอง (Filtration) อากาศที่มีสารปนเปื้อนไหลผ่านเข้าผ้ากรองหรือถุงกรอง ที่มีความละเอียดมากพอที่จะยอมให้เฉพาะอากาศเท่านั้นที่ไหลผ่านถุงกรองไปได้ ส่วนฝุ่นจะติดอยู่ที่ผิวหน้าของผ้ากรอง เครื่องดักฝุ่นแบบผ้ากรองหรือถุงกรองนี้มีประสิทธิภาพในการแยกฝุ่นสูงถึง 99.9% แต่ตัวระบบค่อนข้างใหญ่ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งมาก ราคาผ้ากรอง หรือ ถุงกรองแพง และอายุการใช้งานของผ้ากรองมีจำกัด ต้องทำการเปลี่ยนเมื่อถึงเวลาที่กำหนด

ความสำคัญของการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน

การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน ที่ประกอบไปด้วย เทคโนโลยีแก๊สซิไฟเออร์แบบเชื้อเพลิงนิ่ง หรือ Fixed bed Gasifier) และเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ด้วยหลักการอัดด้วยเกลียว (Screw press) เป็นโครงการวิจัยที่สอดกับนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติในด้านการอนุรักษ์ การเสริมสร้างและพัฒนาทุนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กลยุทธ์การวิจัยเพื่อบริหารจัดการและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ตามแผนงานการวิจัยเกี่ยวกับมลพิษการจัดการมลพิษ และผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากมลพิษ รวมทั้งการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมและของชุมชน โดยเฉพาะการบริหารจัดการขยะในเมืองและชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญหลักคือเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีและองค์ความรู้ด้านการใช้ประโยชน์และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจาการแปรรูปที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เม็ดมะม่วงหิมพานต์ ในพื้นที่อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อสร้างเทคโนโลยีและองค์ความรู้ที่เหมาะสมที่สามารถนำไปถ่ายทอดให้กับผู้ใช้เทคโนโลยีเป็นหลักการสำคัญในการดำเนินงาน โดยมุ่งหวังให้เกิดการพึ่งพาตนเองในระดับชุมชนที่สามารถผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้ในชุมชนโดยการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปในชุมชนมาเป็นแหล่งพลังงานสำหรับใช้ในครัวเรือน ก็จะนำไปสู่การพึ่งพาตนเองด้านพลังงาน ลดค่าใช้จ่ายภาคครัวเรือนด้านพลังงาน อีกทั้งยังก่อให้เกิดผลต่อการพัฒนาศักยภาพของชุมชนในการจัดการเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรหลังจากการแปรรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพก่อให้เกิดการพัฒนาพลังงานในชุมชนได้ย่างยั่งยืนต่อไปบนพื้นฐานของแนวพระราชดำริด้านพลังงาน ที่ส่งเสริมให้มีการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานภายในประเทศเพื่อลดการนำเข้าและพึ่งพาตนเองในด้านพลังงานให้มากที่สุด

สำหรับเตาเผาเปลือกมะม่วงหิมพานต์แบบประสิทธิภาพสูง (เทคโนโลยีแก๊สซิไฟเออร์แบบเชื้อเพลิงนิ่ง หรือ Fixed bed Gasifier) ผู้วิจัยใช้หลักการออแบบและสร้างเตาแก๊สซิไฟเออร์เพื่อใช้สำหรับเผาเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเชื้อเพลิงไหลลง (downdraft gasifier) ซึ่งเป็นระบบที่อากาศไหลลงทิศทางเดียวกับการไหลเลื่อนของเชื้อเพลิง เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า co-current gasifier มีวัตถุประสงค์ให้ผลิตภัณฑ์จากชั้นกลั่นสลายไหลผ่านชั้นเผาไหม้ซึ่งมีอุณหภูมิสูง จึงทำให้เกิดการแตกตัวเป็นแก๊สก่อนที่จะไหลออกจากเตาแก๊สซิไฟเออร์ ทำให้แก๊สเชื้อเพลิงจึงมีน้ำมันดินต่ำ แต่จะมีอุณหภูมิสูงประมาณ 300-500 ° C จุดสำคัญของเตาประเภทนี้คือลักษณะชั้นเผาไหม้จะออกแบบให้เล็กลงโดยการลดพื้นที่หน้าตัด และปรับลักษณะการป้อนอากาศ เพื่อทำให้อุณหภูมิในชั้นเผาไหม้สูง แต่ถ้าเชื้อเพลิงมีเถ้าสูงกว่า 6 % และมีค่าความชื้นสูงกว่า 20% จะไม่เหมาะกับเตาประเภทนี้ เนื่องจากเถ้าอาจหลอมละลายติดกับคอคอดขัดขวางการไหลของเชื้อเพลงและแก๊ส โดยอากาศจะถูกดูดผ่านจากด้านบนลงสู่ด้านล่างโดยผ่านหัวฉีด (Nozzle) บริเวณหัวฉีดจะเป็นบริเวณโซนการเผาไหม้ แก๊สที่ได้จากโซนการเผาไหม้จะถูกรีดิวซ์ (Reduce) ในขณะที่ไหลลงสู่ด้านล่างผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนอยู่เหนือตะแกรงเล็กน้อย ในขณะเดียวกันชั้นของชีวมวลที่อยู่ทางด้านบนของโซนการเผาไหม้จะเกิดการกลั่นสลายและจะไหลผ่านชั้นของคาร์บอนที่ร้อนทำให้น้ำมันดินเกิดการแตกตัวเป็นแก๊สต่อไปได้ ส่วนหลักการทำงานของเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ใช้หลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) ซึ่ง

เกลียวจะทำการอัดแท่งชีวมวลผ่านแม่พิมพ์ออกมาอย่างต่อเนื่องโดยมีการให้ความร้อนจากภายนอกเพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น แท่งชีวมวลที่ได้ออกมาติดกันอย่างต่อเนื่องเป็นเส้นยาวและมีขนาดสม่ำเสมอ การอัดแบบเกลียวนี้ทำให้บริเวณผิวรอบนอกของแท่งชีวมวลถูก Carbonized บางส่วน จึงทำให้ง่ายต่อการจุดติดไฟและการเผาไหม้ นอกจากนี้ยังปกป้องแท่งชีวมวลจากความชื้นรอบๆได้ และรูที่อยู่ตรงกลางแท่งชีวมวลจะช่วยให้การเผาไหม้ดีขึ้นเพราะทำให้มีอากาศไหลเวียนอย่างเพียงพอ

แนวคิด/หลักการที่ใช้ในการออกแบบเทคโนโลยีสำหรับการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน

1. เทคโนโลยีเตาเผาเปลือกมะม่วงหิมพานต์แบบประสิทธิภาพสูง (เทคโนโลยีแก๊สซิไฟเออร์แบบเชื้อเพลิงนิ่ง หรือ Fixed bed Gasifier)

จากแนวคิดของ Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO) ได้เสนอหลักการออกแบบเตาผลิตก๊าซชีวมวลไว้ตาม FAO (1986) โดยพิจารณาในโซนเผาไหม้ ซึ่งเป็นโซนที่ก่อให้เกิดความร้อนและเกิดการสังเคราะห์ก๊าซขึ้นและเป็นส่วนที่อากาศจากภายนอกจะไหลเข้าสู่เตาเพื่อให้เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิง การควบคุมอุณหภูมิการเผาไหม้ให้กระจายตัวได้ดีจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก ซึ่งแนวทางที่จะช่วยให้การกระจายตัวของอุณหภูมิภายในโซนนี้เป็นไปอย่างทั่วถึงจะทำได้ 2 วิธคือ การลดพื้นที่หน้าตัดภายในโซนหรือการทำคอขวดในช่วงโซนนี้ (throat concept) และการกระจายหัวจ่ายลมให้ทั่วถึงตามเส้นรอบวงโดยหลักการออกแบบเตาสามารถ สรุปได้ดังนี้

1. การกำหนดตัวแปรสมมุติขึ้นมาหนึ่งตัว คือ ฮาร์ทโหลด (Hearth load : B) ซึ่งมีหน่วยเป็น m^3/cm^2-hr ซึ่งก็คืออัตราการไหลของอากาศทเข้าภายในเตาผลิตก๊าซชีวมวลต่อพื้นที่หน้าตัดภายในโซนเผาไหม โดยที่ B จะมีค่าแตกต่างกันระหว่าง แบบไม่มีคอคอด (no throat) กับแบบหนึ่งคอคอด (single throat) และแบบสองคอคอด (double throat) โดยมีสมการให้การหาขนาดของคอคอดดังนี้

$$B = \dot{Q}_{air} / A_t$$

ซึ่งจะมีค่ามากที่สุดที่ยอมรับได้ดังนี้ 0.03, 0.11 และ 0.4 ตามลำดับ

2. ค่าความสูงของโซนรีดักชั่นควรจะมีค่ามากกว่า 20 cm แต่ไม่ควรมีค่าเกิน 32 cm (ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจากเตาผลิตก๊าซหลายเครื่อง)

3. การแบ่งประเภทของคอคอดภายในเตาผลิตก๊าซสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ แบบไม่มีคอขวด แบบหนึ่งคอขวด และแบบสองคอขวด

ดังนั้นจึงทำให้สามารถออกแบบเตาผลิตก๊าซชีวมวลแบบไหลลง โดยมีขั้นตอนการออกแบบที่สำคัญดังต่อไปนี้

1.หาค่าปริมาณความร้อนทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการหุงต้ม

2.หาค่าความร้อนของก๊าซที่คาดว่าผลิตได้

โดยการหาค่าความร้อนที่ผลิตได้จากเตาผลิตก๊าซชีวมวลในขั้นตอนการออกแบบนี้จะใช้ประสิทธิภาพทางความร้อนของเตาผลิตก๊าซซึ่งโดยปกติจะมีประสิทธิภาพอยู่ประมาณ 70 – 85% คูณกับค่าความร้อนของเชื้อเพลิง ดังนี้

$$\dot{Q}_{heat,gas} = HV_{fuel} x \, \eta_{rher}$$

3.การหาปริมาณก๊าซชีวมวลที่ต้องผลิต ซึ่งปริมาณก๊าซชีวมวลที่ต้องผลิตจากเตาผลิตก๊าซนั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความร้อนใช้งานสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\dot{m}_{gas} = \dot{Q}_{heat,consum} / \dot{Q}_{heat,gas}$$

4. ปริมาณอากาศที่ต้องใช้ ซึ่งปริมาณอากาศที่ต้องใช้ เป็นปริมาณอากาศที่จะต้องจ่ายเข้าไปในเตาผลิตก๊าซชีวมวล ซึ่งเป็นการเผาไหมแบบอบอากาศ และจะให้ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในสัดส่วนที่มากกว่าปกติ การเผาไหม้แบบอบอากาศนี้จะเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณอากาศที่เผาไหม้พอดีต่ออากาศที่ใช้ในการเผาไหมจริง (Φ) ดังสมการต่อไปนี้

$$\Phi = (\dot{m}_{stol} / \dot{m}_{actual})$$

ดังนั้นถ้าใช้ Φ ในช่วง 2-4 จะทำให้เกิดปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ออกมาประมาณ 20-60 เท่าของปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเป็นช่วงที่ได้ปริมาณก๊าซคารบอนมอนอกไซด์มากที่สุด และปริมาณอากาศที่เผาไหม้พอดีสามารถหาได้จากสมการการเผาไหม้อย่างง่ายดังต่อไปนี้

$$C_aH_bC_c + d(O_2 + 3.76N_2) \rightarrow eCO_2 + f(H_2O) + gN_2$$

5. การหาขนาดของคอคอด ขนาดของคอคอดมีความสัมพันธ์กับฮาร์ทโหลด (B) ซึ่งก็คืออัตราการไหลของอากาศที่เข้าภายในเตาผลิตก๊าซชีวมวลต่อพื้นที่หน้าตัดภายในโซนเผาไหมโดยที่ B ซึ่งจะให้ค่าพื้นที่หน้าตัดของคอคอดและหลังจากนั้นสามารถหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคอคอดได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$D_t = [(A_t x \, 4) / \pi]^{1/2}$$

การคำนวณหาปริมาณอากาศที่ใช้ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการทำนายแบบ equilibrium model ซึ่งใช้ในเตาผลิตก๊าซแบบไหลลง(downdraft gasifier) การคำนวณจะใส่ข้อมูลของเศษถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ความชื้นเศษถ่าน อุณหภูมิแวดล้อม อุณหภูมิที่รีดักชั่นโซน โดยมีปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้

$C + CO_2 = 2CO$

$C + H_2O = CO + H_2$

$C + 2H_2 = CH_4$

$CO + H_2O = CO_2 + H_2$

Equibrium constant for methane formation

$$K_1 = \frac{[CH_4]}{[H_2]^2}$$

Equibrium constant for the shift reaction

$$k_2 = \frac{[co_2][H_2]}{[CO][H_2O]}$$

$CH_xO_y + wH_2O + mO_2 + 3.76mN_2 = x_1 H_2 + x_2CO + x_3CO_2 + x_4H_2O + x_5CH_4 + 3.76mN_2$

w =Water per kmol of biomass

จากสมการข้างต้นจะมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่า 6 ตัว x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 และ m ในการแก้สมการจะสร้างสมการเพิ่มจากสมดุลมวลและสมดุลพลังงาน และใช้วิธี Newton-Raphson ในการแก้สมการ โดยกำหนดให้ความชื้นของเศษถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์เท่ากับ 11 % (จากการวิเคราะห์), T_1 เท่ากับ 35 °C (Ambient temperature) และ T_2 เท่ากับ 830 °C (Reduction temperature) จากการแก้สมการจะได้ผลลัพธ์ดังสมการต่อไปนี้

$CH_{0.164}O_{0.156} + 0.101 H_2O + 0.589 O_2 + 3.76(0.589)N_2 = 0.134 H_2 + 0.611CO + 0.389CO_2 + 0.047H_2O + 0.001CH_4 + 3.76(0.589)N_2$

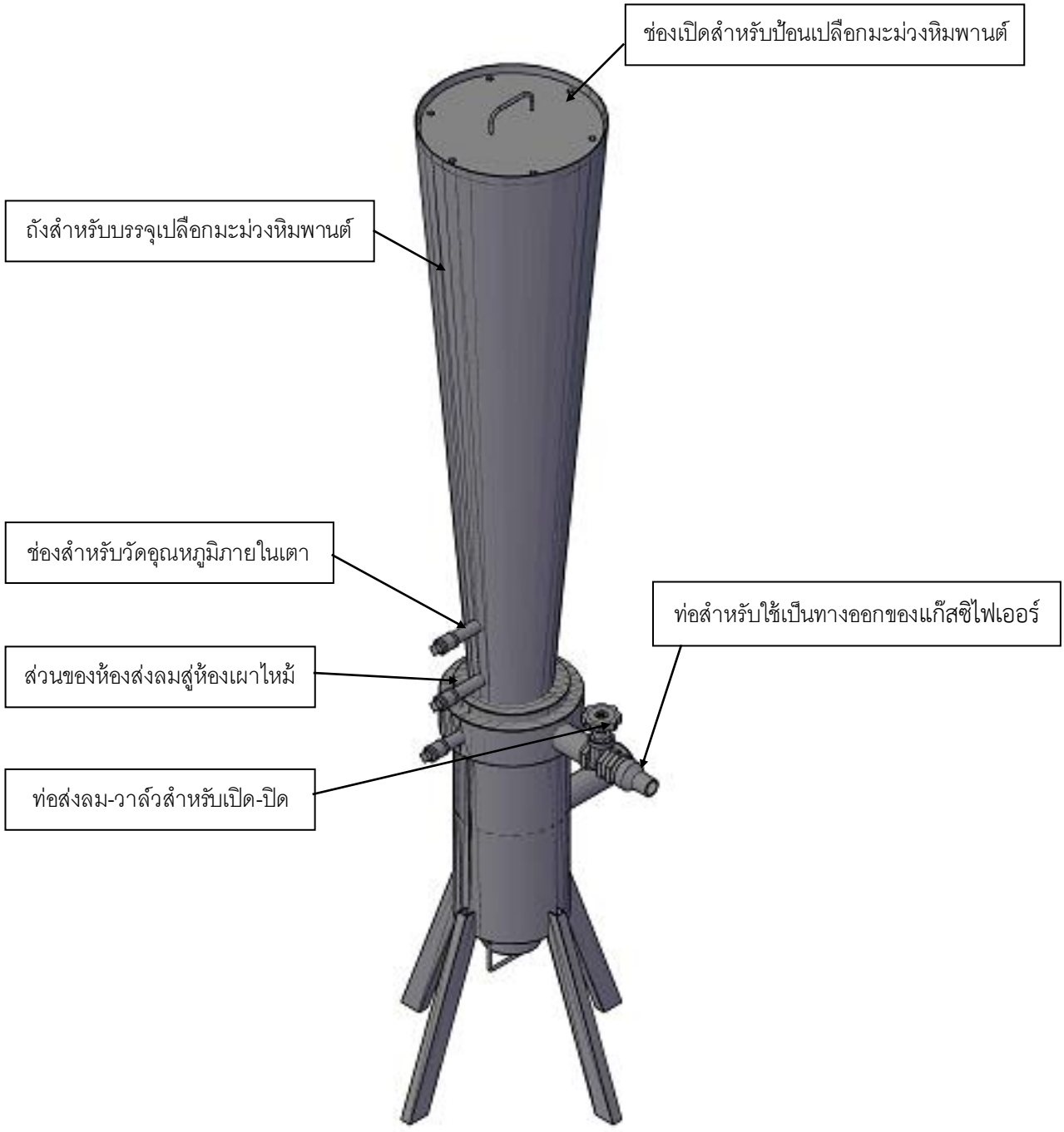
จากสมการที่สร้างขึ้นมาใหม่พบว่าเศษถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 1 kg ต้องใช้ปริมาณอากาศเข้าไปเผาไหม้จำนวน 5.10 kg หรือ Air/Fuel Ratio=5.10 และได้ปริมาณก๊าซจำนวน 5.22 Nm^3/kg (fuel) ดังนั้นเมื่อให้อัตราการใช้เชื้อเพลิง (เศษถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์) เท่ากับ 3.3 kg/hr จะต้องใช้ปริมาณอากาศในการเผาไหม้ 16.83kg/hr และปริมาณก๊าซที่ได้เท่ากับ 17.23 Nm^3/hr

การคำนวณหาขนาดคอคอดในเตาปฏิกรณ์ตำแหน่งหัวฉีดและขนาดหัวฉีดขนาดของคอคอดในเตาปฏิกรณ์ขึ้นอยู่กับค่า SV (superficial velocity) เนื่องจากค่า SV เป็นตัวควบคุมปริมาณก๊าซ อัตราการใช้เชื้อเพลิง องค์ประกอบของก๊าซ ปริมาณน้ำมันดิน โดยผู้วิจัยได้กำหนดค่า SV อยู่ระหว่าง 0.8 – 2.5 m/s ในบริเวณ hearth zone

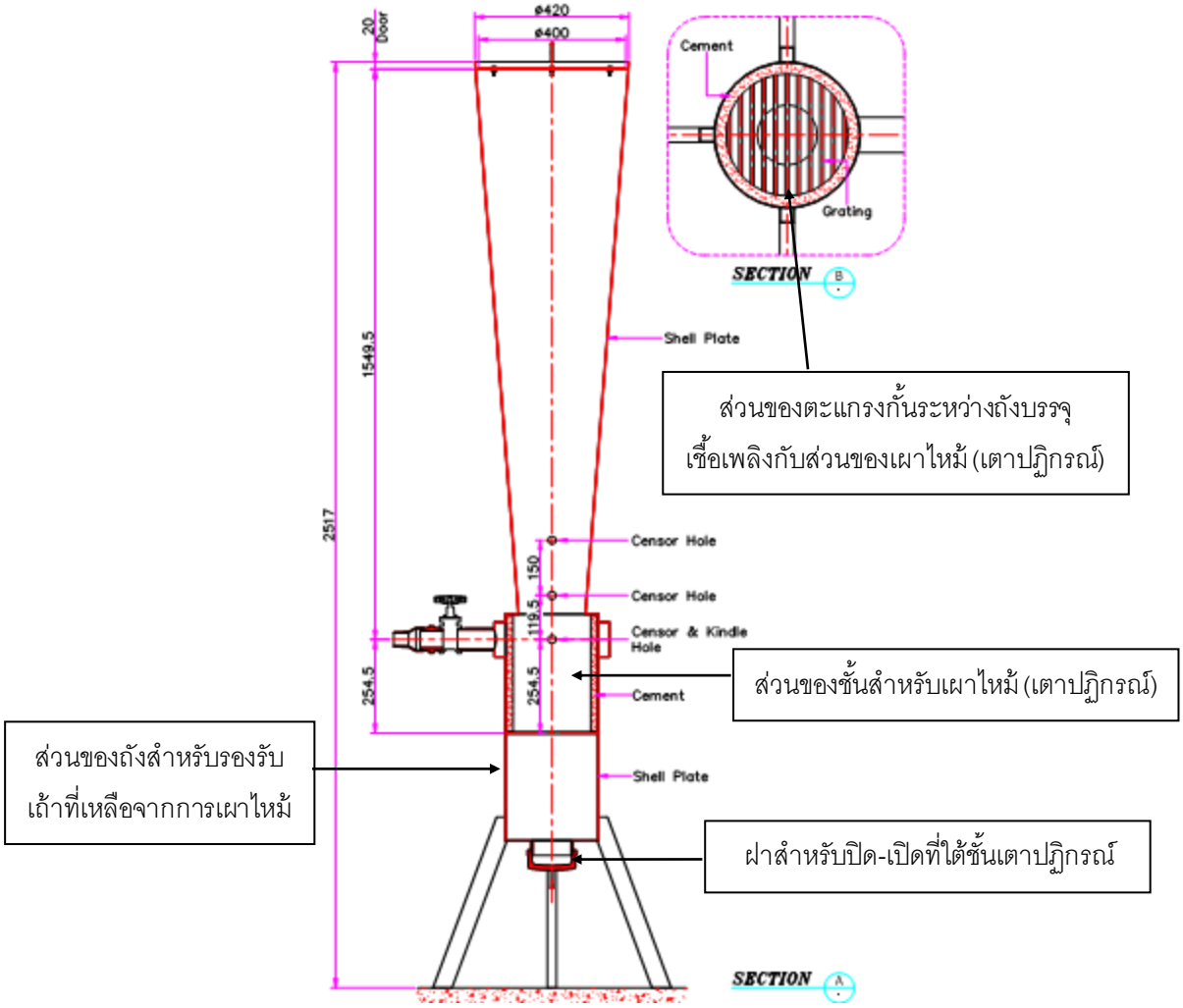
SV = อัตราการผลิตก๊าซ/พื้นที่หน้าตัด = (m^3/s) / (m^2)

จากสมการข้างต้นจะทำให้มีอัตราการผลิตก๊าซเท่ากับ 17.23 Nm^3/hr หรือ 20.52 x 10^{-3} m^3/s (ที่อุณหภูมิ 1000 ° C ที่บริเวณคอคอด) ให้ SV=1.4 m/s (อยู่ระหว่าง 0.8–2.5 m/s) จะได้พื้นที่หน้าตัด 14.65 x $10^{-3}m^2$ หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง 14 cm การกำหนดตำแหน่งทางเข้าของหัวฉีดจะอยู่เหนือคอคอดประมาณ 10 cm ความเร็วของอากาศที่เข้าสู่โซนเผาไหม้ที่เหมาะสม 32 m/s ผู้วิจัยจึงกำหนดขนาดคอคอดเท่ากับ 12 cm ให้ใช้จำนวนหัวฉีดเท่ากับ 5 และขนาดหัวฉีด 12.7 mm

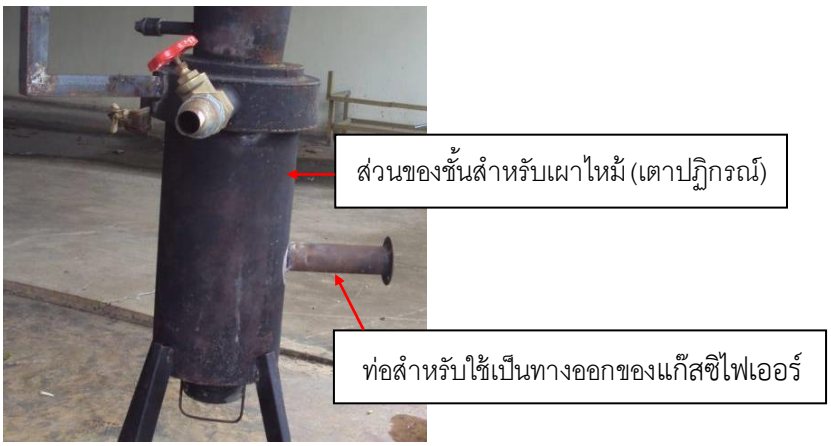
ส่วนประกอบสำคัญของเตาแก๊สซิไฟเออร์เพื่อใช้สำหรับเผาเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเชื้อเพลิงไหลลง (Downdraft Gasifier)



ภาพที่ 18 แสดงลักษณะทางโครงสร้าง/ส่วนประกอบภายนอกของของแก๊สซิไฟเออร์แบบเชื้อเพลิงนิ่งหรือ(Fixed bed Gasifier) สำหรับเผาเปลือกมะม่วงหิมพานต์



ภาพที่ 19 แสดงลักษณะทางโครงสร้าง-ส่วนประกอบภายในของของแก๊สซิไฟเออร์แบบเชื้อเพลิงนิ่ง หรือ(Fixed bed Gasifier) สำหรับเผาเปลือกมะม่วงหิมพานต์



ภาพที่ 20 โครงสร้างภายนอกของชั้นสำหรับเผาไหม้ (เตาปฏิกรณ์) และช่องทางไหลออกของแก๊สซิไฟเออร์

2. เครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

ในการออกแบบเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ จะต้องพิจารณาหลายปัจจัยไม่ว่าจะเป็นความเร็วรอบในการอัดของเกลียวอัด ขนาดของชุดเกียร์บล็อก ขนาดของเพลาขับ ในการออกแบบผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและกำหนดความเร็วรอบในการอัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียวอัด ขนาดของลูกกลิ้งอัด ขนาดเพลาลูกกลิ้ง ขนาดเพลาขับ อัตราส่วนของชุดเกียร์บล็อก ความหนาและระยะพิทช์ของเกลียวอัด เพื่อให้สามารถคำนวณหาค่ากำลังที่ใช้ในการอัดเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ได้ ซึ่งเมื่อทราบกำลังงานที่ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงแล้ว จากนั้นก็จะสามารถคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ ขนาดของเพลาขับ ขนาดของชุดเกียร์บล็อก ตลอดจนการคาดคะเนถึงค่าอัตราการผลิตในหนึ่งชั่วโมงต่อไปได้ โดยส่วนประกอบของเครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิงที่ได้ออกแบบมีดังนี้

การคำนวณทางวิศวกรรมของเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

1. การคำนวณสมรรถนะการทำงานของเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ หาได้จากสมการดังนี้

$$Q = \frac{M}{h}$$

Q คือ สมรรถนะกำลังการผลิต มีหน่วยเป็น Kg/min
M คือ ปริมาณของชีวมวลที่อัดได้ มีหน่วยเป็น Kg
h คือ เวลาใน 1 ชั่วโมง มีหน่วยเป็น นาที

ปริมาณของชีวมวลที่อัดได้หาได้จากมวลของชีวมวลที่อัดได้ในแต่ละครั้งคูณกับจำนวนรูอัดในหนึ่งรอบและความเร็วรอบของเพลาเกลียวหมุน นั่นคือ

$$M = M_1 . n . N_k$$

M_1 คือ มวลของชีวมวล มีหน่วยเป็น Kg
n คือ ความเร็วรอบของเพลาเกลียวหมุน มีหน่วนเป็น รอบต่อนาที
N_k คือ ขนาดของรูอัด

ปริมาณมวลของชีวมวลที่อัดได้หนึ่งรอบของการอัดสามารถหาได้จากความหนาแน่นของชีวมวลคูณด้วยปริมาตรของเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่อัดได้ นั่นคือ

$$M_1 = \rho V$$

P คือ ความหนาแน่นของชีวมวล มีหน่วยเป็น Kg/m^3
V คือ ปริมาตรของชีวมวลที่อัดได้ มีหน่วยเป็น m^3

ปริมาตรของชีวมวลที่อัดได้ใน 1 รอบหาได้จาก พื้นที่หน้าตัดของบริเวณที่มีการอัด คูณกับระยะยื่นของเปลือกมะม่วงหิมพานต์ นั่นคือ

$$v = A.h$$

A คือ พื้นที่หน้าตัดในการอัด มีหน่วยเป็น m^2

h คือ ความหนาในการอัด มีหน่วยเป็น m

2. การหาความเร็วรอบการหมุนของชุดเพลาส่งกำลัง

ในการคำนวณหาความเร็วรอบในการหมุนของเพลาส่งกำลังจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการไม่ว่าจะเป็น ความเร็วรอบของจานโซ่ ขนาดของจานโซ่ และรัศมีของจานโซ่ ซึ่งการคำนวณหาความเร็วรอบของเพลาส่งกำลัง จะหาได้จาก

$$n_1 = \frac{R_1}{r_1} * n$$

เมื่อ

n_1 คือ ความเร็วรอบของเพลาส่งกำลัง มีหน่วยเป็นรอบต่อนาที

R_1 คือ รัศมีของจานโซ่ มีหน่วยเป็น m

r_1 คือ รัศมีของเพลาส่งกำลัง มีหน่วยเป็น m

3. การหาค่ากำลังของเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

กำลังของเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลเกิดจากกำลัง 2 ส่วน คือ กำลังจากการหมุนชุดเพลาส่งกำลัง และกำลังจากการหมุนจานโซ่ ซึ่งสามารถคำนวณหาได้จาก

P = กำลังหมุนของเพลาส่งกำลัง (P_n) + กำลังหมุนจานโซ่ (P_r)

โดยที่กำลังในการหมุนเพลาส่งกำลัง (P_n) สามารถหาได้จากกำลังงานที่ใช้ในการหมุน (W_n)

$$W_n = \frac{1}{2} I_n \omega^2$$

เพลาหมุนด้วยความเร็วรอบ n_1 รอบต่อนาทีใช้เวลาในการหมุน 1 รอบ เท่ากับ $\frac{60}{n_1}$ วินาที

ดังนั้นกำลังงานที่ใช้ (งานต่อเวลา) คือ

$$P_n = \frac{work}{time}$$

$$P_n = \frac{\frac{1}{2} I\omega^2}{\frac{60}{n_1}}$$

$$P_n = \frac{1}{2} I\omega^2 \frac{n_1}{60}$$

เมื่อ

I คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของมวลเพลาส่งกำลัง

ω คือ ความเร็วเชิงมุมในการหมุนของจานโซ่ (rad/s)

n_1 คือ ความเร็วในการหมุนของเพลาส่งกำลัง (rpm)

ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยของมวลของเพลาส่งกำลัง สามารถหาได้จาก

$$I_{Roller} = \frac{1}{2} m_R {r_1}^2$$

เมื่อ

m_R คือ มวลของแกนเพลาส่งกำลัง มีหน่วยเป็น Kg

r_1 คือ รัศมีของจานโซ่ มีหน่วยเป็น m

I_{Dish} คือ โมเมนต์ความเฉื่อยของจานโซ่ สามารถหาได้จาก

$$I_{Dish} = \frac{1}{2} m_D {R_1}^2$$

เมื่อ

m_D คือ มวลของจานโซ่ มีหน่วยเป็น Kg

R_1 คือ รัศมีของจานโซ่ มีหน่วยเป็น m

ω ค่าความเร็วเชิงมุมหาได้จากสมการ

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

เมื่อ

n คือ ความเร็วรอบในการหมุนของจานโซ่ มีหน่วยเป็น รอบต่อนาที

การหากำลังของเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวล (P_r)

$$P_r = T\omega$$

เมื่อ

T คือ ค่าทอร์ก มีหน่วยเป็น N.m

ω คือ ความเร็วรอบของเพลาส่งกำลัง มีหน่วยเป็น rad/sec

T = F x R

เมื่อ

F คือ แรง มีหน่วยเป็น N

R คือ รัศมีของจานโซ่ มีหน่วยเป็น m

4. การออกแบบเพลา

เมื่อทราบค่ากำลังของมอเตอร์ที่ต้องใช้แล้ว สามารถคำนวณหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาได้จากสมการ

$$\phi d = \sqrt[3]{\frac{M_c}{0.1.\sigma_{b,all}}}$$

เมื่อ

M_c คือ โมเมนต์รวมมีหน่วยเป็น Nm

$\sigma_{b,all}$ คือ ความเค้นอนุญาตในการรับภาระพลวัต

โดยที่ $\sigma_{b,all}$ ค่าความเค้นอนุญาตในการรับภาระพลวัต หาได้จากสมการ

$$\sigma_{b,all} = \frac{\sigma_D.b_1.b_2}{S.C_B.\beta_k}$$

เมื่อ

σ_D คือ Bending Fatique Strength

b_1 คือ แฟกเตอร์ผิว

b_2 คือ แฟกเตอร์ขนาดสำหรับพื้นที่หน้าตัดกลม

β_k คือ แฟกเตอร์ปฏิกิริยาของร่องบาก

C_B คือ แฟกเตอร์งาน

S คือ คาความปลอดภัย

M_c ค่าโมเมนต์รวม หาได้จากสมการ

$$M_c = \sqrt{M_b^{\,2} + 0.75\alpha_0 M_t^{\,2}}$$

เมื่อ

M_b คือ โมเมนต์ดัดของพื้นที่หน้าตัดน้อยและเป็นอันตราย มีหน่วยเป็น N.m

M_t คือ โมเมนต์บิดสำหรับเพลามีหน่วยเป็น N.m

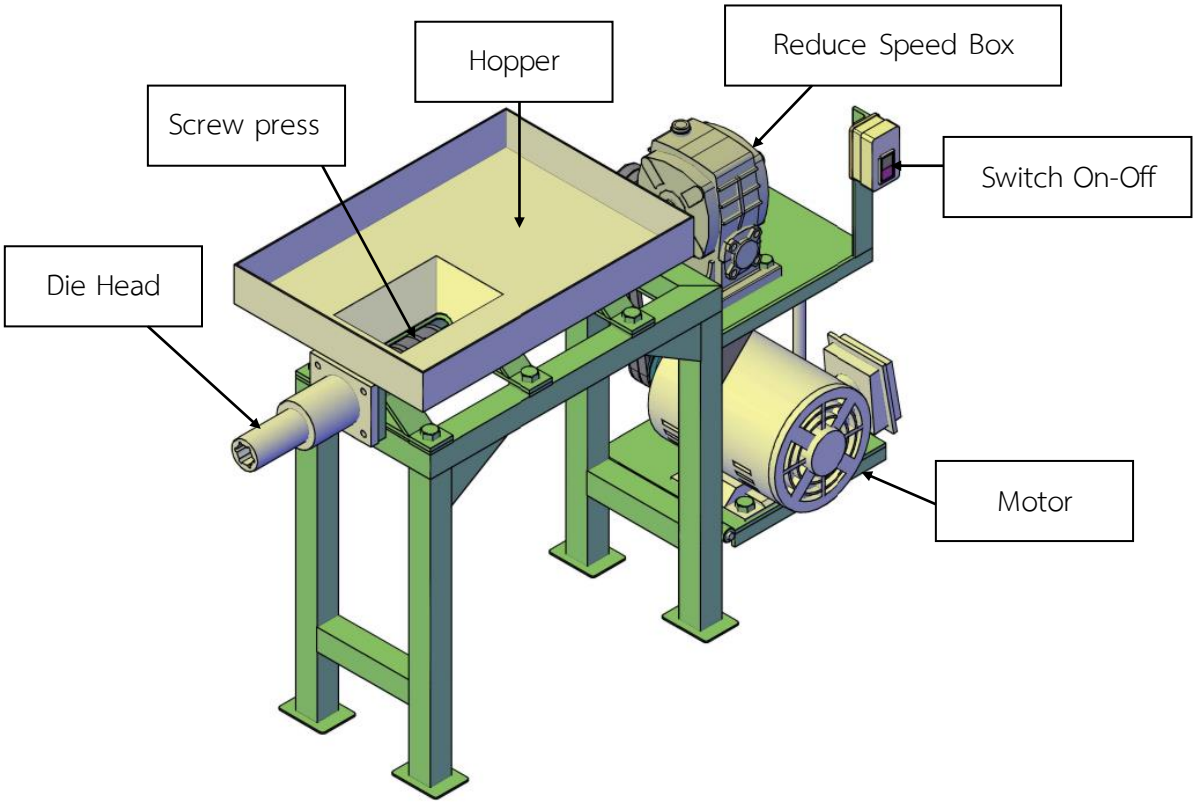
α_o คือ อัตราส่วนการเกร่งตัว เท่ากับ 0.7

M_t ค่าโมเมนต์บิดสำหรับเพลา หาได้จากสมการ

$$M_t = \frac{9550.P}{n}$$

การออกแบบเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

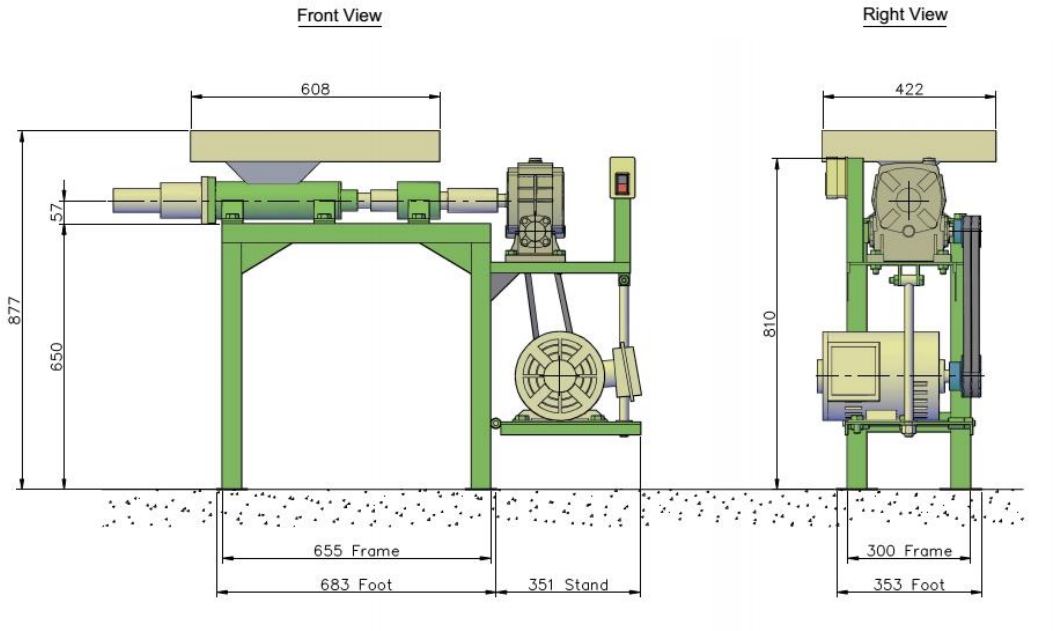
ต้นแบบเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัย มีส่วนประกอบที่สำคัญดังต่อไปนี้



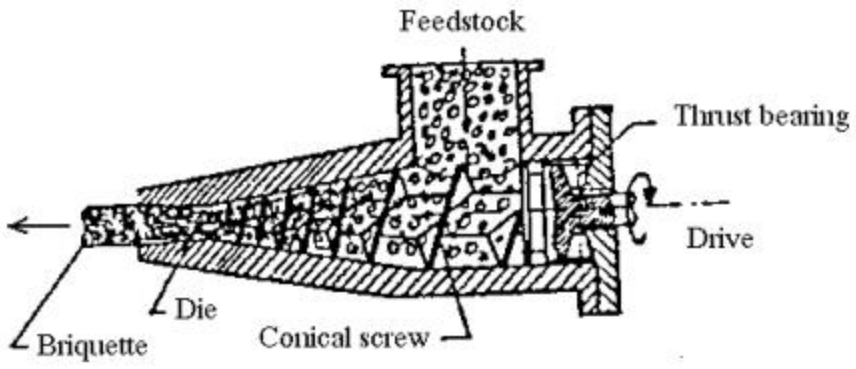
ภาพที่ 21 ลักษณะทางโครงสร้างของเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ประกอบด้วย

1. ส่วนของสกรูอัด มีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้
   - 1.1 ขนาดพื้นที่หน้าตัวของเพลากว้าง 59 มิลลิเมตร
   - 1.2 ขนาดพื้นที่หน้าดัดเกลียวป้อน 125 มิลลิเมตร
   - 1.3 ระยะพิทช์เกลียวป้อน 100 มิลลิเมตร
   - 1.4 ขนาดพื้นที่หน้าตัดเกลียวอัด 87 มิลลิเมตร
   - 1.5 ระยะพิทช์เกลียวอัด 69.6 มิลลิเมตร
   - 1.6 อัตราการลำเลียง 250 กิโลกรัม/ชั่วโมง
2. ระบบต้นกำลัง
   - 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 3 แรงม้า 1 Phase
   - 2.1 รอบการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า 1,475 รอบต่อนาที
   - 2.3 อัตราเฟืองทด 0.52
   - 2.4 ใช้ระบบสายพานถ่ายทอดกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่อขับแกนเพลาเกลียวอัด



ภาพที่ 22 ขนาด (Dimension) ของเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

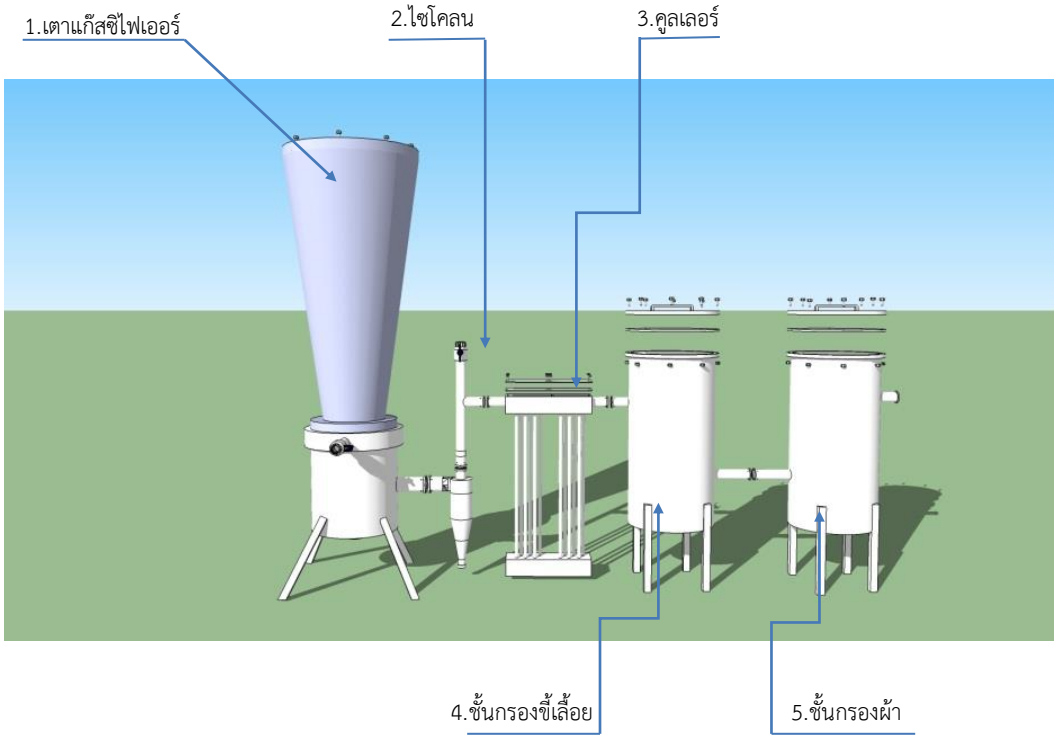


ภาพที่ 23 แสดงหลักการทำงานของเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

สำหรับหลักการทำงานของเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ใช้หลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) ซึ่งเกลียวจะทำการอัดแท่งชีวมวลผ่านแม่พิมพ์ออกมาอย่างต่อเนื่อง โดยมีการให้ความร้อนจากภายนอกเพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น แท่งชีวมวลที่ได้ออกมาติดกันอย่างต่อเนื่องเป็นเส้นยาวและมีขนาดสม่ำเสมอ การอัดแบบเกลียวนี้ทำให้บริเวณผิวรอบนอกของแท่งชีวมวลถูก Carbonized บางส่วน จึงทำให้ง่ายต่อการจุดติดไฟและการเผาไหม้ นอกจากนี้ยังปกป้องแท่งชีวมวลจากความชื้นรอบๆได้ และรูที่อยู่ตรงกลางแท่งชีวมวลจะช่วยให้การเผาไหม้ดีขึ้นเพราะทำให้มีอากาศไหลเวียนอย่างเพียงพอ

ขั้นตอนการใช้งานเทคโนโลยีสำหรับการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน

1. ระบบเตาแก๊สซิไฟเออร์สำหรับเผาเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft Gasifier) ร่วมกับอุปกรณ์ประกอบ



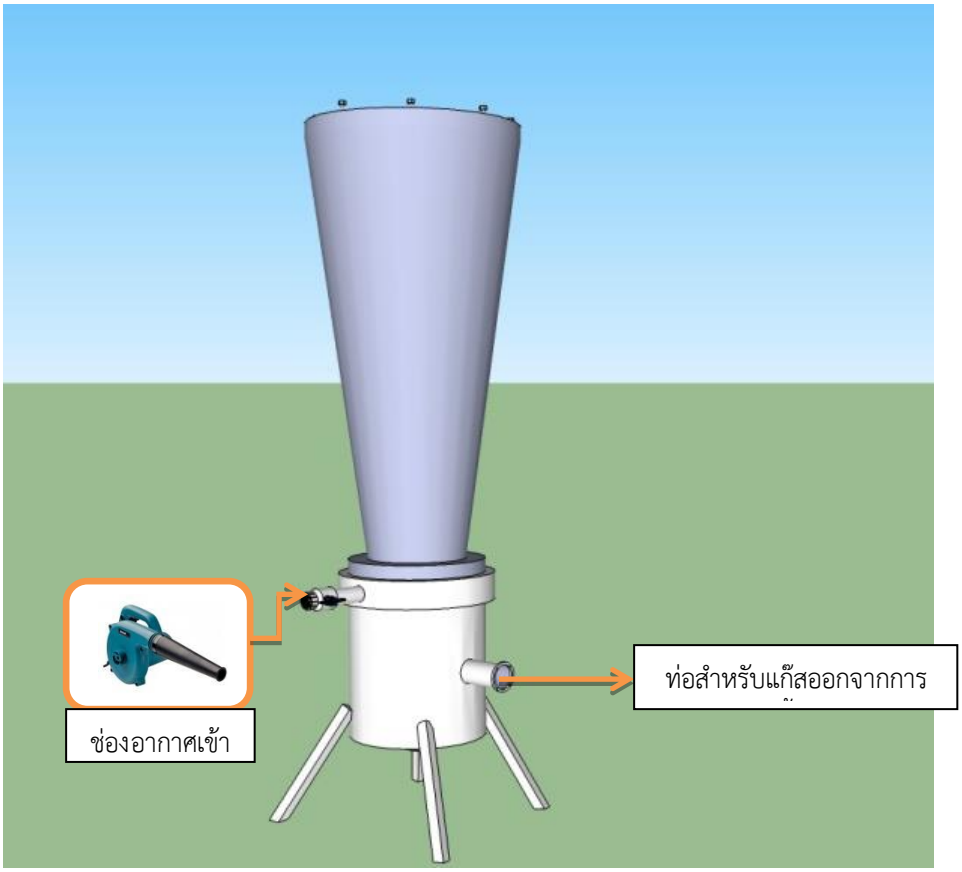
ภาพที่ 24 เตาแก๊สซิไฟเออร์สำหรับเผาเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft Gasifier) ติดตั้งร่วมกับอุปกรณ์ประกอบ

หลักการทำงานของระบบเตาแก๊สสิไฟเออร์ เชื้อเพลิงจะถูกบรรจุลงไปยังตัวเตาแก๊สซิไฟเออร์และเกิดการเผาไหม้ ทำประฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชั่นจนได้เป็นแก๊สชีวมวลแต่เนื่องจากเชื้อเพลิงที่นำมาใช้เป็นเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีคาร์บอนอาศัยอยู่ในเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์สูงจึงทำให้ได้แก๊สที่มากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นแต่มีข้อเสียคือควันที่ได้มีกลิ่นเหม็นและระคายเคืองต่อผิวหนังและดวงตา หากสูดดมจะระคายเคืองต่อทางเดินหายใจ ควันและแก๊สชีวมวลที่ได้จากเม็ดมะม่วงหิมพานต์นั้นยังมีกลิ่นและสีควันที่เป็นมลพิษอันตรายต่ออากาศ เตาแก๊สซิไฟเออร์จึงมีระบบกรองควันและแก๊สที่เกิดจากปฏิกิริยาแก๊สซิฟิเคชั่นที่ใช้เชื้อเพลิงเม็ดมะม่วงหิมพานต์โดยระบบกรองนั้นมีความสามารถและหน้าที่แตกต่างกัน โดยอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันระหว่างเตาแก๊สซิไฟเออร์และระบบกรองแก๊ส เมื่อได้แก๊สชีวมวลแล้วแก๊สจะถูกแรงดันลมและไหลมายังจุดที่ 2 ผ่านอุปกรณ์ไซโคลนเพื่อกลองเอาน้ำที่ประปนมากับแก๊สออกในขั้นนี้ส่งแก๊สที่ได้ไปยังจุดที่ 3 คูลเลอร์จะทำหน้าที่ลดความร้อนของแก๊สเพื่อให้ผู้ใช้สะดวกต่อการนำแก๊สไปใช้และยืดอายุการทำงานของอุปกรณ์กรองแก๊สและส่งแก๊สที่ได้ไปยังจุดที่ 4เพื่อ

กรองแก๊สโดยการกรองด้วยขี้เลื้อยการกรองแก๊สด้วยวิธีนี้จะสามารถกรองเอาน้ำที่ยังปะปนอยู่ในแก๊สออกได้และทำให้แก๊สมีความสะอาดขึ้นระดับหนึ่งและส่งต่อไปยังจุดที่ 5 โดยจุดนี้จะเป็นการกรองด้วยผ้ากรองที่มีความละเอียดสูงถึง 0.5 ไมครอน การกรองในชั้นนี้ถือมีความสำคัญมากเพราะเป็นการกรองที่มีความละเอียดสูงจะทำให้แก๊สที่ได้นั้นมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นมากอีกด้วย

ขั้นตอนการประกอบ/ติดตั้ง/ใช้งานเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลง

ขั้นตอนที่ 1. การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเป่าอากาศเข้าไปภายในเตา โดยใช้เครื่องเป่าลม (Blower) ขนาด 1200 วัตต์

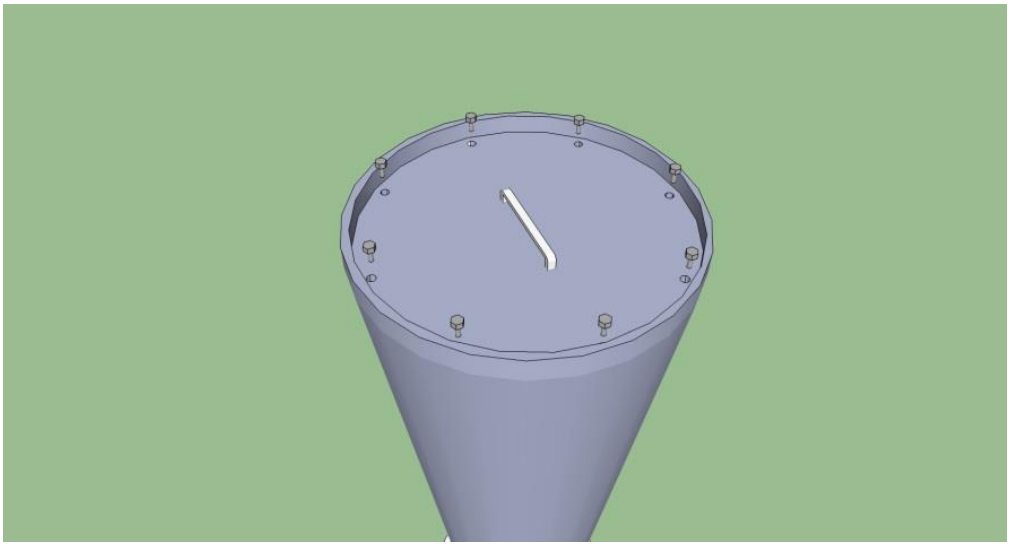


ภาพที่ 25 การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับเป่าอากาศเข้าไปภายในเตา

การทำงานของเตา เชื้อเพลิงจะถูกใส่เชื้อเพลิงจากด้านบน โดยด้านบนของเตาจะมีฝาปิดเปิดเพื่อป้องกันฝุ่นผงออกมาหากไม่มีการปิดฝาอย่างแน่นหนาในการที่จะเข้าไปควบคุมเพื่อเพิ่มลดอัตราการเผาไหม้เพื่อให้ได้แก๊ส ชีวมวลตามที่ต้องการนั้น ต้องอาศัยอากาศหรือ ออกซิเจนเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ตามที่กำหนด หากมีอากาศหรือ ออกซิเจนมากก็จะทำให้เกิดอัตราการเผาไหม้ที่มากตามอากาศที่เข้ามายังห้องเผาไหม้เมื่อมีอัตราการเผาไหม้สูงแก๊สที่ได้ก็จะมีปริมาณมากตามไปด้วยและหากมีการเผาไหม้ที่มีอุณหภูมิมากกว่า 800 องศา

เซลเซียสจะทำให้แก๊สชีวมวลที่ได้นั้นไม่มีเขม่าหรือฝุ่นผง เจือปนออกมากับแก๊สอีกด้วย หากต้องการการควบคุมอากาศในห้องเผาไหม้นั้นจำเป็นต้องมีการติดตั้ง เครื่องเป่าลมเพื่อเป่าลมหรืออากาศเข้าไปยังห้องเผาไหม้ตามที่กำหนด ผ่านช่องอากาศไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้และเมื่อเกิดการเผาไหม้ขึ้นลมจะไหลขึ้นไปด้านบนของเตาเพราะว่าลมจะไหลไปยังที่ๆมีอากาศเย็นกว่าเสมอและเมื่อลมไหลขึ้นไปถึงด้านบนสุดก็จะมีฝาถังกันไม่ให้ลมออกทำให้ลมไหลลงมาด้านล่างและเมื่อลมไหลลงไปยังชั้นแก๊สซิฟิเคชั่นก็จะทำให้เกิดเป็นแก๊สไหลออกไปตามท่อสำหรับแก๊สออก

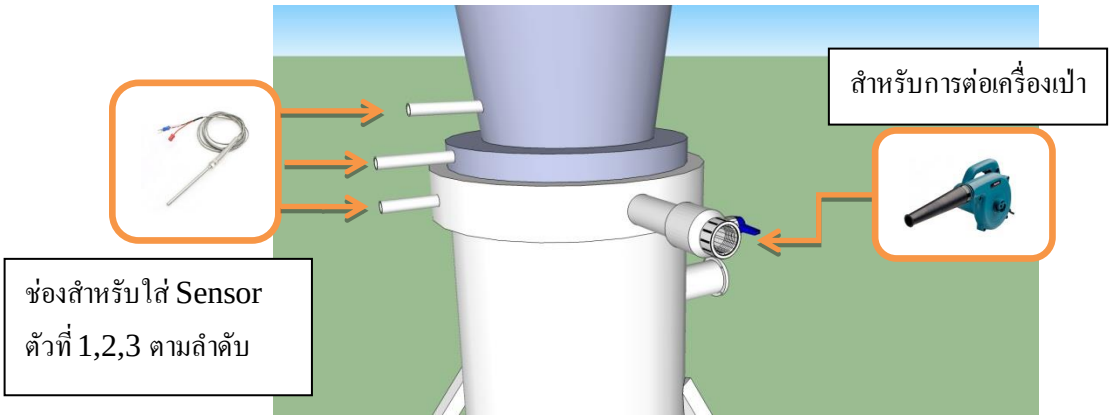
ขั้นตอนที่ 2. การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์ฝาปิดด้านบนปากเตาแก๊สสิไฟเออร์ หลังจากที่มีการบรรจุวัสดุเชื่อมเพลิง (เปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์) ลงไปภายในเตา



ภาพที่ 26 ฝาปิดช่องใส่เชื้อเพลิงของเตาแก๊สซิไฟเออร์

ในระบบเตาผลิตแก๊สแบบแก๊สไหลลงจำเป็นต้องปิดฝาให้มิดชิดเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศไหลออกจากเตาได้เพราะอากาศเป็นสิ่งจำเป็นต่อการเผาไหม้ดังนั้นเตาแก๊สซิไฟเออร์จึงจำเป็นต้องมีฝาปิดที่มิดชิด โดยอากาศจะถูกเปาเข้าไปยังเตา บริเวณเผาไหม้หลังจากนั้นอากาศที่เข้าไปจะร้อนขึ้นและจะดันตัวขึ้นด้านบนเพื่อไปหาอากาศที่เย็นกว่าจากนั้นอากาศจะไหลลงผ่านเชื้อเพลิงซึ่งจะช่วยอบแห้งเชื้อเพลิงอีกระดับหนึ่งด้วยจากนั้นอากาศจะไหลลงมายังบริเวณห้องเผาไหม้และจะรวมตัวกับแก๊สชีวมวลที่ได้ไหลออกผ่านท่อสำหรับแก๊สออกเพื่อไปยังส่วนอื่นต่อไป

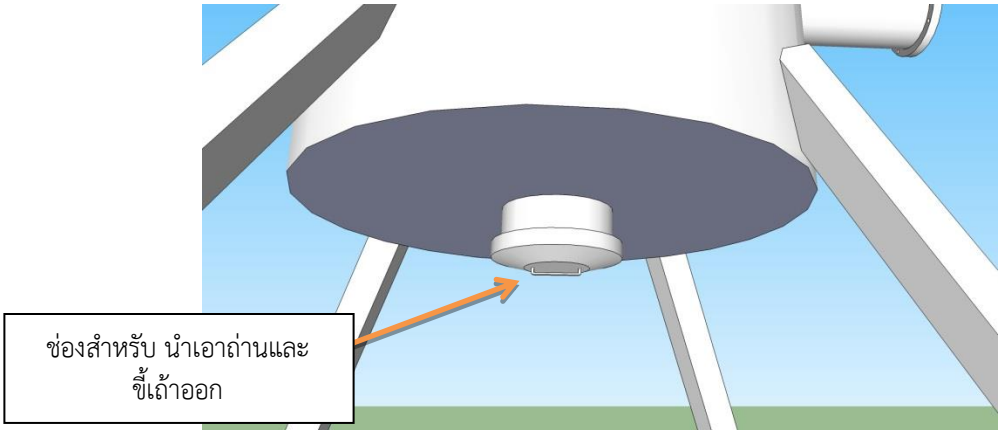
ขั้นตอนที่ 3. การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิ (Senser) ภายในเตาแก๊สสิไฟเออร์ เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์สำรับตรวจเช็คอุณหภูมิภายในเตาเผา (ช่วงปฏิกรณ์)



ภาพที่ 27 การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับวัดอุณหภูมิ (Senser) ภายในเตาแก๊สสีไฟเออร์

จากภาพที่ 27 เครื่องเป่าลมจะมีหน้าที่เพื่อที่จะเปาลมเข้าไปยังเตาในส่วนของการเผาไหม้เพื่อที่จะให้การเผาไหม้ที่ดีขึ้นเมื่อการเผาไหม้ดีก็จะได้แก๊สที่มากขึ้นด้วยส่วนของเซ็นเซอร์ตัวที่1,2,3 จะเป็นตัววัดของแต่ละชั้นของเตา คือ ตัวที่1 คือวัดอุณหภูมิในชั้นอบแห้ง ตัวที่2คือวัดอุณหภูมิในชั้นกลั่นสลาย ตัวที่3คือวัดอุณหภูมิในชั้นเผาไหม้เพื่อที่จะเก็บข้อมูลลงดาต้าล็อคเกอร์

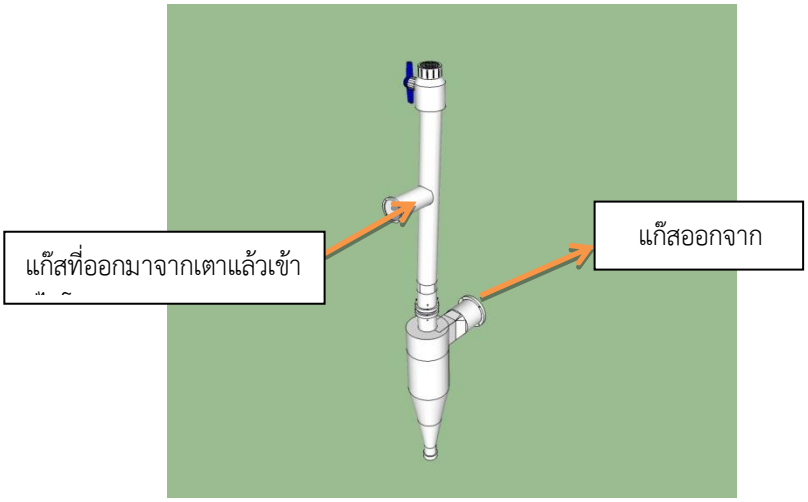
ขั้นตอนที่ 4. การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับวัดฝาสำหรับนำถ่าน/ขี้เถ้าที่เหลือจากการเผาไหม้ออกจากภายในเตาแก๊สสีไฟเออร์



ภาพที่ 28 ช่องสำหรับนำขี้เถ้าออกจากเตา

จากภาพที่ 28 ส่วนนี้จะสามารถเปิดข้างล่างได้ โดยจะเป็นที่ สำหรับนำขี้เถ้าและถ่านที่ได้จากการเผาและได้แก๊สไปแล้ว ออกจากตัวเตาโดยการที่จะเปิดได้เตาต้องไม่ร้อนเนื่องจากจะอันตรายต่อผู้ใช้เองจึงไม่ควรเปิดขณะเผาอยู่หรือขณะที่เตายังร้อน

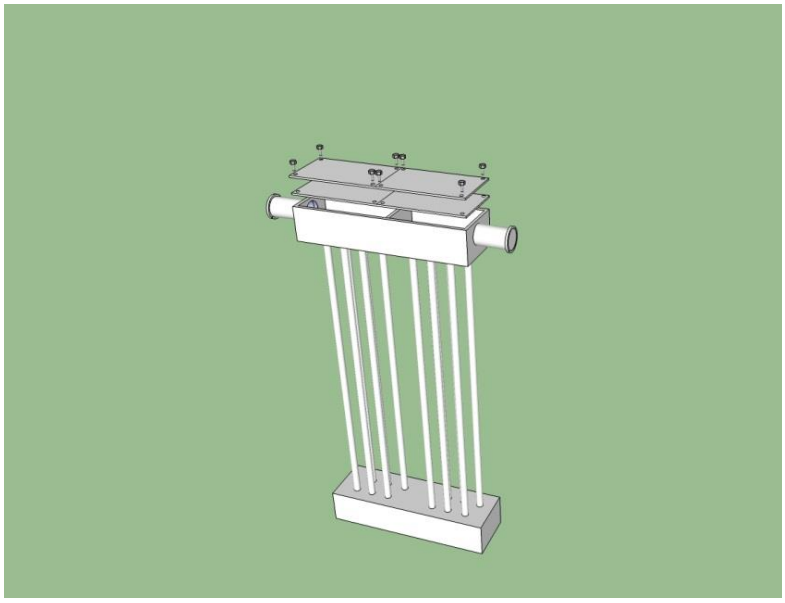
ขั้นตอนที่ 4. การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์ไซโคลนเข้ากับระบบของเตาแก๊สสิไฟเออร์



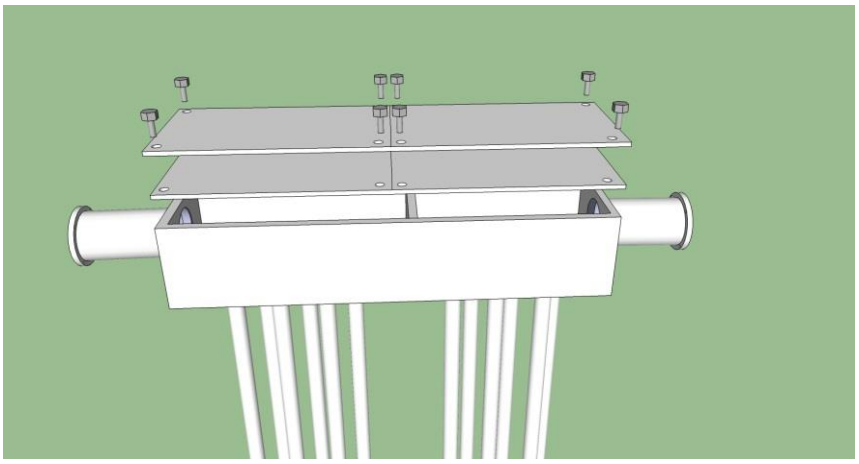
ภาพที่ 29 การติดตั้งไซโคลนทำหน้าที่แยกอนุภาคขนาดใหญ่ออกจากกระแสแก๊ส

จากภาพที่ 29 ไซโคลนจะอยู่ต่อจากเตาเพื่อที่จะทำหน้าที่แยกอนุภาคขนาดใหญ่ออกจากกระแสแก๊ส โดยใช้แรงหนีศูนย์กลางและยังช่วยแยกแก๊สออกจากน้ำมันต่างๆที่ออกมาพร้อมกับแก๊ส

ขั้นตอนที่ 5. การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์คูลเลอร์เข้ากับระบบของเตาแก๊สสิไฟเออร์



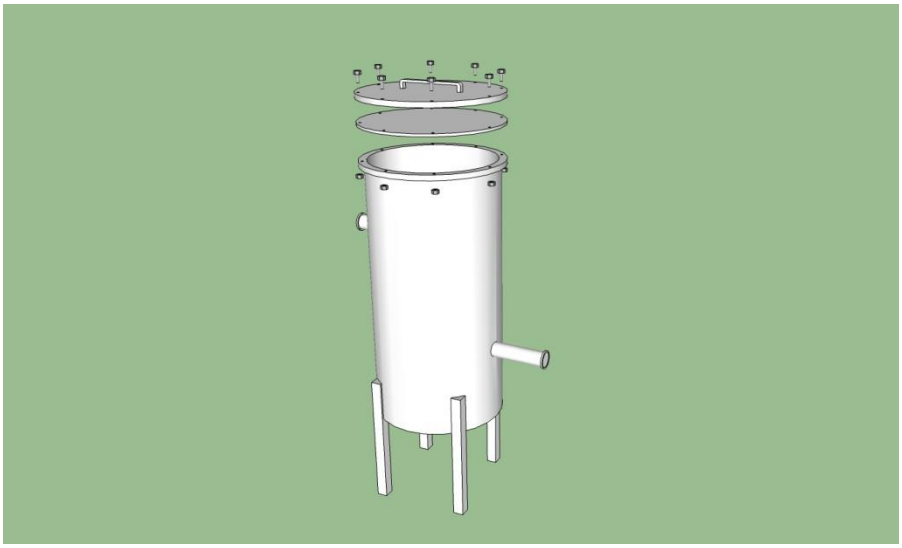
ภาพที่ 30 ระบบคูลเลอร์ที่ติดตั้งร่วมกับเตาแก๊สสิไฟเออร์



ภาพที่ 31 ฝาปิดระบบคูลเลอร์ (ด้านบน)

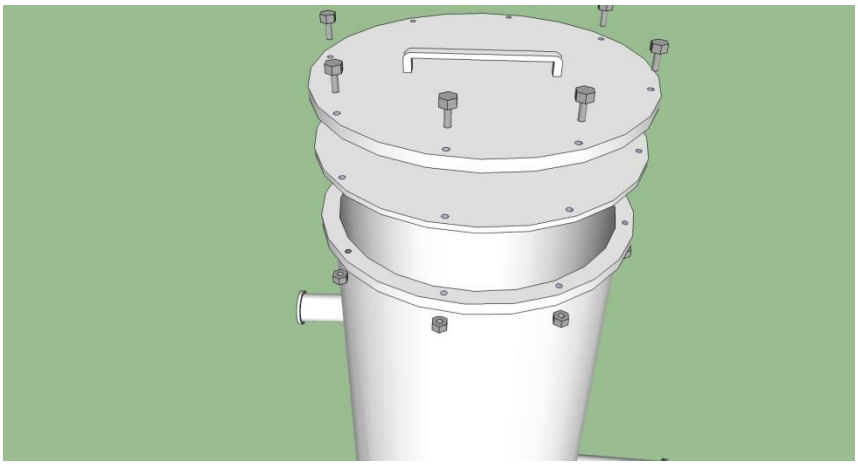
จากภาพที่ 30 และ 31 คูลเลอร์จะทำหน้าที่ลดความร้อนของแก๊ส โดยแก๊สจะไหลผ่านท่อดังภาพภาพและแก๊สจะถ่ายเทความร้อนให้กับท่อที่ไหลผ่านเนื่องจากท่อมีความเย็นกว่ากว่าแก๊ส เมื่อท่อมีความร้อนเพิ่มมากขึ้นจะถ่ายเทความร้อนสู่อากาศที่เย็นกว่าดังนั้นแก๊สที่ไหลผ่านคูลเลอร์จะสามารถลดความร้อนลงได้

ขั้นตอนที่ 5. การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์ชั้นกรองขี้เลื้อย (Saw Dust Filter) เข้ากับระบบเตาแก๊สสีไฟเออร์



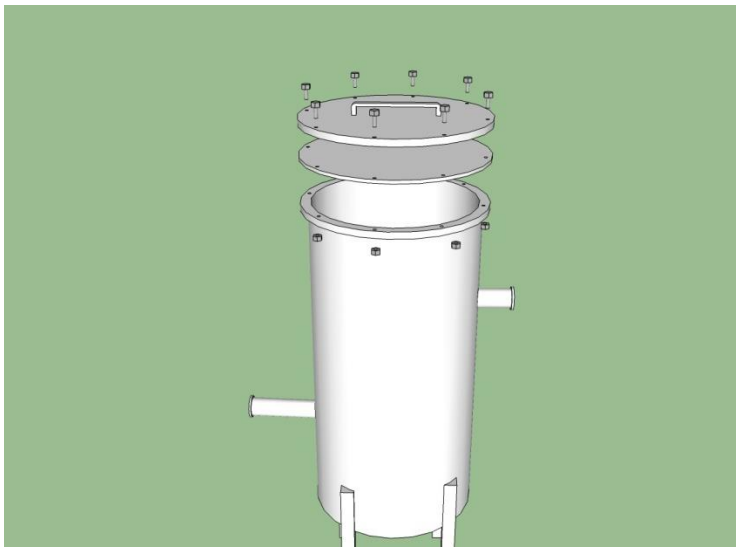
ภาพที่ 32 ชั้นกรองขี้เลื้อย

จากภาพที่ 32 Saw Dust Filter จะมีหน้าที่กรองให้สิ่งที่ปะปนอยู่ในแก๊สหรือกรดต่างๆที่เป็นอันตรายต่อผิวหนังออกจากแก๊สโดยใช้ขี้เลื่อยเป็นตัวกรองแก๊สในชั้นแรกและเพื่อเป็นการเพิ่มอายุการใช้งานของการกรองด้วยผ้ากรองในชั้นถัดไปเพราะในชั้นนี้จะทำการกรองฝุ่นผงที่ปะปนอยู่ในแก๊สที่ยังมีขนาดใหญ่อยู่และส่งไปยังขั้นตอนการกรองขั้นต่อไป



ภาพที่ 33 ฝาของชั้นกรองขี้เลื้อยซึ่งสามารถเปิดเพื่อเปลี่ยนกรองภายในได้

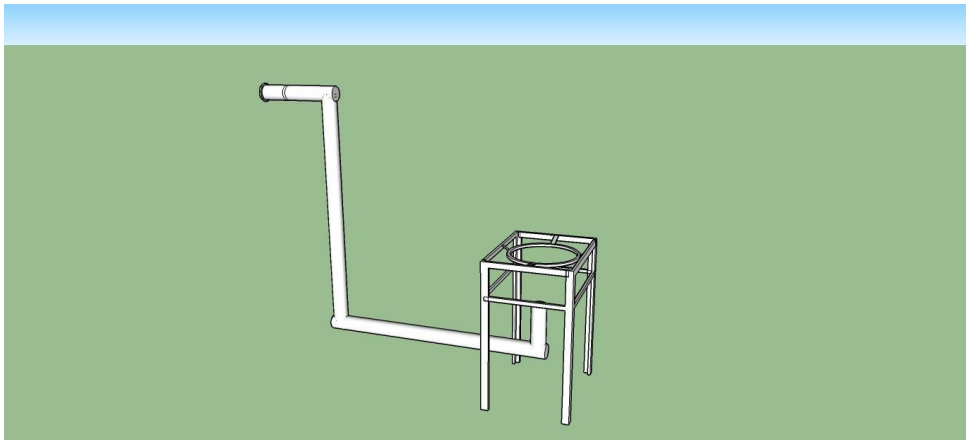
ขั้นตอนที่ 6. การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์ชั้นกรองด้วยผ้า (Bag Filter) เข้ากับระบบเตาแก๊สสิไฟเออร์



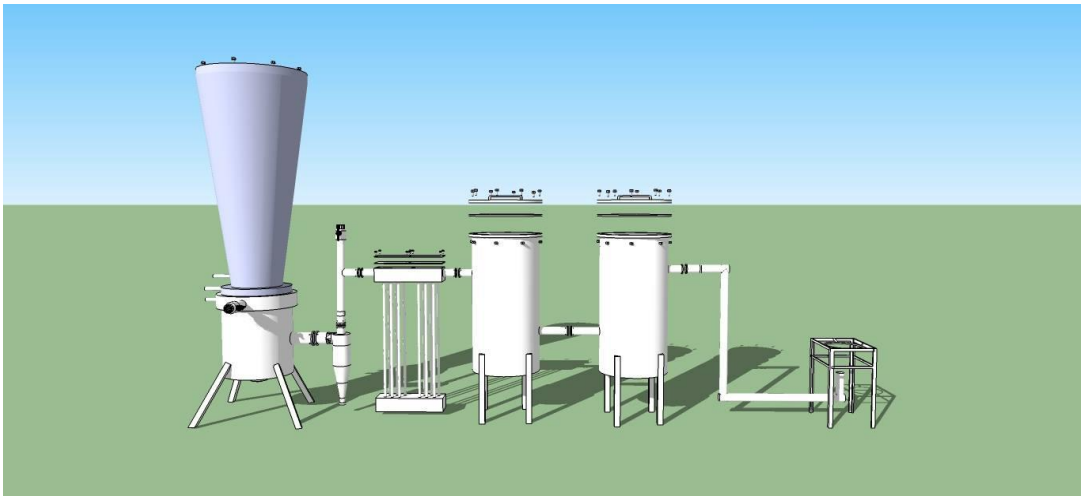
ภาพที่ 34 ชั้นกรองด้วยผ้า

จากภาพที่ 34 ชั้นกรองด้วยผ้าBag Filter จะเป็นการกรองชั้นสุดท้ายคือการกรองด้วยผ้ากรองฝุ่นที่สามารถกรองฝุ่นผงที่มีขนาดละเอียดสามารถกรองเอาฝุ่นผงที่ปะปนอยู่ในแก๊สที่มีขนาดเล็กและส่งแก๊สออกไปเพื่อใช้ประโยชน์ ต่อไป อาทิเช่น การนำไปใช้กับเครื่องยนต์ เพื่อปั่นไฟ ปั่นน้ำ หรือนำไป จุดไฟโดยตรงเพื่อทำประโยชน์อื่นๆ

ขั้นตอนที่ 7. การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์ท่อสำหรับปล่อยแก๊สและขาตั้งหม้อน้ำสำหรับต้มน้ำ เข้ากับระบบเตาแก๊สสิไฟเออร์ เพื่อนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ไปใช้ประโยชน์



ภาพที่ 35 การประกอบ/ติดตั้งอุปกรณ์ท่อสำหรับปล่อยแก๊สและขาตั้งหม้อต้ม



ภาพที่ 36 เตาแก๊สซิไฟเออร์สำหรับเผาเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft Gasifier) ติดตั้งร่วมกับอุปกรณ์ประกอบที่พร้อมนำไปใช้ประโยชน์

2. การผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการอัดด้วยเกลียว (Screw press)

1) การเตรียมถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์ สำหรับนำมาใช้เป็นวัสดุสำหรับผลิตถ่านอัดแท่ง ซึ่งได้นำถ่านจากเปลือกมะมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือจากการเผาโดยใช้เตาเผาเปลือกมะม่วงหิมพานต์แบบประสิทธิภาพสูง (เทคโนโลยีแก๊สซิไฟเออร์แบบเชื้อเพลิงนิ่ง หรือ Fixed bed Gasifier) ที่เผาไหม้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นตัวจะได้ถ่านจากเปลือกมะมะม่วงหิมพานต์ที่คงรูปในลักษณะเดิม และมีบางส่วนที่กลายเป็นขี้เถ้า ดังภาพที่ 37

ภาพที่ 37 ลักษณะถ่านเปลือกมะมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือจากการเผาโดยใช้เตาเผาเปลือกมะม่วงหิมพานต์แบบประสิทธิภาพสูง (เทคโนโลยีแก๊สซิไฟเออร์แบบเชื้อเพลิงนิ่ง หรือ Fixed bed Gasifier)

2) การเตรียมส่วนผสมสำหรับการผลิตถ่านอัดแท่งเปลือกมะม่วงหิมพานต์ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1) นำถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ที่เหลือจากการเผาโดยใช้เตาเผาเปลือกมะม่วงหิมพานต์แบบประสิทธิภาพสูง (เทคโนโลยีแก๊สซิไฟเออร์แบบเชื้อเพลิงนิ่ง หรือ Fixed bed Gasifier) มาบดด้วยเครื่องจนละเอียดเป็นผงถ่าน

ภาพที่ 38 การบดถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์ให้เป็นผงละเอียด

2.2) ทำการผสมส่วนผสมต่างๆที่นำมาใช้ตามสูตรที่กำหนด โดยส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ผงถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์ให้เป็นผงละเอียด ผงแป้งมันสำปะหลัง และน้ำ ซึ่งเป็นการผลิตถ่านอัดแท่งแบบอัดเย็น ตามสัดส่วนดังต่อไปนี้ (ศูนย์วิจัยพลังงาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ : 2555)

- ผงถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์ให้เป็นผงละเอียด 10 กิโลกรัม
- ผงแป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม
- น้ำ 3 ลิตร

ภาพที่ 39 ผงถ่านจากเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์

ภาพที่ 40 การผสมตัวประสาน (ผงแป้งมันสำปะหลัง) ลงไปในถัง

ภาพที่ 41 การผสมตัวประสาน (น้ำ) ลงไปในถังผสม

ภาพที่ 42 ส่วนผสมทั้งหมดที่อยู่ภายในถังผสม

3) การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) ซึ่งเป็นการผลิตถ่านอัดแท่งแบบอัดเย็น ตามส่วนผสมที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งประกอบด้วย ผงถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์ให้เป็นผงละเอียด 10 กิโลกรัม ผงแป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม และน้ำ 3 ลิตร

ภาพที่ 43 การอัดแท่งถ่านอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบเกลียว (Screw press)

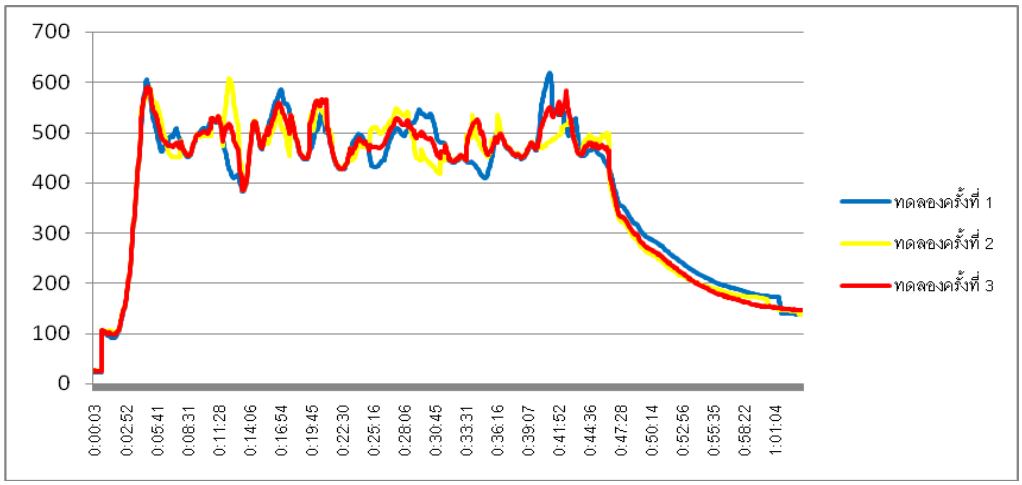
ภาพที่ 44 ลักษณะของถ่านอัดแท่งด้วยเครื่องอัดแบบเกลียว (Screw press)

ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีสำหรับการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน

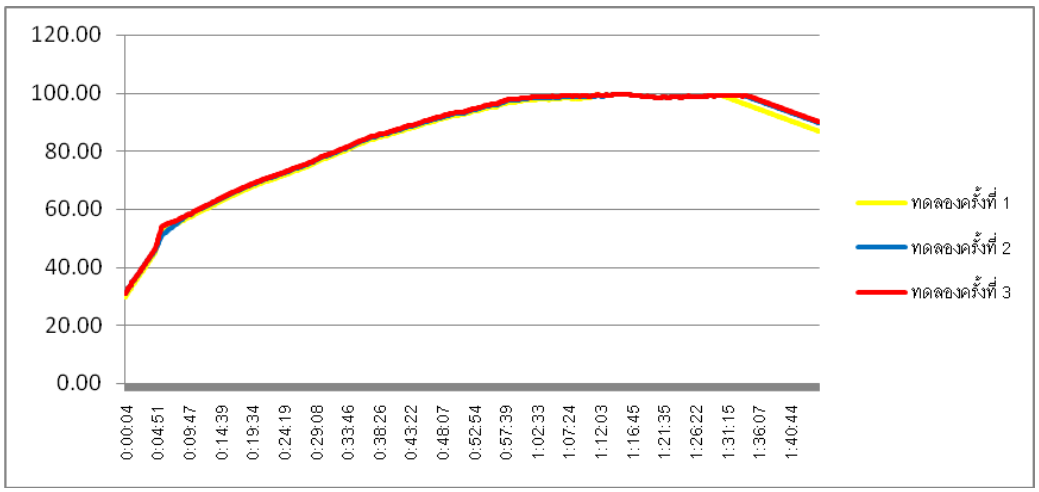
1. ประสิทธิภาพของเตาแก๊สซิไฟเออร์สำหรับเผาเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเชื้อเพลิงแบบไหลลง (Downdraft Gasifier)

ผลจากการทดลองโดยใช้ความเร็วลม 3 ระดับทดลองระดับละ 3 ครั้งด้วยเชื้อเพลิงเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์ 5 กิโลกรัม และนำแก๊สที่ได้จากการทดลองนำไปต้มน้ำ 10,000 ml. เพื่อหาค่าปริมาณน้ำที่หายไปและบันทึกผลการทดลองโดยใช้ระบบบันทึกผลข้อมูลที่ผู้จัดทำออกแบบและสร้างเข้ามาบันทึกผลการทดลองเพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในห้องเผา นอกจากอุณหภูมิในห้องเผาแล้วยังสามารถเก็บอุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนไปเพื่อให้สามารถสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำสรุปผลการทดลองและวิเคราะห์ผลว่าความเร็วลมระดับใดมีประสิทธิภาพมากที่สุดสามารถทำให้น้ำระเหยและเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเร็วที่สุด

1.ความเร็วลมระดับ 1



ภาพที่ 45 กราฟแสดงอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ของความเร็วลมระดับที่ 1



ภาพ 46 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำของแรงลมระดับที่ 1

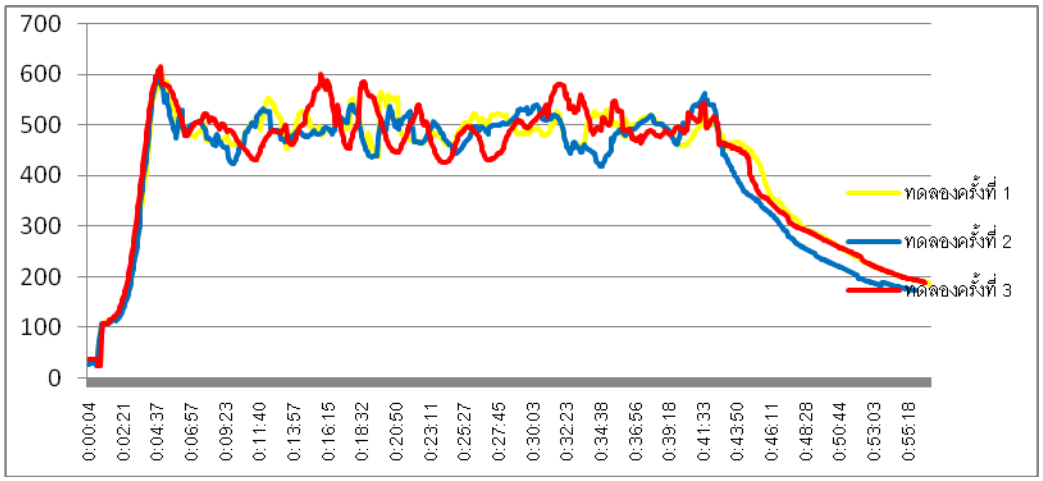
ตาราง 6 ตารางแสดงพลังงานที่ได้และปริมาณน้ำที่หายของระดับแรงลมระดับที่ 1

ครั้งที่	ปริมาณน้ำที่หายไป		พลังงานที่ได้		ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ
	Milliliter (ml.)	เวลา (นาที)	Joule (KJ)	Kilowatt/hour (kWh)		
1	2600	48	623.214	0.173	39.096	504.001
2	2450	47	611.854	0.170	36.725	493.375
3	2600	47	636.474	0.176	44.990	491.250
ค่าเฉลี่ย	2550	47	628.267	0.174	40.270	496.208

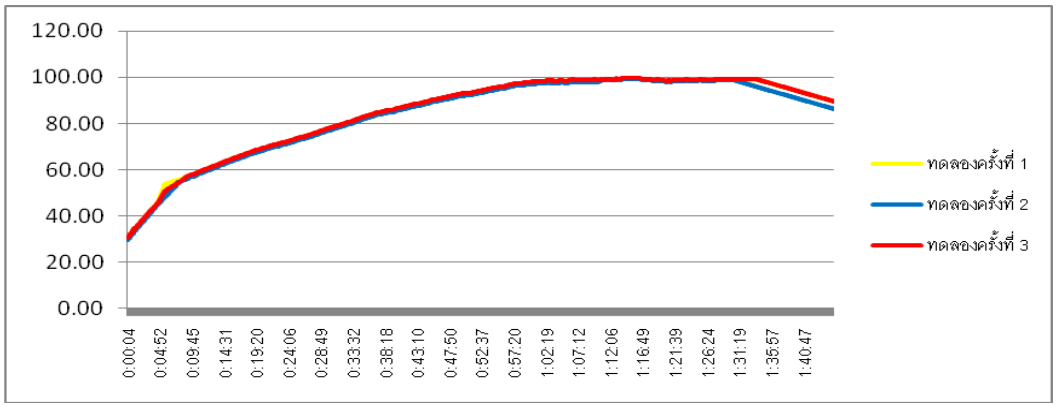
สรุปผลการทดลองความเร็วลมระดับ 1

จากกราฟจะแสดงให้เห็นอุณหภูมิภายในเตามีอุณหภูมิไม่คงที่อุณหภูมิภายในห้องเผานั้นจะอยู่ในช่วง 400-600 องศา อุณหภูมิภายในเตามีอัตราการแกว่งขึ้นลง อุณหภูมิขาขึ้นเมื่อขึ้นถึงระดับ 500-600 องศา อุณหภูมิจะค่อยๆลดลงมาอยู่ในช่วง 470 – 400

2.ความเร็วลมระดับ 2



ภาพที่ 47 กราฟแสดงอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ของความเร็วลมระดับที่ 2



ภาพที่ 48 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำของแรงลมระดับที่ 2

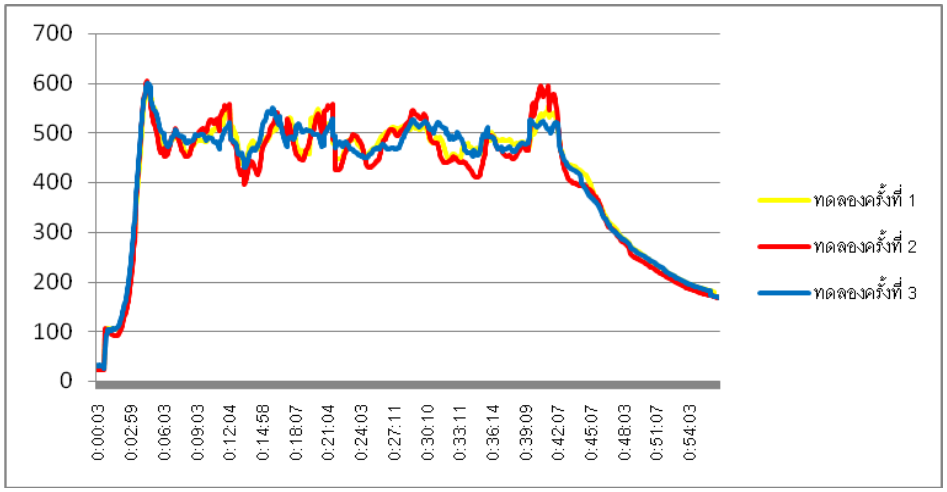
ตารางที่ 7 ตารางแสดงพลังงานที่ได้และปริมาณน้ำที่หายของระดับแรงลมระดับที่ 2

ครั้งที่	ปริมาณน้ำที่หายไป		พลังงานที่ได้		ค่า	ค่า
	Milliliter (ml.)	เวลา (นาที)	Joule (KJ)	Kilowatt/hour (kWh)	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ยอุณหภูมิ
1	2100	40	651.428	0.181	10.081	491.925
2	2200	38	706.015	0.196	28.594	482.179
3	1900	39	628.571	0.174	36.749	523.125
ค่าเฉลี่ย	2066.66	39	661.537	0.183	25.141	499.256

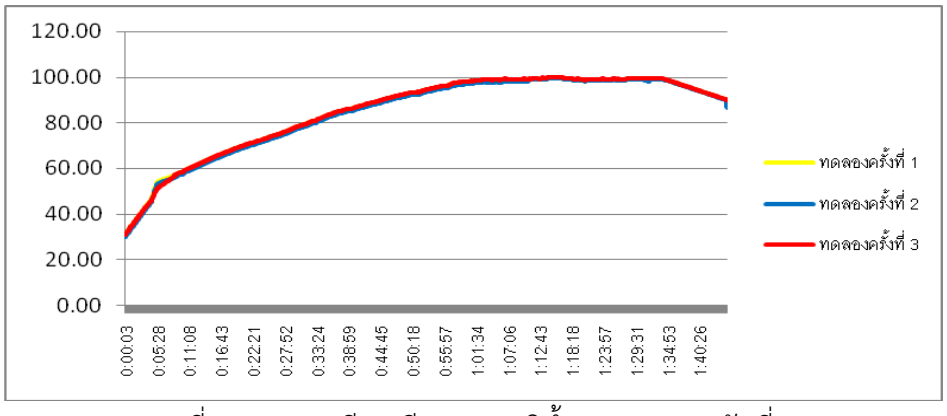
สรุปผลการทดลองความเร็วลมระดับ 2

จากการทดลองด้วยความเร็วระดับที่ 2 กราฟที่ได้นั้นยังมีอัตราการแกว่งขึ้นลงของอุณหภูมิ จากการทดลองสังเกตได้ว่าช่วงต่ำสุดของอุณหภูมิในห้องผาเมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วลมระดับที่ 1 ความเร็วลมระดับที่ 2 มีอุณหภูมิขั้นต่ำมากกว่าความเร็วลมระดับที่ 1 โดยช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำสุดของความเร็วลมระดับที่ 2 เฉลี่ยอยู่ที่ 425 องศา ส่วนความเร็วลมระดับที่ 1 นั้นมีช่วงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 400 องศา จึงสรุปได้ว่าความเร็วลมระดับที่ 2 นั้นทำให้อุณหภูมิภายในเตาสูงขึ้นและพลังงานความร้อนที่ได้เฉลี่ยแล้วใช้เวลาในการเกิดแก๊ส 39 นาที ซึ่งน้อยกว่าความเร็วลมระดับที่ 1 แต่สามรถทำน้ำให้น้ำระเหยได้เฉลี่ยถึง 2066.66 ml. แสดงให้เห็นว่าความเร็วลมระดับที่ 2 มีประสิทธิภาพมากกว่าความเร็วลมระดับที่ 1 ส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำนั้นมีความแตกต่างกันน้อยมากหากเทียบกันอุณหภูมิของน้ำมีการเพิ่มขึ้นอย่างคงที่ แต่อุณหภูมิน้ำของความเร็วลมระดับที่ 2 นั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเร็วจึงทำให้น้ำระเหยได้เร็วกว่าความเร็วลมระดับที่ 1 จากการสังเกตเปลวไฟด้วยสายตาของผู้ทดลองทำให้เห็นว่าเปลวไฟในระดับที่ 2 มีเปลวไฟที่สูงและแรงกว่าเปลวไฟของการใช้ความเร็วลมระดับที่ 1 จึงทำให้เห็นว่าเชื้อเพลิงเม็ดมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณของก๊าสชีวมวลที่มากกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น

3.ความเร็วลมระดับ 3



ภาพที่ 49 กราฟแสดงอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ของความเร็วลมระดับที่ 3



ภาพที่ 50 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิน้ำของแรงลมระดับที่ 3

ตารางที่ 8 ตารางแสดงพลังงานที่ได้และปริมาณน้ำที่หายของระดับแรงลมระดับที่ 3

ครั้งที่	ปริมาณน้ำที่หายไป		พลังงานที่ได้		ค่า	ค่า
	Milliliter (ml.)	เวลา (นาที)	Joule (KJ)	Kilowatt/hour (kWh)	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ยอุณหภูมิ
1	1300	45	441.904	0.122	26.565	501.023
2	1200	45	424.761	0.118	44.465	497.148
3	1300	44	451.948	0.125	23.912	484.650
ค่าเฉลี่ย	1266.66	45	436.189	0.121	31.650	494.274

สรุปผลการทดลองความเร็วลมระดับ 3

จากการทดลองด้วยความเร็วระดับที่ 3 ผู้ทดลองได้สังเกตเปลวไฟด้วยตาเปล่าจะเห็นได้ว่าเปลวไฟนั้นมีปริมาณมากกว่าทุกระดับความเร็วลม แต่กลับได้ปริมาณพลังงานในการต้มน้ำที่น้อยกว่าความเร็วลมระดับอื่นๆ สาเหตุคือการต้มน้ำไม่สามารถเอาพลังงานความร้อนของการใช้ความเร็วลมระดับที่ 3 ไปใช้ได้อย่างสมบูรณ์จึงทำให้น้ำระเหยได้น้อยกว่าการใช้ความเร็วลมระดับอื่นๆ จึงสรุปไปได้ว่าการใช้ความเร็วลมที่มีระดับสูงไม่เหมาะสมกับเตาแก๊สซิไฟเออร์

2. ประสิทธิภาพของเครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการอัดด้วยเกลียว (Screw press)

2.1 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) สามารถสรุปผลการทดสอบ ดังแสดงไว้ตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) **เมื่อทำการผลิตถ่านอัดแท่งความยาว 20 เซนติเมตร**

ครั้งที่	อัตราส่วนผสม			เวลาที่ใช้ในการอัดแท่ง (วินาที)	น้ำหนักถ่านอัดแท่งต่อความยาว (ก.ก.)	ปริมาณการอัดแท่งต่อ 8 ชั่วโมง (ก.ก.)
	ผงถ่านฯ (ก.ก.)	ผงแป้งมัน (ก.ก.)	น้ำ (ลิตร)			
1	10	1	3	30.12	0.398	475.30
2	10	1	3	31.05	0.388	474.33
3	10	1	3	30.17	0.400	474.45
4	10	1	3	29.98	0.392	475.32
5	10	1	3	30.06	0.395	475.43
เฉลี่ย				30.276	0.3946	474.966

จากตารางที่ 9 แสดงถึงผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) เมื่อทำการผลิตถ่านอัดแท่งความยาว 20 เซนติเมตร จากการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตถ่านอัดแท่งจำนวน 5 ครั้ง โดยส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ผงถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์ให้เป็นผงละเอียด 10 กิโลกรัม ผงแป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม และ น้ำ 3 ลิตร พบว่า เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ มีประสิทธิภาพการอัดแท่งโดยใช้เวลาเฉลี่ยที่ 30.276 วินาที น้ำหนักถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้เฉลี่ย 0.3946 กิโลกรัมต่อการผลิตถ่านอัดแท่งในระยะความยาว 20 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อคิดเวลาในการผลิตถ่านอัดแท่งในระยะเวลา 8 ชั่วโมงการทำงาน พบว่าสามารถผลิตถ่านอัดแท่งได้เฉลี่ย 474.966 กิโลกรัมต่อ 8 ชั่วโมงการทำงาน

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) **เมื่อทำการผลิตถ่านอัดแท่งในระยะเวลา 1 ชั่วโมงการทำงาน**

ครั้งที่	อัตราส่วนผสม			ร้อยละของค่าความชื้น	ค่าความหนาแน่น (ก.ก./ลบ.ม.)	ปริมาณการอัด (ก.ก./ชั่วโมง)
	ผงถ่านฯ (ก.ก.)	ผงแป้งมัน (ก.ก.)	น้ำ (ลิตร)			
1	10	1	3	40	654.31	59.96
2	10	1	3	42	653.78	60.03
3	10	1	3	40	655.02	60.06
4	10	1	3	41	654.45	59.97
5	10	1	3	41	655.10	60.07
เฉลี่ย				40.80	654.53	60.01

จากตารางที่ 10 แสดงถึงผลจากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) เมื่อทำการผลิตถ่านอัดแท่งในระยะเวลา 1 ชั่วโมงการทำงาน จากการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตถ่านอัดแท่งจำนวน 5 ครั้ง โดยส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ผงถ่านเปลือกมะม่วงหิมพานต์ให้เป็นผงละเอียด 10 กิโลกรัม ผงแป้งมันสำปะหลัง 1 กิโลกรัม และ น้ำ 3 ลิตร พบว่า เครื่องผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์สามารถผลิตถ่านอัดแท่งที่มีค่าความชื้นเฉลี่ย 40.80 % มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 654.53 กิโลกรัม/ลบ.ม. และมีอัตราการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ได้ในอัตราเฉลี่ย 60.01 กิโลกรัม/ชั่วโมง

2.2 การวิเคราะห์ต้นทุนค่ากระแสไฟฟ้าจากการใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

เครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) ออกแบบให้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลังขนาด 10.4 แอมแปร์ โดยในขณะที่เครื่องฯทำงานโดยมีโหลด อัตราการกินกระแส 3.4 Amp แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ซึ่งสามารถคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการทำงานได้ดังนี้

จากสมการ $P = \frac{IE}{1000}$ กิโลวัตต์/ชั่วโมง

กำหนด P = กำลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ไป

I = ค่ากระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)

E = แรงดัน (โวลต์)

แทนค่า $P = \frac{3.4 \times 220}{1000}$

$= 0.748$ กิโลวัตต์/ชั่วโมง

ดังนั้นมอเตอร์ไฟฟ้าของเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) ขณะที่เครื่องฯทำงานโดยมีโหลดใช้กำลังไฟฟ้า = 0.748 กิโลวัตต์/ชั่วโมง ในการคิดค่าไฟฟ้าผู้วิจัยใช้เวลาในการทำงานเป็นชั่วโมง, วัน, และเดือน โดยมีรายละเอียดดังนี้ (หน่วยการใช้ไฟฟ้า 1 หน่วย = 1 กิโลวัตต์/ชั่วโมง : การใช้ไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปี 2557) ดังนี้

1. จำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าเมื่อเครื่องทำงาน 1 ชั่วโมง

= 0.748 หน่วย

2. จำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าเมื่อเครื่องทำงาน 1 วัน (8 ชั่วโมง)

= 0.748 x 8

= 5.984 หน่วย

3. จำนวนหน่วยการใช้ไฟฟ้าเมื่อเครื่องทำงาน 1 เดือน (30 วัน)

= 5.984 x 30

= 179.52 หน่วย

จากการคิดค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค แบบประเภทที่ 1 สำหรับบ้านอยู่อาศัยใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 บาทต่อเดือน สามารถคิดค่าไฟฟ้าได้ดังนี้

หน่วยที่ 1 – 150 หน่วยละ = 1.8047 บาท

หน่วยที่ 151 - 400 หน่วยละ = 2.7781 บาท

หน่วยที่ 400 หน่วยขึ้นไปหน่วยละ = 2.9780 บาท

ค่า Ft ของเดือน กันยายน – เดือนธันวาคม = 0.4683 บาท

1. ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าเมื่อใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 1 ชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าหน่วยที่ 0-150 = 0.784(1.8047+0.4683)

= 3.900 บาท

รวมภาษี(VAT 7%) = 3.900+ (3.900 ×0.07)

= 1.78 บาท/ชั่วโมง

2. ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าเมื่อใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 1 วัน (8 ชั่วโมง)

ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าหน่วยที่ 0-150 = 5.984(1.8047+0.4683)

= 13.60 บาท

รวมภาษี(VAT 7%) = 13.60+(13.60 × 0.07)

= 14.55 บาท/วัน

3. ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าเมื่อใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 1 เดือน (30 วัน)

ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าหน่วยที่ 400 ขึ้นไป = 179.52 (2.7781+0.4683)

= 582.79 บาท

รวมภาษี(VAT 7%) = 582.79+(582.79×0.07)

= 623.58 บาท/เดือน

จากผลการวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาต้นทุนค่ากระแสไฟฟ้าเมื่อมีการใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) ที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลังขนาด 10.4 แอมแปร์ โดยในขณะที่เครื่องฯทำงานโดยมีโหลด อัตราการกินกระแส 3.4 Amp แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ซึ่งผลจากการคำนวณพบว่าเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ด้วยหลักการการอัดด้วยเกลียว (Screw press) ใช้กำลังไฟฟ้า = 0.748 กิโลวัตต์/ชั่วโมง และมีค่าใช้จ่ายไฟฟ้าเมื่อใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ในเวลา 1 ชั่วโมง เท่ากับ 1.78 บาท/ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าเมื่อใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 1 วัน (8 ชั่วโมง) เท่ากับ 14.45 บาท/วัน และมีค่าใช้จ่ายไฟฟ้าเมื่อใช้งานเครื่องอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 1 เดือน (30 วัน) เท่ากับ 623.58 บาท/เดือน

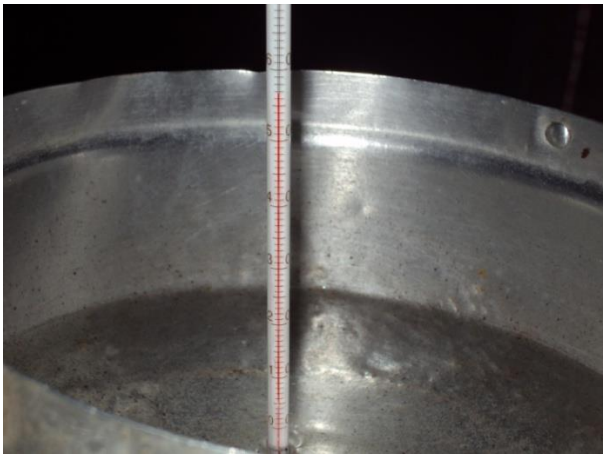
2.3 การวิเคราะห์/ทดสอบประสิทธิภาพด้านการใช้งานของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

สำหรับการประเมินคุณสมบัติของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ผู้วิจัยใช้การศึกษาประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ โดยการนำแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ทางตากแดดจนแห้งสนิท มาศึกษาประสิทธิภาพในการหุ้มต้ม โดยการทดสอบกับการต้มน้ำ ซึ่งใช้หม้ออลูมิเนียมเบอร์ 20 พร้อมกับฝาปิด และเตาหุ้มต้มโดยใช้น้ำในปริมาตร 1,525.90 กรัม (ปริมาตรของน้ำคิดเป็น ¾ ของปริมาณความจุของหม้อ) และนำแท่งเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ปริมาณ 500 กรัม มาทำการทดสอบ เพื่อสังเกตการณ์ประทุของถ่าน ปริมาณควันของถานขณะที่ติดไฟ จับเวลาและวัดอุณหภูมิของน้ำจนถึงจุดเดือด ดังแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ไว้ดังตารางที่ 51

ภาพที่ 51 ถ่านเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เริ่มติดไฟ

ภาพที่ 52 ถ่านเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ติดไฟหลังจากหลังจากติดไฟแล้ว 15 นาที

ภาพที่ 53 ถ่านเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ติดไฟและให้ความร้อนเต็มที่



ภาพที่ 54 การวัดอุณหภูมิของน้ำเดือดที่ต้มด้วยถ่านเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

ภาพที่ 55 ถ่านเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เริ่มมอดไฟ (หลังจากการเผาไหม้)

ตารางที่ 11 แสดงค่าประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

ค่าที่ใช้ในการคำนวณและผลการทดลองที่ได้	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป	799.30 กรัม	753.47 กรัม	776.39 กรัม
น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่	726.60 กรัม	772.43 กรัม	749.52 กรัม
น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิ	500 กรัม	500 กรัม	500 กรัม
ระยะเวลาที่ใช้ต้มน้ำจนเดือด	14 นาที	15 นาที	14.5 นาที
ระยะเวลาที่ใช้ไปทั้งหมด	44 นาที	45 นาที	44.5 นาที
อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ	32 (℃)	32 (℃)	32 (℃)
ค่าความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิง	4280 cal/g	4280 cal/g	4280 cal/g
งานที่ทำได้	1.60	1.51	1.56
อัตราการเผาไหม้	11.36 g/นาที	11.11 g/นาที	11.24 g/นาที
ค่าประสิทธิภาพการใช้งาน	17.04%	16.24%	16.64%
การแตกประทุของถ่าน	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การติดไฟ	ดีมาก	ดีมาก	ดีมาก
ควัน	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย	มีเล็กน้อย
เขม่า	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

จากตารางที่ 11 เป็นผลจากการทดสอบเพื่อหาค่าประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ โดยการทดสอบการเผาไหม้จำนวนสองครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆที่มีผลกับประสิทธิภาพการใช้งานของถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ผลจากการทดสอบจะเห็นว่าถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์สามารถทำให้น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไปเฉลี่ย 776.39 กรัม น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่มีค่าเฉลี่ย 749.52 กรัม น้ำหนักถ่านที่ใช้สุทธิเฉลี่ย 500 กรัม ระยะเวลาที่ใช้ต้มน้ำจนเดือดเฉลี่ย 14.5 นาที

ระยะเวลาที่ใช้ไปทั้งหมดเฉลี่ย 44.5 นาที ค่าอุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟเฉลี่ย32 ℃ ค่าความร้อนจากการสันดาปของเชื้อเพลิงเฉลี่ย 4280 cal/g ค่างานที่ทำได้เฉลี่ย1.56 อัตราการเผาไหม้เฉลี่ย 11.24 g/นาที ค่าประสิทธิภาพการใช้งานเฉลี่ย16.64% ไม่มีการแตกประทุของถ่าน การติดไฟอยู่ในระดับที่ดีมาก ควันที่เกิดขึ้นขณะเผาไหม้มีบางเล็กน้อยและไม่มีเขม่าขณะเผาไหม้

2.4 การคำนวณค่างานที่ได้ อัตราการเผาไหม้ และประสิทธิภาพการใช้งานของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ จากสูตรการคำนวณดังนี้

1) ค่างานที่ได้ = น้ำหนักของน้ำที่ระเหยไป / น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ

เมื่อแทนค่า = 760.34 (กรัม) / 500 (กรัม)

= 1.52 กรัม

2) อัตราการเผาไหม้ = น้ำหนักของถ่านที่ใช้สุทธิ (กรัม) / ระยะเวลาที่ใช้ไปทั้งหมด (นาที)

เมื่อแทนค่า = 500 / 48

= 10.41 กรัม/นาที

3) ประสิทธิภาพการใช้งาน $H_u = \frac{[MC_p(T_2-T_1)] + [(M-M_1)L] \times 100}{(M_f H_1 + M_k H_2)}$

เมื่อกำหนดให้

H_u	คือ	ประสิทธิภาพการใช้งาน (%)
M	คือ	น้ำหนักน้ำเริ่มต้น (กรัม)
M_1	คือ	น้ำหนักน้ำที่เหลืออยู่ (กรัม)
M_f	คือ	น้ำหนักเชื้อเพลิง(ถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์)
M_k	คือ	น้ำหนักเชื้อไฟ (เศษไม้ เศษถ่าน)
C_p	คือ	ความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 1 แคลอรี/กรัม
T_1	คือ	อุณหภูมิของน้ำก่อนตั้งไฟ (องศาเซลเซียส)
T_2	คือ	อุณหภูมิของน้ำเดือด (องศาเซลเซียส)
L	คือ	ความร้อนแฝงของน้ำ เท่ากับ 540 แคลอรี/กรัม
H_1	คือ	ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงฯ
H_2	คือ	ค่าความร้อนของเชื้อไฟ ที่มีค่าเท่ากับ 4280 แคลอรี/กรัม

$$\text{เมื่อแทนค่า} = \frac{[1525.90 \times 1\ (95-32)] + [(1525.90-749.52) \times 540] \times 100}{(500 \times 6022+20 \times 4280)}$$

$$= \frac{[1525.90\ (63)] + [776.38 \times 540] \times 100}{3011000+85600}$$

$$= \frac{[96131.7+419245.2] \times 100}{3096600}$$

$$= \frac{515376.9 \times 100}{3096600} = 16.64$$

ค่าประสิทธิภาพการใช้งานเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 16.64

2.5 การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ต้นทุนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ในปริมาณ 1 กิโลกรัม สามารถคำนวณได้ดังนี้

1) ค่าวัตถุดิบเปลือกมะม่วงหิมพานต์ดิบ 10 กิโลกรัม x 0.5 บาท = 5 บาท (เผาถ่านได้ในปริมาณ 2.5 กิโลกรัม คิดเป็นผลผลิตร้อยละ 25)

2) ค่าไฟฟ้าในการเดินระบบของเครื่องอัดแท่ง 1.78 บาท/ชั่วโมง (ประสิทธิภาพการผลิตถ่านได้ 15 กิโลกรัม/ชั่วโมง เมื่อคิดต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อการผลิตถ่าน 1 กิโลกรัม = 1.78 /15 = 0.11 บาทต่อกิโลกรัม

3) ค่าแรงในการอัดแท่ง = 3 บาท /กิโลกรัม

รวมต้นทุนในการผลิต (1+2+3) = 8.11 บาท/กิโลกรัม ซึ่งถ่านอัดแท่งที่จำหน่ายโดยทั่วไปจะมีราคาขายที่กิโลกรัมละ 12 บาท ดังนั้นหากมีการผลิตเพื่อจำหน่ายผู้ผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ จะมีกำไรเมื่อหักต้นทุนการผลิต (ราคาขาย-ต้นทุนรวมการผลิต) = 12-8.11 บาท ดังนั้นเท่ากับว่าจะมีกำไรคิดเป็น 3.89 บาท/กิโลกรัม

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนโดยการอาศัยข้อมูลการทดสอบเครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่สร้างขึ้น ซึ่งมีอัตราการอัดแท่ง 60 กิโลกรัม/ชั่วโมง หรือผลิตถ่านได้ 15 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยทำงานวันละ 8 ชั่วโมง เฉลี่ย 6 วันต่อสัปดาห์ หรือประมาณ 2,500 ชั่วโมง/ปี จะทำให้มีกำลังการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ 37,500 กิโลกรัม/ปี ซึ่งสามารถคิดรายละเอียดการลงทุนและผลต่อแทนในการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ได้ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 รายละเอียดการลงทุนและผลต่อแทนการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

ค่าใช้จ่ายคงที่		**ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบการผลิตถ่านอัดแท่งต่อปี**	
เงินลงทุน	จำนวนเงิน (บาท)	รายการค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)
ค่าก่อสร้างโรงเรือน	40,000	ค่าวัตถุดิบ	100,000
ค่าเครื่องถ่านอัดแท่ง	30,000	ค่าไฟฟ้า ต่อเดือน= 623.58 x12	7,482
ค่าเครื่องผสม	20,000	ค่าแรงงาน	112,500
ค่าภาษีร้อยละ 7	6,300	ค่าซ่อมบำรุง	15,000
		ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด	10,000
		รวมค่าใช้จ่ายต่อปี	**244,982**
		รายได้ต่อปี จากการข่ายถ่านอัดแท่งที่ผลิตได้ 37,500กิโลกรัม/ปี (ราคา12 บาท/กิโลกรัม)	**450,000**
เงินลงทุนสุทธิ	**96,300**	**รายได้สุทธิต่อปี**	**205,018**

ระยะเวลาในการคืนทุน = เงินลงทุนสุทธิ/รายได้สุทธิต่อปี
= 96,300/205,018
= 0.46 ปี หรือ 5.6 เดือน

จากตารางที่ 12 เป็นผลการวิเคราะห์รายละเอียดการลงทุนและผลต่อแทนการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งจะต้องใช้เงินลงทุนสุทธิเท่ากับ 96,300 บาท และมีค่าใช้จ่ายรวมค่าใช้จ่ายต่อปี 244,982 บาท โดยผู้ผลิตจะมีรายได้ต่อปีจากการขายถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ ที่ผลิตได้เท่ากับ 450,000 บาท/ปี ซึ่งเมื่อหักค่าใช้จ่ายจากลงทุนแล้วจะมีรายได้สุทธิจากการผลิตถ่านเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ เท่ากับ 205,018 บาท/ปี และจากการวิเคราะห์ระยะเวลาในการคืนทุนแล้ว ผู้ผลิตจะมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 0.46 ปี หรือ 5.6 เดือน

แบบประเมินตนเองด้านความรู้ความเข้าใจเทคโนโลยีการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน เพื่อการพึ่งพาตนเองด้านพลังงานตามแนวพระราชดำริ

1. จงบอกความสำคัญ/ประโยชน์ของการจัดการเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์เหลือทิ้งจากการแปรรูปโดยการนำมาใช้ประโยชน์ด้วยการแปรรูปเป็นพลังงานที่เหมาะสมกับชุมชน

.....

.....

.....

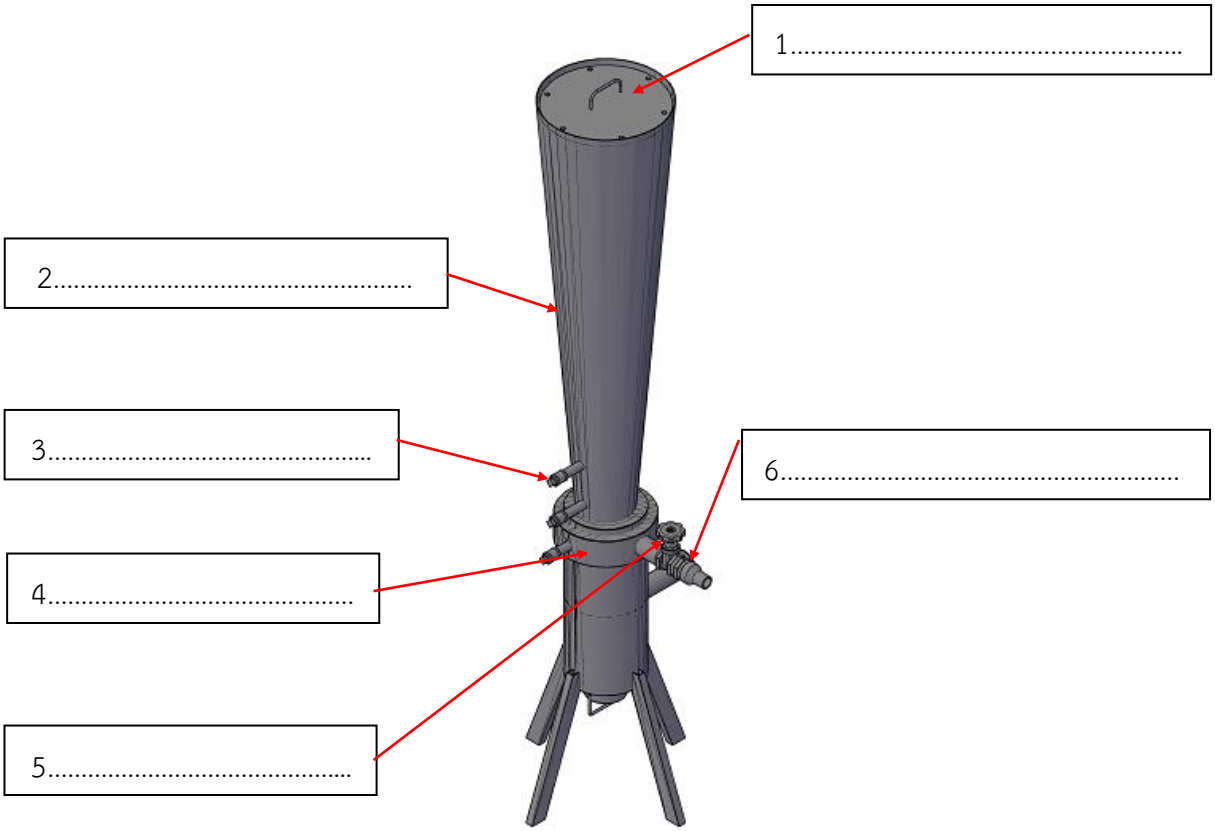
.....

.....

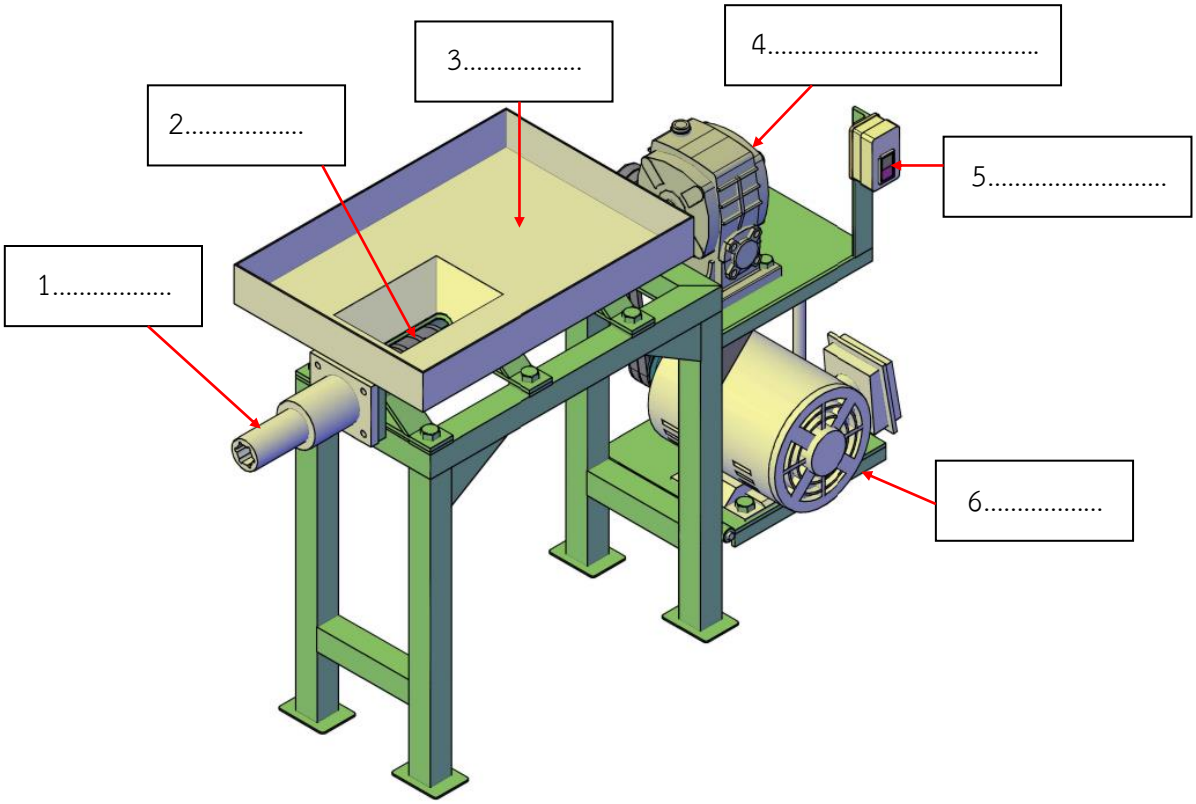
.....

2. จงเติมส่วนประกอบของเทคโนโลยีสำหรับการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน ที่ประกอบไปด้วย

2.1 เตาแก๊สซิไฟเออร์เพื่อใช้สำหรับเผาเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเชื้อเพลิงไหลลง (Downdraft Gasifier)



2.2 เครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ด้วยหลักการอัดด้วยเกลียว (Screw press)



3. จงอธิบายวิธีการใช้งานของเทคโนโลยีสำหรับการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน ที่ประกอบไปด้วย

3.1 เตาแก๊สซิไฟเออร์เพื่อใช้สำหรับเผาเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเชื้อเพลิงไหลลง (Downdraft Gasifier)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.2 เครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ด้วยหลักการอัดด้วยเกลียว (Screw press)

.....

.....

.....

.....

4. จงอธิบายวิธีการบำรุงรักษาของเทคโนโลยีสำหรับการผลิตพลังงานเชื้อเพลิงชีวมวลจากเศษเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปสำหรับใช้เป็นแหล่งพลังงานในชุมชน ที่ประกอบไปด้วย

4.1 เตาแก๊สซิไฟเออร์เพื่อใช้สำหรับเผาเปลือกเม็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเชื้อเพลิงไหลลง (Downdraft Gasifier)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.2 เครื่องผลิตเชื้อเพลิงประเภทถ่านอัดแท่งจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ด้วยหลักการอัดด้วยเกลียว (Screw press)

.....

.....

.....

.....

5. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารอ้างอิง

ชัชวาลย์ อะกะปัน 2550. **การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตลำไยอบแห้งทั้งเปลือกด้วยเตาอบที่ใช้ความร้อนจากแก๊สหุงต้ม ไอน้ำ และฟืน**. การค้นคว้าแบบอิสระ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ทิพาพร อยู่วิทยา. **การใช้ประโยชน์จากผลมะม่วงหิมพานต์.** วารสาร สจ.ธ. มิถุนายน 2534; 14(1): 1-14.

ธนาคารกสิกรไทย. **เอกสารวิชาการมะม่วงหิมพานต์** ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 /2524 ส่วนวิชาการ สำนักบริการธนาคารกสิกรไทยจำกัด; 2524

ธงชัย เนมขุนทด. **มะม่วงหิมพานต์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน กรุงเทพฯ:เอดิสัน เพรส โปรดักส์; 2539

ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์.(2532). **เครื่องกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในประเทศไทย**. แก่นเกษตร : 17 (4) ก.ค. - ส.ค. : 275-83

บุญชัย ตระกูลมหาชัย. **ปริมาณและความต้องการน้ำมันจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์** [สัมภาษณ์]. ผู้จัดการโรงงานบริษัท 25 อินดัสเทรียสโปรดัก จำกัด; 22 กันยายน 2543.

บรรลือ เชื้ออินทร์. 2522. **มะม่วงหิมพานต์ : ต้นไม้อเนกประสงค์.** *ใน* รายงานการสัมมนาเรื่อง มะม่วงหิมพานต์ สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น. หน้า 30-35.

ประเทืองศรี สินชัยศรี.**คุณภาพและการใช้ประโยชน์เมล็ดในมะม่วงหิมพานต์.** อุตสาหกรรมเกษตร พ.ค.-ส.ค. 2535; 3(2) เล่มที่ 8: 14-24.

ประพัฒน์ ทองจันทร์ (2545). (ออนไลน์). **วิธีการอบเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์โดยใช้ อินฟราเรด.** แหล่งที่มา http://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp

พิชัย ปาประลิต. (2547). **การปรับปรุงการผลิตและการตลาดมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรในนิคมสร้างตนเองลำน้ำน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์.** การค้นคว้าแบบอิสระ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตร บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มงคล ชินโชติกร. **การทำงานและวิธีการบีบอัดน้ำมันจากเปลือกมะม่วงหมพานต์** [สัมภาษณ์]. หัวหน้าช่างบริษัทมาบุญครองศิริชัย 25 จำกัด; 22 กนยายน 2543.

วันชัย ริจิรวนิช. (2543). **การเพิ่มผลผลิตในอุตสาหกรรม เทคนิคและกรณีศึกษา.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมควร อินทราพาณิชย์. (2532).**การแปรรูปมะม่วงหิมพานต์**. แก่นเกษตร (4) ก.ค.–ส.ค.: 201 - 06

สถาบันวิจัยพืชสวน. **มะม่วงหิมพานต์.** กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารวิชาการที่ 14. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2534.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2547). **ปริมาณผลผลิตทางการเกษตร**. [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/statistic/ yearbook/2002-03/.

สำนักงานเกษตรอำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ http://thapla.uttaradit.doae.go.th/วันที่ 19 เมษายน 2554

อรุณ คงแก้ว. 2550. **การผลิตถ่านอัดแท่งจากเปลือกปาล์ม กะลามะพร้าวและไม้ยูคาลิปตัส.** กรมวิทยาศาสตร์บริการ.กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ASTM.1999. Standard practice for proximate analysis of coal and coke. ASTM committee on Standard.ASTM D 3173,5865-99.Philadelphia,PA

Asogwa E.U. et al. 2007. Evaluation of Cashew nut shell liquid (CNSL) as a potential natural insecticide against termites (soldiers and workers castes). Research journal of applied sciences 2 (9) : pp. 939-942.

Charcoal briquette. 2009.Available :http;// www.search_bool.htm. . Accessed Dec.10,2009.

H.A.M. Knoef, Practical Aspects of Biomass Gasification, Handbook Biomass Gasification, BTG Biomass Technology Group BV, The Hetherlands, 2005

India Food Exports, Kerala, India. Our Products (Homepage visited in June 2001). Available from:http//www.indiafoodexports.com/htm/i0100pro.htm.

I. Obernberger, G. Thek, Combustion and Gasification of Solid Biomass for Heat and Power Production in Europe State-of-the-Art and relevant Future Development,

Pat O'Farrell, Sam Blaikie, Elias Chacko. The New Rural Industries-A Handbook for Farmers and Invertor-Cashew [article online]. [visited 2001 Jun. 24] Available from: URL:http://www.rirde.gov.au/pub/handbook/cashew.html.

Reed, T. B.. Biomass Gasification Principles and Techonology.. Noyes Data Corporation, New Jersey, U.S.A. 1981.

V. Belgiorno, G. De Feo, , C. Della Rocca, R. M. A. Napoli, Energy from Gasification of Solid Wastes, Waste Management, Volume 23, Issue 1, 2003, Pages 1-15

Yamada Sumio, Shimizu Mazuto, Miyoshi Fumihiro, Thermoselect Waste gasification and Reforming Process, JFE Technical Report, 2004