

บทที่ 3

ระบบห่วงโซ่อุปทานเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และการบริหารจัดการเทคโนโลยีที่เหมาะสม

3.1 การจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดบนพื้นที่สูง

สำหรับการจัดการเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดบนพื้นที่สูงนั้นจะต้องคำนึงถึงสภาพพื้นที่เป็นหลัก เนื่องจากบนพื้นที่สูงเส้นทางคมนาคมขนส่งค่อนข้างลำบาก บางหมู่บ้านเมื่อถึงฤดูฝนจะถูกตัดขาดจากโลกภายนอก เพราะถนนทางเข้าหมู่บ้านจะถูกน้ำป่าพัดจนเกิดความเสียหายหรือเป็นหล่มโคลนจนรถไม่สามารถสัญจรไปมาได้ ทางเดียวที่เกษตรกรจะออกจากหมู่บ้านได้ คือ การเดินเท้า ลักษณะเส้นทางดังกล่าวได้ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตสินค้าเกษตรบนพื้นที่สูงอย่างมาก ในงานวิจัยนี้เป็นการหาแนวทางการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (ต้น/ตอ/ใบ เปลือก/ซังข้าวโพด) ซึ่งการพิจารณาต้องดำเนินแนวทางตามสินค้าเกษตรโดยมีต้นทุนการจัดการที่ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับพื้นราบ แต่อย่างไรก็ดี การจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรบนพื้นที่สูงนั้นก็สามารถดำเนินการจัดการได้ โดยเราจะพิจารณาลักษณะการจัดการในปัจจุบัน แล้วหาแนวทางในการลดต้นทุนการขนส่ง เพื่อสร้างรูปแบบการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรบนพื้นที่สูงขึ้นมา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 ลักษณะการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดบนพื้นที่สูงในปัจจุบัน

1.1) เปลือก/ซังข้าวโพด

ด้วยสภาพพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูงชันการคมนาคมขนส่งที่ยากลำบากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดจะอาศัยรถกระบะเพียงประเภทเดียวในการขนย้ายผลผลิต (ฝักข้าวโพดก่อนสี) จากแต่ละแปลงตามหมู่บ้านต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3-1 มายังจุดสีใกล้กับจุดรับซื้อเมล็ดข้าวโพดบนถนนใหญ่ที่รถบรรทุก 10 ล้อหรือรถพ่วงสามารถเข้าถึง ดังแสดงในรูปที่ 3-2 เมื่อข้าวโพดสีเสร็จเรียบร้อยแล้วจะมีเปลือกและซังข้าวโพดกองทิ้งไว้เป็นจำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 3-3 หลังจากนั้นเปลือกและซังข้าวโพดทั้งหมดจะถูกเผาทิ้ง ดังแสดงในรูปที่ 3-4

1.2) ต้น/ตอ/ใบข้าวโพด

ด้วยสภาพพื้นที่ที่เป็นภูเขาสูงชันการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดของเกษตรกรนั้นจะใช้แรงงานคนเท่านั้นดังแสดงในรูปที่ 3-5 เกษตรกรจะหักฝักข้าวโพดออกจากต้นแล้วบรรจุกระสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3-7 จากนั้นจะขนย้าย(แบก) ไปยังมุมแปลงปลูกที่สามารถขนย้ายขึ้นรถกระบะไปยังจุดสีหรือหากอยู่ใกล้ถนนใหญ่ก็จะกองเพื่อรอรถสี ดังแสดงในรูปที่ 3-8 ส่วน ต้น ตอ/ใบข้าวโพด เกษตรกรจะปล่อยทิ้งไว้ในแปลง ดังแสดงในรูปที่ 3-9 จนเมื่อถึงฤดูเพาะปลูกถัดไปเกษตรกรจะเผาเพื่อเตรียมพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 3-10



รูปที่ 3-1 การขนย้ายผลผลิต (เปลือกข้าวโพดก่อนสี)บนพื้นที่สูงจากแปลงปลูกสู่จุดสี



รูปที่ 3-2 จุดสีใกล้เคียงจุดรับซื้อเมล็ดข้าวโพดบนถนนใหญ่ที่รถบรรทุก 10 ล้อ/รถพ่วงสามารถเข้าถึง



รูปที่ 3-3 เปลือก/ซังข้าวโพดจำนวนมากที่ถูกกองทิ้งไว้ริมถนนใหญ่



รูปที่ 3-4 การเผาเปลือก/ซังข้าวโพด



รูปที่ 3-5 การหักฝักข้าวโพดออกจากต้นและบรรจุกระสอบ



รูปที่ 3-6 การทดลอง เก็บรวบรวมต้น/ตอ/ใบ ในแปลงของเกษตรกร



รูปที่ 3-7 การขนย้าย(แบก) ผลผลิตข้าวโพดไปยังมุมแปลงปลูกติดถนน



รูปที่ 3-8 การกองผลผลิตข้าวโพดเพื่อรอรถสี



รูปที่ 3-9 ต้น/ตอ/ใบข้าวโพด ที่เกษตรกรปล่อยให้ไหม้ในแปลง

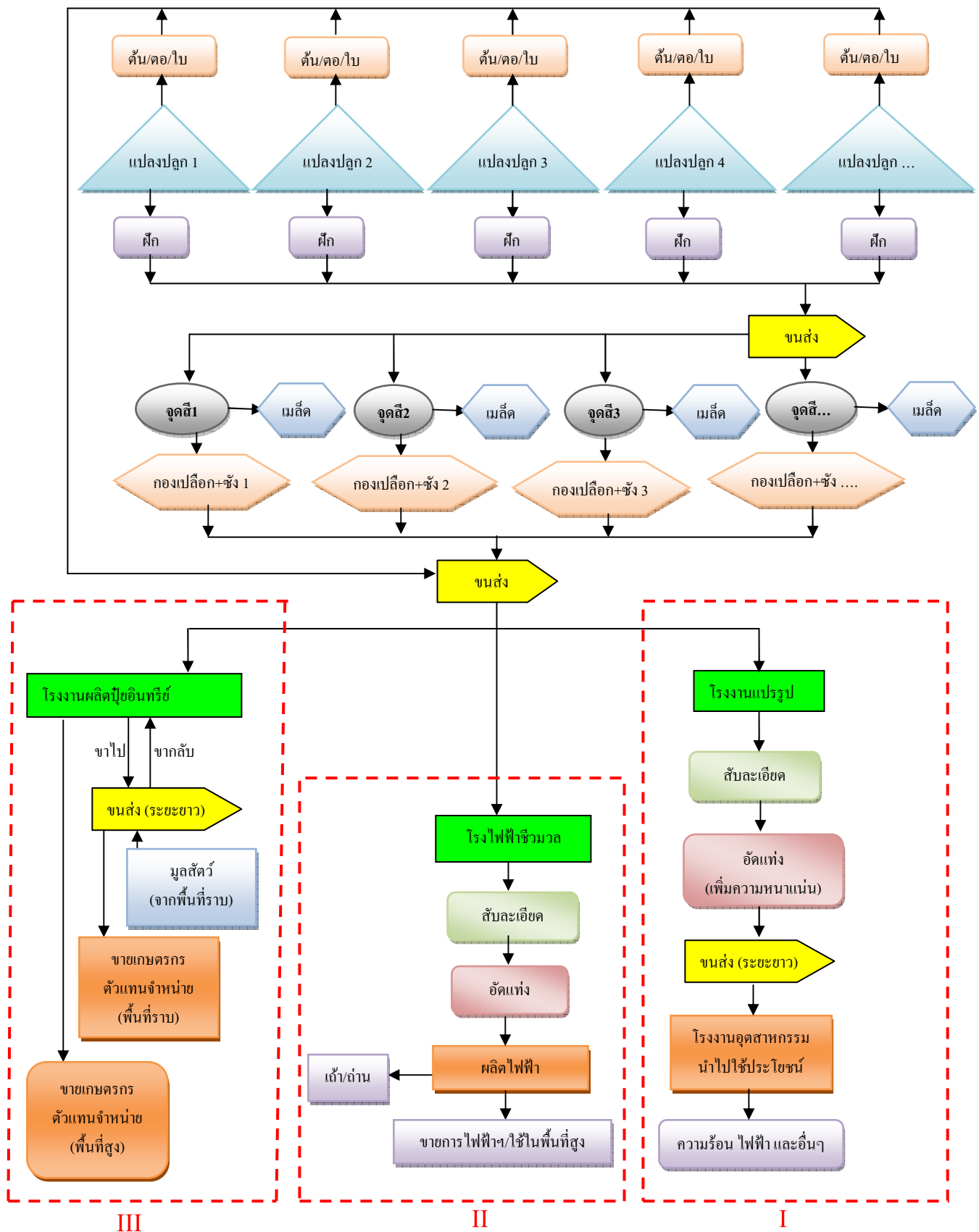


รูปที่ 3-10 การเผาเพื่อเตรียมพื้นที่

3.1.2 แนวทางการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดบนพื้นที่สูงจากงานวิจัยนี้

จากการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่าแนวทางการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดที่เหมาะสมบนพื้นที่สูง คือ รูปแบบการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดแบบรวมศูนย์ ที่สามารถดำเนินการเป็นศูนย์รวบรวมและแปรรูป โดยหลักการของการจัดการเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดแบบรวมศูนย์ประเภทนี้ จะเป็นจุดรวบรวม แปรรูปเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้จากที่ตั้งอยู่ในชุมชนพื้นที่สูง และมีการจัดตั้งองค์กรเป็นหน่วยวิสาหกิจในชุมชน องค์กรที่จัดตั้งขึ้นโดยชุมชนเป็นหน่วยธุรกิจชุมชนที่ ทำหน้าที่ ซื่อ-ขาย แลกเปลี่ยน เศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดหรือลงทุนจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดโดยเอกชนที่มีความเกี่ยวข้องกับธุรกิจข้าวโพดหรือเอกชนที่สนใจ

โดยตั้งเป็นจุดรวบรวมและแปรรูปบริเวณจุดรับซื้อผลผลิตข้าวโพดหรือบริเวณใกล้เคียง แล้วส่งเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดในลักษณะอัดแท่งไปขายยังพื้นที่ราบ(I) หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าใช้เองบนพื้นที่สูง(II) หรือใช้เป็นวัสดุผสมกับมูลสัตว์ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้เองบนพื้นที่สูงและขายพื้นที่ราบ(III) ดังแสดงในรูปที่ 3-11 มีรายละเอียดดังนี้



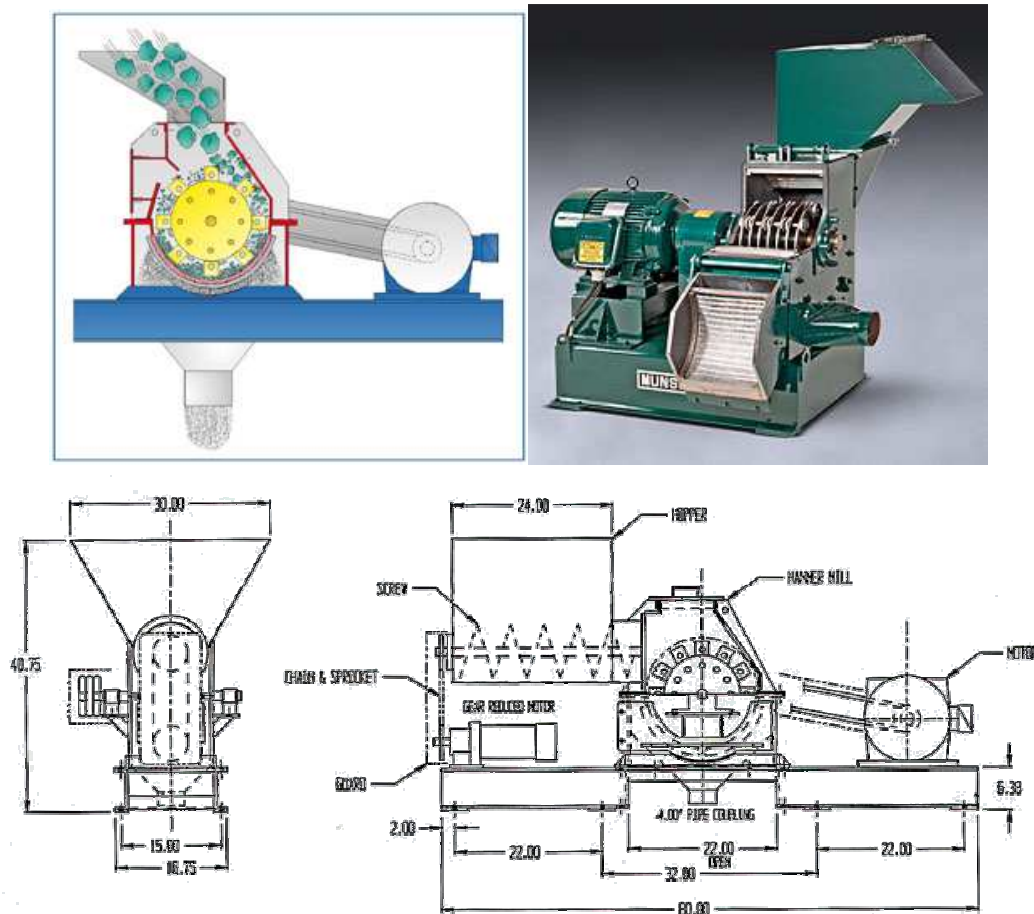
รูปที่ 3-11 แนวทางการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดบนพื้นที่สูง

3.1.3 ผลการศึกษาเทคโนโลยีการแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลข้าวโพดอัดแท่งจากพื้นที่สูง

1) เทคโนโลยีการแปรรูปชีวมวล

1.1) การสับ/ย่อยลดขนาด

การลดขนาดของเชื้อเพลิงชีวมวล ให้มีขนาดเล็กเป็นผงละเอียด เพื่อใช้ในการแปรรูปผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง จะนิยมใช้เครื่องบด Grinder หรือ Hammer Mills ซึ่งหลักการที่ใช้ในการบด/ย่อยลดขนาดของเครื่องจักรทั้ง 2 ชนิดจะแตกต่างกัน กล่าวคือ Grinder จะใช้แรงบีบอัด (Compression Forces) และแรงเฉือน (Shearing forces) ส่วน Hammer Mill จะใช้แรงกระแทก (Impact Forces) และแรงเฉือน โดยลักษณะวัสดุที่จะทำการบด/ย่อย นั้นแตกต่างกัน โดยที่ Grinder จะเหมาะสมกับการบด/ย่อยวัสดุที่อ่อนนุ่ม มีความชื้นสูง ส่วน Hammer Mill จะเหมาะสมกับวัสดุที่แข็งและมีความชื้นต่ำ ดังนั้น Hammer Mill จึงเหมาะสมกับการสับย่อยเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพด ส่วน Grinder จะเหมาะสมกับการหีบน้ำมันออกจากเมล็ด เช่น เมล็ดสบู่ดำ เมล็ดทานตะวัน เป็นต้น **รูปที่ 3-12** แสดงลักษณะของเครื่อง Hammer Mill โดยเครื่องจักรจะทำงานที่ความเร็วสูง 1500-4000 rpm ทำการตีเชื้อเพลิงชีวมวลจนกว่าจะได้ขนาดที่เล็กลงตามต้องการ ที่กำหนดโดยขนาดของรูตะแกรง ลงสู่ส่วนล่างของตัวเครื่องโดยที่ตัวใบมีดจะยึดติดกับแกนเพลามีทั้งแบบหมุนได้ (Swing Type) และแบบอยู่กับที่ (Fixed Type)



รูปที่ 3-12 เครื่อง Hammer Mill [16]

1.2) การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Biomass Densification)

การอัดแท่ง (Densification) เป็นการลดปริมาตร และเป็นการจับตัวกันเป็นกลุ่มก้อนของชีวมวลที่มีการกระจายตัวกันอย่างหลวมๆ การอัดแท่งชีวมวลสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น อัดเป็นก้อนแท่งเล็กๆ (Pelletizing) อัดเป็นแท่ง (Extruded Log or Briquetting) อัดเป็นลูกบาศก์ (Cubing) อัดเป็นฟ่อน (Baling) ส่วนใหญ่การนำชีวมวลไปใช้ผลิตเป็นพลังงานนั้น จะอัดให้เป็นก้อนแท่งเล็กๆ และเป็นชิ้น ส่วนการอัดเป็นลูกบาศก์หรืออัดเป็นฟ่อน จะนิยมอัดเพื่อมีวัตถุประสงค์ในการลดพื้นที่ในการขนส่ง

แรงดันที่ใช้มีผลต่อความหนาแน่นของแท่งชีวมวล เราสามารถอัดแท่งได้โดยทำการอัดภายใต้แรงดันที่ต่ำ 0.2-5 MPa ซึ่งจะทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคมีค่าลดลง และ เมื่อเพิ่มแรงกดให้สูงมากกว่า 100 MPa จะทำให้ผนังเซลล์ของเซลล์ulosลายตัวและจับตัวกันมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเลือกใช้วิธีการอัดภายใต้แรงดันต่ำหรือสูงนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล และลักษณะการนำไปใช้ประโยชน์

ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่นของแท่งชีวมวล ขึ้นอยู่กับ 1) ประเภทของชีวมวล และ 2) เครื่องมือและอุปกรณ์การอัด สำหรับการอัดที่แรงดันสูงสุดจะได้ความหนาแน่นสูงสุดของชีวมวลอัดคือ 1,200 - 1,400 kg/m³ โดยวิธีการอัดที่มีความหนาแน่นสูงสุดคือ วิธีการอัดเป็นก้อนแท่งเล็กๆ (Pelletizing) และวิธีที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุดคือวิธีอัดแบบใช้สกรูอัด

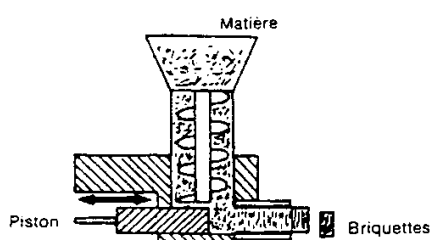
ลักษณะการจับตัวกันของชีวมวลในขณะถูกอัดสามารถอธิบายได้โดยขึ้นกับระดับแรงดันที่ใช้ในการอัด และความร้อนที่ให้หรือที่เกิดขึ้นขณะทำการอัด กรณีระดับแรงดันที่ใช้สูงๆซึ่งเกิดความร้อนและมีผลต่อการสลายตัวขององค์ประกอบทางเคมี ที่มีอยู่ในผนังเซลล์ของชีวมวล ไปเป็นตัวประสานธรรมชาติ และพบว่า Lignin เป็นตัวประสานธรรมชาติที่เกิดขึ้นขณะให้ความร้อน $130-190^{\circ}\text{C}$ ซึ่งนักวิจัยบางคนไม่เห็นด้วย โดยพบว่าอิทธิพลที่มีผลต่อการรวมตัวของชีวมวลก็คือ Pectin ส่วนกรณีระดับแรงดันต่ำๆ จะมีการผสมตัวประสานเข้าไปในชีวมวลขณะอัด เช่น แป้งมัน หรือ โมลาส เป็นต้น

โดยทั่วไปเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

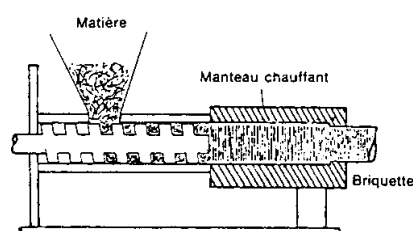
ก) เครื่องอัดแบบลูกสูบ (Piston Presses) ลูกสูบจะทำหน้าที่อัดชีวมวลเข้าสู่กระบอกอัดและถูกอัดออกมาทางหัวคาย (Die) โดยส่งกำลังด้วยฟลายวีลและคัปปลิงดังแสดงใน รูปที่ 3-13

ข) เครื่องอัดแบบสกรู (Screw Presses) การลำเลียงวัสดุเข้าสู่เกลียวอัดจะทำให้วัสดุถูกกดอัดอย่างต่อเนื่องให้มีปริมาตรเล็กลงโดยใช้สกรูแบบกรวย และจะใช้แหล่งความร้อนจากภายนอกเพื่อสลายลิกนินหรือไม้ก็ได้ดังแสดงใน รูปที่ 3-14

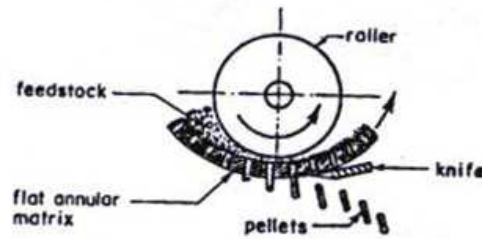
ค) เครื่องอัดแบบแท่ง (Pellet Presses) การอัดลักษณะนี้จะใช้ลูกกลิ้งหมุนกดทับวัสดุชีวมวลผ่านหน้าแปลนที่ถูกเจาะเป็นรูเล็กๆเอาไว้ โดยวัสดุจะถูกอัดออกมาผ่านรูเหล่านั้นเมื่อลูกกลิ้งวิ่งกดทับผ่าน ซึ่งหัวคายจะมีลักษณะเป็นแผ่นจานหรือแผ่นวงแหวนดังแสดงใน รูปที่ 3-15



รูปที่ 3-13 เครื่องอัดแบบลูกสูบ(Piston Presses) [16]



รูปที่ 3-14 เครื่องอัดแบบสกรู (Screw Presses) [16]



ก) Flat Die Pellet Presses



ข) Pellet Mill

รูปที่ 3-15 เครื่องอัดแบบแท่ง (Pellet Presses) [16]

กระบวนการแปรรูป

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองแปรรูปชีวมวลข้าวโพดด้วยเครื่องจักรของศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อศึกษากระบวนการแปรรูปวัสดุชีวมวลข้าวโพดและวิเคราะห์ต้นทุนการแปรรูปชีวมวลข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลข้าวโพดอัดแท่ง การทดลองแปรรูปชีวมวลข้าวโพดนั้น ได้ทดลองแปรรูป เปลือก/ซังข้าวโพด และต้น/ตอ/ใบข้าวโพด โดยใช้เครื่องจักรชุดเดียวกัน โดยผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องจักรพบว่า การสับย่อยและการอัดแท่งชีวมวลข้าวโพดทั้งสอง มีประสิทธิภาพเท่ากันในด้านกำลังการผลิตและพลังงานที่ใช้ ดังแสดงในตารางที่ 3-1 และเมื่อพิจารณาถึงความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น พบว่า เปลือก/ซังข้าวโพดอัดแท่ง มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจากเปลือก/ซังข้าวโพดไม่อัดแท่ง 6 เท่า ส่วนต้น/ตอ/ใบข้าวโพดอัดแท่งมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจากต้น/ตอ/ใบข้าวโพดไม่อัดแท่ง 11 เท่า ด้วยความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น เป็นสิ่งบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของการแปรรูปที่จะสามารถลดต้นทุนในการขนส่งได้ ดังแสดงในตารางที่ 3-2 กระบวนการแปรรูปวัสดุชีวมวลข้าวโพดประกอบไปด้วย 2 กระบวนการ คือ กระบวนการสับย่อยด้วย Hammer mill และ กระบวนการอัดแท่งด้วย pellet presses ดังแสดงในรูปที่ 3-16 และ รูปที่ 3-17 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การสับ/ย่อย ลดขนาด ใช้เครื่อง Hammer mill มีกำลังการผลิต 360 กิโลกรัมต่อชั่วโมงเพื่อลดขนาดของวัสดุชีวมวลข้าวโพดให้เหมาะสมกับเครื่องอัดแท่งเปลือก/ซังข้าวโพดบดละเอียดที่ได้มีลักษณะเป็นชิ้นขนาดความยาวประมาณ 1-3 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร มีความหนาแน่น 216.60 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3-18 ต้น/ตอ/ใบข้าวโพดบดละเอียดที่ได้มีลักษณะเป็นชิ้นขนาดความยาวประมาณ 1-3 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 0.5-1.5 มิลลิเมตร มีความหนาแน่น 98.76 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3-19

2) การอัดแท่ง ใช้เครื่อง pellet mill กำลังการผลิต 240 กิโลกรัมต่อชั่วโมงเปลือก/ซังข้าวโพดอัดแท่งที่ได้มีขนาด กว้าง 8 มิลลิเมตร ยาว 20-45 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 519.84 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นประมาณ 15.5 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 3-20 ต้น/ตอ/ใบข้าวโพดอัดแท่งที่ได้มีขนาด กว้าง 8 มิลลิเมตร ยาว 20-45 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 510.07 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นประมาณ 10.2 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 3-21

ตารางที่ 3-1 ประสิทธิภาพของเครื่องจักร

เครื่องจักร	ขนาดเครื่องจักร (กิโลวัตต์)	กำลังการผลิต (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	พลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
เครื่องสับละเอียด (Hammer Mill)	15	1400	10.2
เครื่องอัดแท่ง (Pellet mill)	30	240	24.9

ตารางที่ 3-2 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของชีวมวลข้าวโพด

ลักษณะ	ความชื้น (%)	ความหนาแน่น (kg/m ³)	น้ำหนักบรรจุทุก (ตัน)		
			รถกระบะต้อคอก ¹⁾	รถ 10 ล้อ ²⁾	รถพ่วง ³⁾
เปลือก/ซังข้าวโพด	11.60	87.32	0.335	3.269	6.539
ต้น/ตอ/ใบข้าวโพด	10.65	46.25	0.178	1.732	3.463
เปลือก/ซังข้าวโพด บดละเอียด	7.10	216.60	0.832	8.110	16.219
ต้น/ตอ/ใบข้าวโพด บดละเอียด	9.80	98.76	0.379	3.698	7.395
เปลือก/ซังข้าวโพด อัดแท่ง	10.50	519.84	1.996 ^{5)/1⁴⁾}	19.463 ^{5)/13⁴⁾}	38.925 ^{5)/26⁴⁾}
ต้น/ตอ/ใบข้าวโพด อัดแท่ง	10.20	510.07	1.959 ^{5)/1⁴⁾}	19.097 ^{5)/13⁴⁾}	38.194 ^{5)/26⁴⁾}

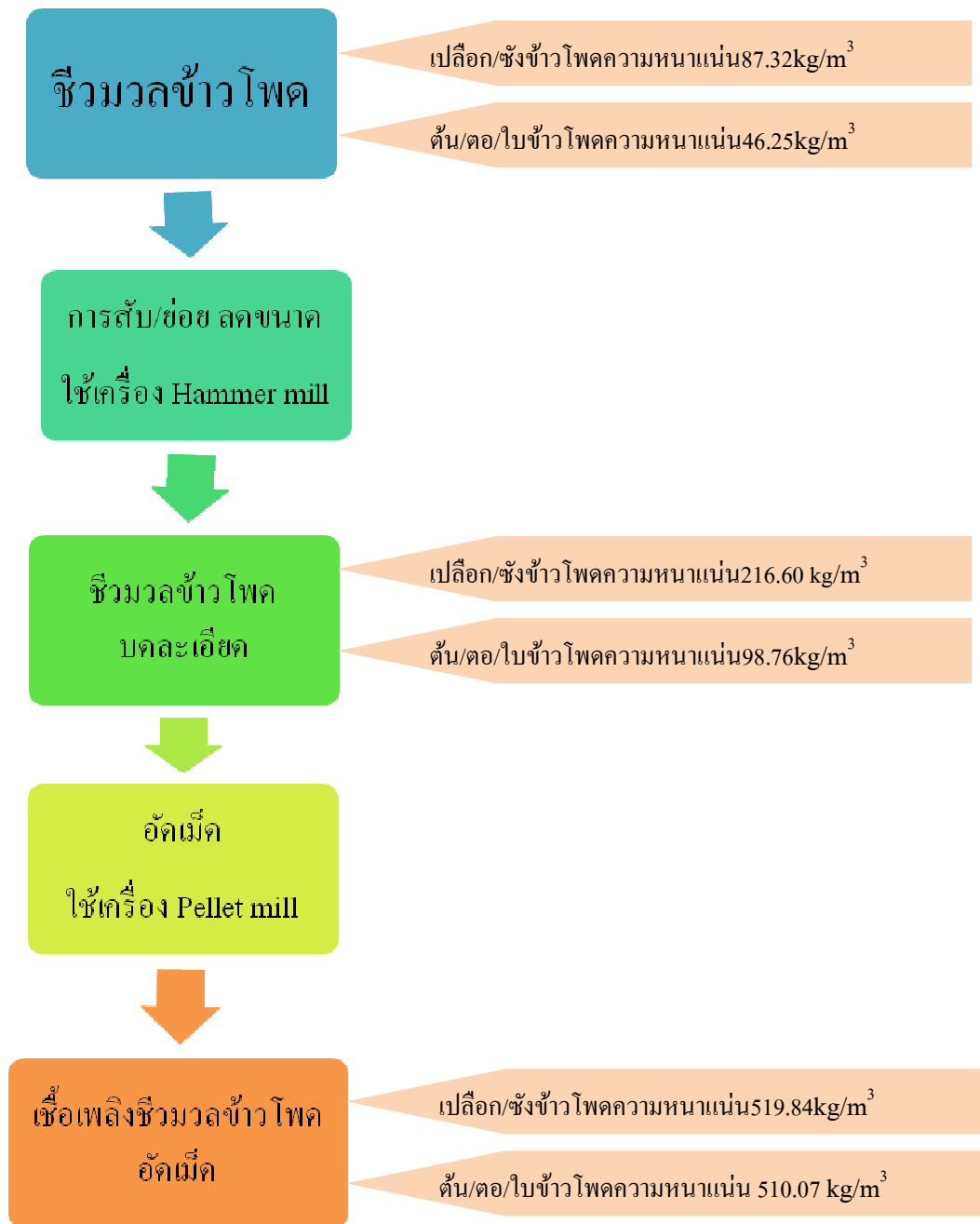
หมายเหตุ ¹⁾ ขนาดกระบะ กว้าง X ยาว X สูง เท่ากับ 1 X 2.4 X 1.6 ลูกบาศก์เมตร

²⁾ ขนาดกระบะ กว้าง X ยาว X สูง เท่ากับ 2.4 X 6.5 X 2.4 ลูกบาศก์เมตร

³⁾ ขนาดกระบะ กว้าง X ยาว X สูง เท่ากับ 2.4 X 13 X 2.4 ลูกบาศก์เมตร

⁴⁾ น้ำหนักบรรจุทุกได้จริงตามกฎหมายและลักษณะเส้นทาง

⁵⁾ น้ำหนักบรรจุทุกตามขนาดกระบะ



รูปที่ 3-16 กระบวนการแปรรูปชีวมวลข้าวโพด



รูปที่ 3-17 กระบวนการแปรรูปชีวมวลข้าวโพดที่พัฒนาโดย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3-18 เปลือก/ซังข้าวโพดบดละเอียด



รูปที่ 3-19 ต้น/ตอ/ใบข้าวโพดบดละเอียด



เปลือก/ซังข้าวโพดอัดแท่ง

รูปที่ 3-20 เปลือก/ซังข้าวโพดอัดแท่ง



ต้น/ตอ/ใบข้าวโพดอัดแท่ง

รูปที่ 3-21 ต้น/ตอ/ใบข้าวโพดอัดแท่ง

3.1.4 ผลการศึกษาเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากชีวมวลข้าวโพดบนพื้นที่สูง

1) เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้กระบวนการหมัก (Composting Process) คือ กระบวนการสลายตัวของสารอินทรีย์และให้เกิดสารที่เสถียรกว่าเดิมโดยกระบวนการทางชีววิทยา การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ต้องใช้กระบวนการผลิตที่ให้อุณหภูมิสูง เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโรคพืช คน และสัตว์ในวัสดุหมัก รวมทั้งเพื่อลดจำนวนประชากรจุลินทรีย์ธรรมชาติในช่วงสุดท้ายที่อุณหภูมิในกองปุ๋ยให้ลดลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิปกติ โดยปกติการกระบวนการหมักจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบคือ 1) การหมักในที่เปิด และ 2) การหมักในถังปฏิกรณ์

● การหมักที่เปิด (Open Process)

- **Agitated Pile(Windrow)** โดยการนำวัสดุคิบมากองไว้และพลิกในเวลาที่เหมาะสมเพื่อเติมอากาศให้ปฏิกิริยาเป็นแบบAerobic เป็นไปอย่างสมบูรณ์
- **Passive or Forced Aeration Static pile** โดยการนำวัสดุคิบมากองและเติมอากาศโดยไม่มีกระแสของอากาศได้อย่างทั่วถึงโดยการมีการให้อากาศไว้ในด้านล่าง

● การหมักถังปฏิกรณ์ (Reactor Process)

วัสดุที่ใช้หมักจะบรรจุใน Building, container, หรือ vessel (Bincomposting, rectangular agitated Bin composting, rectangular agitated beds, silos, rotating drum) มีระบบเติมอากาศและระบบกลับกองเพื่อเร่งกระบวนการเกิดปุ๋ย

2) เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากชีวมวลข้าวโพดบนพื้นที่สูง

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำชีวมวลข้าวโพดบนพื้นที่สูงไปใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ โดยการนำชีวมวลข้าวโพดมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์โดยใช้ต้นแบบโรงงานผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ด้วยรูปแบบการหมักในที่เปิด (Open Process) พบว่า ในกระบวนการผลิตใช้ชีวมวลข้าวโพด 50 เปอร์เซ็นต์ และมูลสัตว์ 50 เปอร์เซ็นต์ หรือชีวมวลข้าวโพด 500 กิโลกรัม มูลสัตว์ 500 กิโลกรัม ได้ผลผลิตปุ๋ยอินทรีย์ 700 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 3-22

สำหรับชีวมวลซัง/เปลือกข้าวโพดในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายทั้งหมด (จากการคำนวณคาดการณ์) สามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้ประมาณ 300,000 ตันต่อปี คิดเป็นมูลค่าทดแทนกว่าพันล้านบาทต่อปี ดังแสดงในตารางที่ 3-3 แต่อย่างไรก็ดีในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จำเป็นต้องใช้มูลสัตว์เป็นจำนวนมากหรือเทียบเท่ากับชีวมวลข้าวโพดในพื้นที่ ซึ่งจากการสำรวจบนพื้นที่สูงมีการเลี้ยงสัตว์ อาทิเช่น หมูหรือวัว จำนวนน้อยมาก เป็นการเลี้ยงเพื่อเป็นอาหารในงานพิธีต่างๆ ไม่เลี้ยงเพื่อการค้า จึงถือได้ว่าพื้นที่สูงไม่มีมูลสัตว์เพื่อใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นจึงต้องมีการซื้อจากพื้นราบขึ้นไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์บนพื้นที่สูง แต่หากขนส่งชีวมวลข้าวโพดลงมาผลิตยังพื้นที่ราบ จะส่งผลให้ปุ๋ยอินทรีย์มีต้นทุนสูงขึ้นเนื่องจากชีวมวลข้าวโพดมีความหนาแน่นต่ำกว่ามูลสัตว์ ต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์แสดงไว้ในบทที่ 4



รูปที่ 3-22 ขั้นตอนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากชีวมวลข้าวโพดด้วยโรงงานปุ๋ยอินทรีย์ของมทส.

ตารางที่ 3-3 ผลการศึกษาศักยภาพการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากชีวมวลข้าวโพด

จังหวัด	ประเภท ชีวมวล	ปริมาณกองเหลือ (ตัน/ปี)	ความชื้น (%wb)	ปริมาณ มูลสัตว์ ที่ต้องการ ¹⁾	ปริมาณ ปุ๋ยอินทรีย์ ที่ผลิตได้ ²⁾ (ตัน/ปี)	คิดเป็นมูลค่า ³⁾ (ล้านบาท/ปี)
เชียงใหม่	ซัง/เปลือก	53,769.51	12.30	53,769.51	75,277.31	451.66
เชียงราย	ซัง/เปลือก	183,996.93	12.30	183,996.93	257,595.70	1,545.57
รวมทั้งหมด					332,873.01	1,997.23

หมายเหตุ¹⁾ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้สัดส่วน มูลสัตว์: ชีวมวล เท่ากับ 50: 50

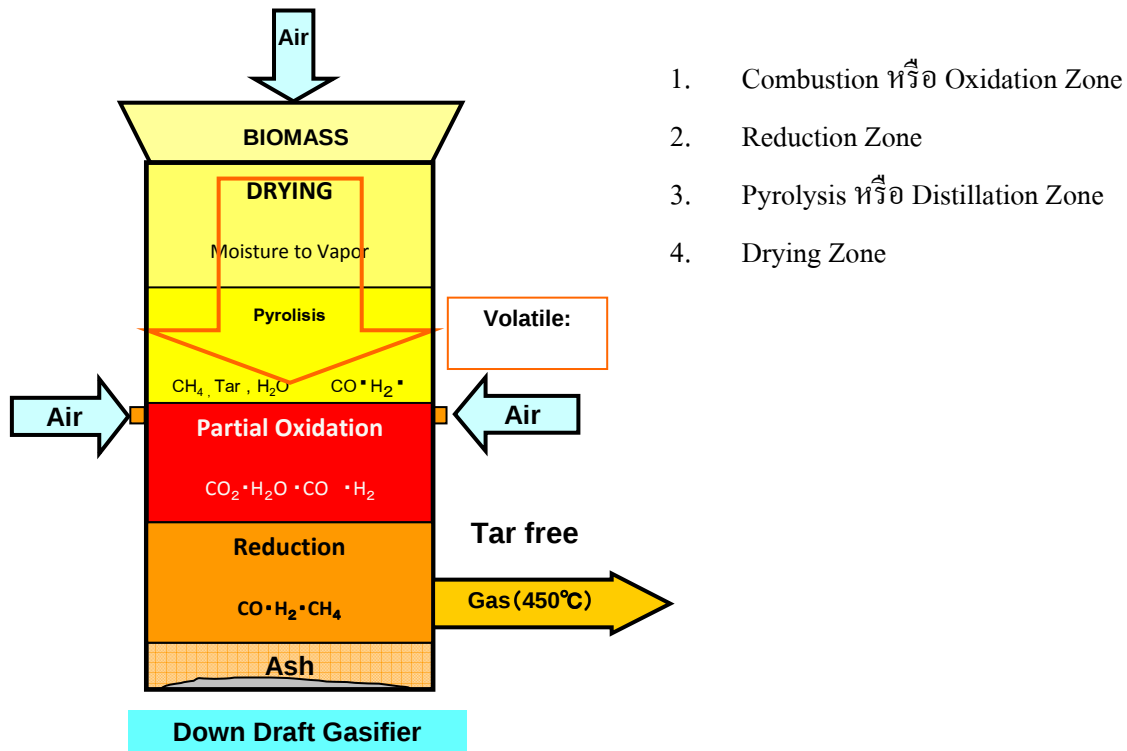
²⁾ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากชีวมวลข้าวโพด ใช้วัตถุดิบ 1 ตัน ได้ปุ๋ยอินทรีย์ 0.7 ตัน

³⁾ ราคาปุ๋ยอินทรีย์ตันละ 6,000 บาท

3.1.5 ผลการศึกษาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลข้าวโพดบนพื้นที่สูง

1) เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน

กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Biomass Gasification) เป็นกระบวนการที่ทำให้องค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวล เปลี่ยนรูปไปเป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่จุดไฟติดและมีค่าความร้อนสูง โดยอาศัยปฏิกิริยาอุณหเคมี (Thermo-chemical Reaction) ซึ่งแก๊สเชื้อเพลิงดังกล่าวนี้ประกอบด้วยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สไฮโดรเจน (H₂) และแก๊สมีเทน (CH₄) ซึ่งสถานะที่ทำให้เกิดแก๊สดังกล่าวก็คือ สถานะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ กล่าวคือ เป็นสถานะที่มีการจำกัดปริมาณอากาศหรือแก๊สออกซิเจน เพราะหากมีแก๊สออกซิเจนเพียงพอ หรือมากเกินไปจะกลายเป็นกระบวนการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ (Combustion) และมีการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ออกมาซึ่งไม่ติดไฟ ในกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน สามารถแบ่งโซนการเกิดปฏิกิริยาออกเป็น 4 โซน ดังแสดงในรูปที่ 3-23 โดยโซนของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอธิบายได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3-23 กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน

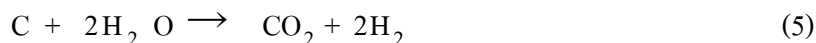
Combustion หรือ Oxidation Zone เป็นบริเวณที่ป้อนอากาศ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อน เชื้อเพลิงชีวมวลจะลุกไหม้ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างแก๊สออกซิเจนในอากาศกับคาร์บอนและไฮโดรเจน ซึ่งอยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวล ผลของปฏิกิริยาดังกล่าวก่อให้เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ดังสมการที่ (1) ถึง (2)



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

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





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

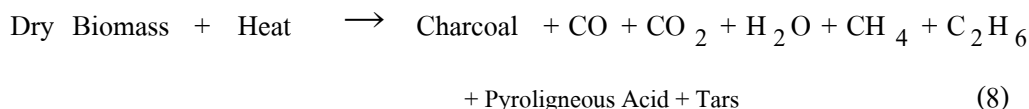
ในโซนของ Reduction นี้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะดีเพียงใดขึ้นกับอุณหภูมิ ความเร็วของแก๊สที่สัมผัสกับเชื้อเพลิงชีววมวล และพื้นที่ผิวสัมผัสของเชื้อเพลิงชีววมวล ดังนั้นขนาดและปริมาณของเชื้อเพลิงชีววมวลที่ใช้จะมีผลต่อการผลิตแก๊สเชื้อเพลิง ซึ่งเชื้อเพลิงชีววมวลขนาดใหญ่จะมีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำ ทำให้ยากต่อการจุดเผาภายในเตาและจะทำให้เกิดปริมาณของช่องว่างระหว่างเชื้อเพลิงด้วยกันมาก เป็นผลทำให้มีออกซิเจนไหลผ่านเข้าไปในระบบมาก ปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นก็จะน้อยตามไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีววมวลมีค่าต่ำ

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

ในขณะที่แก๊สร้อนจากโซน Combustion ไหลเคลื่อนเข้าสู่โซน Reduction จะทำให้อุณหภูมิของแก๊สลดลง เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ดังนั้นไอน้ำกับคาร์บอนจะทำปฏิกิริยากันเพื่อก่อให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ดังสมการที่ (5) ซึ่งจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 500-600°C ปฏิกิริยานี้มีความสำคัญเพราะจะทำให้ส่วนผสมของแก๊สไฮโดรเจนในแก๊สชีววมวลมีค่ามากขึ้นซึ่งมีผลทำให้แก๊สมีค่าพลังงานความร้อนสูงขึ้น (แก๊สไฮโดรเจนมีผลต่อการจุดระเบิดของเครื่องยนต์สันดาปภายใน) แต่ถ้าในกระบวนการที่มีไอน้ำมากเกินไปไอน้ำอาจทำปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ จะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนดังสมการที่ (6) (ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Water Shift Reduction) ทำให้ค่าความร้อนของแก๊สชีววมวลที่ได้มีค่าลดลง ดังนั้นเชื้อเพลิงชีววมวลที่ใช้จะต้องมีความชื้นไม่มากเกินไป นอกจากนี้ในกระบวนการ Reduction แก๊สไฮโดรเจนบางส่วนจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนทำให้เกิดแก๊สมีเทนขึ้นได้ ดังสมการที่ (7) ปฏิกิริยานี้เรียกว่า Methane Production

Pyrolysis หรือ Distillation Zone รับความร้อนจากโซน Reduction ทำให้ Volatile Matter ที่อยู่ในเชื้อเพลิงชีววมวลเกิดการสลายตัว เกิดเป็นเมทานอล กรดน้ำส้ม และทาร์ อุณหภูมิในโซนนี้จะมีค่าประมาณ

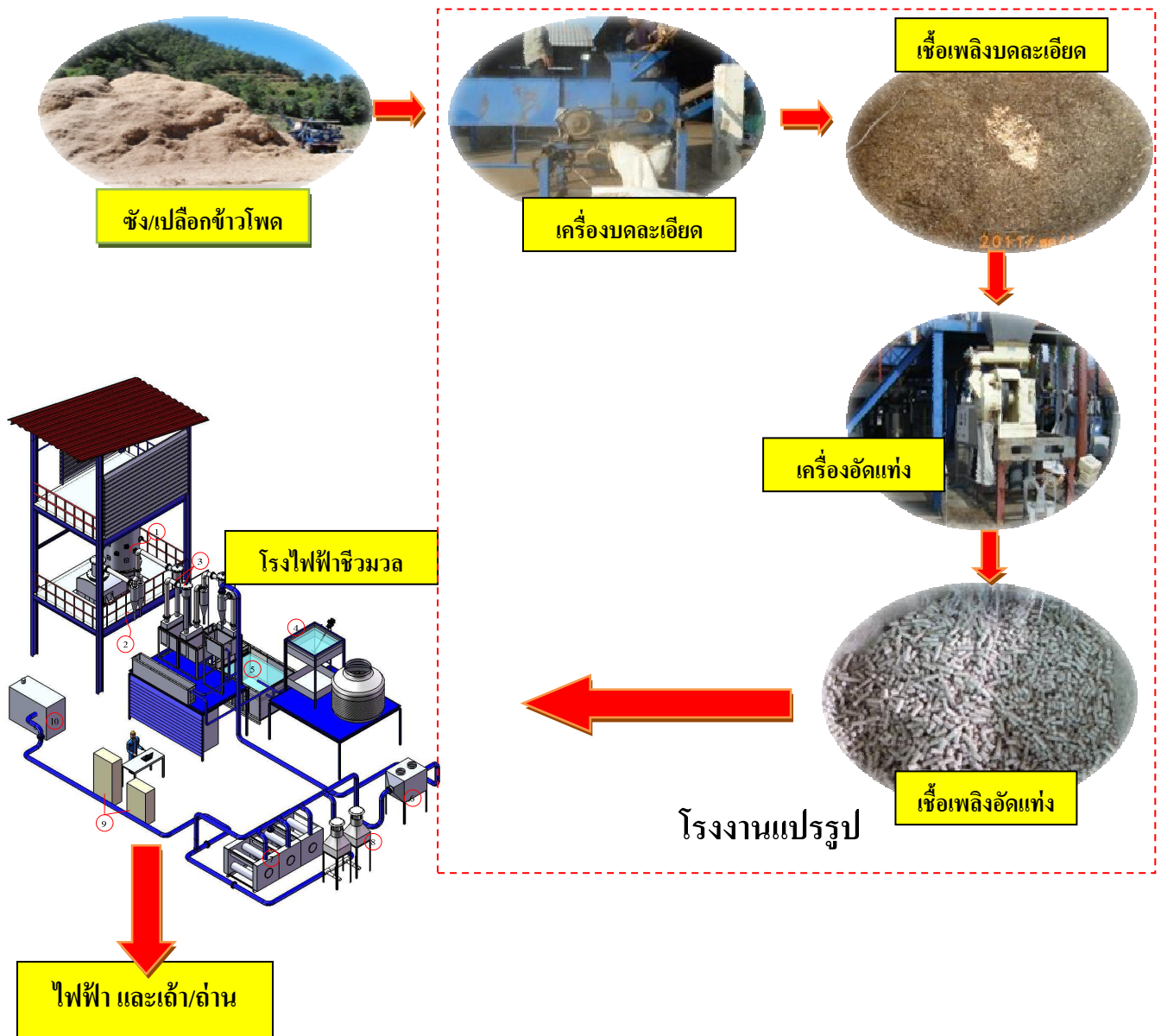
200-500 °C ของแข็งที่เหลืออยู่ภายหลังการผ่านกระบวนการนี้ก็คือ คาร์บอนในรูปถ่าน ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อในโซน Reduction และ Combustion ปฏิกิริยาที่ได้ในโซนนี้แสดงไว้ในสมการที่ (8)



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

2) เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลข้าวโพดบนพื้นที่สูง

ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันจากชีวมวลข้าวโพด ต้องแปรรูปชีวมวลก่อนป้อนเข้าโรงไฟฟ้า เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของซัง/เปลือกข้าวโพดนั้นไม่เหมาะสมกับเทคโนโลยี ในที่นี่ใช้รูปแบบการแปรรูปแบบอัดแท่ง เมื่อป้อนเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวลแล้วผลที่ได้ออกมา คือ ไฟฟ้าและผลพลอยได้ที่เกิดขึ้น คือ ถ่าน/ถ่าน ซึ่งสามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินหรือถ่านดูดซับได้ ดังแสดงในรูปที่ 3-24 ในการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีนี้มีข้อดีเนื่องจากเป็นระบบที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถตั้งบนที่สูงในพื้นที่ป่า และต้นน้ำ รายละเอียดต้นทุนการผลิตแสดงไว้ในบทที่ 4



รูปที่ 3-24 ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลข้าวโพดด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น

3.2 การจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดบนพื้นที่ราบ

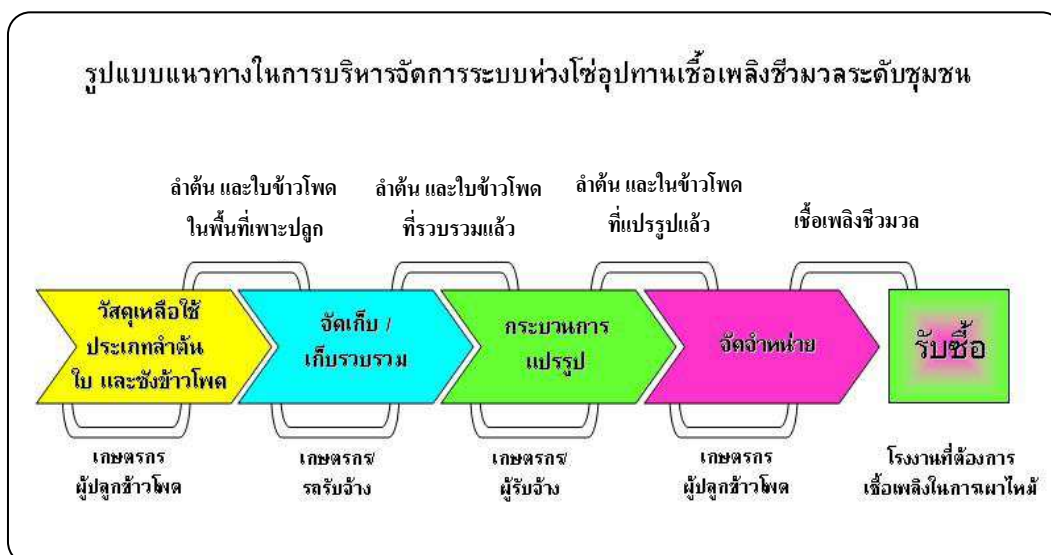
ห่วงโซ่อุปทานหมายถึงการเชื่อมต่อของหน่วยหรือจุดต่างๆ ในการผลิตสินค้าหรือบริการที่เริ่มต้นจากวัตถุดิบไปยังจุดสุดท้าย คือ ลูกค้า โดยทั่วไปแล้วห่วงโซ่อุปทานประกอบด้วยจุดที่สำคัญๆ ได้แก่ 1) ผู้ส่งมอบ คือ ผู้ที่ส่งวัตถุดิบให้กับโรงงานหรือหน่วยบริการ เช่น เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยที่เกษตรกรจะนำฟักข้าวโพดไปส่งยังโรงงานทำอาหารสัตว์ หรือส่งไปที่โรงงานสีเมล็ดข้าวโพด 2) โรงงาน

ผู้ผลิต คือ ผู้ที่ทำหน้าที่ในการแปรรูปวัตถุดิบที่ได้รับจากผู้ส่งมอบให้มีคุณค่าสูงขึ้น 3) ศูนย์กระจายสินค้า คือ จุดที่ทำหน้าที่ในการกระจายสินค้าไปให้ถึงมือผู้บริโภคหรือลูกค้าที่ศูนย์กระจายสินค้านั้นๆ อาจจะมีสินค้าที่มาจากหลายโรงงานการผลิต เช่น ศูนย์กระจายสินค้าของซูเปอร์มาร์เก็ตต่างๆ และ 4) ร้านค้าย่อย และลูกค้าหรือผู้บริโภค คือ จุดปลายทางของโซ่อุปทาน ซึ่งเป็นจุดที่สินค้าหรือบริการต่างๆ จะต้องถูกใช้จนหมดมูลค่า และโดยที่ไม่มีการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าหรือบริการนั้นๆ

ปัจจุบันทุกองค์กรให้ความสำคัญระบบห่วงโซ่อุปทาน เนื่องจากทุกขั้นตอนของแต่ละจุดทั้ง 4 ดังกล่าวนั้นจะเชื่อมโยงสัมพันธ์ เพื่อบริหารจัดการวัตถุดิบ และการลำเลียงเข้าสู่โรงงาน ตลอดจนการผลิตสินค้าและส่งถึงปลายทางได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่ลูกค้าคาดหวัง แต่อย่างไรก็ตามการออกแบบห่วงโซ่อุปทานนั้นสิ่งที่จะต้องดำเนินการก่อนขั้นแรก คือ การสร้างกลยุทธ์ของแต่ละจุดให้สัมพันธ์สอดคล้องกันทั้ง 4 จุด โดยผู้ออกแบบระบบห่วงโซ่อุปทานจะต้องเข้าใจอย่างลึกซึ้งต่อธุรกิจที่ดำเนินการตลอดทุกกระบวนการ [17]

ในการศึกษานี้จะทำการศึกษานำทางการจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานเชื้อเพลิงชีวมวลระดับชุมชน โดยทำการศึกษาในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดนครสวรรค์ วัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในเขตพื้นที่ภาคกลางเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน กรณีศึกษา จังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดนครสวรรค์ ได้ทำการศึกษานำทางและขั้นตอนที่แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการบริหารจัดการระบบห่วงโซ่อุปทาน โดยจะเป็นการวางแผนทางบริหารจัดการตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ กล่าวคือการเก็บรวบรวม ลำต้น ยอด เปลือกและใบข้าวโพด จากที่เพาะปลูก แล้วนำไปแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งการแปรรูปนั้นเกษตรกรสามารถแปรรูป ณ แหล่งกำเนิดหรือที่เพาะปลูกได้เลย แล้วนำไปจำหน่ายให้กับโรงงานไฟฟ้าชีวมวล หรือโรงงานที่ใช้พลังงานความร้อนชีวมวล แต่การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาระบบการบริหารจัดการแบบศูนย์รวม ซึ่งจะเป็นองค์กรที่รับซื้อเชื้อเพลิงชีวมวลจากเกษตรกรไปยังโรงงานไฟฟ้าชีวมวล หรือโรงงานที่ใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งเป็นแนวทางที่คุ้มค่ากว่าที่เกษตรกรจะเป็นผู้จำหน่ายเอง ซึ่งรูปแบบแนวทางบริหารจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานเชื้อเพลิงชีวมวลระดับชุมชน

ดังรูปที่ 3-25



รูปที่ 3-25 การบริหารจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานเชื้อเพลิงชีวมวล
ลำต้น ยอด เปลือกและใบข้าวโพด

1) วัตถุดิบ

วัตถุดิบของชีวมวลในระบบห่วงโซ่อุปทานของการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ลำต้น ยอด เปลือกและใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวที่เกษตรกรทิ้งแล้วไถกลบ หรือเผาทิ้ง โดยจากการสำรวจด้านศักยภาพเชิงปริมาณของวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดของจังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดนครสวรรค์ พบว่าซังข้าวโพดจะมีการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงอบ สีส้มลัดข้าวโพด และส่งเข้าโรงไฟฟ้าชีวมวล แสดงให้เห็นว่าซังข้าวโพดได้มีการนำไปใช้ประโยชน์อยู่แล้ว คณะผู้วิจัยจึงไม่นำมาเป็นวัสดุเหลือใช้ต่อไป

จากการสำรวจและลงพื้นที่ศึกษาพบว่า ในการเก็บฝักข้าวโพด เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดจะดำเนินการ 2 ลักษณะคือการจ้างแรงงานคนเก็บเกี่ยวและการใช้เครื่องจักร โดยการจ้างแรงงานคนเก็บซึ่งการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 ลักษณะดังกล่าวนี้ เกษตรกรจะไม่ได้เก็บในส่วน of ลำต้น ยอด เปลือกและใบ แต่จะตัดและกองทิ้งไว้ในไร่แล้วจะทำการไถกลบเพื่อปรับหน้าดินรอการเพาะปลูกต่อไปสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูฝน และเผาทิ้งสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูแล้ง ซึ่งวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง/เม็ดได้

2) การรวบรวมจัดเก็บ

การรวบรวมจัดเก็บลำต้น ยอดและใบข้าวโพดที่ถูกทิ้งไว้ในพื้นที่เพาะปลูกหลังการเก็บเกี่ยว การจัดเก็บทำได้หลายวิธี อาทิ การใช้รถเก็บเกี่ยวพร้อมสีเมล็ด รถตัดลำต้น รถสับย่อย และรถเก็บเกี่ยวประเภท Self propelled baler ซึ่งสามารถเก็บรวบรวมลำต้น ยอดและใบ ที่ถูกกองทิ้งไว้ในไร่ข้าวโพด พร้อมทั้งทำการอัดก้อนได้ขนาดใหญ่ๆ ทั้งในรูปแบบก้อนสี่เหลี่ยม หรือก้อนกลม ส่วนรถเก็บเกี่ยวประเภท Self propelled pelletizer จะเก็บรวบรวมลำต้น ยอดและใบข้าวโพดทิ้งไว้ในไร่ข้าวโพด พร้อมทั้งทำการอัดแท่งหรือเม็ด ตามขนาดที่ต้องการ ซึ่งเทคโนโลยีที่กล่าวมานี้มีลักษณะที่เหมาะสมกับพื้นที่ราบ แต่เนื่องจากการ

เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นการเพาะปลูกบนพื้นที่ราบเชิงเขา มีภูเขาสลับขึ้นลง ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ อีกทั้งการเก็บเกี่ยวฝักข้าวโพดส่วนมากจะใช้แรงงานคน รวมทั้งการลงทุนรถเก็บเกี่ยวจะมีราคาสูง ดังนั้นการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้ในพื้นที่ราบสูงที่เหมาะสมคือ การใช้แรงงานคนเช่นเดียวกับการเก็บฝักข้าวโพด โดยเกษตรกรสามารถดำเนินการควบคู่ไปกับการเก็บฝักข้าวโพดได้ ซึ่งเมื่อเกษตรกรเก็บฝักข้าวโพดแล้วก็สามารถตัดลำต้นทิ้งกองไว้กับไร่และทิ้งไว้ประมาณ 4-5 วัน เพื่อลดความชื้น เมื่อลำต้น ยอดและใบแห้งสนิทแล้วจึงทำการเก็บรวบรวมแล้วมัดไว้เพื่อป้องกันการกระจาย

3) การแปรรูป การแปรรูปชีวมวลลำต้น ยอดและใบข้าวโพดนั้นจากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะแนวทาง 2 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 การแปรรูปที่แหล่งกำเนิด

จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณวัสดุเหลือใช้ประเภทลำต้น/ยอด/ใบเปลือกคิดโดยประมาณเป็นน้ำหนักเฉลี่ย 1.54 ตันต่อไร่ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการติดตั้งเครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิงขนาด 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมงภายในพื้นที่ของเกษตรกรเอง โดยเครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิงดังกล่าวไม่สร้างความยุ่งยากให้แก่เกษตรกร เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีการอัดแท่งแบบง่ายๆ สามารถใช้แรงงานเพียง 1 คน ในการอัดแท่งเชื้อเพลิง หลังจากการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้จากการเก็บเกี่ยวข้าวโพด เครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งมีลักษณะเป็นเครื่องจักรใช้เครื่องอัดแบบเกลียวหรือสกรู ซึ่งสามารถทำได้ทั้งกับวัสดุสดและแห้งโดยเฉพาะในกรณีที่วัสดุมีความชื้นเพียงพอจะสามารถอัดได้สะดวกและรวดเร็ว หลังจากตากวัสดุเหลือใช้จนแห้งได้ที่แล้ว สามารถนำไปขายให้กับโรงงานต่างๆ ที่ต้องใช้เชื้อเพลิงทำความร้อน

แนวทางสร้างการแปรรูปที่แหล่งกำเนิดเป็นแนวทางที่เกษตรกรผู้ประกอบการต้องลงทุน และรับผิดชอบการดำเนินการด้วยตนเอง โดยมีข้อดี-ข้อเสียดังแสดงในตารางที่ 3-4 และ ตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-4 ข้อดีของการแปรรูปชีวมวลที่แหล่งกำเนิด

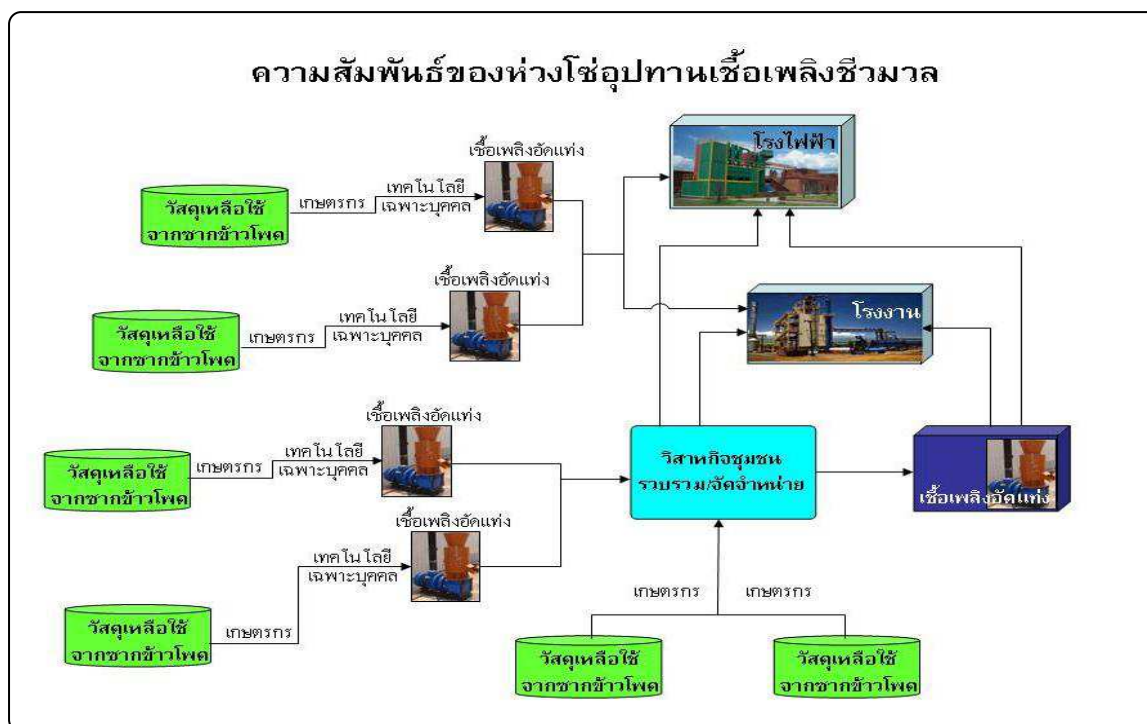
ข้อดี
1. สามารถติดตั้งและดำเนินการได้ด้วยตนเอง เนื่องจากขั้นตอนการปฏิบัติไม่ยุ่งยาก
2. ใช้พื้นที่สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์น้อยมาก เพียง 10 ตารางเมตร(รวมเครื่องย่อยวัสดุ)
3. ลดความสิ้นเปลืองในการขนย้าย เนื่องจากการขนย้ายซากข้าวโพดเกิดขึ้นในพื้นที่ของเกษตรกรเอง
4. ลดการเผาเศษซากวัชพืชในพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งเท่ากับการลดมลภาวะทางอากาศ และการลดภาวะเรือนกระจก
5. เพิ่มผลกำไรให้กับตัวเกษตรกร เนื่องจากการขายเศษสิ่งเหลือใช้จากข้าวโพดถูกแปรสภาพเป็นทรัพยากร

ตารางที่ 3-5 ข้อเสียของการแปรรูปชีวมวลที่แหล่งกำเนิด

ข้อเสีย
1. เครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งส่วนใหญ่ต้องใช้พลังงานจากกระแสไฟฟ้า ดังนั้นการติดตั้งต้องคำนึงถึงระบบจ่ายกระแสไฟฟ้า
2. เชื้อเพลิงอัดแท่งยังเป็นนวัตกรรมใหม่ อาจขาดตลาดรองรับค่อนข้างยาก

แนวทางที่ 2 การแปรรูปแบบศูนย์รวมหรือในรูปแบบของนิติบุคคล

จากการศึกษาของคณะวิจัยพบว่าวัสดุเหลือใช้ประเภทลำต้น ใบ เปลือกและซังข้าวโพดที่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระดับอำเภอนั้นมีปริมาณมากเพียงพอสำหรับการผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งในรูปแบบของการรวมกลุ่มเป็นนิติบุคคลหรือวิสาหกิจชุมชน โดยสามารถจัดตั้งกลุ่มในลักษณะของหมู่บ้าน หรือตำบลต่างๆ เพื่อดำเนินการรับซื้อวัสดุเหลือใช้ประเภทลำต้น ใบ เปลือกและซังข้าวโพดจากเกษตรกร และนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ศูนย์รวมประจำอำเภอ จากนั้นจึงส่งเชื้อเพลิงอัดแท่งเข้าสู่โรงงานต่างๆ ที่ต้องใช้เชื้อเพลิงสำหรับผลิตพลังงาน นอกจากนี้แล้ววิสาหกิจชุมชนยังสามารถเป็นผู้รวบรวมเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเกษตรกรแปรรูปจากแหล่งกำเนิด และส่งผ่านไปโรงงานต่างๆ ได้อีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 3-26 โดยแนวทางนี้จะเป็นการจับกลุ่มของเกษตรกรในลักษณะของวิสาหกิจชุมชน มีสถานที่ตั้งที่แน่นอน เป็นการรวมตัวในการบริหาร ดำเนินงาน และการจดทะเบียนนิติบุคคล ดังแสดงตารางที่ 3-6 แสดงประโยชน์และข้อควรคำนึงถึงการแปรรูปชีวมวลแบบศูนย์รวมหรือนิติบุคคล



รูปที่ 3-26 ความสัมพันธ์ของห่วงโซ่อุปทานเชื้อเพลิงชีวมวล

ตารางที่ 3-6 ประโยชน์และข้อควรคำนึงถึงของการแปรรูปชีวมวลแบบศูนย์รวมหรือนิคมอุตสาหกรรม

ประโยชน์	ข้อควรคำนึงถึง
1. สร้างความสามัคคีให้เกิดขึ้นในท้องถิ่น	1. การบริการวิสาหกิจชุมชนให้ได้ผลสัมฤทธิ์สูงจำเป็นต้อง
2. มีการบริหารจัดการโดยบุคลากรภายในท้องถิ่น	สรรหาผู้บริหารที่มีความรู้ ความชำนาญ และผู้มีจิต
3. สนับสนุนให้เกิดการจ้างงานขึ้นภายในท้องถิ่น	สาธารณะ จึงยากต่อการสรรหา และต้องมีค่าตอบแทน
4. วิสาหกิจชุมชนช่วยให้มีการต่อรองราคาสินค้าได้อย่างเป็นธรรม	ค่อนข้างสูง

4) การจัดจำหน่าย

การจัดจำหน่ายชีวมวลอาจดำเนินการได้หลายรูปแบบ ดังนี้

- เกษตรกรผู้แปรรูปจำหน่ายชีวมวลให้กับผู้ซื้อโดยตรง
- เอกชนเป็นผู้รับซื้อชีวมวลจากผู้แปรรูปแล้วนำไปจำหน่าย
- กลุ่มหรือองค์กรของชุมชนเป็นผู้รับซื้อชีวมวลจากผู้แปรรูปแล้วนำไปจำหน่าย

สำหรับในการศึกษาวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยพิจารณาเห็นว่าการบริหารและจัดจำหน่ายชีวมวลของชุมชนในระดับตำบล หากสามารถรวมกลุ่มเพื่อดำเนินการในรูปแบบของ “วิสาหกิจชุมชน” จะมีความเหมาะสมเนื่องจากมี พ.ร.บ.วิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548 รองรับ ทำให้สามารถบริหารจัดการโดยคณะบุคคลที่ชุมชนเป็นเจ้าของและชุมชนเป็นผู้ดำเนินการร่วมกัน วิสาหกิจชุมชนเป็นองค์กรขนาดเล็กมีการกิจเพื่อบริหารจัดการ “ทุน” ของชุมชน ในชุมชน โดยชุมชน และเพื่อชุมชน โดยใช้ความรู้ ภูมิปัญญาและความคิดสร้างสรรค์ของชุมชนผสมผสานกับความรู้สากล [18] ซึ่งจะดำเนินการตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ กล่าวคือการบริหารจัดการตั้งแต่การรณรงค์ส่งเสริมเกษตรกรให้เห็นคุณค่าวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพด รวมถึงการถ่ายทอดวิธีการเก็บรวบรวมลำต้น ยอดเปลือกและใบข้าวโพดจากต้นทางเพื่อนำมาแปรรูปเป็นพลังงานชีวมวล ซึ่งรูปแบบของวิสาหกิจชุมชนนั้นบทบาททางด้านการตลาด จะมีอำนาจต่อรองกับภายนอกได้มากกว่า การที่เกษตรกรหรือผู้แปรรูปรายย่อยแยกกันดำเนินการ นอกจากนั้นผลการศึกษาเส้นทางขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหมาะสมไปยังโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ใกล้เคียง โดยได้คำนวณระยะทางขนส่งจากต้นทางไม่เกิน 20 กิโลเมตร โดยใช้รถแทรกเตอร์ที่ทำการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพด หากระยะทางเกิน 20 กิโลเมตร ต้องใช้รถบรรทุก ซึ่งการคำนวณระยะทางการขนส่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพิจารณาเลือกพื้นที่นำร่องเพื่อจัดตั้งธนาคารชีวมวล

จากการศึกษาผลงานวิจัย เรื่อง “โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน (ระดับชุมชน)” [19] พบว่าการดำเนินการเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์และทำการแปรรูปอย่างง่ายเพื่อแยกการขนส่งเป็นลำดับแรก ควรทำการส่งเสริมให้ชุมชนจัดตั้งธนาคารชีวมวลขึ้นเพื่อเป็นองค์กรหรือหน่วยงานวิสาหกิจ นอกจากนั้นผลการวิจัยดังกล่าวยังค้นพบระบบห่วงโซ่อุปทานเชื้อเพลิงชีวมวลระดับชุมชน โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ 1) การแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลที่แหล่งกำเนิด

(On-site Biomass Feedstock Processing) 2) การแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลแบบรวมศูนย์ (Centralized Biomass Feedstock Processing) ซึ่งรูปแบบที่สองนี้เป็นการแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลขั้นที่ 2 (Secondary Processes) ให้มีสมบัติพึงประสงค์ต่อการกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลไปเป็นพลังงานในรูปแบบต่างๆ ตลอดจนความคุ้มค่าสำหรับการขนส่งในระยะใกล้และไกลอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตามการแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลแบบรวมศูนย์ บ่อยครั้งก็ถูกนำมาใช้ทดแทนการแปรรูปเชื้อเพลิงที่แหล่งกำเนิดได้เหมือนกัน จัดเป็นระบบการจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลแบบ Centralized Management ที่เหมาะสมกับการรวมกลุ่มของเกษตรกรรายย่อย ทั้งนี้รูปแบบการจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลแบบรวมศูนย์ตามผลการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าว จะเป็นศูนย์รวบรวม และแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับชุมชน (Biomass Bank) โดยหลักการของการแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลแบบรวมศูนย์ จะเป็นการเปิดโอกาสให้เกษตรกรรายย่อยสามารถเป็นผู้ผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลได้เอง และทำการรวบรวมและขนส่งเท่าที่มีอยู่ของตัวเองเข้ามาสู่โรงงานแปรรูปเชื้อเพลิงขั้นต้นแบบรวมศูนย์ (Primary Processes) ที่ตั้งอยู่ในชุมชนก่อนที่จะนำไปส่งให้กับโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ หรือนำไปเข้ากระบวนการแปรรูปเชื้อเพลิงขั้นที่ 2 ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลให้มีคุณภาพสูง เช่นการลดความชื้น การอัดแท่งหรืออัดแท่ง ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นลำดับต่อไป

โดยสรุปขั้นตอนการรวบรวมลำเลียงขนถ่ายเชื้อเพลิงจากพื้นที่เพาะปลูกมาสู่จุดศูนย์กลางจะเป็นหน้าที่ของเกษตรกร ส่วนการดำเนินการแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลจะกระทำโดยศูนย์รวบรวมและแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับชุมชน นั่นคือธนาคารชีวมวล นั่นเอง

3.2.1 ลักษณะการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดบนพื้นที่ราบในปัจจุบัน

จากการลงพื้นที่สำรวจข้อมูลเกี่ยวกับการนำวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปใช้ประโยชน์พบว่า ในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากชังข้าวโพดในเชิงพาณิชย์แล้ว ส่วนการใช้ประโยชน์จากลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือกจะมีปริมาณค่อนข้างน้อย

การนำชังข้าวโพดไปใช้ประโยชน์นั้น จะมีการแบ่งประเภทของชังข้าวโพดออกเป็นชังขาว ชังเหลือง ชังดำ ชังอ่อน และชังเปียก

ชังขาว เป็นชังใหม่ที่เพิ่งสีเมล็ดข้าวโพดออก มีลักษณะเป็นสีขาวและแห้ง ขายได้ราคาสูงกว่าชังแบบอื่น โดยมีราคาประมาณตันละ 1,800 บาท นิยมนำไปทำ ผงชูรส บดผสมกับอาหารสัตว์ ทำกระดาด ดังแสดงใน รูปที่ 3-27



รูปที่ 3-27 ชังขาว

ชังเหลือง หรือ ชังน้ำตาลเป็นชังข้าวโพดที่มีสีออกเหลือง หรือสีน้ำตาลเป็นชังข้าวโพดที่ถูกเก็บไว้นานขายได้ราคาต่ำรองลงไปจากชังขาว โดยขายได้ราคาประมาณ 1,500-1,700 บาทต่อตัน นิยมใช้ทำเป็นเชื้อเพลิง ดังแสดงใน รูปที่3-28



รูปที่ 3-28 ชังเหลืองหรือชังน้ำตาล

ชังดำ เป็นชังข้าวโพดที่มีสีน้ำตาลเข้มและสีดำ เป็นชังข้าวโพดที่ถูกเก็บไว้นานตากฝนตากแดด ราคาขายใกล้เคียงกับชังเหลือง หรือ ชังน้ำตาล คือ ราคาตันละ 1,500-1,700 บาท นิยมใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงดังแสดงใน รูปที่ 3-29



รูปที่ 3-29 ชังดำ



รูปที่ 3-30 การเปรียบเทียบตัวอย่างชังขาว ชังเหลือง และชังดำ

ชังอ่อน เป็นส่วนหางของฟักข้าวโพดเป็นส่วนของอ่อนและไม่มีเมล็ด หรือมีเมล็ดเล็กๆอ่อนๆอยู่ เวลาเข้าเครื่องสีส่วนนี้จะหักออกมาก่อน นิยมใช้ผสมทำอาหารสัตว์มีราคาขายที่ประมาณตันละ 2,000-3,000 บาท

ชังเปียก เป็นชังจากข้าวโพดฝักสด จะถูกขายเพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอลมีราคาขาย 800-1,000 บาทต่อตัน

ชังข้าวโพดส่วนใหญ่จะถูกเก็บรวบรวมไว้ที่โรงอบ/สี หลักจากที่มีการสีเมล็ดออกแล้ว เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการอบข้าวโพด โดยชังข้าวโพดจะถูกนำไปเผาในเตา ความร้อนที่เกิดขึ้นจะเอาไปใช้ในการอุ่นอากาศ เพื่อใช้อบข้าวโพดต่อไป โดยในรูปที่ 3-31 แสดงกองชังข้าวโพดบริเวณโรงอบ/สีเมล็ด และรูปที่ 3-32 แสดงเตาเผาชังข้าวโพด



รูปที่ 3-31 กองซังข้าวโพดบริเวณโรงอบ/สีเมล็ด



รูปที่ 3-32 เตาเผาซังข้าวโพด

ในส่วนของลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือกจะยังไม่มีนำมาใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ โดยส่วนใหญ่จะถูกปล่อยทิ้งไว้ในไร่ และทำการไถกลบ เพื่อปลูกพืชชนิดอื่น หรือทำการเผาทิ้ง ทั้งนี้เนื่องจากลำต้นและใบมีน้ำหนักเบา ไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายในการขนส่ง แต่อย่างไรก็ตาม ได้มีการนำลำต้นและใบมานำประโยชน์ในครัวเรือน เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำงานประดิษฐ์เล็กๆ น้อยๆ เช่น ดอกไม้จันทร์ พวงหรีด ตุ๊กตาประดิษฐ์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3-33



รูปที่ 3-33 งานหัตถกรรมในครัวเรือนจากลำต้นและใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3.2.2 แนวทางการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดบนพื้นที่ราบจากงานวิจัย

ในการศึกษานี้ ทีมวิจัยได้ทำการศึกษาในประเด็นหลักๆ 3 หัวข้อ คือ สถานการณ์การเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้ในปัจจุบัน เทคโนโลยีการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้ และการคัดเลือกเทคโนโลยีการเก็บรวบรวมที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษา ดังรายละเอียดด้านล่าง

1) สถานการณ์การเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้ในปัจจุบัน

จากการลงพื้นที่เพื่อศึกษาวิธีการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้จากการเพาะปลูกข้าวโพดในปัจจุบัน พบว่า การเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้ส่วนใหญ่นั้น จะเป็นการเก็บรวบรวมที่ดำเนินการควบคู่กับการเก็บรวบรวมผลผลิต โดยการเก็บรวบรวมซังข้าวโพดจะดำเนินการได้ใน 2 ลักษณะ คือ การเก็บรวบรวมซังข้าวโพดที่โรงอบสีเมล็ด และการเก็บรวบรวมซังข้าวโพดที่ไร่หลังจากการสีเมล็ดแล้ว

ในการเก็บรวบรวมซังข้าวโพดที่โรงอบสีเมล็ด เกษตรกรจะทำการเก็บฝักข้าวโพดด้วยมือ จากนั้นจึงรวบรวมฝักข้าวโพดไปส่งยังโรงสี ดังแสดงในรูปที่ 3-34 โดยโรงสีจะทำการสีเมล็ดออก และเก็บรวบรวมซังข้าวโพดไว้ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงสีเอง



รูปที่ 3-34 การเก็บฝักข้าวโพดส่งโรงสีด้วยมือ และซังข้าวโพดจะถูกเก็บรวบรวมที่โรงสี

ในกรณีที่สอง หากมีการนำรถสีเมล็ดข้าวโพดมาใช้ในการเก็บเกี่ยว เมล็ดข้าวโพดจะถูกเก็บเกี่ยวไปตั้งแต่ที่ไร่ ดังแสดงใน รูปที่ 3-35 โดยทั้งซังข้าวโพดกองไว้ที่ไร่ แต่อย่างไรก็ตาม หลังจากที่มีเมล็ดเสร็จแล้ว พ่อค้าจะทำการเก็บซังข้าวโพดที่ถูกทิ้งอยู่ในไร่ไปเก็บรวบรวมไว้ที่โรงอบสีเมล็ดด้วย

อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นเก็บฝักข้าวโพดด้วยมือ หรือการเก็บเมล็ดข้าวโพดด้วยเครื่องสี จะพบว่า ซังข้าวโพดจะถูกเก็บรวบรวมไปยังโรงอบสี เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ซังข้าวโพดทั้งหมดที่เกิดขึ้นจะถูกเก็บรวบรวม เพื่อนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตความร้อนใช้ภายในโรงอบสี



รูปที่ 3-35 การเก็บเมล็ดข้าวโพดด้วยรถสีเมล็ดข้าวโพด โดยที่ซังข้าวโพดจะถูกทิ้งตามไร่

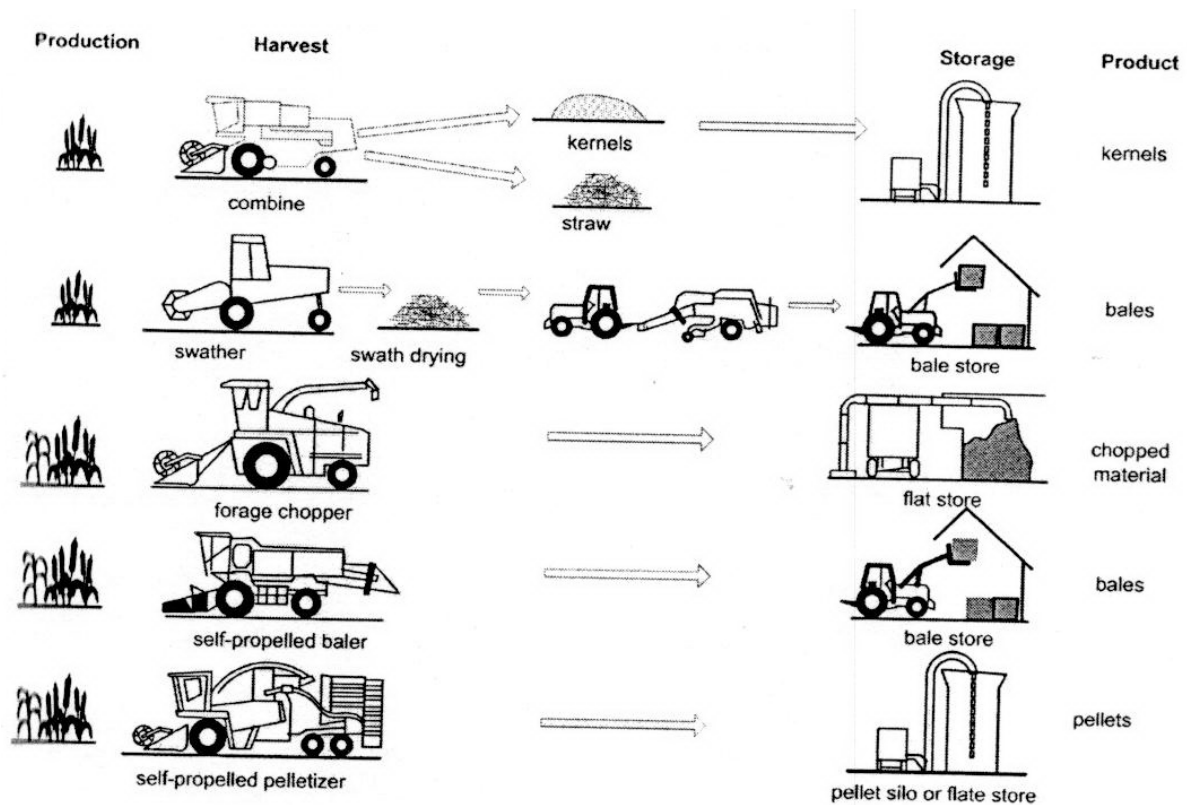
สำหรับในส่วนของลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือก นั้น หลังจากการเก็บเกี่ยวฝักข้าวโพดหรือเมล็ดแล้ว ลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือกจะถูกทิ้งให้ล้มตายคาต้น โดยที่ก่อนจะถึงฤดูกาลเพาะปลูก จะมีการไถกลบ เพื่อปรับหน้าดินรอการเพาะปลูกต่อไป หรือทำการเผาทิ้ง ดังนั้นจึงถือว่าปัจจุบันนี้ ยังไม่มีการเก็บรวบรวมลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือกข้าวโพด ดังแสดงใน รูปที่ 3-36



รูปที่ 3-36 ลำต้น ยอด ใบ เปลือกที่ถูกทิ้งไว้ในไร่

2) เทคโนโลยีการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้ที่เหมาะสม

เนื่องจากการเก็บรวบรวมชังข้าวโพดในปัจจุบันมีประสิทธิภาพดีแล้ว ชังข้าวโพดทั้งหมดจะถูกเก็บรวบรวมไว้ที่โรงอบสีเมล็ด ดังนั้นในหัวข้อนี้จะพิจารณาเฉพาะเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือกโดยจากการศึกษากระบวนการเก็บเกี่ยววัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประเภท ลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือกจากต่างประเทศ จะมีกระบวนการต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3-37



รูปที่ 3-37 กระบวนการเก็บเกี่ยวและเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร [20]

จากรูปที่ 3-37 กระบวนการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะแบ่งเป็น 5 ลักษณะ คือ

- รถเก็บเกี่ยว พร้อมสีเมล็ด (Tractor and Combine Harvester) รถแบบนี้จะใช้วิธีตัดลำต้น พร้อมทั้งแยกเมล็ดพืชไปใช้ประโยชน์ ส่วนลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือกข้าวโพดที่เป็นวัสดุเหลือใช้จะถูกกองไว้ในไร่ เพื่อรอการเก็บรวบรวมต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3-38



รูปที่ 3-38 รถเก็บเกี่ยวแบบ Tractor and Combine Harvester [21]

- รถตัดลำต้น(Swather) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3-39 จะทำหน้าที่ตัดลำต้นให้ล้มกองไว้เป็นแถวในไร่ จากนั้นจะมีรถอัดเป็นก้อนขนาดใหญ่ และนำไปเก็บไว้ที่อาคารเก็บรวบรวม



รูปที่ 3-39 รถเก็บเกี่ยวแบบ Swather [22]

- รถสับย่อย (Forage Chopper) รถชนิดนี้จะทำการเก็บรวบรวมลำต้น พร้อมทั้งสับย่อยในเวลา
กัน โดยเศษวัสดุเหลือใช้จะถูกสับให้มีขนาดเล็ก โดยทั่วไปเศษวัสดุที่ย่อยแล้วจะถูกพ่นออกมาทางด้านบน
ทั้งนี้จะต้องมีรถบรรทุกเล่นคู่ขนานกันไป เพื่อเก็บรวบรวมวัสดุที่ย่อยเสร็จแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 3-40



รูปที่ 3-40 รถเก็บเกี่ยวแบบ Forage Chopper [23]

- รถเก็บเกี่ยว Self propelled baler รถประเภทนี้จะทำการเก็บเกี่ยวเศษวัสดุเหลือใช้ พร้อมทั้งทำการอัดก้อนวัสดุให้เป็นก้อนขนาดใหญ่ ซึ่งอาจจะมีลักษณะเป็นเป็นก้อนกลม หรือก้อนสี่เหลี่ยม จากนั้นจึงทำการขนส่งเพื่อเก็บรวบรวมต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 3-41



รูปที่ 3-41 รถเก็บเกี่ยว Self propelled baler [24]

- รถเก็บเกี่ยวแบบ Self propelled pelletizer รถประเภทนี้จะทำการเก็บเกี่ยวเศษวัสดุเหลือใช้ พร้อมทั้งทำการอัดวัสดุเหลือใช้ให้เป็นแท่ง หรือเม็ดเล็กๆ ตามขนาดที่ต้องการ

3) การคัดเลือกเทคโนโลยีการเก็บรวบรวมที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษา

จากการลงพื้นที่สำรวจพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดทั้งในจังหวัดนครสวรรค์ และเพชรบูรณ์ พบว่าพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดส่วนใหญ่ จะเป็นที่ราบสูง มีภูเขาสลับขึ้นลงไปห้อยๆ ไม่เหมาะสมที่จะนำรถเก็บเกี่ยวดังกล่าวข้างต้นมาใช้ในพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งจะสังเกตได้จากการเก็บฝักข้าวโพด ซึ่งส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยว รถเก็บเกี่ยวไม่สามารถเข้าถึงได้ทุกพื้นที่ ประกอบกับราคารถเก็บเกี่ยวที่มีราคาสูง ดังนั้น วิธีการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้เหลือที่ใช้เหมาะสม คือ การใช้แรงงานคนในการเก็บรวบรวม โดยสามารถดำเนินการควบคู่ไปกับการเก็บฝักข้าวโพดได้ ซึ่งโดยปกติในการเก็บฝักข้าวโพด ผู้เก็บเกี่ยวจะต้องตัดหรือเหยียบลำต้นข้าวโพดให้ล้ม เพื่อสามารถเดินเก็บฝักข้าวโพดได้สะดวกอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อเก็บฝักข้าวโพดเสร็จ ให้ปล่อยลำต้นที่ล้มแล้วทิ้งไว้ในไร่ประมาณ 2-3 วันให้แห้งก่อนทำการเก็บรวบรวม เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเชื้อราจากความชื้น ทั้งนี้อาจมีลำต้นบางส่วนที่ยังยืนต้นอยู่ ก็ให้ทำการตัดลำต้นที่ยังยืนต้นอยู่ให้ล้มทิ้งไว้



รูปที่ 3-42 สภาพลำต้นที่ยืนต้นอยู่



รูปที่ 3-43 เกษตรกรทำการเก็บรวบรวมลำต้นข้าวโพด

3.2.3 ผลการศึกษาและคัดเลือกเทคโนโลยีการแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดบนพื้นที่ราบเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

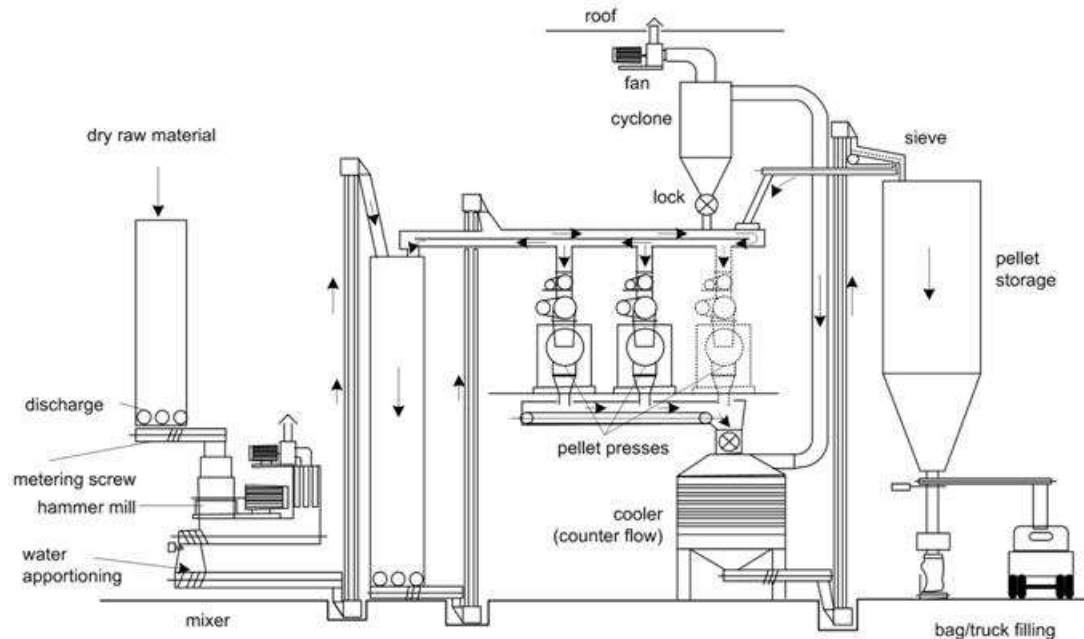
จากการศึกษาการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สามารถสรุปได้ว่า ชังข้าวโพดที่เหลือทิ้งจากกระบวนการสีแยกเมล็ดข้าวโพดส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงร่วมเพื่อผลิตพลังงานความร้อนและไฟฟ้าใช้ในโรงงาน หรือขายต่อไปยังโรงงานผลิตเอทานอล ในขณะที่ลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือกข้าวโพดจะยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ ดังนั้น โครงการวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การนำลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือกข้าวโพด เหลือทิ้งบริเวณไร่ข้าวโพดมาใช้ประโยชน์ในรูปของเชื้อเพลิง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรจะพบว่า จะต้องมีการเตรียมเชื้อเพลิงให้เหมาะสม ก่อนที่จะนำไปใช้ในเทคโนโลยีต่างๆ ในส่วนแรกของหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล จากนั้นจึงกล่าวถึง เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ศึกษาให้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

1) เทคโนโลยีการแปรรูปชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง

เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีคุณสมบัติบางอย่างที่เป็นข้อจำกัดต่อการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น มีความชื้นสูง มีรูปร่างที่แน่นอน มีขนาดไม่สม่ำเสมอ และบางชนิดมีความหนาแน่นน้อย โดยปกติชีวมวลจะมีค่าความหนาแน่นต่ำกว่าเชื้อเพลิงจากฟอสซิล 2-8 เท่า และมีพลังงานต่อหน่วยปริมาตรต่ำกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิลประมาณ 25 เท่า [25] ทำให้ยากต่อการเก็บรวบรวม และขนส่ง เช่น ลื่นเปื้อนพื้นที่สำหรับเก็บรวบรวม หรือเกิดปัญหาการฟุ้งกระจายในระหว่างการขนส่ง เป็นต้น นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวแล้ว การใช้เชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นต่ำและมีรูปร่างหรือขนาดไม่สม่ำเสมอจะทำให้กระบวนการเผาไหม้เพื่อผลิตพลังงานมีประสิทธิภาพต่ำ [26, 27, 28] ดังนั้น จึงควรมีการเตรียมเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตพลังงาน

เทคโนโลยีการแปรรูปชีวมวลให้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน คือ เทคโนโลยีการอัดแท่งเชื้อเพลิง ทั้งนี้จะประกอบด้วยกระบวนการย่อยต่างๆ แล้วแต่ชนิดของชีวมวล ซึ่งส่วนใหญ่จะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังแสดงด้านล่าง และรูปที่ 3-44 แสดงเครื่องจักรที่จำเป็นสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

1. กระบวนการอบ/ตากแห้ง
2. กระบวนการลดขนาด
3. กระบวนการปรับสภาพ
4. กระบวนการอัดแท่ง
5. กระบวนการลดอุณหภูมิ



รูปที่ 3-44 เครื่องจักรที่จำเป็นสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง [30]

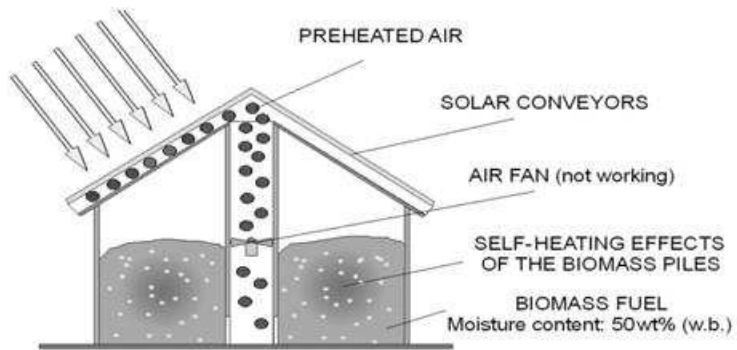
กระบวนการอบ/ตากแห้ง

ขั้นตอนนี้เป็นการลดความชื้นของเชื้อเพลิง ซึ่งโดยปกติแล้ว ชีวมวลควรจะมี水分含量อยู่ระหว่างร้อยละ 10-15 โดยน้ำหนัก ก่อนที่จะนำไปอัดแท่งเทคโนโลยีในการอบ/ตากแห้งชีวมวลนั้น จะแบ่งออกเป็น 2 เทคโนโลยี คือ การกองหรือผึ่งทิ้งไว้ให้แห้งตามธรรมชาติ และการใช้เครื่องอบ

การกองชีวมวลไว้ให้แห้งตามธรรมชาติเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ สามารถลดความชื้นของชีวมวลจากร้อยละ 50 เหลือเพียงร้อยละ 30 หรือการกองชีวมวลไว้ในโรงหลายวันก่อนที่จะมีการเก็บเกี่ยวก็จะทำให้ความชื้นลดลง เนื่องจากในขณะที่กองชีวมวลทิ้งไว้ จะทำให้อุณหภูมิภายในกองชีวมวลสูงขึ้น เมื่อมีอากาศผ่านเข้าไปในกองชีวมวล จะช่วยพาความชื้นออกมาจากกองชีวมวล การกองหรือผึ่งชีวมวลนี้สามารถทำได้ทั้งในที่ร่มและกลางแจ้ง แต่วิธีการกองผึ่งไว้กลางแจ้งจะมีข้อจำกัด คือ กระบวนการลดความชื้นจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในขณะนั้นๆ สำหรับการกองหรือผึ่งให้แห้งในที่ร่ม อาจจะมีการนำระบบการถ่ายเทอากาศหรืออากาศร้อนมาใช้ร่วม เพื่อให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3-45 ซึ่งวิธีนี้เหมาะสำหรับนำมาใช้โรงงานที่มีความร้อนเหลือทิ้ง

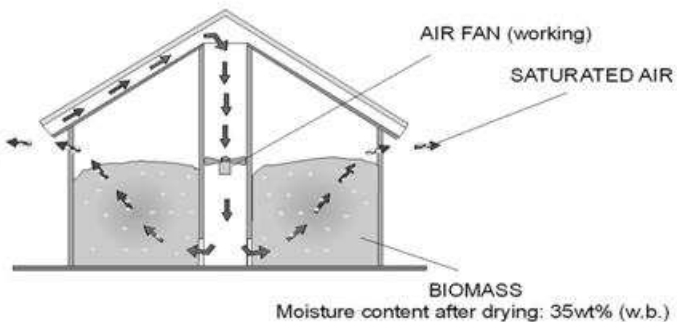
1. STEP

- WARMING UP OUTSIDE AIR BY SOLAR CONVEYORS
- SELF-HEATING EFFECTS OF THE BIOMASS PILES



2. STEP

- PREHEATED AIR IS BLOWN BY THE AIR FAN THROUGH THE BIOMASS PILES
- THE WATER FROM THE BIOMASS IS CARRIED OUT BY THE AIR



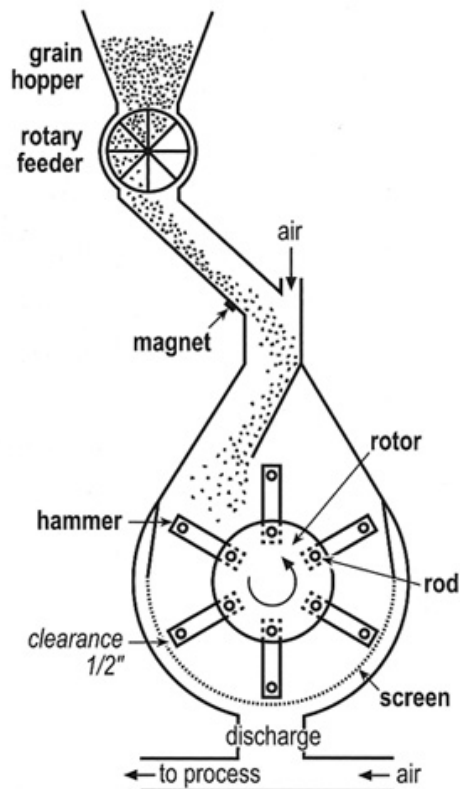
รูปที่ 3-45 เทคโนโลยีการนำอากาศร้อนมาใช้ในการลดความชื้น [31]

ส่วนเทคโนโลยีการลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบแห้ง ซึ่งมีหลายแบบ เช่น เครื่องอบแห้งแบบ Belt และแบบ Drum อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องอบแห้งในการลดความชื้นชีวมวลนั้น ส่วนใหญ่จะใช้ในโรงงานที่มีเครื่องอบแห้งอยู่แล้ว โดยนำเครื่องที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้กับชีวมวล เนื่องจากเป็นการประหยัดค่าลงทุนเครื่องจักร นอกจากนี้แล้ว การใช้เครื่องอบแห้งบางประเภทจะต้องการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอากาศด้วย หากไม่มีเครื่องอบแห้งอยู่แล้ว เทคโนโลยีนี้จะไม่นิยมใช้กัน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่มีราคาสูง ไม่คุ้มค่าในการลงทุน

กระบวนการลดขนาด

เนื่องจากชีวมวลบางชนิดมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน และมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดขนาดชีวมวลให้มีขนาดและรูปร่างที่แน่นอน เครื่องสับย่อยที่นิยมใช้ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องสับแบบ Hammer mill และเครื่องสับแบบ Shredder

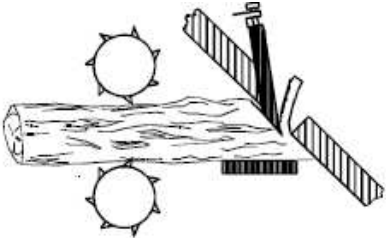
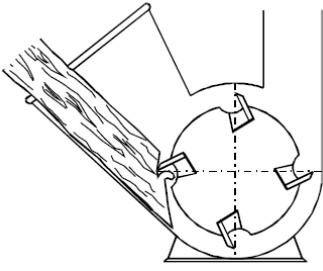
เครื่องสับแบบ Hammer mill จะใช้หัวค้อนที่ติดตั้งอยู่บริเวณขึ้นส่วนที่หมุนได้ของเครื่อง เมื่อมีการหมุนด้วยความเร็วสูง หัวค้อนจะกระแทก/ตีวัสดุที่ต้องการลดขนาด ทำให้วัสดุมีขนาดเล็กลง จนมีลักษณะเป็นผง ขนาดของวัสดุที่ทำการลดขนาดจะขึ้นอยู่กับตะแกรงที่นำมาใช้ติดตั้งไว้ในเครื่องสับ รูปที่ 3-46 แสดงลักษณะของเครื่องสับแบบ Hammer mill เครื่องสับชนิดนี้จะเหมาะสำหรับย่อยขนาดวัสดุให้มีขนาดเล็กกว่า 5 มิลลิเมตร มีความคงทน แข็งแรง



รูปที่ 3-46 หลักการทำงานของเครื่องสับย่อยแบบ Hammer mill [31]

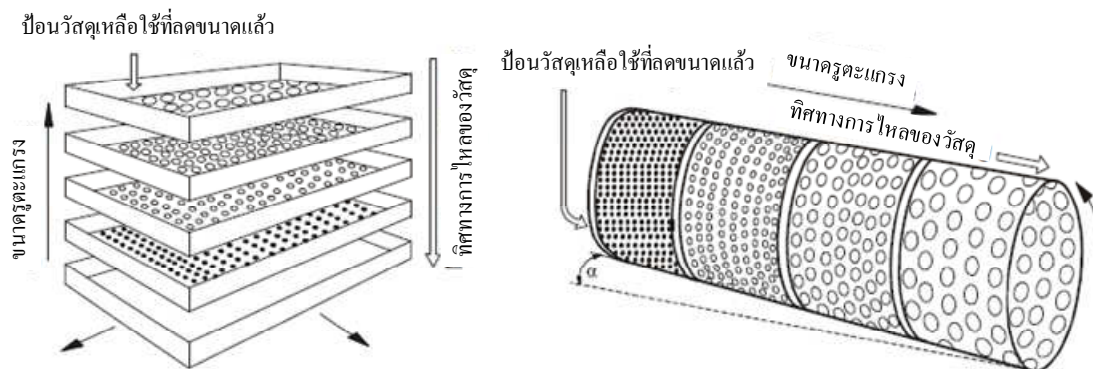
เครื่องสับแบบ Shredder จะมีทั้งแบบที่เป็น Disc shredder และ Drum shredder ซึ่งทั้ง 2 แบบ จะอาศัยใบมีดในการตัดหรือสับวัสดุ เครื่องสับแบบนี้สามารถปรับความถี่ห่างของใบมีดได้ตามขนาดของชิ้นงานที่ต้องการ แต่อย่างไรก็ตาม ขนาดของชิ้นงานที่ได้จะมีลักษณะเป็นชิ้น ไม่ได้เป็นผงขนาดเล็กแบบเครื่องสับแบบ Hammer mill ตารางที่ 3-7 แสดงรายละเอียดของเครื่องสับแบบ Disc shredder และ Drum Shredder

ตารางที่ 3-7 รายละเอียดของเครื่องสับแบบ Disc shredder และ Drum Shredder [32]

	เครื่องสับแบบ Disc shredder	เครื่องสับแบบ Drum shredder
หลักการทำงาน		
ขนาดของวัสดุที่นำมาสับ	100-300 มิลลิเมตร	180-450 มิลลิเมตร
ขนาดของเศษวัสดุที่สับแล้ว	4-80 มิลลิเมตร (สามารถปรับขนาดได้)	5-80 มิลลิเมตร (สามารถปรับขนาดได้)
พลังงานที่ใช้	8-105 กิโลวัตต์	45-325 กิโลวัตต์
ความสามารถในการสับ	2-60 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง	15-100 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

กระบวนการปรับสภาพ

ในบางครั้งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เก็บรวบรวมมาอาจจะมีเศษดิน หรือวัสดุที่ไม่ต้องการปะปนมา ดังนั้น กระบวนการปรับสภาพในที่นี้ หมายถึง กระบวนการคัดแยกเศษวัสดุที่ปะปนมา ออกจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ต้องการนำมาแปรรูป หรือการแยกวัสดุที่มีขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถ นำมาอัดแท่งได้ออกจากวัสดุขนาดเล็กที่จะนำไปอัดแท่ง เพื่อให้ได้วัสดุที่เหลือมีขนาดสม่ำเสมอ ซึ่ง สามารถใช้ตะแกรงในการคัดแยกขนาดได้ โดยตะแกรงแยกจะมีหลายชนิด เช่น ตะแกรงแยกแบบ Plate และตะแกรงแยกแบบ Drum ดังแสดงในรูปที่ 3-47



รูปที่ 3-47 ตะแกรงสำหรับคัดแยกขนาดวัสดุ [32]

กระบวนการอัดแท่งหรืออัดแท่ง

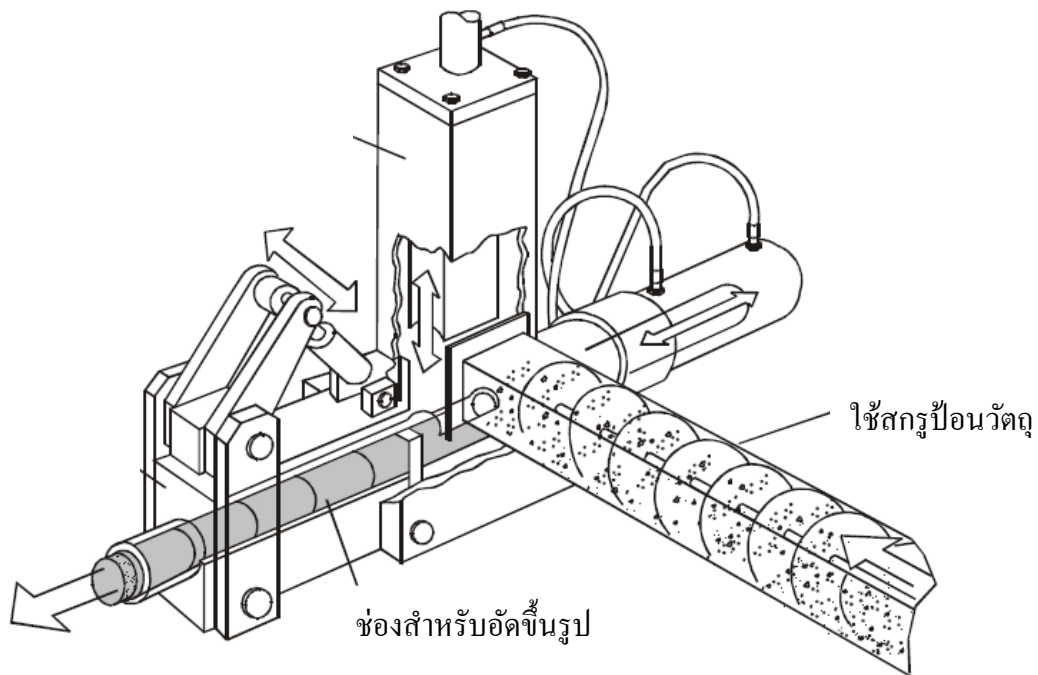
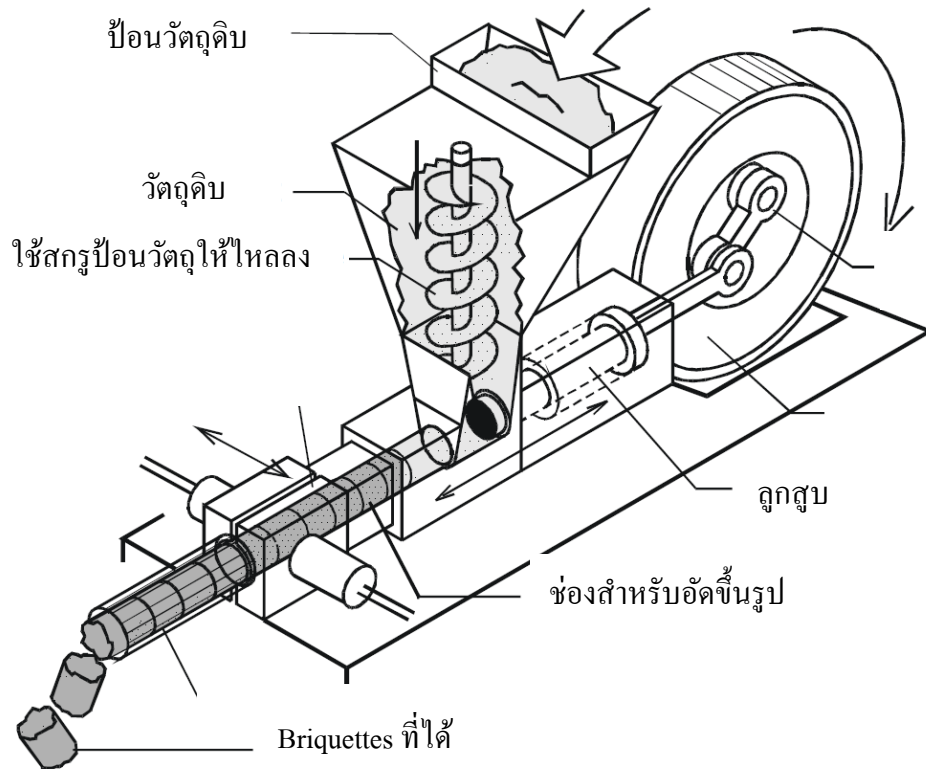
ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการอัดแท่งหรือว่าการเม็ดจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ Briquettes กับ Pellets โดยทั่วไปทั้ง Briquettes และ Pellets จะมีลักษณะเป็นทรงกระบอก แต่จะมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดและการนำไปใช้งาน กล่าวคือ Briquettes จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30-100 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 30-40 เซนติเมตร และจะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาที่ใช้ทั่วไปในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ส่วน Pellets จะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6-10 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 20-40 เซนติเมตร นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง สำหรับเตาอุตสาหกรรมที่มีการป้อนเชื้อเพลิงแบบอัตโนมัติหรือหม้อน้ำ เนื่องจากมีความการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและมีความสามารถในการไหลได้ดี [19,27]

สำหรับเทคโนโลยีเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมี 2 เทคโนโลยี คือ การใช้เครื่องอัดแท่งแบบสกรู (Screw Extruder) และการใช้เครื่องอัดแท่งแบบลูกสูบ (Piston Press) ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีจะมีคุณลักษณะแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของเทคโนโลยีเครื่องอัดแท่งแบบสกรูและเครื่องอัดแท่งแบบลูกสูบ [28]

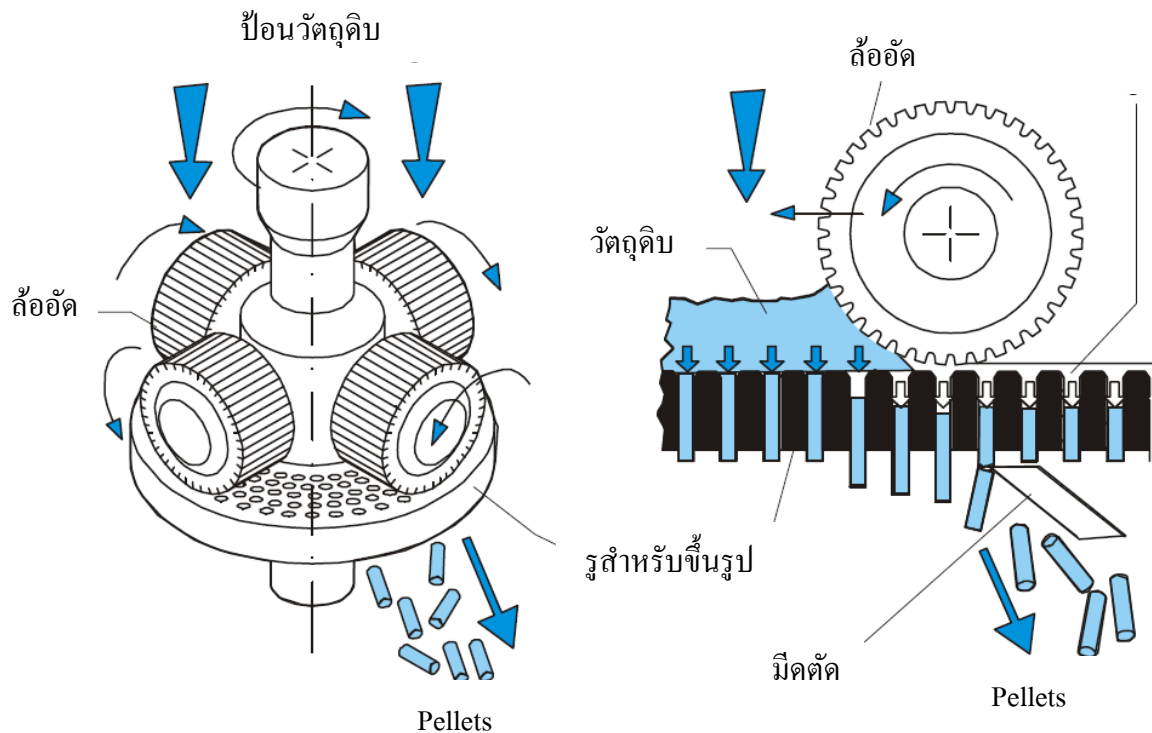
	เครื่องอัดแท่งแบบสกรู	เครื่องอัดแท่งแบบลูกสูบ
ความชื้นของวัสดุที่จะนำมาอัดแท่ง	10-15 %	8-9 %
การใช้พลังงาน	50 kWh/ton	60 kWh/ton
ความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแท่ง	1-1.2 g/cm ³	1-1.4 g/cm ³
ประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงแท่ง	ปานกลาง	ดีมาก
ความเหมาะสมของการนำเชื้อเพลิงแท่งมาใช้	ไม่เหมาะสม	เหมาะสม
กระบวนการกำจัดซีพีเคชั่น		
ความเป็นเนื้อเดียวกันของเชื้อเพลิงแท่ง	ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน	เป็นเนื้อเดียวกัน

เครื่องอัดแบบสกรูจะใช้ในการผลิต Briquettes สามารถแบ่งออกเป็น การอัดร้อน และการอัดเย็น การอัดร้อนจะเป็นการให้ความร้อนให้ระหว่างการผลิต ซึ่งความร้อนจะช่วยให้วัสดุติดกัน โดยไม่จำเป็นต้องมีการใช้ตัวประสาน ส่วนการอัดเย็นจะไม่มีการให้ความร้อนในระหว่างการผลิต ซึ่งในกรณีนี้อาจจะต้องมีการใช้ตัวประสาน และอบไล่ความชื้นก่อนทำการอัดแท่ง รูปที่ 3-48 แสดงตัวอย่างของเครื่องอัดแท่งแบบสกรู



รูปที่ 3-48 ตัวอย่างเครื่องทำ Briquettes แบบสกรู [32]

ในส่วนของเครื่องผลิต Pellet จะใช้รูปแบบของการอัดวัตถุดิบเข้าไปในแป้นขึ้นรูปที่มีลักษณะเป็นรูเล็กๆ ตามขนาดของ Pellets ที่ต้องการ โดยลักษณะการอัดจะมีทั้งแบบใช้ระบบไฮดรอลิก หรือใช้การอัดกระแทก รูปที่ 3-49 แสดงตัวอย่างของเครื่องผลิต Pellets



รูปที่ 3-49 ตัวอย่างของเครื่องอัดแท่ง Pellets [32]

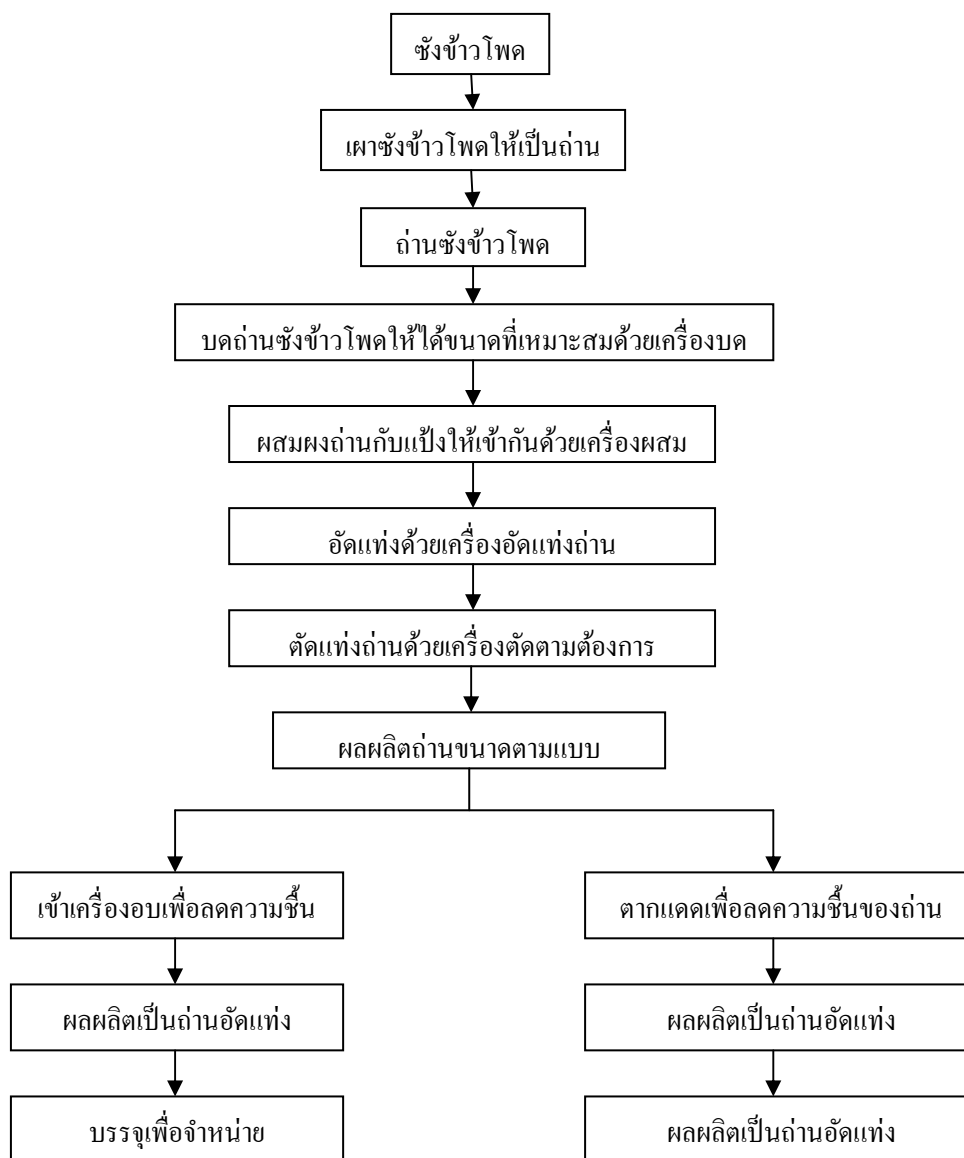
กระบวนการลดอุณหภูมิ

เนื่องจากในระหว่างกระบวนการอัดแท่ง จะทำให้แท่ง/เม็ดเชื้อเพลิงที่ได้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องการลดอุณหภูมิของแท่ง/เม็ดเชื้อเพลิงที่ได้ โดยส่วนใหญ่จะใช้วิธีการเป่าลมผ่าน

2) การแปรรูปขังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

ในปัจจุบันนำขังข้าวโพดไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นที่นิยมทำกันอย่างแพร่หลาย เทคโนโลยีที่ใช้เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งอาจจะเป็นการอบแห้งเพียงอย่างเดียว การทำเป็นแท่งถ่านข้าวโพด [คู่มือสารชีวมวลเอเชีย] ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะเทคโนโลยีที่นิยมนำมาใช้กันในปัจจุบันในประเทศไทยเท่านั้น

เทคโนโลยีการผลิตถ่านจากขังข้าวโพดจะมีกระบวนการดำเนินการ ดังแสดงในรูปที่ 3-50



รูปที่ 3-50 กระบวนการทำถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด

จากรูปที่ 3-50 ซังข้าวโพดจะถูกนำมาเผาให้เป็นถ่านในถังเผาถ่านซึ่งดัดแปลงมาจากถังขนาด 200 ลิตร จากนั้นจึงนำถ่านที่ได้มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด นำผงถ่านที่บดละเอียดแล้วมาผสมกับแป้งมันและน้ำในเครื่องผสม โดยต้องผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน นำถ่านที่ได้ทำการผสมแล้วมาเข้าเครื่องอัด ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญ โดยความหนาแน่นของถ่านอัดแท่งจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ผลิต ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามต้องการ แต่หากต้องการความหนาแน่นมากกำลังการผลิตก็จะลดน้อยลง ถ่านอัดแท่งที่ได้จะมีลักษณะเป็นแท่งยาว จะต้องนำมาตัดด้วยเครื่องตัดในมีความยาวตามต้องการ นำถ่านที่ผ่านการอัดและตัดแล้วไปลดความชื้นโดยการตากหรืออบด้วยเครื่องลดความชื้นถ่านจนถ่านมีลักษณะแข็งและแน่น จากนั้นจึงนำไปบรรจุ เพื่อจำหน่ายต่อไป รูปที่ 3-51 แสดงภาพตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด



(ก) ถังขนาด 200 ลิตรสำหรับเผาถ่าน



(ข) เครื่องบดถ่าน



(ค) ถ่านที่ผ่านการเผาและบดแล้ว



(ง) เครื่องผสม



(จ) เครื่องอัดแท่ง



(ฉ) เครื่องตัด



(ช) ถ่านที่ผ่านการอัดแท่งแล้ว



(ซ) เครื่องลดความชื้น



(ฌ) ถ่านอัดแท่งพร้อมจำหน่าย

รูปที่ 3-51 อุปกรณ์สำหรับการทำถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพด

นอกจากถ่านอัดแท่งแล้ว ยังมีการนำซังข้าวโพดมาทำเป็นแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมในเทคโนโลยีการเผาไหม้ โดยมีกระบวนการทำดังแสดงในรูปที่ 3-52



รูปที่ 3-52 กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ในการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากซังข้าวโพด จะนำซังข้าวโพดมาสับด้วยเครื่องสับเพื่อลดขนาดของซังข้าวโพด จากนั้นนำซังข้าวโพดที่สับละเอียดแล้วไปเข้าเครื่องอัดแท่งเพื่ออัดแท่งเชื้อเพลิง ต่อจากนั้นก็นำไปลดอุณหภูมิก่อนจัดเก็บเข้าไซโล โดยสามารถรักษาความชื้นให้อยู่ในระหว่างร้อยละ 10 - 15 ซึ่งจะทำให้สะดวกในการนำไปใช้งานและเป็นเชื้อเพลิงที่ให้ประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาวิจัยการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากซังข้าวโพด โดยใช้เครื่องอัดแบบ Die Pressure ที่ความดัน 7, 10 และ 13 MPa และมีการใส่กากน้ำตาล (Molasses) เพื่อใช้เป็นตัวประสาน พบว่า เชื้อเพลิงอัดแท่งดังกล่าวมีคุณสมบัติที่ดีต่อการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงและทนทานการกระแทก [30]

นอกจากการนำซังข้าวโพดพืชมายังเดียวมาอัดแท่งแล้ว ยังมีการนำไปผสมกับกับถ่านหินก่อนที่จะนำมาอัดแท่ง เพื่อเพิ่มค่าความร้อนด้วย [31]

3) เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้เป็นเชื้อเพลิง

ลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือกข้าวโพด ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ผ่านมานี้เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีรูปร่างที่แน่นอน มีขนาดไม่สม่ำเสมอ และบางชนิดมีความหนาแน่นน้อย ทำให้ยากต่อการเก็บรวบรวม และขนส่ง เช่น ลื่นเปลือกพื้นสำหรับเก็บรวบรวม หรือเกิดปัญหาการฟุ้งกระจายในระหว่างการขนส่ง เป็นต้น นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวแล้ว การใช้เชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นต่ำ และมีรูปร่างหรือขนาดไม่สม่ำเสมอจะทำให้กระบวนการเผาไหม้ เพื่อผลิตพลังงานมีประสิทธิภาพต่ำ ดังนั้น จึงควรมีการเตรียมเชื้อเพลิงจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตพลังงาน

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งได้แสดงไว้ข้างต้น พบว่า ในการเปลี่ยนรูปลำต้น/ยอด/ใบ /เปลือกข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง/เม็ดนั้น จะต้องประกอบด้วยกระบวนการตากแห้ง กระบวนการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้ กระบวนการผลิตแท่ง/เม็ดเชื้อเพลิง

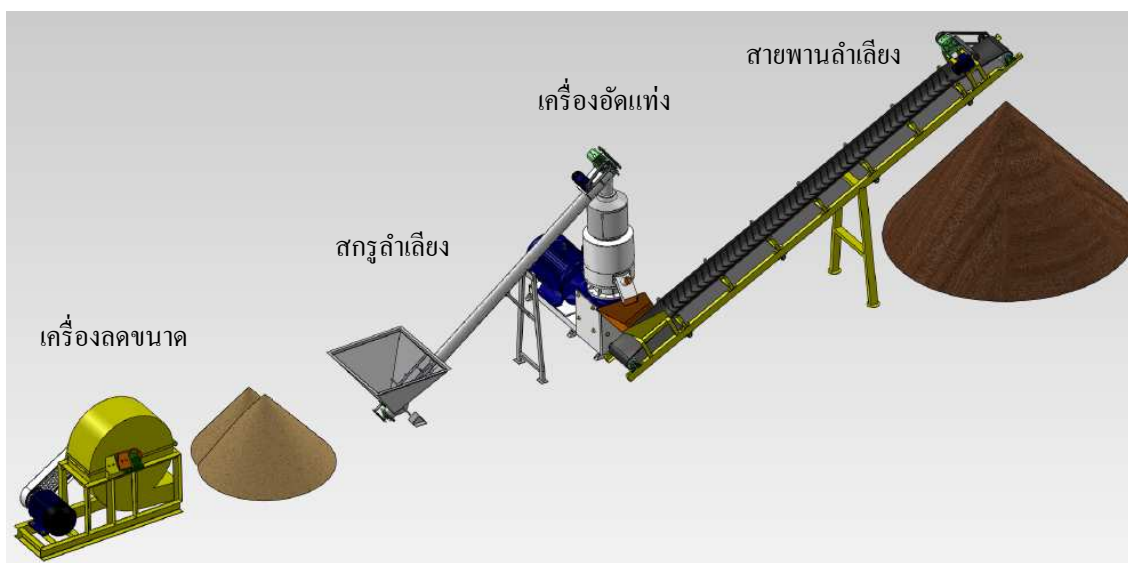
เนื่องจากลำต้นข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวได้มีความชื้นสูงประมาณร้อยละ 50-60 ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง/เม็ด ดังนั้นควรจะต้องมีการตากแห้ง โดยใช้วิธีตากในไร่อ่อนประมาณ 4-5 วัน เพื่อลดความชื้นก่อนจึงค่อยเก็บรวบรวม

ในการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้นั้น จะแบ่งออกเป็น 2 กรณี กรณีแรก คือ การเก็บรวบรวมลำต้นข้าวโพดที่ปลูกในที่ราบ ซึ่งในกรณีนี้สามารถใช้รถในการเก็บเกี่ยวได้ โดยรถที่เก็บเกี่ยวจะมีลักษณะคล้ายรถเกี่ยวข้าว รถจะทำการตัดลำต้น เพื่อสับแยกเอาเมล็ดออก จากนั้นจึงพ่นเศษลำต้น ยอด ใบที่ไม่ใช้ทิ้งไว้ตามไร่ จากนั้นจึงใช้แรงงานคนในการเก็บรวบรวม ส่วนกรณีที่สอง คือ การเก็บรวบรวมลำต้นข้าวโพดที่ปลูกบนที่ราบสูง ซึ่งรถเก็บเกี่ยวขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าถึงได้ จึงจำเป็นต้องใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยว ซึ่งจากการสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ พบว่า การดำเนินการเก็บเกี่ยวจะมีลักษณะเหมือนกับการเก็บเกี่ยวฝักข้าวโพด คือ ต้องจอดรถไว้บริเวณที่ราบเนินเขา แล้วให้แรงงานคนเดินเข้าไปเก็บเกี่ยวรวบรวมลำต้นจากไร่ มัดและทำการแบกออกจากไร่มาไว้ที่รถ เพื่อรอการขนส่งต่อไป การดำเนินการดังกล่าวจะยาก และใช้แรงงานเยอะ ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่จะกล่าวเป็นเสียงเดียวกันว่า ค่าแรงจะไม่คุ้มกับลักษณะงานที่ทำ

ในส่วนของการผลิตแท่งเชื้อเพลิง ซึ่งในที่นี้จะรวมถึงกระบวนการย่อยขนาดและการอัดแท่ง จะมีขนาดต่างๆ กันไป เช่น ขนาดเล็กตั้งแต่ 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ไปจนถึงขนาดใหญ่ 3 ตันต่อชั่วโมง ทั้งนี้ ความเหมาะสมในการเลือกขนาด จะขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ที่ติดตั้ง ปริมาณลำต้น/ยอด/ใบที่เก็บรวบรวมได้ในพื้นที่ รวมถึงระบบสายไฟที่มีอยู่ ระบบผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง/เม็ดขนาดเล็กจะประกอบด้วยตัวเครื่องสับและเครื่องอัด โดยการป้อนและลำเลียงวัตถุดิบจะใช้แรงงานคน สามารถนำไปตั้งบริเวณไร่น้ำได้ หากในบริเวณไร่น้ำมีไฟฟ้า ก็สามารถใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนได้ แต่หากไม่มีระบบ

ไฟฟ้าจะต้องใช้เครื่องยนต์ในการขับเคลื่อน ซึ่งจากการสอบถามบริษัทผู้จำหน่ายเครื่องผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง พบว่า ระบบที่ใช้มอเตอร์จะมีค่าลงทุนต่ำกว่าระบบที่ใช้เครื่องยนต์ ส่วนระบบผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง/เม็ดขนาดใหญ่จะประกอบไปด้วยเครื่องสับย่อย ไซโคลน ระบบนิวแมติก พัดลมดูดอากาศ ไซโคลนเครื่องอัดแท่ง และระบบลดอุณหภูมิพร้อมทั้งตัวกรองฝุ่น ซึ่งระบบแบบนี้จะมีราคาสูงกว่าระบบขนาดเล็ก

รูปที่ 3-53 แสดงระบบอัดแท่งเชื้อเพลิงขนาด 1 ตันต่อชั่วโมง ตารางที่ 3-9 แสดงตัวอย่างรายละเอียดระบบผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งขนาด 1 ตันต่อชั่วโมง และ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง



รูปที่ 3-53 ระบบผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งขนาด 1-2 ตันต่อชั่วโมง

ตารางที่ 3-9 รายละเอียดระบบผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งขนาด 2 ตันต่อชั่วโมง 1 ตันต่อชั่วโมง และ 100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

รายละเอียด	2 ตันต่อชั่วโมง	1 ตันต่อชั่วโมง	100 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
เครื่องบดย่อยเชื้อเพลิง	50 แรงม้า 380 โวลต์	30 แรงม้า 380 โวลต์	3 แรงม้า 220 โวลต์
ชุดสกรูลำเลียงเข้าเครื่องอัด	3 แรงม้า 380 โวลต์ กว้าง 6 นิ้ว ยาว 6 เมตร	2 แรงม้า 380 โวลต์ กว้าง 6 นิ้ว ยาว 6 เมตร	
เครื่องอัดเชื้อเพลิง	147 แรงม้า 380 โวลต์	60 แรงม้า 380 โวลต์	10 แรงม้า 220 โวลต์
ขนาดเชื้อเพลิงที่ได้	เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-10 มิลลิเมตร ยาว 10-30 มิลลิเมตร	เส้นผ่านศูนย์กลาง 6-10 มิลลิเมตร ยาว 10-30 มิลลิเมตร	เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร
สายพานลำเลียงแท่งเชื้อเพลิงออกจากเครื่องอัด	3 แรงม้า 380 โวลต์ กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 6 เมตร	2 แรงม้า 380 โวลต์ กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 6 เมตร	

3.2.4 ผลการศึกษาเส้นทางขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวลข้าวโพดบนพื้นที่ราบที่เหมาะสมไปยัง โรงไฟฟ้า หรือโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ใกล้เคียง

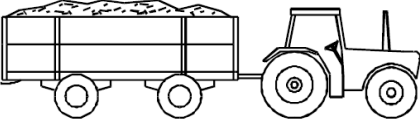
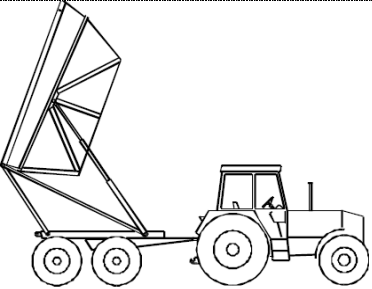
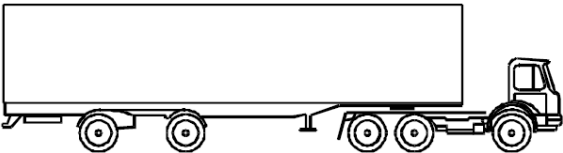
เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีค่าความหนาแน่นของพลังงานต่ำ เมื่อเทียบกับพลังงานจากฟอสซิล ส่งผลให้การขนส่งเศษวัสดุทางการเกษตรมีค่าขนส่งสูงกว่า เพื่อให้ได้ปริมาณพลังงานที่เท่ากับพลังงานจากฟอสซิล จากเหตุผลดังกล่าวระยะทางการขนส่งจะต้องลดลงให้เหลือน้อยที่สุด โดยอาจมีการติดตั้งศูนย์การแปรรูปเศษวัสดุเป็นศูนย์กลางใกล้ๆ กับบริเวณแหล่งกำเนิดเศษวัสดุเหลือใช้ ในหัวข้อนี้จะแบ่งออกเป็น การทบทวนวรรณกรรมเทคโนโลยีที่ใช้ในการขนส่ง และการคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษา

1) เทคโนโลยีที่ใช้ในการขนส่งเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การขนส่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถทำได้หลายเส้นทาง เช่น ใช้รถแทรกเตอร์ หรือรถบรรทุกขนส่งทางถนน การใช้รถไฟ หรือทางเรือ จากผลการศึกษาราคาต้นทุนในการขนส่งเศษไม้ในต่างประเทศ จะพบว่า การขนส่งทางเรือและทางรถไฟจะมีราคาค่าขนส่งถูกกว่า แต่สำหรับในการศึกษานี้ จะพิจารณาเฉพาะการขนส่งทางถนนเท่านั้น

การขนส่งวัสดุเหลือใช้ด้วยรถแทรกเตอร์จะเหมาะสำหรับการขนส่งในระยะทางใกล้ มีระยะทางขนส่งจากแหล่งกำเนิดไม่เกิน 10-15 กิโลเมตร โดยใช้รถแทรกเตอร์ที่ทำการเก็บรวบรวมเศษวัสดุเหลือใช้ในการขนส่งเลย จึงไม่ต้องการมีเคลื่อนย้ายวัสดุเหลือใช้ไปสู่รถคันอื่น รถแทรกเตอร์ที่ทำการเก็บรวบรวมและขนส่ง อาจจะมีขนาดตั้งแต่ 4-18 ตัน โดยสามารถขับได้ด้วยความเร็ว 25-40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง [19] ตารางที่ 3-10 แสดงตัวอย่างรถแทรกเตอร์ที่ใช้ในการขนส่งวัสดุเหลือใช้

ตารางที่ 3-10 ความสามารถในการขนส่งวัสดุเหลือใช้โดยรถแทรกเตอร์ [19]

ชนิดของรถแทรกเตอร์	ปริมาณสูงสุด (ลูกบาศก์เมตร)	น้ำหนักมากที่สุด (ตัน)
 แแทรกเตอร์พ่วงกระบะลากจูง	18	14
 แแทรกเตอร์พ่วงกระบะลากจูงที่สามารถยกเทได้	14	10
 รถพ่วงตู้คอนเทนเนอร์	100	27

สำหรับการขนส่งวัสดุเหลือใช้ในระยะทางไกลๆ จะไม่นิยมใช้รถแทรกเตอร์ แต่จะใช้รถบรรทุกในการขนส่ง ระยะทางที่เหมาะสมสำหรับการใช้รถบรรทุกขนส่ง คือ มากกว่า 20 กิโลเมตร ซึ่งในตารางที่ 3-11 แสดงการเปรียบเทียบราคาค่าขนส่งเศษวัสดุเหลือใช้โดยรถแทรกเตอร์และรถบรรทุกในประเทศไทย

ตารางที่ 3-11 การเปรียบเทียบราคาค่าขนส่งเศษวัสดุเหลือใช้ในประเทศไทย [27]

เชื้อเพลิง	ความชื้น (%-wt. w.b.)	ความหนาแน่น (kg./m ³)	วิธีขนส่ง	ปริมาตรขนส่ง (m ³)	พลังงาน (GJ)	ราคารวม (€/GJ NCV)	ราคาต่อหน่วย (€/km t d.b.)
กิ่งไม้	50	320	รถบรรทุก	70	180	0.40	0.13
ไม้	10	550	รถบรรทุกคอนเทนเนอร์	35	320	0.46	0.39
Pellets							
วัสดุเหลือใช้จากป่า	50	80	รถแทรกเตอร์พ่วง	12	7	6.30	10.22
ฟาง	15	60	รถแทรกเตอร์พ่วง	20	18	3.43	5.84
ก้อนฟาง	15	140	รถแทรกเตอร์พ่วง	28	54	0.89	1.49

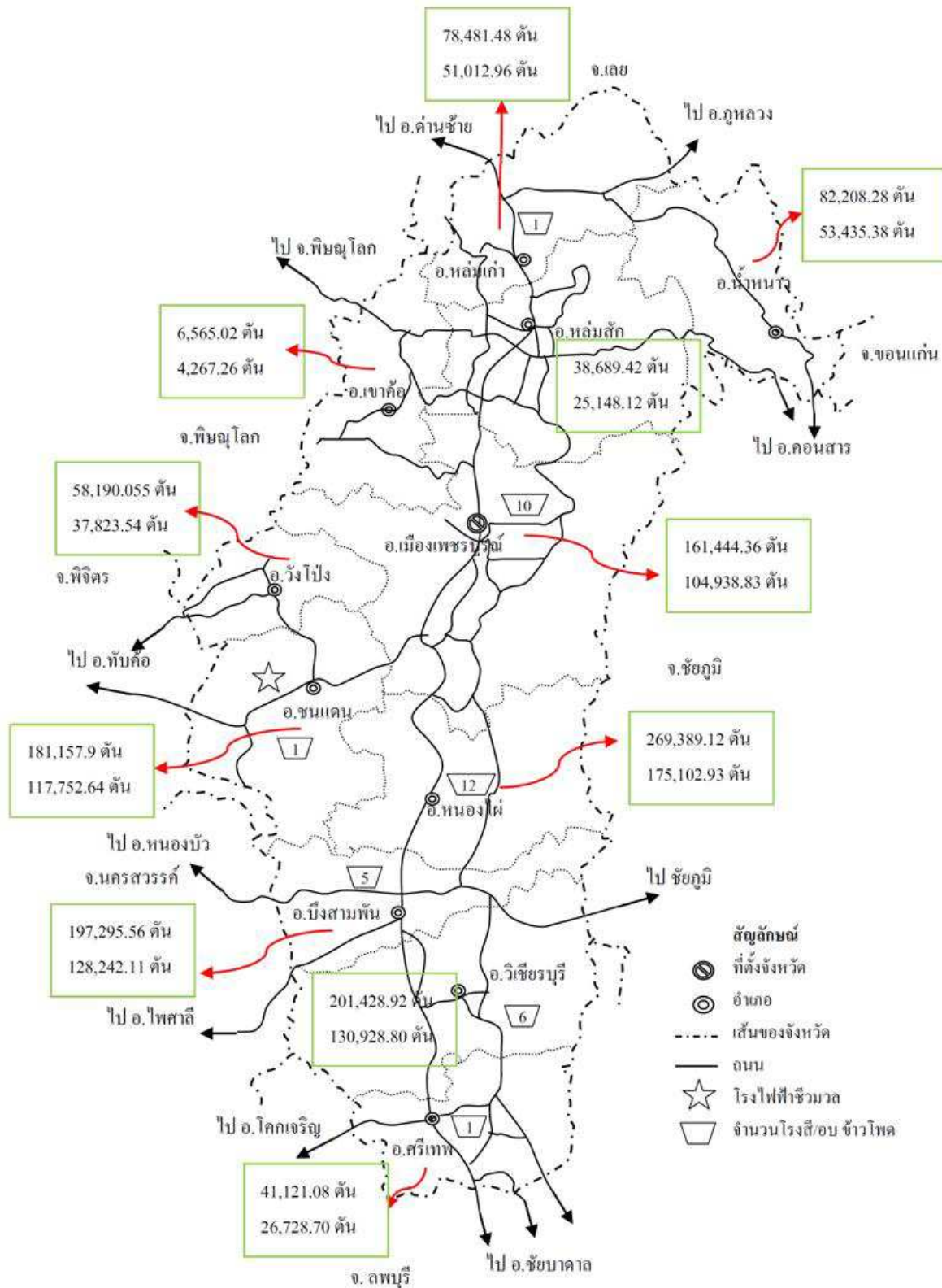
จากตารางที่ 3-11 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ความหนาแน่นเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อราคาการขนส่ง โดยถ้าชีวมวลมีความหนาแน่นสูงจะทำให้ค่าขนส่งลดลง ดังนั้น จึงควรมีการอัดแท่งหรืออัดเป็นก้อนเพื่อให้ขนส่งง่าย ประหยัดค่าขนส่ง

2) การคัดเลือกเทคโนโลยีการขนส่งที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษา

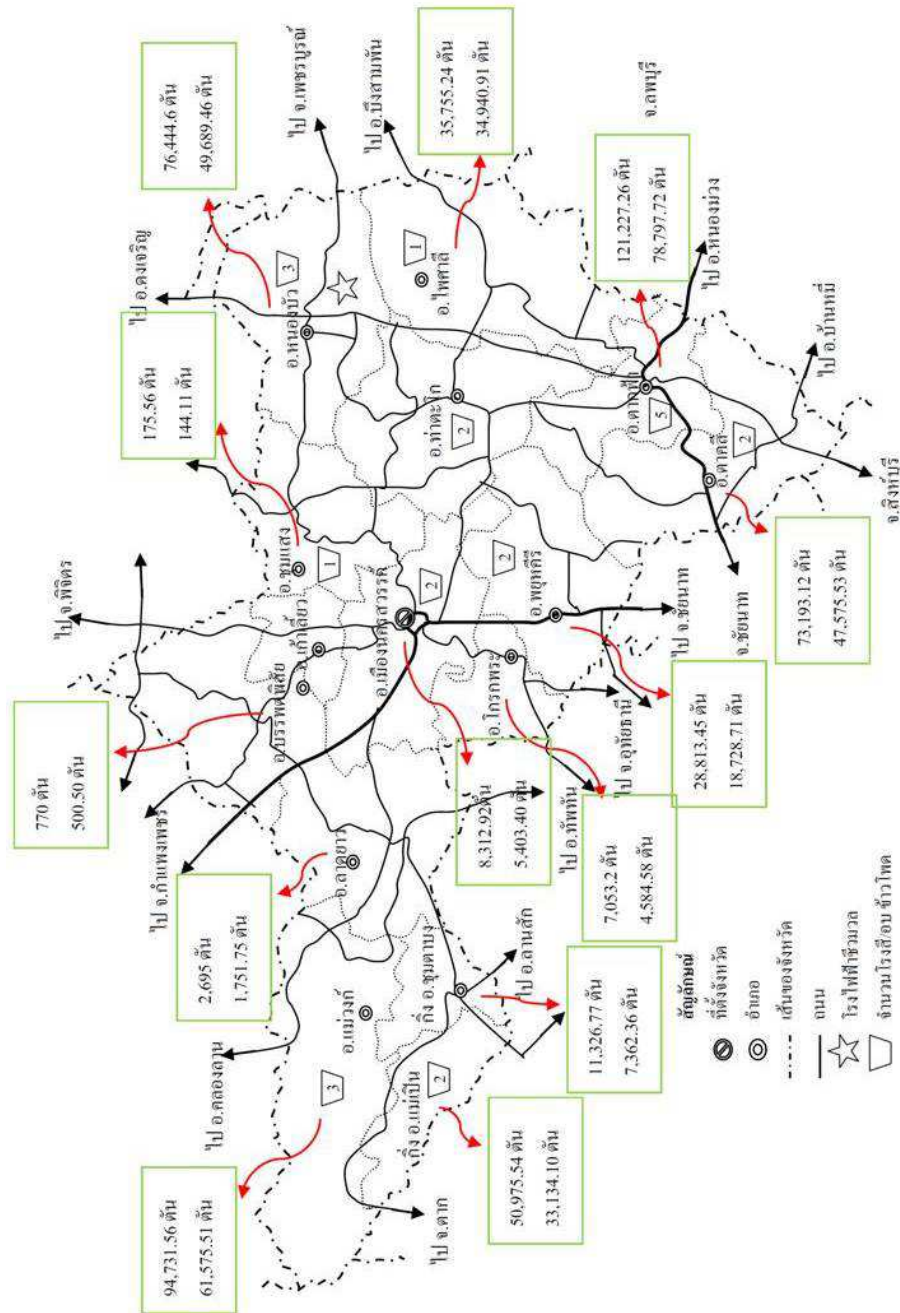
ในการคัดเลือกเทคโนโลยีการขนส่งสำหรับพื้นที่ศึกษานั้นจะต้องพิจารณาถึงเส้นทางการขนส่ง ระยะทาง และสถานที่ตั้งของศูนย์การแปรรูปเชื้อเพลิงหรือโรงงานที่มีการใช้เชื้อเพลิงในพื้นที่ศึกษา โดยทั้งนี้ ทีมวิจัยจะแบ่งการขนส่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การขนส่งเศษวัสดุเหลือใช้ไปยังศูนย์แปรรูปหรืออัดแท่ง/เม็ดเชื้อเพลิง และการขนส่งเชื้อเพลิงที่อัดแท่ง/เม็ดแล้วไปยังโรงไฟฟ้า หรือโรงงานที่มีความต้องการใช้พลังงาน

การขนส่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไปยังศูนย์แปรรูป

จากการลงพื้นที่ พบว่า เส้นทางการคมนาคมภายในพื้นที่ศึกษาครอบคลุมทั้งพื้นที่ โดยดูจากการขนส่งเมล็ดข้าวโพดจากไร่ เพื่อนำมาขายที่โรงอบ/สี ดังนั้น การขนส่งลำต้น/ยอด/ใบที่รวบรวมได้ก็สามารถใช้เส้นทางเดียวกันได้ นอกจากนี้คณะวิจัยยังได้ทำการศึกษาจำนวนโรงอบ/สี ที่มีความต้องการใช้พลังงานความร้อนที่มีการลงทะเบียนไว้กับกรมโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษา และได้สรุปปริมาณลำต้น/ยอด/ใบที่เหลือทิ้งในไร่ซึ่งมีความชื้นประมาณร้อยละ 60 ปริมาณลำต้น/ยอด/ใบที่ถูกลดความชื้นจนเหลือร้อยละ 15 จำนวนโรงอบ/สี ในจังหวัดเพชรบูรณ์และนครสวรรค์ ดังได้แสดงในรูปที่ 3-54 และรูปที่ 3-55 ตามลำดับโดยตัวเลขในกรอบสี่เหลี่ยมบรรทัดแรกแสดงปริมาณลำต้น/ยอด/ใบที่เก็บจากไร่ซึ่งมีความชื้นประมาณร้อยละ 60 ส่วนตัวเลขบรรทัดล่างแสดงปริมาณลำต้น/ยอด/ใบ ที่คำนวณได้หากความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก

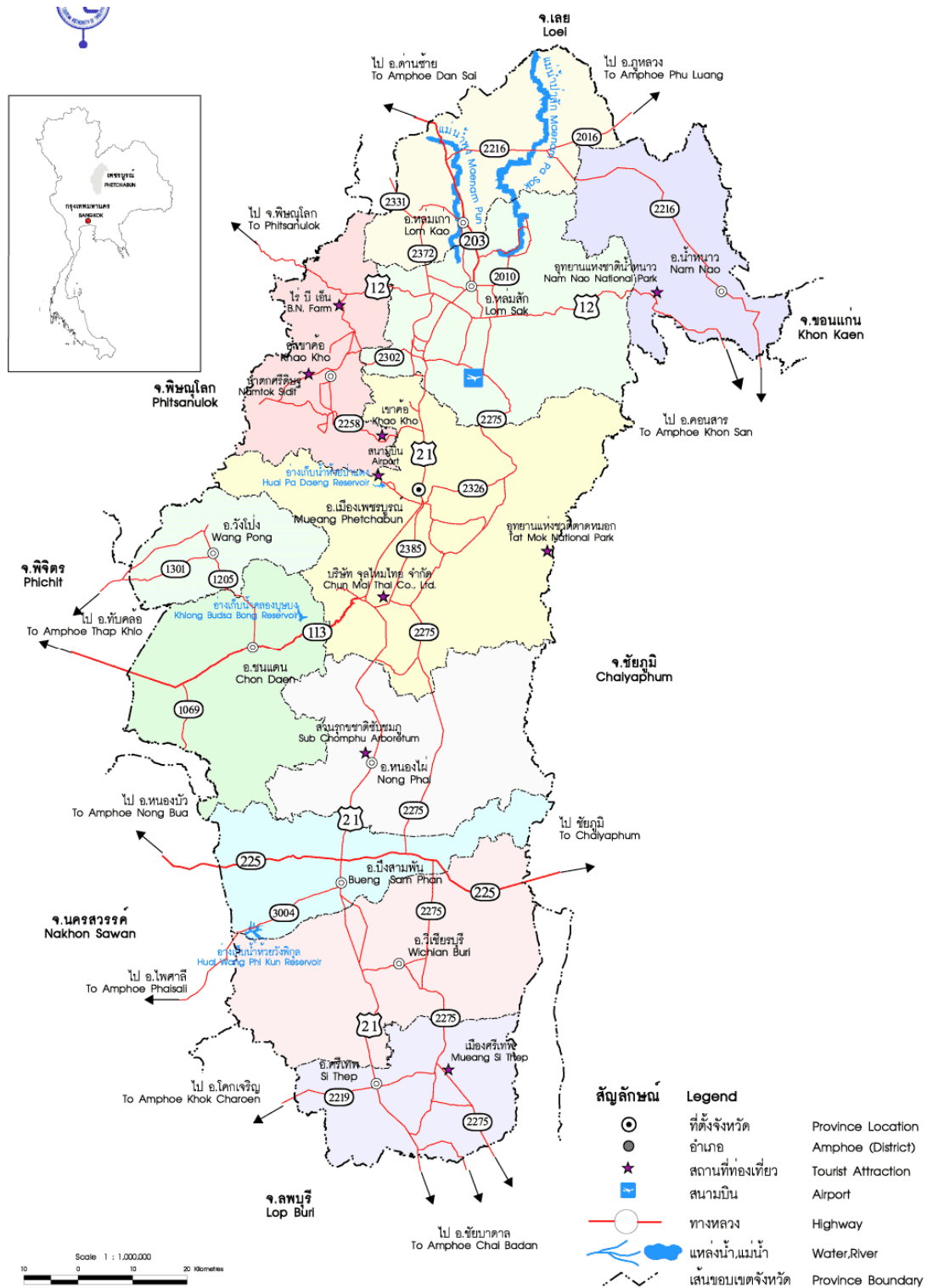


รูปที่ 3-54 ปริมาณลำต้น/ขอด/ใบ จำนวนโรงอบ/สีที่มีความต้องการใช้พลังงานในจังหวัดเพชรบูรณ์



รูปที่ 3-55 ปริมาณลำต้น/ยอด/ใบ จำนวนโรงอบ/สีที่มีความต้องการใช้พลังงานในจังหวัดนครสวรรค์

เนื่องจากในหัวข้อเทคโนโลยีการอัดแท่งเชื้อเพลิง ทีมวิจัยได้แบ่งเป็น 2 กรณี คือ การตั้งเครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงในไร่ ซึ่งไม่ต้องมีการขนส่งลำต้น/ยอด/ใบ และการตั้งศูนย์กลางเพื่ออัดแท่งเชื้อเพลิง โดยหากศูนย์กลางการอัดแท่งเชื้อเพลิงอยู่บริเวณโรงอบสีที่อยู่ใจกลางอำเภอแต่ละอำเภอ จากรูปแผนที่แสดงระยะทางจะพบว่า เส้นทางขนส่งจากไร่ที่อยู่ตามจุดต่างๆ ไปยังศูนย์อัดแท่งจะมีระยะทางไม่เกิน 20 กิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3-56 และรูปที่ 3-57



รูปที่ 3-56 แผนที่แสดงระยะทางของแต่ละอำเภอในจังหวัดเพชรบูรณ์ [51]

[illegible]

เกศวัน

จากผลการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่กล่าวถึงไว้ข้างต้น พบว่า รถแทรกเตอร์ทางการเกษตรไม่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการขนส่งที่ระยะทางการขนส่งเกิน 10 กิโลเมตร ดังนั้น ในการขนส่งจึงจะใช้รถบรรทุกหรือรถกระบะในการขนส่ง ทั้งนี้ การเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่เก็บรวบรวมได้ และต้องการขนส่ง

การขนส่งแท่ง/เม็ดเชื้อเพลิงจากศูนย์แปรรูปไปใช้งาน

เนื่องจากแท่ง/เม็ดเชื้อเพลิงที่ทำการอัดแล้วมีค่าความหนาแน่นสูง และถูกบรรจุในถุงขนาดต่างๆ แล้ว จึงไม่มีข้อจำกัดในการขนส่ง สามารถขนส่งได้ในระยะทางไกลๆ ได้ ซึ่งพหุประสงค์สำหรับการขนส่งในระยะทางไกลๆ คือ รถบรรทุก หรือรถกระบะ ขึ้นอยู่กับปริมาณแท่ง/เม็ดเชื้อเพลิงที่ต้องการขนส่ง

3.2.5 แนวทางจัดตั้งโครงการนำร่องเพื่อผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลข้าวโพดบนพื้นที่ราบ

ในการจัดวางรูปแบบการบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานของวัสดุเหลือใช้ประเภท ลำต้น/ยอด/ใบ/เปลือกจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้กับชุมชนที่เป็นพื้นที่ศึกษานี้ คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อสัมมนาเผยแพร่ผลการศึกษาและประชุมสนทนากลุ่มร่วมกับผู้แทนหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดนครสวรรค์ ประกอบด้วย เกษตรจังหวัด เกษตรอำเภอ เกษตรตำบล อุตสาหกรรมจังหวัด สำนักงานพลังงานจังหวัด สำนักงานพัฒนาธุรกิจการค้า สำนักงานส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร โรงงานอบสีเมล็ดข้าวโพด และเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดของแต่ละจังหวัด โดยการสนทนากลุ่มในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลการศึกษาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น รวมทั้งสำรวจความคิดเห็นพื้นที่ที่เหมาะสมและมีศักยภาพเพื่อเป็นชุมชนนำร่องจัดตั้งโครงการธนาคารชีวมวล

สรุปการประชุมสนทนากลุ่มในจังหวัดนครสวรรค์

การจัดประชุมสนทนากลุ่มในจังหวัดนครสวรรค์ ได้กำหนดขึ้นเมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2555 ระหว่างเวลา 09.00-12.00 น. ณ ห้องประชุมเกษตรจังหวัดนครสวรรค์ โดยมีผู้เข้าร่วมประชุมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำนวน 30 คน จากการสนทนาในครั้งนี้ได้สรุปข้อคิดเห็น แบ่งออกเป็น

1. ความคิดเห็นเกี่ยวกับการไถกลบและการเผา ลำต้น ยอด ใบ ของข้าวโพดพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ในจังหวัดนครสวรรค์ส่วนมากจะทำการไถกลบมากกว่าการเผา เนื่องจากทางเกษตรกรเห็นว่าการไถกลบทำให้พืชเจริญงอกงามมากกว่าการเผาสำหรับพื้นที่การเพาะปลูก พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เพาะปลูกข้าวโพดในนาข้าว นอกจากนี้ได้เสนอแนะว่าควรศึกษาเปรียบเทียบการไถกลบเพื่อทำเป็นปุ๋ยกับการนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อให้เกษตรกรตัดสินใจง่ายขึ้น ซึ่งในประเด็นนี้ ได้นำเสนอวิธีการผลิตปุ๋ยจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไว้ดังกล่าวข้างต้น

2. ความคิดเห็นเกี่ยวกับการนำลำต้น ยอด ใบ เปลือกของข้าวโพดมาเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เกษตรกรเห็นด้วย เนื่องจากเห็นว่าจะทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นและทางเกษตรจังหวัดนครสวรรค์เห็นด้วย เนื่องจากสามารถช่วยลดปัญหาหมอกควัน และเห็นว่าโครงการนี้เป็นประโยชน์กับเกษตรกรอย่างมาก เป็นการเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรอีกทางหนึ่งด้วย

3. ความคิดเห็นด้านการลงทุนผู้เข้าร่วมประชุมเห็นว่า ทางเอกชนอาจจะไม่สนใจลงทุน เนื่องจากผลตอบแทนค่อนข้างน้อย จึงเห็นว่ารัฐควรให้การสนับสนุน เช่น ให้ทางเทศบาลหรือองค์การบริหารส่วนตำบลเข้ามารับผิดชอบโดยทางเกษตรจังหวัดเห็นว่าควรมีการจัดตั้งเป็นรายกลุ่ม เนื่องจากผลตอบแทนที่ค่อนข้างน้อย รัฐจึงควรเข้ามาช่วยสนับสนุนด้านงบประมาณ เพื่อจูงใจให้เกษตรกรสนใจเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดให้เกิดพลังงานความร้อน ซึ่งทำให้กลุ่มเกษตรกรหรือสมาชิกมีรายได้ที่พอจะเลี้ยงตัวเองได้

4. ความคิดเห็นด้านพื้นที่นำร่องผู้เข้าร่วมประชุมเห็นว่าควรให้พื้นที่ตากฟ้าเป็นพื้นที่นำร่อง เนื่องจากเป็นพื้นที่ดอน ปลูกข้าวโพดอย่างเดียว ซึ่งถ้าเลือกตั้งที่ตากฟ้าจะได้เศษวัสดุเหลือใช้จากพื้นที่ใกล้เคียง คือ ตาคลี และพยุหะคีรีด้วย ทั้งนี้ที่อำเภอตาคลีจะมีโรงไฟฟ้าอยู่ด้วย

5. ความคิดเห็นวิสาหกิจชุมชน ผู้เข้าร่วมประชุมเห็นว่า การรวมศูนย์และจดทะเบียนในรูปแบบของวิสาหกิจชุมชนนั้น อาจจะมีปัญหาเรื่องพื้นที่ที่จะใช้และบุคลากรที่จะมาดำเนินการขาดความรู้ และประสบการณ์



รูปที่ 3-58 ประมวลภาพการเข้าประชุมสนทนากลุ่มที่จังหวัดนครสวรรค์

สรุปการประชุมสนทนากลุ่มในจังหวัดเพชรบุรี

การจัดประชุมสนทนากลุ่มในจังหวัดเพชรบุรี ได้กำหนดขึ้นเมื่อวันที่ 4 พฤษภาคม 2555 ณ ห้องประชุมเกษตรจังหวัดเพชรบุรี โดยมีผู้เข้าร่วมประชุมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำนวน 15 คน จากการสนทนาในครั้งนี้ได้สรุปข้อคิดเห็นแบ่งออกเป็น

1. ความคิดเห็นด้านการไถกลบและการเผา ลำต้น ยอด ใบเปลือกข้าวโพดผู้เข้าร่วมประชุมกล่าวว่า พื้นที่ปลูกข้าวโพดส่วนใหญ่ในจังหวัดเพชรบูรณ์เกือบทั้งหมด คือ ร้อยละ 100 มีการเผา ลำต้น ยอด ใบก่อนแล้วจึงไถกลบ

2. ความคิดเห็นด้านการนำลำต้น ยอด ใบ ของข้าวโพด มาเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งเกษตรกรบางรายเห็นว่า พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาอาจไม่เหมาะสมที่จะเก็บ ลำต้น ยอด ใบ ของข้าวโพด มาขายเนื่องจากเห็นว่าอาจไม่คุ้มค่าในขณะที่ทางเกษตรอำเภอชนแดนเห็นด้วย เนื่องจากในพื้นที่อำเภอชนแดนมีโรงไฟฟ้า แต่พลังงานที่ใช้ในปัจจุบันเป็นท่อนไม้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อท่อนไม้ ดังนั้นจึงเห็นประโยชน์จากโครงการนี้เนื่องจากจะได้นำมาเป็นเชื้อเพลิงแทนท่อนไม้ และลดปัญหาป่าไม้ถูกทำลายด้วย

3. ความคิดเห็นด้านการลงทุน จากความเห็นในที่ประชุมส่วนใหญ่เห็นว่า ควรมีเอกชนรายย่อยเข้าไปปรับรูปแบบเป็นไร้ เนื่องจากเห็นว่าถ้าเป็นเอกชน จากประสบการณ์ที่ผ่านมาเห็นว่าไม่ประสบความสำเร็จมากนัก และทางเกษตรจังหวัดให้ความเห็นว่า ถ้าจะจัดตั้งวิสาหกิจชุมชนจะใช้สถานที่ใด ควรให้ทางองค์การบริหารส่วนตำบลเป็นผู้สนับสนุน

4. ความคิดเห็นด้านพื้นที่นำร่อง ผู้เข้าร่วมประชุมเห็นว่าควรให้พื้นที่อำเภอชนแดนเป็นพื้นที่นำร่อง เนื่องจากใกล้แหล่งรับซื้อและแหล่งวัตถุดิบ ทั้งนี้มีข้อคิดเห็นเพิ่มเติมว่าพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอำเภอบึงสามพรานเริ่มลดน้อยลง เนื่องจากเกษตรกรหันไปปลูกอ้อยมากขึ้น

5. ความคิดเห็นด้านวิสาหกิจชุมชนผู้เข้าร่วมประชุมเห็นว่า วิสาหกิจชุมชนอาจจะดำเนินได้ช้า จึงเสนอว่าควรนำร่องกับเกษตรกรรายย่อยก่อนจะเป็นไปได้สูงกว่า อย่างไรก็ตามทางเกษตรจังหวัดได้แจ้งว่าทางจังหวัดมีนโยบายเกี่ยวกับการศึกษาลักษณะนี้เช่นกัน แต่ยังไม่ได้ทำการศึกษา และนับเป็นโอกาสอันดีที่ได้มีการศึกษาเรื่องดังกล่าวนี้โดยทีมวิจัยที่มานำเสนอ



รูปที่ 3-59 ประมวลภาพการเข้าประชุมสนทนากลุ่มที่จังหวัดเพชรบูรณ์

นอกจากนี้ทางจังหวัดเพชรบูรณ์โดยผู้ว่าราชการจังหวัด ได้แจ้งกับเกษตรจังหวัดถึงการศึกษาเรื่องดังกล่าวว่าเป็นโครงการที่น่าสนใจ และได้เชิญให้ทีมวิจัยเข้าพบกับรองผู้ว่าราชการจังหวัด ในเวลา 14.00 น. ของวันเดียวกัน ณ ศาลาว่าการจังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อสรุปผลการศึกษา และการประชุมแลกเปลี่ยน

ความคิดเห็นในครั้งนี้ เนื่องจากทางจังหวัดกำลังสนใจเรื่องการลดหมอกควันจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแบบบูรณาการ เพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมที่ดี เนื่องจากจังหวัดเป็นจังหวัดเพชรบูรณ์ที่มีนักท่องเที่ยวเข้ามาท่องเที่ยวต่อปีเป็นจำนวนมาก ในเบื้องต้นทางจังหวัดยินดีที่จะทำการประชาสัมพันธ์ให้เกษตรกรได้รับทราบประโยชน์การนำลำต้น ยอดและใบ ของข้าวโพด มาเป็นพลังงานชีวมวล เพื่อให้เกษตรกรลดการเผาทิ้ง และเปลี่ยนมาร่วมมือ ร่วมใจ สร้างพลังงานชีวมวลในชุมชนของตนเอง

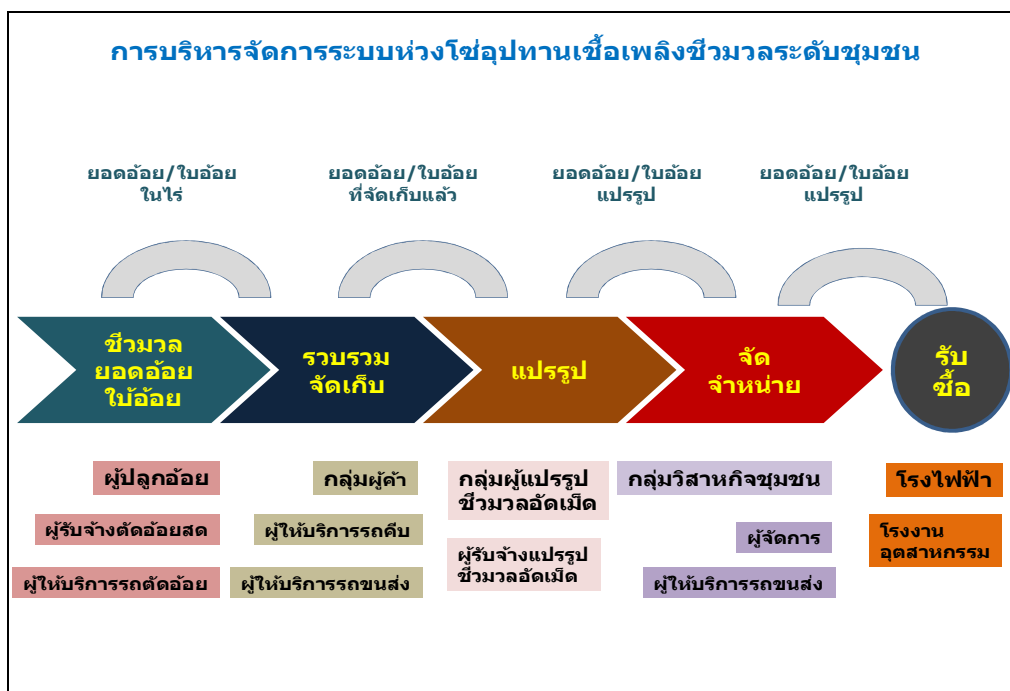


รูปที่ 3-60 ประมวลภาพการเข้าพบผู้ว่าราชการจังหวัดเพชรบูรณ์

โดยภาพรวมความคิดเห็นทั้ง 5 ประเด็นทั้งสองจังหวัดดังกล่าวจึงมีข้อคำถามว่า "แล้วเราจะนำผลการศึกษาและความคิดเห็นดังกล่าวนี้สู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมได้อย่างไร" ซึ่งข้อคำถามดังกล่าวนี้จึงได้สรุปความคิดเห็นในภาพรวมว่า เกษตรกรต้องการหน่วยงานภาครัฐสนับสนุนงบประมาณ เพื่อนำร่องโครงการโดยให้เกษตรกรรายย่อยเป็นแกนหลัก ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐจะมีแนวทางและกำหนดนโยบายอย่างไรเพื่อให้เกิดโครงการนำร่องของการบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพด

3.3 การจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานเศษวัสดุเหลือใช้จากอ้อย

ในขั้นตอนนี้จะแสดงให้เห็นถึงรูปแบบการบริหารจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานที่ทำการศึกษาไว้ โดยจะเป็นการวางแผนบริหารจัดการตั้งแต่ต้นน้ำ คือ วัตถุดิบ ไปจนกระทั่งถึงปลายน้ำ คือ การนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปส่งยังโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมในระดับชุมชน/ตำบล ดังรูปที่ 3-61



รูปที่ 3-61 การบริหารจัดการระบบห่วงโซ่อุปทานเชื้อเพลิงชีวมวลยอดอ้อยและใบอ้อย

ชีวมวลยอดอ้อยใบอ้อย วัตถุดิบของชีวมวลในระบบห่วงโซ่อุปทานนี้ ได้แก่ ยอดอ้อย/ใบอ้อย ที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวอ้อยสดเข้าโรงงานน้ำตาล เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยดำเนินการใน 2 ลักษณะ คือ การจ้างตัดอ้อยด้วยแรงงานคน โดยผู้รับจ้างตัดอ้อยจะตัดส่วนที่เป็นยอดและใบอ้อยทิ้งไว้ในไร่ หรือการจ้างตัดอ้อยด้วยเครื่องจักร โดยผู้ให้บริการรถตัดอ้อย(อาจเป็นเอกชนหรือโรงงานน้ำตาล)จะพ่นส่วนที่เป็นยอดและใบอ้อยทิ้งไว้ในไร่เช่นกัน ที่ผ่านมายอดอ้อย/ใบอ้อยเหล่านี้ถูกปล่อยทิ้งไว้ให้เน่าเปื่อย หรือถูกเผาทิ้งไปโดยไม่ได้นำไปเพิ่มมูลค่าแต่อย่างใด วัสดุที่เคยเหลือใช้นี้จะกลายเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลให้กับชุมชน โดยผู้ปลูกอ้อยอาจจำหน่ายให้แก่ผู้ค้า ณ พื้นที่ปลูกอ้อย หรือเป็นผู้ค้าเองก็ได้

การรวบรวมจัดเก็บ การรวบรวมจัดเก็บยอดอ้อยใบอ้อยที่ถูกทิ้งไว้ใน พื้นที่เพาะปลูกหลังการตัดอ้อย การจัดเก็บทำได้หลายวิธี เช่น ใช้แรงงานคน หรือใช้รถคืบ หรือใช้รถอัดให้เป็นก้อนหรือม้วน เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการแปรรูป

การแปรรูปชีวมวล ผู้ประกอบการ ซึ่งอาจเป็นผู้ดำเนินการอิสระ หรือเป็นการรวมตัวของกลุ่มเกษตรกร เพื่อดำเนินการแปรรูปชีวมวลระดับชุมชน การแปรรูปยอดอ้อยใบอ้อยนี้จะทำในไร่อ้อยของ

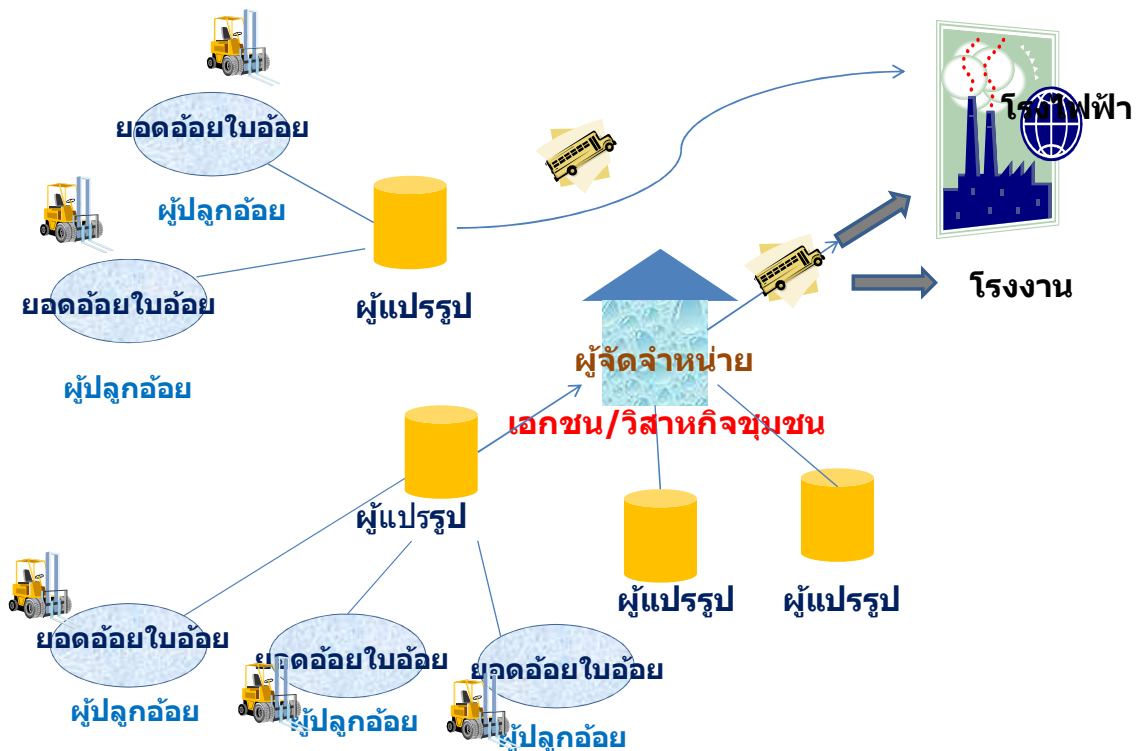
เกษตรกร โดยเครื่องจักรสำหรับแปรรูปชีวมวลนี้จะเคลื่อนที่เข้าไปโดยใช้รถลาก ชีวมวลจะถูกแปรรูปเป็นแท่งขนาดเล็ก หรืออัดเป็นเม็ด แล้วถูกบรรจุลงในถุงขนาด 15 กิโลกรัม

การจัดจำหน่ายชีวมวล อาจดำเนินการได้หลายรูปแบบ ดังรูปที่ 3 -61

- ผู้แปรรูปจำหน่ายชีวมวลให้กับผู้ซื้อโดยตรง
- เอกชนเป็นผู้รับซื้อชีวมวลจากผู้แปรรูปแล้วนำไปจำหน่าย
- กลุ่ม/องค์กรของชุมชนเป็นผู้รับซื้อชีวมวลจากผู้แปรรูปแล้วนำไปจำหน่าย

สำหรับในการศึกษานี้ คณะวิจัยพิจารณาเห็นว่า การบริหารและจัดจำหน่ายชีวมวลของชุมชนในระดับตำบล หากดำเนินการในรูปแบบ “วิสาหกิจชุมชน” จะมีความเหมาะสม เนื่องจาก มี พ.ร.บ.ส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548 รองรับ ทำให้สามารถบริหารจัดการโดยคณะบุคคลที่ชุมชนเป็นเจ้าของและชุมชนเป็นผู้ดำเนินการร่วมกัน วิสาหกิจชุมชนยังเป็นองค์กรของภาคประชาชนที่รัฐพร้อมให้การสนับสนุนทั้งในด้านเงินทุนและความร่วมมือจากหน่วยงานต่าง ๆ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ทำให้มีโอกาสนในการพัฒนาตนเองค่อนข้างมาก การที่วิสาหกิจชุมชนเป็นผู้จัดการชีวมวล ซึ่งอาจจะดำเนินการตั้งต้นน้ำ ถึงปลายน้ำ (ตั้งแต่การรวบรวม แปรรูป และจัดจำหน่าย) จะก่อให้เกิดอำนาจการต่อรองกับภายนอกได้มากกว่า การที่เกษตรกรหรือผู้แปรรูปรายย่อยแยกกันดำเนินการ โดยวิสาหกิจชุมชนอาจจัดให้มีผู้จัดการ ฝ่ายการผลิต ฝ่ายการตลาด ฝ่ายจัดส่งสินค้า ฯลฯ ตามความเหมาะสม เพื่อสะดวกในการบริหารจัดการ การจำหน่ายและจัดส่งชีวมวลแปรรูปให้กับผู้ซื้อ เช่น โรงไฟฟ้าชีวมวล โรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ ทั้งภายในและภายนอกพื้นที่ ดังรูปที่ 3-62

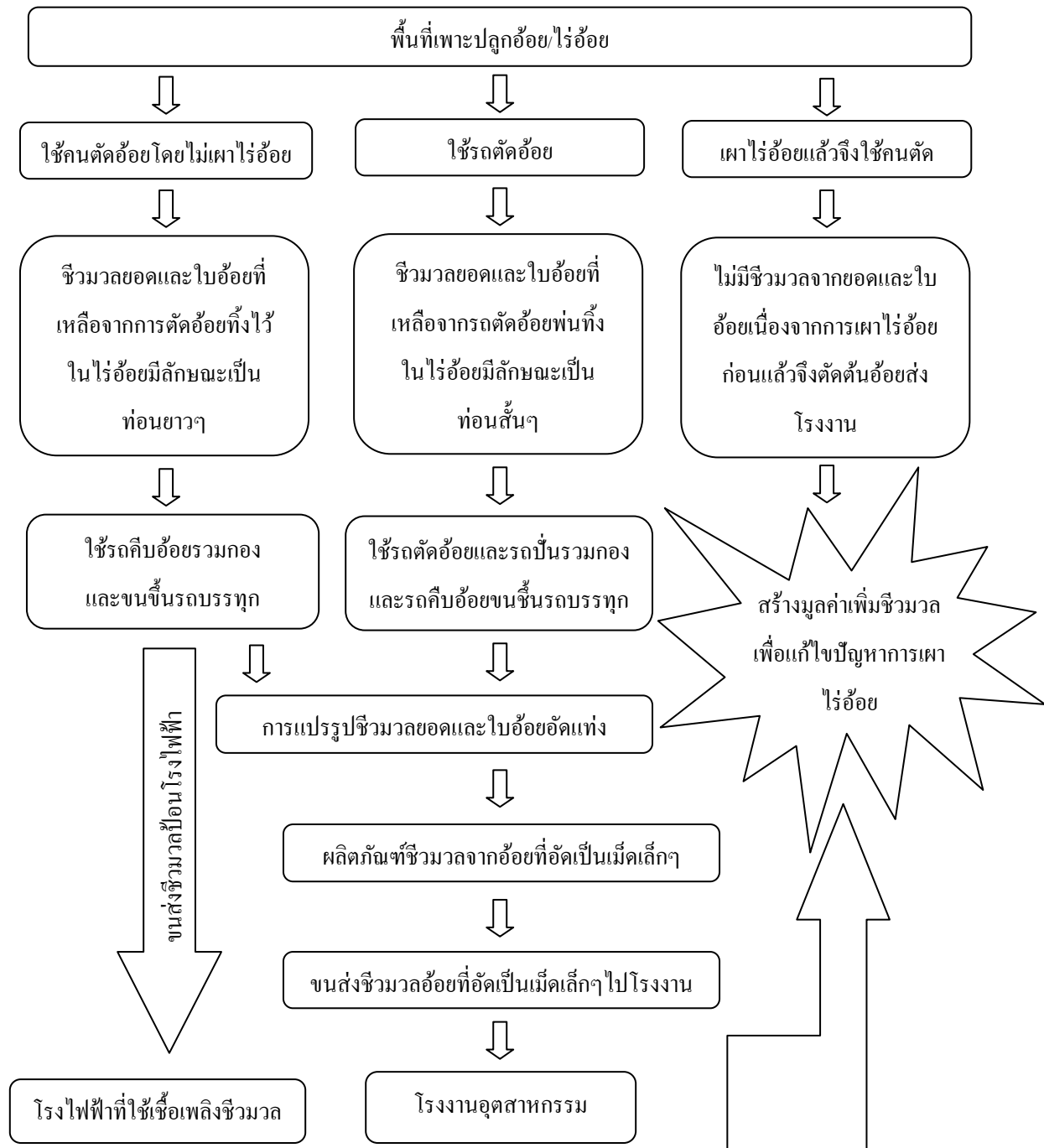
ความสัมพันธ์ในแต่ละห่วงโซ่อุปทานเชื้อเพลิงชีวมวล



รูปที่ 3-62 ความสัมพันธ์ในแต่ละห่วงโซ่อุปทานเชื้อเพลิงชีวมวลขดอ้อย/ใบอ้อย

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ชุมชนมีการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากผู้ที่เกี่ยวข้องจะได้รับประโยชน์จากการมีรายได้เพิ่มจากการขายชีวมวลแล้ว ควรคำนึงถึงความเข้มแข็งของชุมชนควบคู่กันไปในทุกห่วงโซ่อุปทาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกันและกัน ความร่วมมือกันในการบริหารจัดการทรัพยากร และการสร้างอำนาจต่อรองของชุมชน การบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานแต่ละขั้นตอนนี้สามารถยืดหยุ่นไปตามความพร้อมของผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยอาจเป็นผู้แปรรูปชีวมวล และจำหน่ายชีวมวลเองโดยตรง เป็นต้น

3.3.1 ผลการศึกษาและคัดเลือกวิธีการเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้จากอ้อย



รูปที่ 3-63 ผังกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลป้อนโรงงานอุตสาหกรรม/โรงไฟฟ้าชีวมวล

จากรูปที่ 3-63 สามารถอธิบายได้ว่าวัสดุเหลือใช้จากการเพาะปลูกอ้อย ในการศึกษาวิจัยนี้คือยอดและใบอ้อย ซึ่งจะได้จากการตัดอ้อยโดยไม่เผาไร้อ้อยด้วยแรงงานคนและการใช้รถตัดอ้อย แต่ถ้าเกษตรกรใช้วิธีการเผาไร้อ้อยก่อนการตัดอ้อยก็จะไม่ได้ชีวมวลยอดและใบอ้อย ดังนั้น จึงต้องหาวิธีการทำให้เกษตรกรได้รับประโยชน์จากชีวมวลยอดและใบอ้อยมากที่สุด ตลอดจนการกระตุ้นจิตสำนึกไม่สร้างผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเผาไร้อ้อย ส่วนลำต้นอ้อยจะถูกส่งไปยังโรงงานน้ำตาล

การสร้างมูลค่าเพิ่มจากยอดและใบอ้อยในที่นี้ คือ การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้าชีวมวล และเชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะต้องทำการศึกษาวิธีการที่เป็นไปได้ในการจัดเก็บรวบรวมชีวมวลจากไร้อ้อย การแปรรูปชีวมวลอัดแท่ง การขนชีวมวลขึ้นรถบรรทุก การขนส่งชีวมวลไปยังโรงไฟฟ้า และโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้ชีวมวลยอดและใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิง รวมทั้งวิเคราะห์ต้นทุนในทุกขั้นตอนการดำเนินงาน เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาทางเลือกของวิธีการนำชีวมวลไปใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมของวิธีการที่เป็นไปได้ และได้รับอัตราผลตอบแทนที่คุ้มค่าในการลงทุน

เพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมวัสดุเหลือใช้จากอ้อยซึ่งกระจายอยู่ตามสถานที่ต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ ยอดอ้อยและใบอ้อยบริเวณไร้อ้อย และขานอ้อยที่เหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาล ทีมวิจัยจึงดำเนินการศึกษาวิธีการจัดการวัสดุเหลือใช้จากอ้อยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา วิเคราะห์ประสิทธิภาพการเก็บรวบรวมวิธีการที่ใช้ในปัจจุบัน โดยพิจารณาจากปริมาณที่เก็บรวบรวมได้ต่อปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้น จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบกับผลการศึกษามีอยู่ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการศึกษา

จากผลการศึกษาที่ผ่าน พบว่า การเก็บรวบรวมยอดอ้อยและใบอ้อยโดยใช้แรงงานคนในการเก็บขึ้นรถจำนวน 3 ชนิด คือ รถกระบะ รถอีแต๋น และรถหกล้อแตกต่างกัน ดังนี้

ตารางที่ 3-12 การเก็บรวบรวมใบอ้อยโดยใช้รถบรรทุกขนาดต่างๆกัน

ชนิดของรถบรรทุก	จำนวนคนที่ใช้ในการเก็บรวบรวม (คน)	เวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวม (นาท)	น้ำหนักที่บรรทุกได้ (กิโลกรัม)
รถกระบะ	3	25	369
รถอีแต๋น	3	30	383
รถหกล้อ	6	50	767

ที่มา: [32]

หมายเหตุ :

1. รถกระบะมีพื้นที่ส่วนที่ใช้บรรทุกโดยมีความยาว 2.4 เมตร กว้าง 1.5 เมตร สูง 1.8 เมตร น้ำหนักชีวมวลที่สามารถบรรทุกได้คือ 369 กิโลกรัม
2. รถอีแต๋นมีพื้นที่ส่วนที่ใช้บรรทุกโดยมีความยาว 3.2 เมตร กว้าง 1.8 เมตร สูง 1.8 เมตร น้ำหนักชีวมวลที่สามารถบรรทุกได้คือ 383 กิโลกรัม
3. รถหกล้อมีพื้นที่ส่วนที่ใช้บรรทุกโดยมีความยาว 4.4 เมตร กว้าง 1.9 เมตร สูง 2.2 เมตร น้ำหนักชีวมวลที่สามารถบรรทุกได้คือ 767 กิโลกรัม

นอกจากนี้จากการสำรวจข้อมูลของการเก็บรวบรวมชีวมวลขอดอ้อย ใบอ้อยด้วยแรงงานคนของเกษตรกรรายย่อยที่ใส่รถกระบะมาส่งที่โรงไฟฟ้าของ บริษัท ค่านช้าง ใบโอ-เอ็นเนอร์ยี จำกัด อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรีพบว่า

ตารางที่3-13 การเก็บรวบรวมใบอ้อยโดยใช้รถกระบะด้วยแรงงานคน

ชนิดของรถ	จำนวนคนที่ใช้	เวลาที่ใช้ในการ	น้ำหนักที่บรรทุกได้
บรรทุก	ในการเก็บรวบรวม (คน)	เก็บรวบรวม (นาท)	(กิโลกรัม)
รถกระบะ	2	60	1,000

ที่มา : บริษัท ค่านช้าง ใบโอ-เอ็นเนอร์ยี จำกัด

ส่วนการใช้แรงงานคนขึ้นรถชนิดอื่นๆเช่นรถหกล้อ หรือรถสิบล้อนั้นต้องใช้แรงงานจำนวนมากจึงไม่สามารถกระทำได้นี้เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนแรงงาน

จากการศึกษาของCelsoAparecidoSarto[36] ที่ทดลองเก็บรวบรวมใบอ้อยหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยโดยไม่เผา โดยใช้ เครื่องอัดใบอ้อย (baler) แบบเป็นก้อนสี่เหลี่ยม ขนาดก้อนที่อัดได้ 0.8 เมตร (กว้าง) x 0.875 เมตร (สูง) x 1.9 เมตร (ยาว) ใช้รถแทรกเตอร์ขนาด 90 แรงม้า เป็นต้นกำลัง เพื่อทำการประเมินสมรรถนะของเครื่องอัดก้อนของใบอ้อยและประสิทธิภาพการเก็บรวบรวมใบอ้อยภายใต้สภาวะที่แตกต่างกันของการกองของใบอ้อยผลการทดลองพบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของก้อนใบอ้อยที่อัดได้อู่ระหว่าง 242-306 กิโลกรัม Bulk density (kg/m^3) อยู่ระหว่าง 183-231ปริมาณใบอ้อยที่อัดได้อู่ระหว่าง 6.5-9.8 ต้นต่อชั่วโมง ร้อยละของการปนเปื้อนของดินระหว่างร้อยละ 3.3-4.7 อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์ 1.5-2.0 ลิตรต่อต้นน้ำหนักแห้งของใบอ้อย ประสิทธิภาพการเก็บรวบรวม (จำนวนใบอ้อยที่เก็บรวบรวมได้ต่อจำนวนใบอ้อยในแปลงหลังเก็บเกี่ยว) ร้อยละ 56-84

การทดลองข้างต้น แสดงให้เห็นว่า เราสามารถเก็บรวบรวมใบอ้อยโดยใช้เครื่องอัดใบอ้อย (Baler) ได้ แต่ก็มีปัญหาที่พบระหว่างการทดลอง ทั้งจากเครื่องอัดใบอ้อย/จากการเก็บรวบรวมใบอ้อย อาทิ ขนาดความกว้างของเครื่องอัดไม่เท่ากับระยะการปลูกอ้อย ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมชีวมวลมีข้อจำกัดเนื่องจาก ฝนตกต้องใช้เวลาอบใบอ้อยแห้ง การวิ่งรถในแปลงปลูกอ้อยทำให้ดินอ้อยเสียหาย และต้องคำนึงถึงขนาดของก้อนใบอ้อยที่อัดแล้วให้เหมาะสมกับขนาดของรถบรรทุกเพื่อให้สามารถจัดวางในรถบรรทุกให้ได้ปริมาณมากที่สุด เป็นต้น

จากผลการศึกษาข้างต้น จะเห็นได้ว่า ปัจจุบันยังไม่มีมีการเก็บรวบรวมใบอ้อย ขอดอ้อยเพื่อการค้าเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้ อ้อยและขอดอ้อยส่วนใหญ่จะถูกเผาทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยก่อนเก็บเกี่ยวเกษตรกรมีการเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวคิดเป็นร้อยละ 74.47 และหลังการเก็บเกี่ยวมีเกษตรกรที่ทำการเผาไร่ก่อนการไถคิดเป็นร้อยละ 80.85 [37]

การศึกษาวิธีการในการเก็บรวบรวมชีวมวลจากขอดอ้อยและใบอ้อยในงานวิจัยนี้ จึงมุ่งพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของชีวมวลหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้ว ถ้าเป็นการตัดอ้อยโดยใช้แรงงานคนและไม่เผาใบอ้อย จะได้ชีวมวลที่มีขนาดใหญ่ ถ้าเป็นการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อยจะได้ชีวมวลที่มีขนาดเล็ก ดังนั้น

จึงแบ่งการเก็บรวบรวมชีวมวลย่อยและใบย่อยเป็น 2 วิธี คือ การใช้แรงงานคน และการใช้เครื่องจักรประเภทต่างๆ

1) การใช้แรงงานคนในการเก็บรวบรวมชีวมวลย่อย ใบย่อย

ในการตัดย่อยด้วยคนนั้นแรงงานคนจะใช้มีดตัดลำต้นย่อยริดใบและตัดยอดย่อยหลังจากนั้นก็นำย่อยมามัดรวมกันมัดละ 10 ลำ วางไว้ในไร่ย่อยเพื่อรอการลำเลียงขึ้นรถ โดยทั่วไปคนงานจะตัดย่อยได้วันละประมาณ 100-200 มัดต่อวัน ซึ่งมีเกษตรกรกรเลือกเก็บเกี่ยวโดยวิธีนี้คิดเป็นร้อยละ 17.02 [37]

ลักษณะชีวมวลที่ได้จากการตัดย่อยประเภทนี้จะมีความใหญ่ เนื่องจากชีวมวลเกิดจากการริดใบออกและตัดยอดย่อยออกจากลำต้น วิธีการรวบรวมอาจให้คนงานตัดย่อยเก็บรวบรวมมัดเป็นพ่อนแล้วกองไว้ในไร่หลังจากนั้นย่อยขึ้นรถส่งโรงงานแล้วจึงขนชีวมวลต่อไปในภายหลังหรือขนชีวมวลขึ้นรถเลย ซึ่งจะช่วยสร้างรายได้เพิ่มให้คนงานตัดย่อยอีกทางหนึ่ง

การทดสอบประสิทธิภาพการเก็บรวบรวมชีวมวลจากไร่ย่อยด้วยแรงงานคน โดยวิธีขนชีวมวลขึ้นรถเลย โดยการคำนวณจากข้อมูลของบริษัท ด่านช้าง ไบโอ-เอ็นเนอร์ยี จำกัด พบว่า

การขนชีวมวลย่อยใบย่อยขึ้นรถกระบะจำนวนคนที่ใช้ในการเก็บรวบรวม 2 คน เวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวม 60 นาที น้ำหนักที่จัดเก็บได้ 1,000 กิโลกรัม กำหนดให้ 1 วันทำงาน 8 ชั่วโมงหรือ 480 นาทีประสิทธิภาพการทำงานของคนงาน ประมาณ 70% และค่าแรงงานในการเก็บรวบรวมชีวมวล 300 บาทต่อคนต่อวัน สามารถคำนวณค่าแรงในการจัดเก็บรวบรวมชีวมวลขึ้นรถกระบะ ได้ดังนี้

$$\text{น้ำหนักชีวมวลที่รวบรวมได้} = (1,000/2) \times (480/60) \times 70\% = 2,800 \text{ กก./คน/วัน}$$

$$\text{ค่าแรงในการเก็บรวบรวม} = 300/2,800 = 0.107 \text{ บาท/กก.}$$

ตารางที่ 3-14 การคำนวณประสิทธิภาพการเก็บชีวมวลย่อยและใบย่อย ด้วยแรงงานคน

ชนิดของรถบรรทุก	จำนวนคนที่ใช้ในการเก็บรวบรวม (คน)	เวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวม (นาที)	น้ำหนักที่บรรทุกได้ (กิโลกรัม)	น้ำหนักที่รวบรวมได้ กก./คน/วัน (จากการคำนวณ)	ค่าแรงในการเก็บรวบรวม บาท/กิโลกรัม (จากการคำนวณ)
รถกระบะ	2	60	1,000	2,800	0.107

ที่มา: บริษัท ด่านช้าง ไบโอ-เอ็นเนอร์ยี จำกัด และจากการคำนวณของทีมวิจัย

สรุปผลการศึกษาประสิทธิภาพการจัดเก็บชีวมวลโดยใช้แรงงานคนนั้นจะต้องสัมพันธ์กับวิธีการตัดย่อย ซึ่งจะต้องเป็นย่อยที่ตัดโดยไม่มีการเผาใบก่อนการเก็บเกี่ยว จึงจะมีชีวมวลย่อยและใบย่อยเหลือทิ้งอยู่ในไร่ย่อยจากการศึกษาข้อมูลแล้วนำมาคำนวณพบว่า การเก็บรวบรวมยอดและใบย่อยโดยการขนขึ้นรถกระบะจะมีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ประมาณวันละ 2,800 กิโลกรัมต่อคนต่อวันหรือ 2.8 ตันต่อคนต่อวัน โดยเสียค่าแรงในการเก็บรวบรวมที่ประมาณ 0.107 บาทต่อกิโลกรัม หรือ 107 บาทต่อ ซึ่งข้อมูลอ้างอิง

เหล่านี้จะนำไปใช้เป็นตัวแทนการจัดเก็บรวบรวมชีวมวลยอดและใบอ้อยด้วยแรงงานคนสำหรับการเปรียบเทียบกับ การจัดเก็บด้วยเครื่องจักรอัดก้อนต่อไป

2) การใช้รถคืบอ้อยเพื่อเก็บรวบรวมชีวมวลยอดอ้อย ใบอ้อยในไร่อ้อย

การใช้แรงงานคนตัดและลำเลียงอ้อยขึ้นรถบรรทุกด้วยการใช้เครื่องจักร (ใช้รถคืบอ้อย) การเก็บเกี่ยวอ้อยวิธีนี้เป็นวิธีที่กำลังได้รับความนิยมมากขึ้นทุกขณะสาเหตุคือเกิดจากปัญหาการขาดแคลนแรงงานแรงงานที่ใช้จะใช้เวลา 3 คนคือคนขับรถคืบ 1 คนที่เหลืออีก 2 คนจะมีหน้าที่เก็บอ้อยที่ตกหล่นจากรถบรรทุกและอยู่บนรถบรรทุกเพื่อจัดเรียงและชี้ตำแหน่งในการวางอ้อย [38]

ดังนั้นปัจจุบันรถคืบอ้อยจึงเป็นเครื่องจักรที่จำเป็นสำหรับเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกประมาณมากกว่า 100 ไร่ หรือผลผลิตประมาณ 1,000 ตันขึ้นไป ราคาประมาณ 500,000 บาทขึ้นไปต่อกัน (จากการสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ อำเภอนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี) หลังการคืบอ้อยแล้วสามารถประยุกต์เครื่องจักรที่มีอยู่มาเพื่อเก็บรวบรวมชีวมวลยอดอ้อยและใบอ้อยโดยมีประสิทธิภาพการเก็บรวบรวมประมาณ 1 ½- 2 ชั่วโมงต่อประมาณ 1 คันรถคืบล้อ มีน้ำหนักบรรทุก ยอดอ้อยใบอ้อยประมาณ 8 ตัน (จากการสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี)



(ก)



(ข)

รูปที่ 3-64 (ก) การเก็บเกี่ยวอ้อยโดยใช้แรงงานคนตัดอ้อย (ข) การนำรถคืบอ้อยมาเก็บรวบรวมชีวมวลยอดอ้อยใบอ้อยขึ้นรถบรรทุกคืบล้อ

3) การใช้เครื่องอัดก้อนชีวมวลยอดและใบอ้อยในการจัดเก็บรวบรวมชีวมวลในไร่อ้อย

ในการตัดอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อยนั้นจะเป็นการตัดอ้อยสดไม่เผาใบก่อนการตัด การทำงานของรถตัดอ้อยจะมีใบมีดตัดส่วนยอดอ้อยออกไป และตัดลำต้นอ้อยที่โคนต้น และตัดลำอ้อยออกเป็นท่อนๆ ส่วนของใบอ้อยที่เผาจะถูกเป่าออกไปและส่งลำอ้อยที่ตัดเป็นท่อนใส่ในรถบรรทุกที่ขับถูขนาน ดังแสดงใน **รูปที่ 3-65** ซึ่งเกษตรกรเลือกเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยเครื่องจักรประมาณร้อยละ 4.26 [38]

ลักษณะชีวมวลที่ได้จากการตัดอ้อยโดยรถตัดอ้อย ดังแสดงใน **รูปที่ 3-66(ก)** จะมีขนาดเล็กกว่าการตัดโดยใช้แรงงานคนตัด ซึ่งจะถูกเป่าออกด้วยพัดลมจากรถตัดอ้อย การเก็บรวบรวมโดยใช้คนเก็บรวบรวมหรือขนขึ้นรถทำได้ยากกว่า ดังนั้น วิธีการที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมชีวมวลประเภทนี้คือการ

ใช้เครื่องเก็บและอัดก้อน (baler) หรือใช้เครื่องรวมกองร่วมกับรถคืบอ้อยโดยรวบรวมใบอ้อยหลังจากตัดแล้วให้เป็นกองๆแล้วจึงใช้รถคืบอ้อยคืบใบอ้อยใส่รถบรรทุก ซึ่งจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการเก็บรวบรวมโดยใช้แรงงานคน ดังรูปที่ 6-67, 6-68 และ 6-69



(ก)



(ข)

รูปที่ 3-65(ก) การเก็บเกี่ยวอ้อยโดยใช้รถตัดอ้อย (ข) ลักษณะอ้อยที่ตัดโดยรถตัดอ้อย



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 3-66 (ก) ลักษณะชีวมวลขุดอ้อยและใบอ้อยที่เกิดจากการตัดอ้อยโดยรถตัดอ้อย (ข) ชีวมวลที่ค้างอยู่ในไร่อ้อยหลังจากเก็บเกี่ยวแล้ว (ค) เครื่องรวมกองที่ติดท้ายรถแทรกเตอร์
(ที่มา: บริษัท ด่านช้าง ไบโอ-เอ็นเนอร์ยี จำกัด)

เครื่องอัดก้อนชีวมวลยอดและใบอ้อย

เครื่องอัดก้อนที่มีจำหน่ายในประเทศมีทั้งแบบใหม่ เช่น ยี่ห้อสิงห์สยาม และแบบมือสองจากแหล่งโฆษณาสินค้าในอินเทอร์เน็ต[35] ซึ่งมีให้เลือกหลากหลายรูปแบบ รวมทั้งผู้ผลิตจากต่างประเทศ เช่น ประเทศอิตาลี จีน เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาเครื่องอัดก้อนชีวมวลที่น่าจะเหมาะสมสำหรับอัดก้อนใบอ้อย ยอดอ้อย ดังตัวอย่าง ต่อไปนี้

1) เครื่องอัดก้อนฟาง หญ้าแห้งและใบอ้อย "สิงห์สยาม" [38] ดังแสดงใน รูปที่ 3-67 ใช้ได้กับรถแทรกเตอร์ทุกยี่ห้อตั้งแต่ 25 แรงม้าขึ้นไปผลิตด้วยเครื่องมือที่ทันสมัยใหม่ทุกชิ้นส่วน ขนย้ายสะดวก คล่องตัวอัดฟางได้สูงถึงวันละ 800-1500 ก้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และการทำงาน

ประสิทธิภาพการทำงาน

- เครื่องอัดฟาง 1 เครื่อง สามารถอัดฟางได้ประมาณ 800-1,500 ก้อน/วัน
- ค่าน้ำมันโดยเฉลี่ย/วัน 1,500 บาท ค่าคนงาน/วัน 1,200 บาท
- ค่าเชือกมัดฟาง 1,600 บาท ค่าจารบีหล่อลื่น/วัน 100 บาท



รูปที่ 3-67 แสดงเครื่องอัดฟาง หญ้าแห้ง และใบอ้อย “สิงห์สยาม” [38]

ตารางที่ 3-15 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องอัดฟาง หญ้าแห้ง และใบอ้อย “สิงห์สยาม”

รายละเอียด	รุ่น MSP 2547S
ขนาดช่องอัดฟาง (ซ.ม.) Compression chamber (cm.)	35 x 47
หน้ากว้างสำหรับเก็บฟาง (ซ.ม.) Pick-up width (cm.)	160
จังหวะกระทุ้ง/นาที Plunger stroke/Minute	88
ความยาวฟ่อนฟางที่อัดได้ (ซ.ม.) Adjustable bales length (cm.)	40 - 130
น้ำหนักของฟ่อนฟางที่อัดได้ (กก.) Bale weight (kg.)	15 - 40
ขนาดของสินค้า กว้างXยาวXสูง (ซ.ม.) Overall dim. (W.xL.xH.)	445 x 240 x 155
น้ำหนักของสินค้า (กก.) Weight (kg.)	1,200
ขนาดแรงม้าที่ใช้ขั้นต่ำ Min. tractor Power (Hp.)	25

ที่มา : [38]

2) เครื่องอัดก้อนแบบสี่เหลี่ยม ยี่ห้อ CICORIA ของประเทศอิตาลี รุ่น SPECIAL 2747-2749 ดังแสดงในรูปที่ 3-68ก สามารถใช้ได้ทั้งฟาง หญ้าแห้ง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และรุ่นSPECIAL CUT TP 2747-2749 ดังแสดงในรูปที่ 3-68ข ซึ่งสามารถตัดฟาง หรือหญ้าให้มีขนาดประมาณ 3 เซนติเมตรก่อนที่เครื่องจะอัดก้อน [40]



(ก)



(ข)

รูปที่ 3-68 เครื่องอัดก้อนยี่ห้อ CICORIA (ก) รุ่น 2747-2749 (ข) รุ่น TP 2747-2749 [40]

ตารางที่3-16แสดงข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องอัดฟางหญ้าแห้ง ใบอ้อย ยี่ห่อ CICORIA

รายละเอียด	รุ่น 2747	รุ่น TP 2747
ขนาดช่องอัดฟาง (ซ.ม.) Compression chamber (cm.)	37x47	37x47
หน้ากว้างสำหรับเก็บฟาง (ซ.ม.) Pick-up width (cm.)	160	160
จังหวะกระทุ้ง/นาที Plunger stroke/Minute	88	88
ความยาวฟ่อนฟางที่อัดได้ (ซ.ม.) Adjustable bales length (cm.)	40-130	40-130
น้ำหนักของฟ่อนฟางที่อัดได้ (กก.) Bale weight (kg.)	24-48	24-48
ขนาดของสินค้า กว้างxยาวxสูง (ซ.ม.) Overall dim. (กว้างxยาวxสูง)	485x240x160	485x250x180
น้ำหนักของสินค้า (กก.) Weight (kg.) ยาว	1375	2000
ขนาดแรงม้าที่ใช้อย่างต่ำ Min. tractor Power (Hp.)	39	54

ที่มา: [40]

3) เครื่องอัดก้อนแบบม้วน

เครื่องอัดก้อนแบบม้วนจากประเทศจีนใช้ได้ทั้งหญ้าแห้งและสด มี 2 ขนาดให้เลือกคือรุ่น XY-5080 และรุ่น X Y-1060 [41]



รูปที่3-69เครื่องอัดก้อนแบบม้วนจากประเทศจีน[42]

ตารางที่3-17แสดงข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องอัดฟาง หญ้าแห้ง จากประเทศจีน

รายละเอียด	รุ่น X Y-5080	รุ่น X Y-1060
หน้ากว้างสำหรับเก็บฟาง (มิลลิเมตร)	800	1000
ขนาดฟ่อนฟางที่อัดได้ (มิลลิเมตร)	Ø 500×800	Ø 600×1000
น้ำหนักของฟ่อนฟางที่อัดได้ (กิโลกรัม)	15-20	35-40
ประสิทธิภาพการจับเก็บ (ไร่ต่อชั่วโมง)	1.25-2	3.3-4
ขนาดของสินค้า (มิลลิเมตร)	2000×1400×1300	2200×1600×1350
น้ำหนักของสินค้า (กิโลกรัม)	520	820
ขนาดแรงม้าที่ใช้ Tractor Power (แรงม้า)	18-35	25-50

ที่มา: [42]

ตารางที่ 3-18สรุปเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องอัดก้อน

รายละเอียด	สิงห์สยาม รุ่น MSP 2547S	การทดสอบของ CelsoAparecido
ราคาเครื่องอัดก้อน	510,000 บาท	US\$ 57,258.00 (FOB USA)
ขนาดแรงม้าที่ใช้อย่างต่ำ Min. Tractor Power (แรงแม้)	25	90
ขนาดก้อนที่อัดได้ กว้าง x สูง x ยาว(เซนติเมตร)	35x47x40-130	80x 87.5 x 190
น้ำหนักของฟ่อนฟางที่อัดได้ (กิโลกรัม)	15-40	242-306
ปริมาณใบอ้อยที่อัดได้	800-1,500 ก้อน/วัน หรือ 2.5 ตันต่อ ชั่วโมง	6.5-9.8 ตันต่อชม.
% การปนเปื้อนของดินระหว่าง 3.3-4.7 %	n/a	3.3-4.7 %
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแทรกเตอร์	1.0 ลิตรต่อตันน้ำหนักแห้ง ของใบอ้อย	1.5-2.0 ลิตรต่อตันน้ำหนักแห้ง ของใบอ้อย
ประสิทธิภาพการเก็บรวบรวม	60%	56-84 %

ที่มา : [38,36]

จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคในการจัดเก็บยอดและใบอ้อยด้วยแรงงานคนและเครื่องจักร สามารถสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ทั้ง 5 รูปแบบ คือ 1) ใช้แรงงานคนเก็บใส่รถกระบะ 2) ใช้รถเก็บอ้อย 3) ใช้เครื่องจักรอัดก้อนยี่ห้อสิงห์สยาม 4) ใช้เครื่องจักรอัดก้อนจากประเทศจีน 5) ใช้เครื่องรวมกองร่วมกับรถเก็บอ้อย ทั้งนี้จะตัดสินใจเลือกรูปแบบใดจะต้องทำการศึกษาด้านการลงทุนและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ประกอบการตัดสินใจต่อไป โดยคำนึงถึงเงินลงทุนและต้นทุนการผลิตต่อหน่วยเป็นสำคัญ

3.3.2 ผลการศึกษาเส้นทางขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวลที่เหมาะสมไปยังโรงงานไฟฟ้าชีวมวล/โรงงาน

แปรรูปชีวมวลอัดแท่ง/โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง

ในขั้นตอนนี้ทีมนักวิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อดำเนินการสำรวจจำนวนโรงไฟฟ้า หรือโรงงานอุตสาหกรรมที่มีความจำเป็นต้องใช้พลังงาน พร้อมทั้งกำหนดจุดที่ตั้งของโรงไฟฟ้าชีวมวลหรือโรงงานอุตสาหกรรมและพื้นที่เพาะปลูกอ้อยลงในแผนที่คร่าวๆ จากนั้นจึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการขนส่งชีวมวลจากพื้นที่เพาะปลูกอ้อยแต่ละแห่งไปยังโรงไฟฟ้าหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ใกล้เคียง โดยพิจารณาถึงวิธีการขนส่งที่มีต้นทุนต่ำและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมต่อชุมชน

เนื่องจากการศึกษาวิธีการขนส่งด้วยการเปรียบเทียบรถบรรทุกแต่ละชนิด คือ รถกระบะ 4 ล้อ รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ ซึ่งจะใช้ขนส่งชีวมวลยอดและใบอ้อยที่มีลักษณะเป็นยอดและใบอ้อยตามสภาพเดิมมัดฟ่อนอัดก้อน และอัดแท่ง ภายใต้งานของขนาดความจุรถขนส่งและน้ำหนัก ดังนั้น

ถ้าไม่อัดก้อน/แท่งปริมาตรจะมากกว่า แต่ทั้งนี้จะต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดขนาดปริมาตรบรรจุของรถบรรทุกและข้อกำหนดน้ำหนักบรรทุกตามที่กฎหมายกำหนด แต่ถ้าอัดแท่งน้ำหนักจะมากแต่ปริมาตรบรรทุกจะน้อยแต่ทั้งนี้ต้องอยู่ภายใต้ข้อกำหนดปริมาตรและน้ำหนักการบรรทุกตามกฎหมายเช่นกัน

ดังนั้นจึงสรุปในที่นี้ได้ว่าผลการศึกษาที่ได้จากการเปรียบเทียบรถบรรทุกแต่ละขนาดที่สามารถขนส่งชีวมวลขอดและใบอ้อยในแต่ละลักษณะได้และมีต้นทุนต่ำกว่าจะถูกพิจารณาคัดเลือกในการใช้เป็นพาหนะในการขนส่งชีวมวลขอดและใบอ้อยในงานวิจัยนี้

1) ยานพาหนะในการขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวล

เนื่องจากโครงการนี้เป็นการศึกษาเชื้อเพลิงชีวมวลจากอ้อย พื้นที่เพาะปลูกที่นำมาพิจารณา คือ ไร่อ้อย ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ดินอัดแน่น ราบเรียบและแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 3-70 ดังนั้น ยานพาหนะที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งชีวมวลจากพื้นที่เพาะปลูกจึงเป็นรถยนต์บรรทุกทั่วไป คือ รถบรรทุกสิบล้อ รถบรรทุกหกล้อ หรือรถบรรทุกกระบะสี่ล้อ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพเส้นทางถนนที่จะเข้าสู่พื้นที่เพาะปลูกอ้อย



รูปที่3-70 แสดงสภาพพื้นที่เพาะปลูกอ้อย



รูปที่ 3-71 แสดงสภาพการขนส่งชีวมวลยอดและใบอ้อยของรถบรรทุกในไร่อ้อย

จากการศึกษาโดยวิธีสังเกตการณ์และสัมภาษณ์ผู้ประกอบการในพื้นที่เพาะปลูก สามารถรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง ได้ดังนี้

1. รถบรรทุกสิบล้อ - มีความสามารถในการขนส่งได้ 25-30 ตัน/เที่ยว บรรทุกได้กว้าง 2.5 เมตร สูง 3.8 เมตรและต้องมีผ้าใบหรือตาข่ายปิดคลุมป้องกันการฟุ้งกระจายดังแสดงในรูปที่ 3-71
2. รถบรรทุกหกล้อ - มีความสามารถในการขนส่งได้ 12-15 ตัน/เที่ยว บรรทุกได้กว้างไม่เกิน 2.3 เมตร สูงไม่เกิน 3.8 เมตร และต้องมีผ้าใบหรือตาข่ายปิดคลุมป้องกันการฟุ้งกระจาย
3. รถบรรทุกกระบะสี่ล้อ - มีความสามารถในการขนส่งได้ 1.5-2.0 ตัน/เที่ยว บรรทุกได้กว้างไม่เกิน 2 เมตร สูงไม่เกิน 3 เมตร และต้องมีผ้าใบหรือตาข่ายปิดคลุมป้องกันการฟุ้งกระจาย

ข้อกำหนดทั่วไปในการบรรทุก

1. ความกว้างบรรทุกได้ไม่เกินส่วนกว้างของตัวรถ
2. ความยาวบรรทุก

- ด้านหน้ายื่นไม่เกินหน้าหม้อรถ
- ด้านหลังยื่นพ้นตัวรถไม่เกิน 2.50 เมตร

3. ความสูงบรรทุกกรณีรถบรรทุกให้บรรทุกสูงจากพื้นทางได้ไม่เกิน 3.00 เมตรแต่ถ้ารถมีความกว้างของรถเกินกว่า 2.30 เมตร ให้บรรทุกสูงจากพื้นทางได้ไม่เกิน 3.80 เมตร
4. ต้องจัดให้มีสิ่งป้องกันคน สัตว์ หรือสิ่งของที่บรรทุกตกหล่นรั่วไหลส่งกลิ่น ส่งแสงสะท้อน หรือปลิวไปจากรถ อันอาจก่อให้เกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญ ทำให้สกปรกเสื่อมเสีย สุขภาพอนามัย หรือก่อให้เกิดอันตรายแก่ประชาชนหรือทรัพย์สิน

กรณีที่บรรทุกของยื่นเกินกว่าความยาวของตัวรถบรรทุก

1. ในเวลากลางวันติดธงแดงเรืองแสงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร
2. ในเวลากลางคืน หรือในเวลาที่ไม่สามารถมองเห็นได้ในระยะ 150 เมตรต้องติดไฟสัญญาณสีแดงที่มองเห็นได้ชัดเจนในระยะ 150 เมตร

ดังนั้น การจัดการรถบรรทุกขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวลนี้ มีความเป็นไปได้หลายวิธี เช่น 1) สร้างเครือข่ายการขนส่งชีวมวลขึ้นเองภายในกลุ่มผู้เพาะปลูก 2) การจ้างเหมาผู้ประกอบการภายนอกมาทำการขนส่ง 3) การให้ผู้ประกอบการแปรรูปชีวมวลจัดการขนส่งมารับถึงที่เพาะปลูก และ 4) การให้ผู้รับซื้อชีวมวล (โรงไฟฟ้า) จัดการเรื่องการขนส่งทั้งหมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการจัดการและการรวมกลุ่มกันได้ในกลุ่ม/ชุมชนเกษตรกร

2) การขนถ่ายเชื้อเพลิงชีวมวลขึ้นยานพาหนะที่จะขนส่ง

วิธีการและอุปกรณ์เครื่องมือในการขนถ่ายเชื้อเพลิงชีวมวลขึ้นยานพาหนะ ขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บรวบรวมและลักษณะรูปร่างของเชื้อเพลิงชีวมวลพร้อมขนส่ง ที่อยู่ในพื้นที่เพาะปลูกนั้นกระบวนการขนถ่ายเชื้อเพลิงชีวมวลขึ้นยานพาหนะขนส่ง มีส่วนประกอบที่ต้องพิจารณา คือ

1. แรงงานคนและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง
2. เครื่องจักรอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาระบบการจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลขุดอ้อยและใบอ้อยในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นให้ใช้แรงงานคนเป็นหลักในการขนถ่ายชีวมวลขึ้นรถขนส่ง เพื่อลดการลงทุนและค่าใช้จ่ายในเครื่องจักรอุปกรณ์ขนถ่าย ซึ่งจะลดต้นทุนรวมและเกิดความคุ้มค่าในการนำเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยใช้แรงงานคนจำนวน 1 คน และคนขับรถ กำหนดให้ลักษณะการเก็บรวบรวมชีวมวลในพื้นที่เพาะปลูกให้อยู่ในวิธีที่เอื้อต่อการขนถ่ายโดยใช้แรงงานคนได้อย่างสะดวก

3) เส้นทางขนส่ง

การขนส่งเชื้อเพลิงชีวมวลขุดและใบอ้อย ในเบื้องต้นจะพิจารณาการขนส่งเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 การขนส่งชีวมวลขุดและใบอ้อยอัดก้อนจากพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงไฟฟ้าชีวมวล ซึ่งจะมีระยะทางการขนส่ง ประมาณ 20 กิโลเมตร รูปแบบที่ 2 การขนส่งชีวมวลขุดและใบอ้อยไปยังโรงงานแปรรูป

รูปชีวมวลอัดแท่ง ระยะทางการขนส่ง ประมาณ 20 กิโลเมตร และรูปแบบที่ 3 การขนส่งชีวมวลอัดแท่งจากโรงงานแปรรูปไปยังโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลอัดแท่ง ระยะทางการขนส่งโดยเฉลี่ยจากพื้นที่ศึกษาวิจัยจังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดอุทัยธานี ไปยังโรงงานในบริเวณพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร นครปฐม ราชบุรี เป็นต้น ระยะทางโดยเฉลี่ย ประมาณ 200 กิโลเมตร ทั้งนี้ในการศึกษาการขนส่งจะพิจารณาถึงความเป็นไปได้และความคุ้มค่าของการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลทดแทนพลังงานจากเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดอื่นๆ หรือเชื้อเพลิงจากฟอสซิล โดยเส้นทางขนส่งส่วนใหญ่ที่ใช้จะเป็นถนนลาดยางชนบทและทางหลวงชนบท รวมทั้งเป็นถนนลูกรังบดอัดในบางช่วง เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกอ้อย โรงไฟฟ้าชีวมวล โรงงานแปรรูปชีวมวล และโรงงานอุตสาหกรรม จะอยู่ในพื้นที่ที่รถยนต์และยานพาหนะทางการเกษตรและการขนส่งเข้าถึงได้ เพื่อความสะดวกในการเข้าถึงของอุปกรณ์เครื่องจักรกลทางการเกษตรและการขนส่ง

3.3.3 การศึกษาและคัดเลือกเทคโนโลยีการแปรรูปวัสดุเหลือใช้จากอ้อยเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

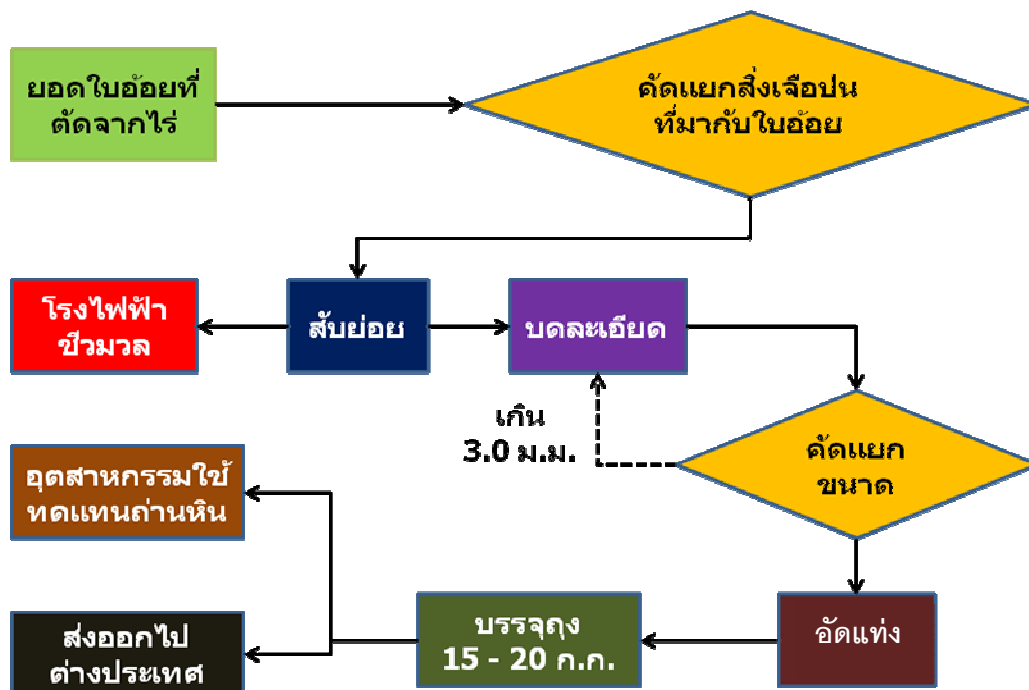
เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมีรูปร่าง ขนาด ความชื้นและสิ่งเจือปนที่แตกต่างกัน ดังนั้น หลังจากที่เราทราบถึงข้อกำหนดเกี่ยวกับรูปร่าง และลักษณะของเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้สำหรับเทคโนโลยีการผลิตพลังงาน จะต้องมีการแปรรูปวัสดุเหลือใช้ที่เก็บรวบรวมได้ให้มีลักษณะเหมาะสมตามที่ศึกษาไว้ โดยเทคโนโลยีการแปรรูปที่ใช้จะเป็นการเปลี่ยนรูปทางกล เช่น การลดขนาด การคัดแยก หรือการอัดแท่ง เป็นต้น โดยศึกษาผลการศึกษาที่ผ่านมา พร้อมทั้งลงพื้นที่สำรวจวิธีการแปรรูปที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เพื่อนำเสนอเทคโนโลยีการแปรรูปที่เหมาะสม

1) ลักษณะหรือรูปแบบการนำเชื้อเพลิงแข็งจากชีวมวล (ยอดและใบอ้อย) ไปใช้ประโยชน์

จากศึกษาค้นคว้าพบว่า โดยทั่วไปมีการนำเศษชีวมวลไปใช้เป็นพลังงานดังแสดงในรูปที่ 3-72 มีรายละเอียดดังนี้

- สับย่อยลดขนาดชีวมวลให้เป็นท่อนโตไม่เกิน 20 มิลลิเมตรยาวประมาณ 200 มิลลิเมตร โดยแรงงานคนตากแห้งแล้วนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงหุงต้มโดยตรงทั้งตามบ้านเรือนและร้านค้าในชนบท
- สับย่อยเป็นชิ้นเล็กๆขนาดประมาณ 30 มิลลิเมตรโดยใช้เครื่องสับ (Wood Chip) สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมที่ใช้เตาต้มน้ำ หรือผลิตเป็นแก๊สในระบบแก๊สซิฟิเคชันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และอื่นๆที่มีการซื้อขายกันที่ความชื้นไม่เกินร้อยละ 45 และบางส่วนของเกินกว่าความต้องการของโรงไฟฟ้านำไปทำเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อไป
- การทำเม็ดเชื้อเพลิงแข็งเริ่มตั้งแต่ นำชีวมวลที่สับย่อยแล้วมาบดด้วยเครื่องบด (Shredders) ให้ละเอียดมีขนาดเล็กกว่า 3.0 มิลลิเมตรและปรับให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 20 – 25
- นำผงใบอ้อยไปอัดเครื่องอัด (Pellet Mill) เป็นแท่งขนาดโตประมาณ 6 – 12 มิลลิเมตรที่ความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และคุณสมบัติอื่นตามมาตรฐาน AS/NZS4014.6 ดังตารางที่ 3-19

- นำไปบรรจุถุงปริมาณน้ำหนักประมาณถุงละ 15 กิโลกรัม เพื่อนำใช้ในอุตสาหกรรมที่ใช้เตาต้ม น้ำทดแทนการใช้ถ่านหินได้ดี เนื่องจากมีค่าความร้อนใกล้เคียงกับถ่านหิน ประมาณ 16,400 – 18,450 กิโลจูลและยังสามารถส่งออกไปจำหน่ายในประเทศแถบอากาศหนาวเย็นที่ใช้เป็น เชื้อเพลิงสำหรับเตาผิงอุ่นอากาศภายในบ้าน



รูปที่ 3-72 กระบวนการแปรรูปขยะและใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง

2) คุณภาพของเชื้อเพลิงชีวมวล คุณภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลในแต่ละลักษณะการนำไปใช้งาน มีดังนี้

- ขนาดและคุณสมบัติของขยะและใบอ้อยที่เก็บจากในไร่อ้อยที่มีลักษณะเป็นม้วนใบอ้อย เส้นผ่าศูนย์กลาง 500 ขาว 800 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 15 – 20 กิโลกรัม ความชื้นไม่เกินร้อยละ 50
- ขนาดและคุณสมบัติเชื้อเพลิงใบอ้อยสับที่ซื้อ/ขายทั่วไป(เทียบเคียงกับไม้สับ)ความยาวไม่เกิน 30 มิลลิเมตร ค่าความชื้นไม่เกินร้อยละ 45
- ขนาดและคุณสมบัติเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งที่ซื้อ/ขายทั่วไปจะอ้างอิงตามมาตรฐาน AS/NZS4014.6 ดังตารางที่ 3-19

การทดสอบการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในประเทศที่เป็นของแข็ง- test fuel: series (AS/NZS 4014) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบเชื้อเพลิงแข็งแต่ละประเทศ มีดังนี้

ตารางที่ 3-19 ผลการทดสอบการเผาไหม้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่เป็นของแข็ง- test fuel: series (AS/NZS 4014)

Country	Standard	Class	Calorific Value (Gross) MJ/kg	Bulk Density kg/m ³	Moisture (maximum) %	Ash (maximum) %
Europe	CEN/TS 14961				10	0.7
Austria	O-NORM M 7135	HP1	min 18		10	0.50
Germany	DIN 51731	HP5	17.5- 19.5		12	1.5
Germany	DIN Plus		18		10	0.5
Sweden	SS 18 71 20	Group 2	min 16.9	min 500	10	1.5
		Group 3	min 15.1	min 500	12	1.5
มาตรฐาน	AS/NZS4014.6		18 - 21	min 640	8	0.5

ที่มา : [43]

จากตารางที่ 3-19 พบว่าในประเทศสวีเดนยังไม่สามารถผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่ง ให้ได้คุณภาพตามมาตรฐาน AS/NZS4014.6 สาเหตุที่ไม่สามารถทำได้ พบว่าเกิดจากยังไม่สามารถผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งที่มีความหนาแน่นสูงกว่า 640 kg/m³ จึงทำให้มีความชื้นสูงกว่าร้อยละ 8 ผลที่ตามมา คือ ทำให้ได้ค่าความร้อนต่ำกว่ามาตรฐาน 18-21 MJ/kg

3) การแปรรูปชีวมวลยอดและใบอ้อยเป็นเชื้อเพลิงที่เหมาะสม

เนื่องจากยอดและใบอ้อยไม่สามารถเก็บได้ทั้งปี จะจัดเก็บได้ก็เฉพาะในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวระหว่างเดือน พฤศจิกายน ถึง มกราคมเท่านั้น ดังนั้น จึงต้องหาวิธีการเก็บเชื้อเพลิงเหล่านี้ไปใช้นอกฤดูเก็บเกี่ยว ซึ่งการแปรรูปยอดและใบอ้อย เป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งนับว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดเวลานี้ เนื่องจาก ใช้พื้นที่เก็บน้อย เก็บไว้ได้นาน ให้ค่าความร้อนใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงถ่านหิน สามารถนำไปทดแทนเชื้อเพลิงจากถ่านหินได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะช่วยให้ลดการนำเข้าเชื้อเพลิงถ่านหิน ที่ปัจจุบันมีปัญหาเกี่ยวกับชุมชนใกล้เคียงกับคลังเก็บถ่านหินอย่างรุนแรง นับว่าการนำเศษเหลือทิ้งจากการเกษตรโดยเฉพาะใบอ้อยที่เกษตรกรมักเผาทิ้งก่อนการเก็บผลผลิตแล้ว นับว่าการที่เราสามารถแปรรูปให้เป็นพลังงานทดแทนได้ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง โดยทั่วไปกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งสำหรับยอดและใบอ้อย มีดังนี้

- ยอดและใบอ้อยถูกส่งลงไปยังเครื่องสับย่อยลดขนาด ปัจจุบันยังไม่มีเมื่อนำยอดและใบอ้อยมาใช้เป็นเชื้อเพลิง มีเพียงการนำเอา ต้นข้าวโพด ฟางข้าว มาใช้ในลักษณะใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3-73 การขนย้ายม้วนฟางข้าวและต้นข้าวโพดจากไร่ [42]



รูปที่ 3-74 เครื่องสับใบอ้อยติดเครื่องยนต์เบนซินขนาด 5.5 HP กำลังการผลิต 1 ตัน/ช.ม. ราคา
ประมาณ 30,000 – 50,000 บาท [44]



รูปที่ 3-75 เครื่องสับใบอ้อยขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า



รูปที่ 3-76 ใบอ้อยสับ

- อบ/ตากใบอ้อยให้แห้งควบคุมความชื้นให้ต่ำกว่าร้อยละ 20 db ขึ้นตอนการอบแห้งสามารถทำได้ทั้งการตากบนลาน ตากกลางแจ้งด้วยแสงอาทิตย์ หรืออบด้วยเตาอบแบบต่อเนื่อง (กรณีทำเป็นอุตสาหกรรมที่มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 400 ก.ก./ชม. ขึ้นไป)
- บดละเอียดขูดและใบอ้อยให้มีขนาดเล็กกว่า 3.0 มิลลิเมตรขนาดมอเตอร์ 380 โวลต์ 2.2 กิโลวัตต์ กำลังการผลิต 200 – 300 กิโลกรัม/ชั่วโมงถ้าใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนใช้ประมาณ 5-7 HP (ราคาประมาณ 60,000 บาท)



รูปที่ 3-77 เครื่องบดละเอียดขูดและใบอ้อย [43]

- นำผงขอดและใบอ้อยคัดแยกสิ่งเจือปนให้มีขนาดความโตไม่เกิน 3.0 มิลลิเมตรไปอัดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง และปรับให้มีความชื้นระหว่างร้อยละ 20 -25



รูปที่ 3-78 ขอด/ใบอ้อยบดละเอียด

- อัดใบอ้อยให้เป็นแท่ง



รูปที่ 3-79 โรงงานแปรรูปเชื้อเพลิงอัดแท่งในเมืองหนานหนิง ประเทศจีน

กำลังการผลิตที่ 1.5 ตัน/ชั่วโมง ของบริษัทGuangXiSenvan Biological Technology Co.,Ltd.

ที่มา: จากนักวิจัยโครงการนี้ไปดูงานที่ประเทศจีนปี พ.ศ. 2554



รูปที่ 3-80 เครื่องอัดใบอ้อยให้เป็นแท่งเชื้อเพลิงแข็ง ขนาดเล็กกำลังการผลิตประมาณ 350 – 450 กิโลกรัม / ชั่วโมง รุ่นที่ใช้เครื่องยนต์ 22-24 HP และรุ่นที่ใช้มอเตอร์ 15 kW



รูปที่ 3-81 แท่งเชื้อเพลิงแข็งอัดจากใบอ้อย

เครื่องจักรที่นำมาใช้ศึกษาเป็นต้นแบบในการอัดใบอ้อยให้เป็นแท่งได้แก่ Model : YL180L6 ราคา
จำหน่ายประมาณ 150,000 บาท โดยมีคุณสมบัติของเครื่องจักร ดังนี้

- 1) Motor: 15kw 380v 6p 970 rpm.
- 2) Die Plate dimension: Ø250mm
- 3) Pellet diameter: Ø2.5-Ø8 mm.
- 4) Capacity: 150kg/hr.(Ø8 Pellet size)
- 5) Machine dimension: L*W*H 1700*740*1425 mm.
- 6) Total weight: 370 kg

ตารางที่ 3-20 ขนาดของเครื่องที่มีการจำหน่าย

รุ่น	มอเตอร์(kW)	กำลังการผลิต(kg/h)
120	2.2	80-100
150	4	120-160
200	7.5	200-300
230	15	350-450
260	15	500-600
300	22	600-700
350	22	800-900
400	30	900-1000
150A	8- 12HP เครื่องยนต์	100-200
รุ่น	มอเตอร์(kW)	กำลังการผลิต(kg/h)
200A	12-18HPเครื่องยนต์	200-300
230A	22-24HPเครื่องยนต์	350-450

ที่มา: [45]

- นำแท่งเชื้อเพลิงลงสู่ถังบรรจุตามน้ำหนักที่กำหนดไว้แล้วปิดปากถังบรรจุลงละ 15 กิโลกรัม

ดังนั้น จากข้อมูลข้างต้นจึงสามารถสรุปผลจากการศึกษาได้ว่า วิธีการแปรรูปชีวมวลด้วยวิธีการอัดแท่งด้วยเครื่องจักรที่ผลิตในประเทศจีน ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่มีความทางด้านไปได้ด้านเทคโนโลยีการผลิต ทั้งนี้เพราะมีการผลิตใช้งานจริงในปัจจุบัน

3.3.4 แนวทางการพัฒนาและโครงการนำร่องสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลวัสดุเหลือใช้จากอ้อย

1) แนวทางการพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลยอดและใบอ้อย การจัดวางรูปแบบห่วงโซ่อุปทานให้กับชุมชนที่เป็นพื้นที่ศึกษา และการบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลยอดและใบอ้อย ในพื้นที่จะใช้กรอบแนวทางการพัฒนาการรวมกลุ่มและเชื่อมโยงอุตสาหกรรม (Industrial Cluster Development) สำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปชีวมวลยอดและใบอ้อยในพื้นที่ศึกษา จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดอุทัยธานี

2) การพัฒนาการรวมกลุ่มและเชื่อมโยงเครือข่าย กลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปชีวมวลยอดและใบอ้อย จากแนวคิดเครือข่ายความเชื่อมโยงอุตสาหกรรม จะเห็นได้ว่ากลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปชีวมวลยอดและใบอ้อยมีลักษณะเป็นรูปแบบ Business Cluster คือการรวมตัวกันที่ต้องมีเรื่องทางภูมิศาสตร์ (The Geographical Cluster) เข้ามาเกี่ยวข้องเป็นหลัก

3) แนวคิดทางทฤษฎีของคลัสเตอร์ ที่สมาชิกคลัสเตอร์อุตสาหกรรมแปรรูปชีวมวลยอดและใบอ้อยควรนำมาใช้ในการปรับตัวของธุรกิจในยุคเศรษฐกิจอุตสาหกรรมสมัยใหม่ (Modern Industry

Economy) ที่ต้องให้ความสำคัญกับเรื่องของการแข่งขัน ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอกที่เรียกกันว่า "โลกาภิวัตน์" และการสร้างกระบวนการที่จะต้องอยู่ร่วมกันมีความร่วมมือทางด้านนวัตกรรม กระบวนการผลิต รวมไปถึงการตลาดตลอดห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) เพื่อใช้ประโยชน์จากการประหยัดของขนาดธุรกิจเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economy of Scale) การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และการเติบโตทางเศรษฐกิจร่วมกันซึ่งแนวคิดคลัสเตอร์ทั้ง 2 รูปแบบจากการวิเคราะห์ข้างต้นสามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มอุตสาหกรรมดังกล่าวนี้ได้ ในรูปแบบของการผสมผสานทั้ง 2 รูปแบบเข้าด้วยกัน ทั้งนี้เพราะความต้องการพลังงานทดแทนจากวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรม นับวันจะมีมากขึ้นอย่างมาก ทั้งการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโรงไฟฟ้า และการแปรรูปชีวมวลอัดแท่งป้อนเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรม ที่ใช้ถ่านหินหรือเชื้อเพลิงจากฟอสซิล เป็นเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ และในทางปฏิบัติจริงการจัดเก็บรวบรวมชีวมวลจากไร่ย่อยส่งโรงไฟฟ้า หรือการแปรรูปชีวมวลอัดแท่งส่งให้โรงงานอุตสาหกรรม ควรจะต้องเริ่มต้นจากเล็กไปใหญ่ และผ่านการดำเนินงานโครงการนำร่อง จนสามารถขยายผลปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจากการเผาไร่ย่อย มาเป็นการตัดย่อยโดยไม่ต้องเผาไร่ย่อยด้วยคนและตัดย่อยด้วยรถซึ่งจะได้ราคาอ้อยสูงกว่าและน้ำหนักรวมมากกว่าอ้อยเผา นอกจากนี้ ชีวมวลยอดและใบอ้อยยังสร้างมูลค่าได้อีกจำนวนมาก สำหรับปริมาณความต้องการเชื้อเพลิงทดแทนมีจำนวนมาก แต่ขณะนี้ไม่มีข้อจำกัดที่ปริมาณผลผลิตจึงไม่น่ากังวลในการแข่งขันด้านการตลาด และการสร้างเครือข่ายจะช่วยเสริมสร้างความมั่นคงและสร้างเสถียรภาพ ในการป้อนชีวมวลเข้าสู่โรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรม

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบ 4 ด้าน (Diamond Model) : กลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปชีวมวลอัดและใบอ้อย

ระดับความเข้มแข็งของการแข่งขันในอุตสาหกรรม

- ไม่มีปัญหาการแข่งขันด้านการตลาด ยังต้องการอีกมาก
- ต้องการความร่วมมือในการคัดอ้อยสดและการนำชีวมวลมาใช้ประโยชน์ ของเครือข่ายที่มีศักยภาพสูง

กลยุทธ์การแข่งขัน

- การผลิตควรให้เป็นของเกษตรกรรายย่อย กระจายทั่วพื้นที่
- สร้างเครือข่ายที่เข้มแข็งระดับชุมชน

ทรัพยากรธรรมชาติ

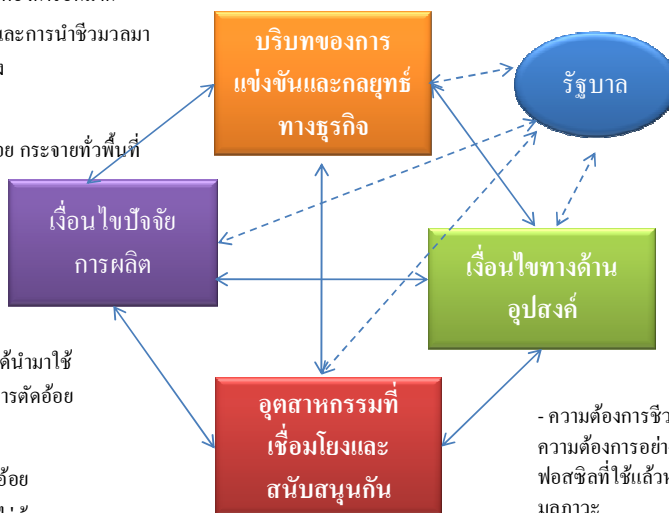
- พื้นที่ปลูกอ้อยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น
- ปริมาณชีวมวลอัดและใบอ้อยยังไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์มากนัก ส่วนใหญ่เผาทิ้งเพื่อการตัดอ้อย

ทรัพยากรบุคคล

- แนวโน้มขาดแคลนแรงงานในการตัดอ้อย
- ขาดความรู้และแรงจูงใจในการไม่เผาไร่อ้อย
- มีความสามารถในการเพาะปลูกอ้อย

เทคโนโลยีการผลิต

- ยังต้องพึ่งพาเครื่องจักรนำเข้าจากต่างประเทศ
- ยังต้องการพัฒนาเทคโนโลยีการจัดเก็บ แปรรูป และขนส่ง ที่มีต้นทุนต่ำ สามารถแข่งขันได้



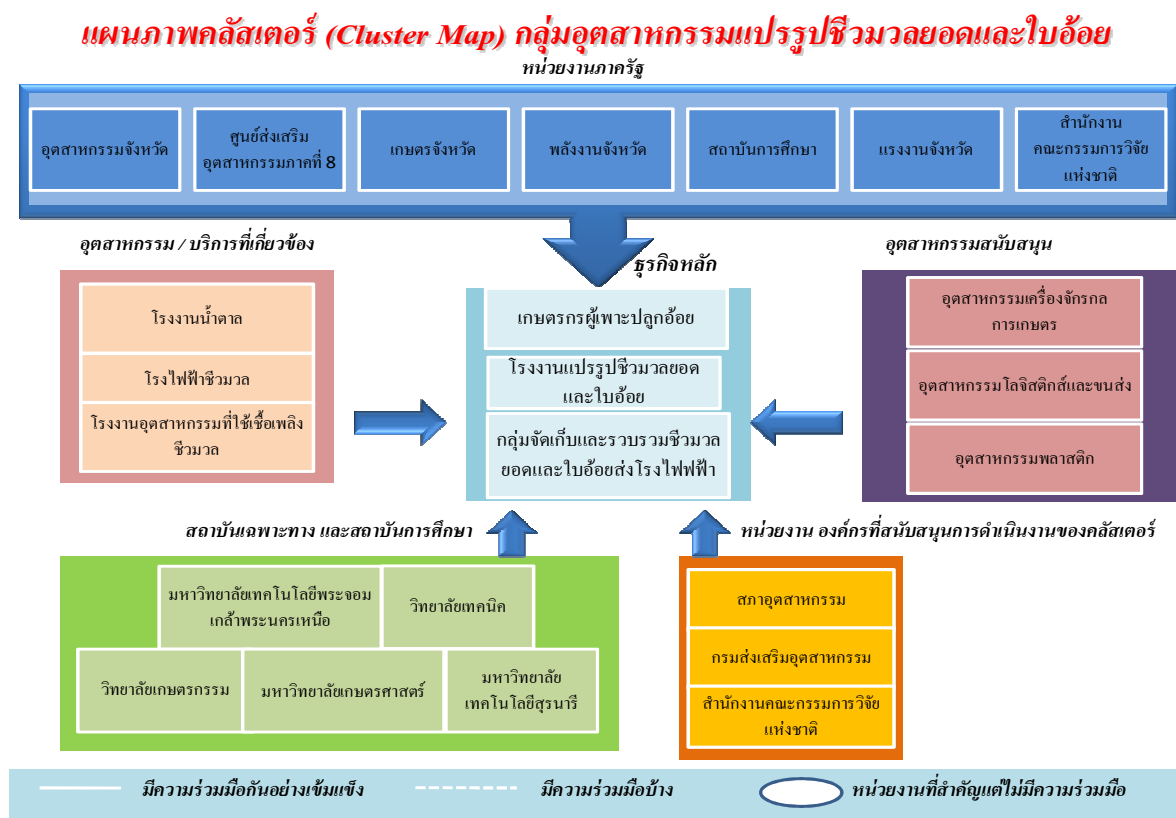
ความร่วมมือภายในกลุ่มอุตสาหกรรมฯ

- ต้องผลักดันและสนับสนุนส่งเสริมอีกมาก เพราะเพิ่งเริ่มต้น
- ต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเผาไร่อ้อยมาเป็นการตัดอ้อยสดด้วยคนหรือรถตัดอ้อย

ความเข้มแข็งของอุตสาหกรรมสนับสนุน

- อุตสาหกรรมที่เชื่อมโยงและสนับสนุน (โรงงานน้ำตาล) ต้องกำหนดนโยบายเพื่อลดการเผาไร่อ้อย
- อุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลแปรรูปได้ ต้องกำหนดนโยบายสนับสนุนเป็นพิเศษ

รูปที่ 3-82 แสดงผลองค์ประกอบ 4 ด้าน (Diamond Model) กลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปชีวมวลอัดและใบอ้อย



รูปที่ 3-83 แผนภาพคลัสเตอร์(Cluster Map) กลุ่มอุตสาหกรรมแปรรูปชีวมวลยอดและใบอ้อย

3.3.5 การจัดตั้งโครงการนำร่องสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลวัสดุเหลือใช้จากอ้อย

1) การจัดตั้งเครือข่ายโครงการนำร่องการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลยอดและใบอ้อยป้อนโรงไฟฟ้า

ชีวมวล

การจัดตั้งเครือข่ายโครงการนำร่องการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลยอด และใบอ้อยป้อน โรงไฟฟ้าชีวมวล ได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้วที่ อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยได้รับความร่วมมืออย่างดียิ่งจาก บริษัท ด่านช้าง ไบโอเอ็นเนอร์ยี จำกัด ซึ่งเครือข่ายดังกล่าวประกอบด้วย เกษตรกรเพาะปลูกอ้อยส่งโรงงานน้ำตาลมิตรผล ผู้ประกอบการตัดอ้อยและขนส่งยอดและใบอ้อย และผู้ประกอบการโรงไฟฟ้าชีวมวลของ บริษัท ด่านช้าง ไบโอ-เอ็นเนอร์ยี จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทในเครือของโรงงานน้ำตาลมิตรผล โดยปกติจะใช้เชื้อเพลิงกากชานอ้อย จากการหีบอ้อยของโรงงานน้ำตาลมาเป็นเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้า แต่เนื่องจากเห็นว่ามียอดและใบอ้อยไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ และส่วนใหญ่จะเสียหายจากการเผาไร้อ้อย ดังนั้น ทางบริษัทจึงมีนโยบายในการสนับสนุนเรื่องนี้ และได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องจนประสบความสำเร็จเป็นรูปธรรมในปัจจุบันและมีโอกาสขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างมากในอนาคต ซึ่งกระบวนการนำเชื้อเพลิงจากยอดและใบอ้อยมาใช้ประโยชน์นี้ จะต้องมีการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมและวิเคราะห์ต้นทุนที่ประหยัดเพื่อให้เครือข่ายการผลิตเชื้อเพลิง ชีวมวลยอดและใบอ้อยป้อนโรงไฟฟ้าสามารถดำเนินการได้ มีผลตอบแทนที่น่าพึงพอใจ

และทุกฝ่ายสามารถอยู่ร่วมกันได้อย่างมีความสุขภายใต้ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งขั้นตอนวิธีการดำเนินงานที่เหมาะสมเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและมีต้นทุนที่เหมาะสมมากที่สุด

2) การจัดตั้งเครือข่ายโครงการนำร่องการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลยอดและใบอ้อยป้อนโรงงาน

อุตสาหกรรม

การจัดตั้งเครือข่ายโครงการนำร่องการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลยอดและใบอ้อยป้อนโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อทดแทนการใช้ถ่านหินที่มีปัญหาด้านมลภาวะสิ่งแวดล้อมและการต่อต้านจากชุมชน รวมทั้งการกำจัดกากชี้เถ่าถ่านหินที่มีค่าใช้จ่ยมากพอสมควร นอกจากนี้ยังสามารถใช้ทดแทนชีวมวลเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมอื่นๆ ที่มีราคาแพงกว่า แต่อย่างไรก็ตามปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขณะนี้ก็คือการสร้างเครือข่ายในการผลิตชีวมวลแปรรูปอัดแท่งเพื่อใช้กับโรงงานอุตสาหกรรม ให้มีปริมาณการผลิตที่มากเพียงพอ ในการสร้างความมั่นใจและเสถียรภาพไม่ขาดแคลนให้กับโรงงานที่ต้องการใช้เชื้อเพลิงประเภทนี้ ทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิลต่างๆ

สำหรับเครือข่ายโครงการนำร่องในที่นี่ ประกอบด้วยกลุ่มเกษตรกรเพาะปลูกอ้อยในพื้นที่ศึกษา กลุ่มผู้สร้างเครื่องอัดแท่งชีวมวล กลุ่มผู้แปรรูปชีวมวลอัดแท่งจากในไร่อ้อย กลุ่มผู้รับซื้อชีวมวลอัดแท่งรวมกองก่อนส่งป้อนโรงงานอุตสาหกรรม กลุ่มผู้จำหน่ายชีวมวลอัดแท่งส่งโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเครือข่ายโครงการนำร่อง ประกอบด้วยสมาชิก ดังนี้

ตารางที่ 3-21 รายชื่อสมาชิกเครือข่ายโครงการนำร่องการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลยอดและใบอ้อยป้อนโรงงานอุตสาหกรรม

ประเภทสมาชิกเครือข่าย	รายชื่อสมาชิกเครือข่าย
กลุ่มเกษตรกรเพาะปลูกอ้อย	เกษตรกรการเพาะปลูกอ้อยในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดอุทัยธานี
กลุ่มผู้ประกอบการสร้างเครื่องจักรอัดแท่งชีวมวล	บริษัท สว่างศิลป์อุตสาหกรรม จำกัด
กลุ่มผู้แปรรูปชีวมวลอัดแท่ง	กลุ่มเกษตรกร กลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มต้นกล้าอาชีพและกลุ่มคลัสเตอร์อุตสาหกรรมในพื้นที่จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดอุทัยธานี
กลุ่มผู้รับซื้อและจำหน่ายชีวมวลอัดแท่ง	บริษัท สว่างศิลป์อุตสาหกรรม จำกัด
ส่งโรงงานอุตสาหกรรมและส่งออกต่างประเทศ	บริษัท ศิวานะเซอร์วิสโปรดักส์ จำกัด
กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ชีวมวลอัดแท่ง	โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงเช่น อุตสาหกรรมยางรถยนต์, อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ เป็นต้น
ที่ปรึกษาโครงการ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

3.4สรุป

แนวทางการจัดการชีวมวลข้าวโพดที่เหมาะสมบนพื้นที่สูง คือ รูปแบบการจัดการชีวมวลแบบรวมศูนย์ที่สามารถดำเนินการเป็นศูนย์รวบรวมและแปรรูป โดยตั้งเป็นจุดรวบรวมและแปรรูปบริเวณจุดรับซื้อผลผลิตข้าวโพดหรือบริเวณใกล้เคียง แล้วส่งเชื้อเพลิงชีวมวลข้าวโพดในลักษณะอัดแท่งไปขายยังพื้นที่ราบหรือใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าใช้เองบนพื้นที่สูงหรือใช้เป็นวัสดุผสมกับมูลสัตว์ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้เองบนพื้นที่สูงและขายพื้นที่ราบโดยหลักการของการจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลข้าวโพดแบบรวมศูนย์ประเภทนี้ จะเป็นจุดรวบรวม แปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลที่ตั้งอยู่ในชุมชนพื้นที่สูง และมีการจัดตั้งองค์กรเป็นหน่วยวิสาหกิจในชุมชน องค์กรที่จัดตั้งขึ้นโดยชุมชนเป็นหน่วยธุรกิจชุมชนที่ ทำหน้าที่ ซื้อ-ขาย แลกเปลี่ยน เชื้อเพลิงชีวมวลหรือลงทุนจัดการชีวมวลข้าวโพดโดยเอกชนที่มีความเกี่ยวข้องกับธุรกิจข้าวโพดหรือเอกชนที่สนใจ

สำหรับรูปแบบการบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในพื้นที่ศึกษานั้นพบว่า มีรูปแบบที่เหมาะสม 2 รูปแบบ ได้แก่ การแปรรูปที่แหล่งกำเนิดและการแปรรูปแบบรวมศูนย์ ซึ่งทั้ง 2 รูปแบบดังกล่าวในพื้นที่ศึกษาทั้งจังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดนครสวรรค์ จากการได้ประชุมหารือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและเกษตรกรรายย่อยนั้น ส่วนมากสนใจและเห็นว่ารูปแบบการแปรรูปที่แหล่งกำเนิดจะมีความเป็นไปได้ในระยะเริ่มแรก สำหรับรูปแบบรวมศูนย์นั้นควรจะเป็นระยะเวลา 3 ปี หลังจากที่มีเกษตรกรรายย่อยนำร่องโครงการในรูปแบบที่ 1 ไปแล้ว ทั้งนี้เพื่อให้การนำเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น ควรได้มีการสนับสนุนจากหน่วยงานของรัฐ ทั้งในเชิงนโยบายและเชิงการงบประมาณ

การบริหารและจัดจำหน่ายชีวมวลจากอ้อยของชุมชนในระดับตำบล หากดำเนินการในรูปแบบ “วิสาหกิจชุมชน” จะมีความเหมาะสม เนื่องจาก มี พ.ร.บ.ส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548 รองรับ ทำให้สามารถบริหารจัดการโดยคณะบุคคลที่ชุมชนเป็นเจ้าของและชุมชนเป็นผู้ดำเนินการร่วมกัน วิสาหกิจชุมชนยังเป็นองค์กรของภาคประชาชนที่รัฐพร้อมให้การสนับสนุนทั้งในด้านเงินทุนและความร่วมมือจากหน่วยงานต่าง ๆ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ทำให้มีโอกาสในการพัฒนาตนเองค่อนข้างมาก การที่วิสาหกิจชุมชนเป็นผู้จัดการชีวมวล ซึ่งอาจจะดำเนินการตั้งแต่ต้นน้ำ ถึงปลายน้ำ (ตั้งแต่การรวบรวม แปรรูป และจัดจำหน่าย) จะก่อให้เกิดอำนาจการต่อรองกับภายนอกได้มากกว่าการที่เกษตรกรหรือผู้แปรรูปรายย่อยแยกกันดำเนินการ โดยวิสาหกิจชุมชนอาจจัดให้มีผู้จัดการ ฝ่ายการผลิตฝ่ายการตลาด ฝ่ายจัดส่งสินค้า ฯลฯ ตามความเหมาะสม เพื่อสะดวกในการบริหารจัดการ การจำหน่ายและจัดส่งชีวมวลแปรรูปให้กับผู้ซื้อ เช่น โรงไฟฟ้าชีวมวล โรงงานอุตสาหกรรม ฯลฯ ทั้งภายในและภายนอกพื้นที่

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ชุมชนมีการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากผู้ที่เกี่ยวข้องจะได้รับประโยชน์จากการมีรายได้เพิ่มจากการขายชีวมวลแล้ว ควรคำนึงถึงความเข้มแข็งของชุมชนควบคู่กันไปในทุกห่วงโซ่อุปทาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการช่วยเหลือเกื้อกูลซึ่งกันและกัน ความร่วมมือกันในการบริหารจัดการทรัพยากร และการสร้างอำนาจการต่อรองของชุมชน การบริหารจัดการห่วงโซ่อุปทานแต่ละขั้นตอนนั้นอาจยืดหยุ่นไปตามความพร้อมของผู้ที่เกี่ยวข้อง

สำหรับคุณสมบัติของเชื้อเพลิงแข็งที่โรงไฟฟ้าชีวมวลส่วนใหญ่ต้องการเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสับย่อย ขนาดไม่เกิน 30 ซม. ความชื้นไม่ควรเกิน 20%MC จะช่วยให้การเผาไหม้มีประสิทธิภาพดี คุณสมบัติด้านอื่น ได้แก่ ค่าความร้อน %บีเอ็ว จะมีผลกับประสิทธิภาพและความสิ้นเปลืองในการใช้เชื้อเพลิง ส่วน%กำมะถัน และ%โครไรด์ จะมีผลกับอายุการใช้งานของเตา

แต่เนื่องจากผลผลิตชีวมวลโดยเฉพาะจากอ้อยจะออกตามช่วงฤดูกาล ซึ่งจะมีปริมาณมากจนเกินความต้องการ ทำให้มีความจำเป็นต้องทำการการอัดเป็นเม็ดเชื้อเพลิงแข็งที่สามารถเก็บไว้ได้นานเนื่องจากมีค่าความชื้นต่ำ และมีค่าความร้อนสูงไว้ใช้ในเวลาที่ไม่มีผลผลิตขุดและใบอ้อยโดยจะนำมาใช้เมื่อมีความจำเป็นเท่านั้นเนื่องจากจะมีต้นทุนค่าอัดเป็นเม็ดอีกประมาณตันละ 1,300 บาท

ตัวอย่างอัตราความสิ้นเปลืองชีวมวลจากขุดและใบอ้อยของโรงไฟฟ้าชีวมวลระบบก๊าซซิฟิเคชัน (Updraft) ขนาด 1.2 MW-h เท่ากับ 1,494 MJ/KW-h ประสิทธิภาพ 75% ถ้าใช้เชื้อเพลิงจากขุดและใบอ้อย ความชื้นเฉลี่ยที่ 9.2 % ให้ค่าความร้อนที่ 16,974 MJ/Kg เมื่อนำไปคำนวณจะใช้ขุดและใบอ้อยเป็นปริมาณ 1.543 ตัน/ชั่วโมง หรือ 37 ตัน/วันหนึ่งปีเดินเครื่อง 300 วัน ทำให้โรงไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิตที่ 1.2 MW-h ใช้เชื้อเพลิงจากขุดและใบอ้อยประมาณ 11,100 ตัน/ปี ถ้านำไปคำนวณพื้นที่เพาะปลูกอ้อย ที่มีผลผลิตอ้อยเฉลี่ยประมาณ 3 ตัน/ไร่ จะได้ขุดและใบประมาณ 0.5 ตัน/ไร่ ถ้าใช้ประสิทธิภาพการรวบรวมขุดและใบอ้อยที่ 50% ดังนั้นโรงไฟฟ้าชีวมวลระบบก๊าซซิฟิเคชัน(Updraft) ขนาด 1.2 MW-h ต้องการพื้นที่เพาะปลูกอ้อยประมาณ 44,400 ไร่ หรือ ประมาณ 71 ตารางกิโลเมตร

ที่มา : ใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์โรงไฟฟ้าชีวมวล และงานส่งเสริมการสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลระบบก๊าซซิฟิเคชันของกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2552-2553 นำมาคำนวณใหม่

สรุป โรงไฟฟ้าชีวมวลระบบก๊าซซิฟิเคชัน (Updraft) ขนาด 1.2 MW-h

- ใช้ขุดและใบอ้อย 11,100 ตัน/ปี ใช้พื้นที่เพาะปลูกอ้อย 44,400 ไร่
- ต้นทุนพลังงานที่ใช้ขุดและใบสับจะถูกกว่าอัดเป็นเม็ดประมาณ 1,300 บาท/ตัน จะใช้เม็ดเชื้อเพลิงเพื่อสำรองไว้ใช้เมื่อเกิดภาวะขาดแคลนเท่านั้น
- ดังนั้นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่ภาครัฐควรกำหนดเพื่อการบริหารเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยในพื้นที่ปลูกอ้อย 71 ตารางกิโลเมตร (10 ก.ม. x 7.1 ก.ม.) ควรสนับสนุนให้มีการตั้งโรงไฟฟ้าชีวมวลระบบก๊าซซิฟิเคชัน (Updraft) ขนาด 1.2 MW-h โรงไฟฟ้าหนึ่งโรงเป็นศูนย์กลางของพื้นที่ปลูกอ้อยกระจายตัวออกไป เพื่อลดการเผาใบอ้อยในไร่ โดยมีโรงไฟฟ้าที่ไม่สร้างผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมขนาดไม่ใหญ่จนเกินไปทำให้ไม่ต้องขวนขวายดิ้นรนไปหาผู้ซื้อขุดและใบอ้อยจากกลุ่มเกษตรกร