

รายงานผลงานเรื่องเต็ม

การทดลองที่ 3.2 ศึกษากระบวนการเก็บรักษาและการขนส่งเชื้อเพลิงจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

-
1. แผนงานวิจัย : -
: -
 2. โครงการวิจัย : โครงการพัฒนาระบบการผลิตวัตถุดิบจากเปลือกและซังข้าวโพดสำหรับอุตสาหกรรมพลังงานทดแทน
: Development on Biomass Feedstock Production from Maize Husks and Cop for Renewable Energy Industrial
 3. กิจกรรม : กิจกรรมที่ 3 ออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงจากเปลือกและซังข้าวโพดสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อการเก็บรักษาและการขนส่ง (2559-2562)
 4. กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
 5. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การทดลองที่ 3.2 ศึกษากระบวนการเก็บรักษาและการขนส่งเชื้อเพลิงจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (2560-2561)
 6. ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : -
 7. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นายพินิจ จิระคกุล ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
ผู้ร่วมงาน : นายอนุชา เชาวโชติ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
: นายสิทธิชัย ดาศรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
: นายสมเดช ไทยแท้ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
: นายสมชาย พิมพ์พันธ์กุล ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
: นายอุทัย ธานี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

8. **บทคัดย่อ:** การศึกษาระบบการเก็บรักษาและการขนส่งเชื้อเพลิงของซังและเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สมบัติความเป็นเชื้อเพลิงขององค์ประกอบโดยประมาณ (Proximate Analysis) ของซังและเปลือกข้าวโพด ความชื้น สารที่ระเหย เถ้า และคาร์บอนคงตัวมีค่า 10.63, 24.7, 81.31, 87.35, 1.83, 2.66, และ 7.51 2.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าความร้อนต่ำของซังมีค่า 16,883 kJ/kg ส่วนการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกธาตุ Ultimate Analysis ซังข้าวโพดมีปริมาณคาร์บอน 48.5 % ไฮโดรเจน 6.49% ไนโตรเจน 0.45% ซัลเฟอร์ 0.16% และออกซิเจน 43.35% ส่วนระบบการขนส่งเปลือกและซังที่ผ่านการอัดก้อนของรถ 6 ล้อ มีขนาดพื้นที่ 9.03 ตารางเมตร (รถบรรทุก 6 ล้อขนาดกลาง ความกว้าง 2.10 เมตรยาว 4.30 เมตร) สามารถเรียงก้อนชีวมวลขนาดปริมาตร 0.15 ลบ.ม. (กxยxส 0.5x0.6x0.5) ได้ $9 \times 3 \times 4 = 108$ ก้อน เทียบเท่ากับน้ำหนัก 3,032 ตัน และการเรียงก้อนชีวมวลขนาดปริมาตร 0.24 ลบ.ม. (กxยxส 0.5x0.8x0.6) ได้ $6 \times 3 \times 4 = 72$ ก้อน เทียบเท่ากับน้ำหนัก 2,149 ตัน จากเดิม 1,535 ตัน และมีทำการจัดเรียงจะได้เพียง 68 ก้อน การจัดเรียงดังกล่าวสามารถเพิ่มความสูงได้อีกซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการบรรทุกน้ำหนักเกินขนาดได้

Abstract: Study of a biomass feedstock form cob and maize husk. Proximate Analysis of the constituents of the cob and corn husk moisture, volatile matter, ash and carbon stabilizers were 10.63, 24.7, 81.31, 87.35, 1.83, 2.66, and 7.51 2.51 percent, respectively, and the lower heating value of cob 16,883 kJ / kg. Ultimate Analysis of maize cobs review the content of carbon, hydrogen, nitrogen, sulfur and oxygen at 48.5, 6.49, 0.45, 0.16 and 43.35 %, respectively, The medium truck vehicle (6-wheels) with caring area of 9.03 m² (2.10x4.30 m) could be arranged biomass cubes (0.15 m³, 0.5x0.6x0.5m) for 108 cubes equivalent to 3,032 tons. In addition, biomass cubes (0.24 m³ (0.5x0.8x0.6m) could be arranged for 72 cubes equivalent to 2,149 tons. These values were higher than the original one (1,535 tons for only 68 cubes). Base on this arrangement, it can be done with higher and might be over the capacity of transportation regulation.

9. คำนำ

9.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากวิกฤติพลังงานประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานมูลค่ามากกว่าหนึ่งล้านล้านบาท ทั้งในรูปแบบน้ำมันดิบ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ไฟฟ้าและอื่นๆ ทำให้หน่วยงานของรัฐเร่งหา

แหล่งพลังงานทดแทน โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงพลังงาน กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงพาณิชย์ และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้จัดทำนโยบายพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นแหล่งพลังงานหลักของประเทศด้วยการจัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25 % ใน 10 ปี (ปี 2555-2564) ขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ของแผนเพื่อให้ประเทศไทยใช้พลังงานทดแทนเป็นพลังงานหลักของประเทศ แทนการนำเข้าน้ำมันเพื่อเพิ่มความมั่นคงในการจัดหาพลังงานให้ประเทศ การพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศในช่วงที่ผ่านมา ประสบปัญหาทั้งด้านขาดแคลนวัตถุดิบ ราคาวัตถุดิบมีราคาแพง และลักษณะทางกายภาพยังไม่เหมาะสมกับเทคโนโลยี วิธีการเก็บรักษาวัตถุดิบในการผลิตนอกฤดู การเพาะปลูก ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้การผลิตพลังงานทดแทนในปัจจุบันดำเนินการไปได้ช้า ซึ่งแนวทางการแก้ไขจำเป็นต้องมีการเพิ่มเทคโนโลยีการพัฒนาเชื้อเพลิงให้มีความเหมาะสมและสามารถเก็บรักษาชีวมวลและสามารถนำไปใช้ได้ในการผลิตพลังงานเชิงพาณิชย์

สถิติการเพาะปลูกและผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีเพาะปลูก 2554 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รายงานว่า ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพดประมาณ 7.03 ล้านไร่ พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคเหนือมากถึง 4.51 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 64.28 รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง 1.66 และ 0.86 ล้านไร่ ตามลำดับ มีผลผลิตข้าวโพด 4,611,540 ตัน (วิไลและคณะ.2546) ได้ศึกษาสถานภาพของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากอุตสาหกรรมเกษตรและการใช้ประโยชน์ พบว่า สัดส่วนเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะมีปริมาณซึ่งต่อผลผลิตมีค่า 0.19-0.33 (เฉลี่ย 26 เปอร์เซ็นต์) เทียบกับผลผลิต ซึ่งหมายความว่าเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปริมาณมี 1.19 ล้านตัน แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์เพียง 44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเป็นซึ่งทั้งหมด โดยส่วนที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็นเปลือกและซึ่งรวมกันซึ่งมีปริมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ หรือเทียบเท่ากับ 0.67 ล้านตัน สามารถนำไปผลิตพลังงานความร้อน 11,055 เทราจูลหรือผลิตไฟฟ้าได้ 70 เมกกะวัตต์(ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า 20 เปอร์เซ็นต์) แต่เนื่องจากเศษวัสดุเหลือใช้จากเปลือกและซึ่งข้าวโพดจะขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรโดยในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่จะเก็บข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งเปลือกและฝักพร้อมกันทำให้เศษวัสดุที่เกิดขึ้นจะเป็นเปลือกพร้อมกับซึ่งซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรม เอทานอล หรือ การผลิต Furfural ได้ และมีจำนวนมากตามโรงสีหรือลานสีข้าวโพด ซึ่งยากต่อการจัดการ และลักษณะทางกายภาพของเปลือกและซึ่งข้าวโพดมีลักษณะฟูไม่เหมาะต่อการนำไปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเนื่องจากต้องมีการบ้อนเชื้อเพลิงอยู่ตลอดเวลาไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน ทำให้โรงสีข้าวโพดหรือลานนวดข้าวโพด นิยมเผาทำลายเพื่อลดการจัดการภายในพื้นที่ ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศอย่างมาก ซึ่งปัจจุบันคณะผู้วิจัยได้ศึกษาพลังงานทดแทนจากชีวมวลที่เกิดขึ้นจากวัสดุเกษตร และมีประสบการณ์การวิจัยโครงการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน (ระดับชุมชน) ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน จึงเร่งเห็นว่า การพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลมีความจำเป็นอย่างยิ่งและสามารถส่งเสริมการใช้เศษวัสดุ

เหลือทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพได้ โดยใช้หลักการ Re-engineering เพื่อปรับปรุงระบบการจัดการเครื่องจักรให้เหมาะสมกับโรงสีข้าวโพดในการผลิตเชื้อเพลิงเพื่อจำหน่าย ตลอดจนสามารถเก็บรักษาเชื้อเพลิงไว้ในฤดูที่ขาดแคลนวัตถุดิบในการอบข้าวโพด จากการวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงแท่งตะเกียบ (Wood Pellet) พบว่ากระบวนการแปรรูปมีหลายขั้นตอน ใช้เครื่องจักรจำนวนมาก และการลงทุนสูง ทำให้ไม่เป็นที่นิยม จะผลิตเฉพาะเพื่อการส่งออก ทำให้คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในการผลิต โดยมีเครื่องอัดอีกประเภทหนึ่งที่สามารถอัดแท่งเชื้อเพลิงได้ และสมรรถนะในการผลิตสูงกว่าเครื่องอัดแท่งตะเกียบที่ใช้ขนาดต้นกำลังเท่ากันคือ เครื่องอัดแท่ง CUBE ดังภาพที่ 1 ซึ่งขนาดของแท่งเชื้อเพลิงจะมีขนาดกว้าง 2x2x1 นิ้ว แต่ประสบปัญหากระบวนการจะเกิด Peak Load ของกำลังไฟฟ้า ซึ่งเมื่อผลิตออกมาพบว่า ต้นทุนการผลิตก็ยิ่งสูงกว่าเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ทั่วไปคือราคา 1200 บาทต่อตัน โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาบูรณาการและพัฒนาต่อยอด ให้เกิดกระบวนการผลิตที่เหมาะสม ประหยัดพลังงาน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อของเสียจากกระบวนการผลิต (Zero Waste) เป็นเทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology : CT) โดยทำการศึกษาขนาดเครื่องและกระบวนการผลิตที่เหมาะสมต่อโรงสีและลานนวดข้าวโพดเพื่อหาขนาดเครื่องจักรที่เหมาะสมกับโรงสีและสามารถดำเนินงานผลิตเชิงพาณิชย์ได้

9.2 การทบทวนวรรณกรรม

9.2.1 ข้าวโพด

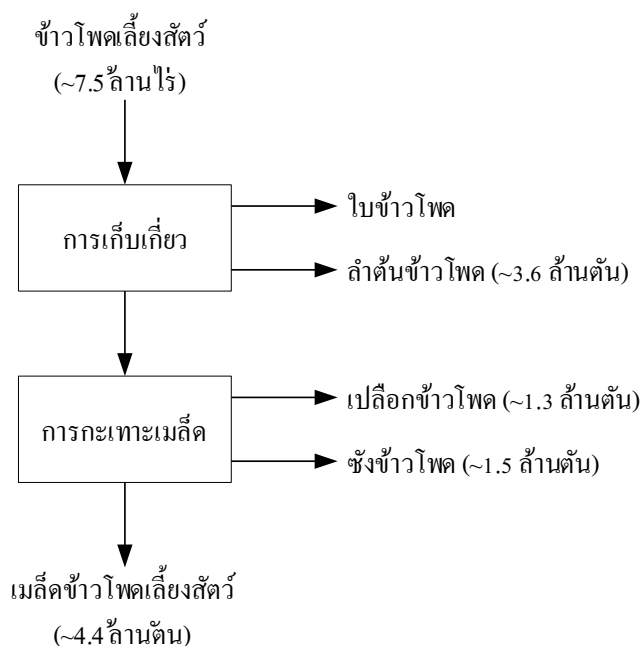
9.2.1.1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555) ได้สำรวจสถิติการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีเพาะปลูก 2554 ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพดประมาณ 7.03 ล้านไร่ พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคเหนือมากถึง 4.51 ล้านไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง 1.66 และ 0.86 ล้านไร่ ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์: เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ของประเทศไทย ปี 2554

ภาค/จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก(ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
	2554	2554	2554	2554
รวมทั้งประเทศ	7,031,010	6,835,670	4,611,540	656
เหนือ	4,505,780	4,398,420	3,019,780	670
ตะวันออกเฉียงเหนือ	1,663,280	1,601,240	1,015,810	611
กลาง	861,950	836,010	575,950	668

ที่มา:สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555)



ภาพที่ 1 สมดุลมวลผลิตผลพลอยได้จากข้าวโพดในประเทศไทย

9.2.1.2 คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพด

สมบัติของเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้ในการผลิตความร้อนและกระแสไฟฟ้า ได้แก่ สมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบแบบประมาณ และค่าความร้อน

สมบัติทางกายภาพ (ขนาด ความหนาแน่นและความชื้น)

เชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีขนาดไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับ ชนิด สายพันธุ์ วิธีการเก็บเกี่ยว และการแปรรูป เช่น เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักร หรือ เก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน ซึ่งการที่เชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้ที่มีขนาดที่ไม่แน่นอนดังกล่าว จึงทำให้ไม่เหมาะสมต่อการใช้เป็นเชื้อเพลิงโรงอบแห้งหรือโรงไฟฟ้า เช่นความหนาแน่นต่ำ (Bulk Density) ต้องป้อนในปริมาณมากๆหรือ ทำให้ไม่คุ้มค่าในการขนส่ง ซึ่งสมบัติต่างๆ แสดงไว้ใน ตารางที่ 2



ภาพที่ 2 รูปเศษวัสดุเหลือใช้ของการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ที่มา: วีรชัย อัจหาญ,2554

องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value)

เป็นสมบัติเฉพาะตัวของเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้ ที่แสดงถึงสัดส่วนของ ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และ ปริมาณเถ้า (Ash Content) ใช้วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM เป็นสมบัติที่นิยมใช้ประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม ในส่วนของปริมาณเถ้า จะเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสมบัติต่างๆ แสดงไว้ใน ตารางที่ 2

องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Value)

เป็นสมบัติที่แสดงถึงธาตุองค์ประกอบของเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้ อันประกอบไปด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ สามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยใช้เครื่อง Carbon, Hydrogen, Nitrogen and Sulfur Analyzer ซึ่งองค์ประกอบของธาตุต่างๆ จะมีความแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเศษวัสดุเหลือใช้แต่ละชนิดทั้งนี้ธาตุองค์ประกอบที่สำคัญ และมีผลต่อค่าความร้อน คือ คาร์บอนและไฮโดรเจน เนื่องจากคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเกิดเป็น คาร์บอนได-ออกไซด์ น้ำ และพลังงานในกระบวนการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม หากมีปริมาณไฮโดรเจนมาก ในปฏิกิริยาการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ จะเกิดน้ำมากเช่นกัน ซึ่งเป็นผลทำให้น้ำส่วนนี้ดูดซับพลังงานไว้บางส่วน พลังงานที่ระบบปลดปล่อยออกมาจึงลดลง แสดงไว้ในตารางที่ 3

ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง แสดงถึงปริมาณพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาขณะเผาไหม้เชื้อเพลิง ต่อหน่วยน้ำหนักในรูปของความร้อน ซึ่งค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติและองค์ประกอบของเชื้อเพลิง โดยนิยามของค่าความร้อนสูง (High Heating Value; HHV) หมายถึงพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบสมบูรณ์ (Gross Calorific Value) โดยเริ่มจากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิ 25 °C และผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีอุณหภูมิ 25 °C ซึ่งเป็นพลังงานความร้อนที่รวมถึงพลังงานความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (Latent Heat of Vaporization) ส่วนค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value; LHV) หมายถึงพลังงานความร้อนสุทธิที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ของเชื้อเพลิง (Net Calorific Value) โดยเริ่มจากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิ 25 °C และผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีอุณหภูมิ 25 °C ซึ่งไม่รวมถึงพลังงานที่ได้จากการควบแน่น (Condensate) ไอน้ำมาใช้งาน โดยปกติค่าความร้อนใช้งานของเชื้อเพลิง จะไม่รวมถึงพลังงานที่ได้จากการควบแน่นดังกล่าวนี้ด้วย สมบัติค่าความร้อนเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดแสดงไว้ใน ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติด้านเชื้อเพลิงของเศษวัสดุจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ชื่อเศษวัสดุเหลือใช้	ความชื้นเริ่มต้น ²⁾ %	ความหนาแน่น (kg/m ³) ³⁾	คุณสมบัติแบบประมาณ			ค่าความร้อนสูง ⁷⁾ (kJ/kg)	CI
			ร้อยละของสาร	ร้อยละของเถ้า ⁵⁾	ร้อยละของคาร์บอน ⁶⁾		

			ระเหย ⁴⁾				
ซังข้าวโพด ^{A)}	20-55	-	80.1	1.36	18.5	18,300- 18,800	1.40%
ซังข้าวโพด ¹⁾	5.37	120.32	82.70	1.21	16.09	19,836	-
ซังข้าวโพด ²⁾	9.97	-	83.13	1.98	14.89	15,073	
ซังข้าวโพด ³⁾	9.94	-	84.71	2.33	12.96	16,093	
ซัง+เปลือกข้าวโพด ¹⁾	11.6	87.32	83.03	1.51	15.46	19,611	6,017 ppm
ฝอยข้าวโพด ¹⁾	5.73	20.07	75.57	3.02	21.41	17,927	-
ต้น/ใบข้าวโพด ¹⁾	10.65	46.25	73.47	7.71	18.81	16,316	8,750 ppm
ต้น/ใบข้าวโพด ⁸⁾	6.12	-	73.35	7.20	19.45	14,975	-
ต้น/ใบข้าวโพด ⁹⁾	11.90	-	78.85	5.60	15.55	13,157	
เปลือกข้าวโพด ¹⁾	5.35	20.13	82.39	2.38	15.23	17,390	

หมายเหตุ ^{A)} ที่มา NalladuraiKaliyan, R. Vance Morey

1) ตัวอย่าง นำมาจากอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

2) Moisture—Method ASTM E 871 -82

3) Bulk Density — Test Method ASTM E E873-82

4) Volatile Matter—Test Method ASTM E E 872-82

5) Ash—Test Method ASTM E D 1102-84

6) % Fix carbon =100-% Moisture - % Volatile Matter -% Ash

7) Gross Calorific Value—Test Method ASTM E E 711-87

8) ตัวอย่าง นำมาจาก จังหวัดเพชรบูรณ์

9) ตัวอย่าง นำมาจาก จังหวัดนครสวรรค์

ที่มา: วีรชัย อางหาญ,2554

ตารางที่ 3 สมบัติองค์ประกอบแบบแยกธาตุด้านเชื้อเพลิง

ชื่อเศษวัสดุเหลือใช้	องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (%)				
	C	H	N	S	O
ซังข้าวโพด ^{A)}	46.58	5.87	0.47	0.21	45.46
ซังข้าวโพด ¹⁾	51.46	4.75	1.47	0.32	40.79
ซังข้าวโพด ²⁾	44.83	6.01	0.05	0.056	47.07
ซังข้าวโพด ³⁾	47.00	6.55	1.66	0.055	44.75
ซัง+เปลือกข้าวโพด ¹⁾	52.68	4.68	1.38	0.29	39.46
ฝอยข้าวโพด ¹⁾	46.09	5.37	2.32	0.32	42.88
ต้น/ใบข้าวโพด ¹⁾	44.30	4.62	0.85	0.11	42.83
ต้น/ใบข้าวโพด ²⁾	44.53	5.88	0.17	0.047	42.16
ต้น/ใบข้าวโพด ³⁾	44.65	6.50	2.68	0.027	46.18
เปลือกข้าวโพด ¹⁾	50.86	4.86	1.55	0.34	40.01

หมายเหตุ^{A)} ที่มา : [7]

¹⁾ ตัวอย่าง นำมาจากอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

²⁾ ตัวอย่าง นำมาจาก จังหวัดเพชรบูรณ์

³⁾ ตัวอย่าง นำมาจาก จังหวัดนครสวรรค์

ที่มา: วีรชัย อัจหาญ,2554

วีรชัย อัจหาญ,2554 จากกรณีศึกษาจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายพื้นที่มีการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวนมากและเป็นพื้นที่ศักยภาพการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้ข้าวโพด พบว่าในพื้นที่สูงที่มีการเพาะปลูกข้าวโพดจำนวนมากไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ ในทางกลับกันกับสร้างปัญหาเรื่องมลภาวะทางอากาศให้กับพื้นที่ภาคเหนือ ซึ่งจากผังรูปที่ 9-3 จะเห็นได้ว่า ในการแปรรูปเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ยังขาดเครื่องมือและเครื่องจักรที่เหมาะสมในการแปรรูปสำหรับการนำไปใช้ต่อ ทำให้เกษตรกร หรือกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรยังนิยมเผาทิ้ง และง่ายต่อการจัดการ

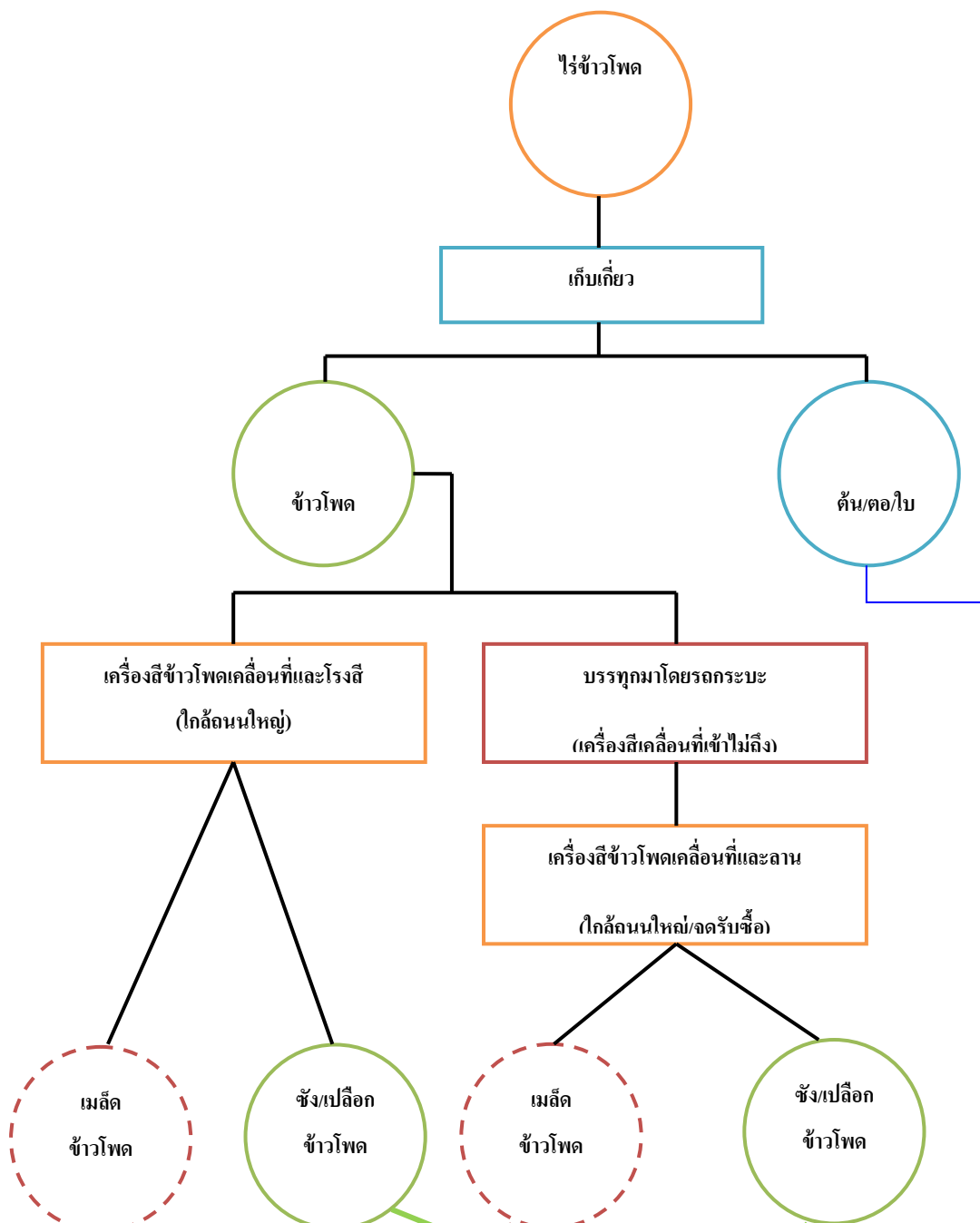
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2544) ผลิตก๊าซชีววมวลจากซังข้าวโพดเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงอบเมล็ดข้าวโพด ระบบการอบแห้งประกอบด้วยระบบผลิตก๊าซชีววมวล อุปกรณ์ผลิตความร้อน พัดลมดูด และ ห้องอบแห้ง อัตราการสิ้นเปลืองซังข้าวโพด 31.16 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้ปริมาณอากาศ 50.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง ส่วนประกอบของก๊าซชีววมวลที่เกิดการเผาไหม้ประกอบด้วย คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และ ก๊าซมีเทน ปริมาณ 18.44%, 0.44% และ 0.27% โดยปริมาตรตามลำดับ ก๊าซชีววมวลมีค่าความร้อนประมาณ 2,457.61 กิโลจูล/ลูกบาศก์เมตร สภาวะการทำงานที่เหมาะสมของการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดแบบต่อเนื่องคือที่อัตราการ

ไพลของอากาศร้อนเข้าห้องอบ 1,114.41 กิโลกรัม/ชั่วโมง อุณหภูมิใต้ตะแกรงเฉลี่ย 107.5 °C ใช้อบเมล็ดข้าวโพดประมาณ 1,000 กิโลกรัมที่ความชื้นเริ่มต้น 21.72% จนมีความชื้นสุดท้าย 15% wet basis ใช้เวลาในการอบแห้ง 8 ชั่วโมง ประสิทธิภาพและความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง 18.06% พลังงานที่ใช้ในการอบแห้งเมล็ดข้าวโพด 21.59 เมกะจูล/กิโลกรัมน้ำที่ระเหย และพลังงานความร้อนที่ได้จากมอเตอร์ของพัดลมดูดเฉลี่ยเท่ากับ 1.21 เมกะจูล/กิโลกรัมน้ำที่ระเหย โดยมีต้นทุน 9.4 บาท/กิโลกรัมน้ำที่ระเหย และระยะเวลาการคืนทุนภายใน 4 ปีเมื่อกำหนดอายุการใช้งานเครื่องอบแห้ง 10 ปี

Popescu and Simion (1988) ทดลองนำซังข้าวโพดมาผลิตเป็นถ่านเชื้อเพลิง โดยใช้แป้งหรือ polyvinyl acetate เป็น binding agent อัดเป็นแท่งที่ความดัน 70 daN/cm³ เมื่อนำไปเผาเปรียบเทียบกับถ่านลิกไนต์ พบว่ามีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน โดยให้ค่าพลังงาน 4,400 kcal/kg, 100% breaking index แต่ต้นทุนต่ำกว่า

Latif and Rajoka (2001) ศึกษาการผลิตเอทานอลและไซลิทอลจากซังข้าวโพด โดยใช้ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Candida tropicalis* ในการหมัก Semi-solid fermentation โดยแยกแต่ละชนิดและหมักรวม โดยใช้ซังข้าวโพดแห้ง 5-20% (w/v) ภายหลังหมัก 96 ชั่วโมง เอทานอลที่ได้จาก *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida tropicalis* และ co-culture เท่ากับ 27, 23 และ 21 กรัม/ลิตร ตามลำดับ ในขณะที่ความเข้มข้นของไซลิทอลจะสูงสุดเท่ากับ 27 กรัม/ลิตรเมื่อเลี้ยงเชื้อด้วย *Candida tropicalis* ความเข้มข้นของ substrate เพิ่มขึ้น productivity ของเอทานอลและไซลิทอลจะเพิ่มขึ้นด้วย และจะได้กลีเซอรอลและกรดอะซิติกเป็นผลพลอยได้ และการใช้เชื้อ 2 ชนิดหมักร่วมกันจะให้เอทานอลและไซลิทอลต่ำกว่าการหมักแยก

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ได้ และสามารถแปรรูปเป็นเอทานอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การผลิตซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบอุตสาหกรรมเกษตรยังมีศักยภาพ เพียงเริ่มต้นการพัฒนากระบวนการผลิตวัตถุดิบให้มีอย่างต่อเนื่องจะทำให้การผลิตมีความยั่งยืนและคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 3 ผังการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ข้าวโพดบนพื้นที่สูงในปัจจุบัน

ที่มา: วีรชัย อัจฉาญ, 2554

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของชีวมวลข้าวโพด

ลักษณะ	ความชื้น (%)	ความหนาแน่น (kg/m ³)	น้ำหนักบรรทุก (ตัน)		
			รถกระบะต่อคอก ¹⁾	รถ 10 ล้อ ²⁾	รถพ่วง ³⁾
เปลือก/ซึ่งข้าวโพด	11.60	87.32	0.335	3.269	6.539
ต้น/ตอ/ใบข้าวโพด	10.65	46.25	0.178	1.732	3.463
เปลือก/ซึ่งข้าวโพด 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/ซึ่งข้าวโพด อัดเม็ด	10.50	519.84	1.996/1 ⁴⁾	19.463/13 ⁴⁾	38.925/26 ⁴⁾

ต้น/ตอ/ใบข้าวโพด อัดเม็ด	10.20	510.07	1.959/1 ⁴⁾	19.097/13 ⁴⁾	38.194/26 ⁴⁾
--------------------------	-------	--------	-----------------------	-------------------------	-------------------------

- หมายเหตุ
- 1) ขนาดกะบะ กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 1 x 2.4 x 1.6 ลูกบาศก์เมตร
 - 2) ขนาดกะบะ กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 2.4 x 6.5 x 2.4 ลูกบาศก์เมตร
 - 3) ขนาดกะบะ กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 2.4 x 13 x 2.4 ลูกบาศก์เมตร
 - 4) น้ำหนักบรรทุกทุกได้จริงตามกฎหมายและลักษณะเส้นทาง

ที่มา: วีรชัย อัจฉาหาญ, 2554

งานวิจัยที่ใช้ประโยชน์จากเศษวัสดุเหลือจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เปลือกข้าวโพด

Hang and Woodams (1999) พบว่าการย่อยเปลือกข้าวโพดโดยเอ็นไซม์ Rapidase pomaliq (ผลิตได้จากเชื้อ *Aspergillus niger* และ *Trichoderma reesei*) สามารถผลิต soluble sugar ได้มากกว่าเอ็นไซม์ทางการค้าชนิดอื่น ๆ (Celluclast 1.5 L หรือ Clarex ML) โดยนำเปลือกข้าวโพดที่ผ่าน pretreatment ด้วย 1.25 M NaOH ที่อุณหภูมิ 50°C pH 5.0 เป็นเวลา 30 ชั่วโมง มาหมักด้วย Rapidase pomaliq ผลปรากฏว่าสามารถเพิ่มความเข้มข้นของ soluble sugar จากค่าเริ่มต้น 156 กรัมเป็น 600 กรัม/กิโลกรัมแห้ง เปลือกข้าวโพด เมื่อนำมาวิเคราะห์ส่วนประกอบพบว่าประกอบด้วยกลูโคส, ไซโลส, เซลโลไบโอส, ไซโลไบโอส และอราบินอส

ซังข้าวโพด

สุภาภรณ์ (2541) ตัวดูดซับถูกเตรียมขึ้นโดยการนำซังข้าวโพดมาทำการกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริก กรดฟอสฟอริก และสารละลายซิงค์คลอไรด์ ที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส, 300 องศาเซลเซียส และ 600 องศาเซลเซียส ตามลำดับ การกระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์จะได้ตัวดูดซับที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูง ที่สุดสำหรับการกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกจะได้ตัวดูดซับที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะน้อยที่สุด และตัวดูดซับ ทั้งหมดที่เตรียมขึ้นได้จะมีพื้นผิวแบบไม่มีขั้วเหมือนกัน ค่าคงที่สมดุลการดูดซับของเบนซีน โทลูอีน และออโรไซลีน ที่สภาวะเจือจางจะถูกวัดทางอ้อมโดยวิธีโครมาโตกราฟี ที่อุณหภูมิ 150-210 องศาเซลเซียส ค่าคงที่สมดุลการดูดซับและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลสารรวมของไอเบนซีน โทลูอีน และ ออโรไซลีน ที่วัดได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับสำหรับตัวดูดซับชนิดเดียวกัน ค่าคงที่สมดุลการดูดซับบนตัวดูดซับที่ถูกกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกจะมีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ค่าคงที่สมดุลการดูดซับบนตัวดูดซับชนิดอื่นจะมีค่าสูงกว่าอย่างน้อย 100 เท่า ส่วนปริมาณความร้อนของการดูดซับของไอระเหยเหล่านี้ด้วยตัวดูดซับมีค่าประมาณ 2-3 เท่าของความร้อนแฝงของการควบแน่น

พงษ์ศักดิ์ (2539) ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดและเปลือกแคง โดยทำการเผาซังข้าวโพดให้เป็นถ่านและทำการกระตุ้นด้วยเกลือแคงเพื่อให้เป็นถ่านกัมมันต์ไปพร้อมๆ กัน แปรอัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเกลือแคง, อุณหภูมิและเวลาในการเผา ใช้วิธีไอโอดีนนัมเบอร์เป็นตัวชี้วัดการเป็นถ่านกัมมันต์ ผลการทดลองโดยพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตและค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์แล้วสามารถสรุปผลได้ว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 600 และ 700 องศาเซลเซียส เวลาการเผานานเท่าไรก็ตาม เกลือแคงไม่สามารถกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ได้ ส่วนที่อุณหภูมิ 800 และ 900 องศาเซลเซียส เกลือแคงมี

คุณสมบัติในการเป็นตัวกระตุ้นได้เมื่อใช้เวลาในการเผาขึ้นจาก 30 ถึง 90 นาที โดยใช้อัตราส่วน 1:2 อุณหภูมิในการเผา 800 และ 900 องศาเซลเซียสให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์แตกต่างกันไม่มากนัก จึงควรใช้ที่ระดับอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่า ชังข้าวโพดและเกลือแกงสามารถใช้ผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ โดยใช้ชังข้าวโพดต่อเกลือแกงเท่ากับ 1:2 อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส เวลาเผา 60 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ม.อ.ก 900-2532) ดังนี้ ไอโอดีนนัมเบอร์ 621.37 มิลลิกรัมต่อกรัม (ข้อกำหนดไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม) ความชื้นร้อยละ 3.38 (ข้อกำหนดน้อยกว่าร้อยละ 8) ความแข็งร้อยละ 68 (ข้อกำหนดไม่น้อยกว่าร้อยละ 70) แต่ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้นี้เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัตถุดิบและสารกระตุ้นชนิดอื่นยังมีคุณภาพด้อยกว่าอยู่มาก เนื่องจากถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้นี้ยังมีปริมาณ ของสารระเหยได้อยู่เป็นปริมาณมาก ทำให้ความสามารถในการดูดซับต่ำ ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้น มีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมเท่ากับ 91.97 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ไม่รวมค่าแรงงานและอุปกรณ์ในการผลิต

พงศธร (2537) เตรียมถ่านกัมมันต์โดยกระตุ้นชังข้าวโพดด้วยซิงค์คลอไรด์ ชังข้าวโพดสามารถเปลี่ยนเป็นถ่านกัมมันต์ได้เมื่อถูกกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ อัตราส่วนของวัตถุดิบ:ซิงค์คลอไรด์ 1:2 อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เวลาการเผา 3 ชั่วโมง ได้ผลผลิตร้อยละ 62.82 ค่าไอโอดีนอยู่ในเกณฑ์ 800-900 มก./ก. ค่าการฟอกสีเมธิลีนบลู 120-180 มก./ก. พื้นที่ผิว 1,000 ตรม./ก. ประสิทธิภาพการฟอกสีปานกลาง ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นที่อุณหภูมิการกระตุ้น 600 และ 800 องศาเซลเซียสจะได้ถ่านซึ่งมีคุณสมบัติดีกว่าที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส แต่ปริมาณผลผลิตต่ำกว่า สำหรับการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จะสิ้นเปลืองเวลาพลังงาน เมื่อกระตุ้นถ่านด้วยอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส อัตราส่วนวัตถุดิบ:ซิงค์คลอไรด์ 1:4 ถ่านกัมมันต์ที่ได้จะมีค่าไอโอดีน 960- 1,075 มก./ก. ค่าการฟอกสีเมธิลีนบลู 230-300 มก./ก. พื้นที่ผิว 1,140-1,300 ตรม./ก. ประสิทธิภาพการฟอกสีดีกว่าที่ 400 องศาเซลเซียส ปริมาตรผลผลิตร้อยละ 52.41

Tsai et al. (2001a) พัฒนาระบวนการผลิตactivated carbon ที่สะอาดและไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยทดลองแปรอุณหภูมิในการกระตุ้น 500-800°C กับชังข้าวโพดที่แช่ใน KOH/K₂CO₃ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นจะทำ gasification พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ได้ activated carbon ที่มีพื้นที่ผิว, ความหนาแน่นและปริมาตรของรูพรุนเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพกับ activated carbon ทางการค้าพบว่า activated carbon ที่ผลิตได้สามารถใช้ทดแทนได้

Tsai et al. (2001b) ทดลองเตรียม granular activated carbon จากชังข้าวโพดโดยการกระตุ้นด้วยเกลือโพแทสเซียมและทางกายภาพด้วย CO₂ พบว่า KOH และ K₂CO₃ เป็นสารกระตุ้นที่มีประสิทธิภาพ ในช่วงที่อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น 10°C/นาที และตามด้วยการกระตุ้นทางกายภาพ (gasification) ในช่วง soaking period ที่ 800°C โดยการใช้ 2 วิธีร่วมกัน พื้นที่ผิวที่ได้จะมีขนาดใหญ่มากกว่า 1600 m²/g นอกจากนี้ช่องว่างที่เกิดขึ้นใน activated carbon ที่ไม่ได้ล้างกรดออกจะมีความคงตัวต่ำกว่าที่ล้างกรดออก เนื่องจากยังมีเกลือโพแทสเซียมตกค้างในโครงสร้างรูพรุน

Tsai et al. (1998) ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิต activated carbon โดยวิธีกระตุ้นทางเคมีด้วยสารละลาย ZnCl₂ พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ อัตราส่วนของ ZnCl₂: ชังข้าวโพดปริมาณรู

พรมจะลดลงเมื่ออัตราส่วนสูง อุณหภูมิในการกระตุ้นพบว่ามีผลต่อพื้นที่ผิว อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต activated carbon ที่มีพื้นที่ผิวสูงด้วยวิธีกระตุ้นด้วย $ZnCl_2$ คือที่ $773^\circ K$

de Souza et al. (2001) ศึกษาผลของน้ำตาลที่ metabolize ได้ง่าย (กลูโคส, ซาโทส, ฟรักโทส, มอลโตส, เซลโลไบโอส และแลคโตส) ต่อการผลิตไซลानเนส โดยเชื้อ *Aspergillus niger* ในการหมักแบบ solid-state โดยใช้รำข้าว ชั่งข้าวโพดและกากอ้อยเป็น substrate การเติมน้ำตาลชนิดต่างๆ ความเข้มข้น 1% ลงในกากอ้อยหรือชั่งข้าวโพดจะทำให้เกิด catabolic repression อย่างรุนแรง ในขณะที่การเลี้ยงเชื้อด้วย รำข้าวจะต้านทานต่อการ catabolic repression ได้ดีกว่าแม้ที่ความเข้มข้นของกลูโคสสูงถึง 10% โดยใน รำข้าวประสิทธิภาพการใช้กลูโคสจะสูงหลังจากการหมักเป็นเวลา 4 วัน ความเข้มข้นของกลูโคสลดลงเหลือน้อยกว่า 5% ในขณะที่ในชั่งข้าวโพดและกากอ้อยเหลือมากกว่า 60% ของความเข้มข้นกลูโคสเริ่มต้น

Singh et al. (1989) ศึกษาการทำ alkali treatment กับชั่งข้าวโพดที่มีผลต่อการผลิตเซลลูเลสและโปรตีนจากเชื้อ *Aspergillus niger* พบว่า การทำ alkali treatment จะเพิ่มการผลิตเซลลูเลสและโปรตีน โดยที่ความเข้มข้น 2% NaOH จะให้ผลผลิตสูงสุด furfural เป็นสารสำคัญในกลุ่ม furan ผลิตได้จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีเพนโตแซนเป็นองค์ประกอบ เช่น ชั่งข้าวโพด กากอ้อย เปลือกถั่ว เปลือกเมล็ดฝ้าย เป็นต้น ใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเคมี เช่น ใช้เป็นตัวทำละลายในการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์, เป็นตัวกลางในการสกัด butadiene จากปิโตรเลียม ใช้ผลิตเรซิน ไนลอน พลาสติก เส้นใย ยามาเชื้อโรค เป็นต้น

จันทนา (2527) ทดลองผลิต furfural จากชั่งข้าวโพด พบว่า เมื่อใช้ชั่งข้าวโพด : กรดซัลฟูริก (15% โดยปริมาตร) เท่ากับ 1 : 2 แชนท์ไว้ 1 ชั่วโมง จะได้ furfural ร้อยละ 9.8 โดยน้ำหนัก นำมากลั่นจะได้ furfural ร้อยละ 0.52 โดยน้ำหนัก

สมเกียรติ (2523) สังเคราะห์ 2-pyrrolidone จากชั่งข้าวโพด ขั้นตอนในการสังเคราะห์เป็นดังนี้ จะนำชั่งข้าวโพดมาสังเคราะห์เป็น Furfural ได้ yield 4.1-5.8% น้ำหนักชั่งข้าวโพดแห้ง, Furfural สังเคราะห์เป็น Furoic ได้ yield 50.2-67.4%, Furoic สังเคราะห์เป็น Furan ได้ yield 30.0-34.7%, Furan สังเคราะห์เป็น Tetrahydrofuran ได้ yield 79.1-85%, Tetrahydrofuran สังเคราะห์เป็น Butyrolactone ได้ yield 20-31% และ Butyrolactone สังเคราะห์เป็น 2-pyrrolidone ได้ yield 27.4-35.8% อนุพันธ์ที่ได้จาก 2-pyrrolidone ใช้เป็นสารปรุงแต่งในยาเม็ด ใช้เป็น suspending agent ในยาน้ำ และใช้เป็น thickening agent ในเครื่องสำอาง

Tia (1996) ศึกษาารูปแบบของการส่งผ่านความร้อนใน fluidized bed boiler โดยใช้ลิแกนด์และชั่งข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง พบว่า อัตราการส่งผ่านความร้อนจาก bed ไปยัง water membrane wall และจากช่องลมร้อนไปยัง convective tube bank เท่ากับ 55-75% และ 25-45% ตามลำดับ ขึ้นอยู่กับ ความเร็วของลมร้อน พบว่า สหสัมพันธ์ของการส่งผ่านความร้อนโดยรวมระหว่าง bed และ water membrane wall เท่ากับ $100-300 Wm^{-2}K^{-1}$ ในขณะที่จากช่องลมร้อนไปยัง convective tube bank เท่ากับ $10-30 Wm^{-2}K^{-1}$

วิทยาและคณะ (2543) ผลิตไซโลสจากซังข้าวโพดโดยการระเบิดด้วยไอน้ำ โดยย่อยซังข้าวโพดด้วย สารละลายกรดซัลฟูริกเจือจางเป็นเวลา 1 คืนในเครื่องระเบิดด้วยไอน้ำ ได้น้ำตาลไซโลสเกิดขึ้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยคือ ใช้สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.4% แซ่ซังข้าวโพด 1 คืน แล้วระเบิดด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 180°C ระยะเวลา 4 นาที ได้เปอร์เซ็นต์คืนกลับของน้ำตาลไซโลสมากกว่า 90% สารละลายที่ได้จากการย่อยสามารถนำไปทำให้บริสุทธิ์โดยกำจัดสีและสารประกอบที่ละลายในสารละลายด้วยถ่านกัมมันต์

Rivas et al. (2002) เตรียม hydrolysate จากซังข้าวโพดโดยวิธี autohydrolysis (ซังข้าวโพดในน้ำ) จากนั้นนำไป posthydrolysis (เติมกรดซัลฟูริก) hydrolysate ที่ได้ทำให้ปลอดเชื้อโดย membrane sterilization เลี้ยงเชื้อ *Debaryomyces hansenii* จะได้ไซลิทอลที่มีค่า productivity 1.49 g/L.h และ yield 0.73 g/g ซึ่งสูงกว่าการทำ prehydrolysis ซังข้าวโพดโดยตรง 18% และ 25% ตามลำดับ

Dominguez et al. (1997) เปรียบเทียบการใช้ hemicellulose hydrolysate ที่ได้จากการย่อยซังข้าวโพดบดด้วย 2% HCl ที่ 100°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กับ hydrolysate ที่ได้จากการย่อยซังข้าวโพดบดด้วย 10% NH₄OH ที่ 26°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อในการผลิตไซลิทอลจากยีสต์ *Candida* sp. 11-2 จากการหมักเป็นเวลา 36 ชั่วโมงพบว่า hydrolysate จาก NH₄OH จะผลิตไซลิทอลได้ดีกว่า โดยมีค่า specific productivity เท่ากับ 1.94 g/L.h yield 0.57 g/g ไซโลสที่ใช้ไป ในขณะที่ hydrolysate ที่ได้จาก HCl จะต้องผ่าน anion exchanger resin ก่อนจึงจะนำไปใช้ได้ แต่ค่า specific productivity และ yield ที่ได้ใกล้เคียงกัน

Sudha Rani et al. (1998) ศึกษาการผลิตเอทานอลจากซังข้าวโพดที่ treat ด้วยต่างโดยใช้เชื้อ *Crostridium thermocellum* SS21 และ SS22 ใช้ความเข้มข้นของซังข้าวโพดในอาหารเท่ากับ 8 กรัม/ลิตร พบว่า yield ที่ได้ใกล้เคียงกับการใช้เซลลูโลสบริสุทธิ์

Adesanya (1996) ศึกษาการใช้เถ้าซังข้าวโพดเป็น additive ราคาถูกในซีเมนต์ผสม พบว่าการใช้ Portland cement 50% และเถ้าจากซังข้าวโพด 20% จะทำให้ดินเหนียวและดินแดงคงตัว มีความแข็งแรงมากขึ้น การนำความร้อนลดลงและดูดน้ำลดลงกว่า cement stabilized earth และการใช้เถ้าจากซังข้าวโพดแทนซีเมนต์ 20% ในคอนกรีตผสม จะทำให้การดูดน้ำดีขึ้นและทนทาน ในขณะที่ความแข็งแรงของคอนกรีตที่ผสมเถ้าซังข้าวโพด 0% และ 20% ไม่ต่างกัน

การพัฒนาวัสดุปลูก

- กาบมะพร้าวสับ เป็นวัสดุปลูกพื้นบ้านหาง่าย เหมาะสำหรับกล้วยไม้ทุกประเภท แต่มีข้อเสียคือฟูไว และควรแช่น้ำและเปลี่ยนถ่ายน้ำหลายๆครั้งจนน้ำใส ก่อนใช้งาน มิฉะนั้นยางมะพร้าวจะชะงักการเติบโตของกล้วยไม้

- ถ่าน เป็นวัสดุปลูกที่ทำได้ง่าย ไม่อู้มน้ำมาก ใช้ได้นาน เหมาะสำหรับกล้วยไม้ทุกชนิด ก่อนนำมาใช้ให้ใช้กรรไกรตัดกิ่งหรือมีด สับให้มีขนาดเท่าๆ กัน เป็นก้อนสี่เหลี่ยม

- โฟม เป็นวัสดุเหลือใช้หาได้ง่ายในท้องถิ่น หากตัดให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ จะใช้ผสมกับเครื่องปลูกรองเท่านั้นได้ หากตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมจะนำไปรองตะกร้ากล้วยไม้ไว้ป้องกันรากพันตะกร้า และช่องระบายอากาศในภาชนะให้โปร่งได้ดี หรือจะใช้หนิบไม้ไว้ก็ได้ ข้อดีคือมีความทนทาน ข้อเสียคือไม่ค่อยเก็บความชื้น ต้องใช้วัสดุปลูกอื่นช่วยเพื่อเพิ่มความชื้นให้กล้วยไม้

- สเฟกนัมมอส เป็นวัสดุปลูกที่ราคาตามเกรด ใช้ปลูกไม้กล้วยไม้เนื้อเป็นส่วนใหญ่ และใช้เป็นส่วนผสมเครื่องปลูกรองเท่านั้น ข้อดีคือ คุมความชื้นได้ดี ข้อเสียคือ ฟูไว และอุ้มน้ำมากเกินไปหากรดน้ำมาก

- รากชายผ้าสีดา / กระเช้าสีดาแห้ง เป็นวัสดุปลูกที่เลี้ยงกล้วยไม้ได้หลากหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สกุลหวายไทย รักษาความชื้นและความโปร่งได้ดี

- ออสมันดา เป็นรากของเฟินออสมันดา ปัจจุบันมีราคาแพงมาก ออสมันดามักใช้หนิบไม้กล้วยไม้เนื้อ เพราะโปร่งและเก็บความชื้นได้ปานกลางไม่แห้งหรือแฉะเกิน

- พีทมอส นิยมใช้เป็นส่วนผสมเป็นเครื่องปลูกรองเท่านั้นและกล้วยไม้ดินได้ หลายชนิดเนื่องจากให้ความชื้นได้ดี และใช้ผสมเป็นเครื่องปลูกหม้อข้าวหม้อแกงลิงด้วย ไม้ใบไม้กระถางต่างๆเช่นเฟิน ข้อเสียคือมีราคาแพง

- ขุยมะพร้าว นิยมใช้ผสมเป็นเครื่องปลูกรองแทนพีทมอส เนื่องจากพีทมอสมีราคาแพง ก่อนนำมาใช้ต้องแช่และถายน้ำหลายๆครั้ง จนน้ำที่แช่ใส เพื่อเจือจางยางสีน้ำตาลในขุยมะพร้าว (สารแทนนิน)

- กรวดหยาบ ใช้ผสมกับเครื่องปลูกรองเท่านั้นเพื่อให้เครื่องปลูกโปร่งขึ้น และใช้โรยกลบนหน้ากระถางรองเท่านั้นเพื่อไม่ให้ผิว เครื่องปลูกถูกน้ำชะล้างออกไปได้โดยง่าย ช่วยทำให้ความชื้นอยู่ได้นานข้อดีหาง่าย มีทั่วไป ข้อเสีย อาจเป็นที่อยู่ของแมลงเช่น มด

- ทรายหยาบใช้ผสมเป็นเครื่องปลูกรองเท่านั้น ช่วยให้เครื่องปลูกโปร่งมากขึ้น ระบายน้ำดีเก็บความชื้นได้มากขึ้น

- ไฮโดรตรอน เป็นเม็ดดินเผา มักใช้ปลูกรองเท่านั้น ใช้เป็นส่วนผสมหลักของเครื่องปลูก มีข้อดีคือสะอาด โปร่ง น้ำหนักเบา และใช้ได้นาน มีข้อเสียคือ ราคาแพง และเมื่อใช้งานไปนานๆ มักเกิดราขาวและอาจเป็นที่อยู่ของแมลงเช่น มด ได้เนื่องจากเม็ดไฮโดรตรอน โปร่งและเย็น

- หินภูเขาไฟ ใช้เป็นส่วนผสมเครื่องปลูกรองเท่านั้น มีหลายขนาด ใช้ตามความเหมาะสม หินภูเขาไฟเป็นวัสดุนำเข้าจากต่างประเทศ ใช้ปลูกกล้วยไม้ได้ดี เนื่องจากหินภูเขาไฟมีองค์ประกอบของแร่ธาตุสูงไม่เป็นอันตรายกับต้นไม้ น้ำหนักเบาและลอยน้ำได้ แต่มีข้อเสียคือราคาค่อนข้างสูง

- ออสโมซิส เป็นเครื่องปลูกที่หาได้ง่ายตามร้านค้าทั่วไป ต้นทุนต่ำและไม่มีราคาหากเป็นของใช้แล้วนำมาหั่นซอยใช้เป็นเครื่องปลูกรองเท่านั้น ช่วยเพิ่มความชื้นได้ดี และทนกว่าวัสดุที่เป็นกาบมะพร้าว

- แกลบเผา ใช้ผสมเป็นเครื่องปลูกรองเท่านั้นและกล้วยไม้ดิน รวมไปถึงไม้ดอกไม้ประดับทุกชนิดทำให้เครื่องปลูกโปร่ง พอเวลาผ่านไปยั้งย่อยสลายเป็นธาตุอาหารได้อีกด้วย ราคาถูกหาซื้อได้ตามร้านค้าเกษตรทั่วไป

นิรนาม (2553) ได้รายงานว่ หจก.นิมูท เอ็นจิเนียริ่ง ได้พัฒนาเครื่องสับย่อยเนกประสงค์ มีขนาด 135x210x170 ซม. (กว้างxยาวxสูง) น้ำหนัก 400 กก. มีความสามารถในการสับย่อย 800 - 1,000 กก./ช.

ม. (ขึ้นกับชนิดวัสดุและความละเอียดชิ้นงาน) สามารถหั่น/บด/ย่อย อินทรีย์วัตถุทุกชนิด เช่น กิ่งไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 – 4 นิ้ว เศษพืชที่เหลือใช้จากการเกษตร เป็นต้น

ชัยรัตน์ (2550) ได้รายงานว่ ูนย์เรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้มีงานวิจัยพัฒนาเครื่องบดย่อยอเนกประสงค์ เครื่องหั่นย่อยอเนกประสงค์ และเครื่องสับอเนกประสงค์ ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป ดังนี้ เครื่องบดย่อยอเนกประสงค์ ใช้บดย่อยปุ๋ยหมัก หอยเชอรี่ เพื่อนำมาทำปุ๋ยน้ำชีวภาพ ใช้ย่อยใบไม้แห้งและกิ่งไม้แห้งขนาดเล็ก เพื่อลดการเผาใบไม้และกิ่งไม้ บดย่อยเมล็ดข้าวโพด กระจุกว้าว หนู เครื่องหั่นย่อยอเนกประสงค์ มีคุณสมบัติในการย่อยเหมือนกับเครื่องบดย่อยอเนกประสงค์ แต่มีคุณสมบัติเพิ่มเติมขึ้นมาคือ สามารถใช้หั่นย่อยกิ่งไม้สดได้ และ เครื่องสับอเนกประสงค์ ใช้สำหรับสับ ต้นข้าวโพด กิ่งกระถิน ฟางข้าว หญ้า เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ หรือทำฟืนหมัก

Anonymous (2011) กล่าวถึงความสัมพันธ์ของวัสดุปลูกต่อการให้น้ำ โดยวัสดุที่อุ้มน้ำได้ดีกว่าจะแห้งช้ากว่าซึ่งสามารถยืดระยะเวลาที่จะเริ่มทำการให้น้ำครั้งต่อไป อย่างไรก็ตามแม้ที่ผิวของวัสดุปลูกจะแห้งแต่ที่ระดับลึกลงไปอาจจะยังชื้นอยู่ การตรวจสอบความชื้นในวัสดุปลูกด้วยนิ้วมือหรือแห้งไม่จะช่วยกำหนดการให้น้ำได้ถูกต้องเหมาะสมมากขึ้น โดยความชื้นที่เหมาะสมควรเป็นความชื้นแบบหมาดๆ (Damp) ไม่ชื้นแฉะ (Soggy) หรือแห้งมากเกินไป

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา (2548) ได้สำรวจและวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการจากวัสดุอินทรีย์ที่ได้จากส่วนต่างๆของพืช พบว่า มีวัสดุหลายชนิด เช่น ขุยมะพร้าว ทะลายปาล์ม ฝักข้าวโพด ฯลฯ ที่สามารถให้ทั้งปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ และมี C/N ratio ในช่วง/25-30 ซึ่งย่อยสลายได้ดี เหมาะสมต่อการนำมาหมักเป็นแหล่งของอินทรีย์วัตถุ

ชนะ ผิวเหลืองและคณะ (2542) ขุยมะพร้าวใส่ปุ๋ย osmocote และขุยมะพร้าวผสมเชื้อไมคอร์ไรซา (อัตราส่วน 3:1) และใส่ปุ๋ย osmocote เป็นวัสดุเพาะชำ มีความเหมาะสมต่อการเพาะชำ กล้าไม้ยางแดงในเรือนเพาะชำ เชื้อไมคอร์ไรซาและปุ๋ย osmocote มีความสัมพันธ์ทางด้านบวกต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ในวงศ์ไม้ยาง(*Dipterocarpus turbinatus* Gaertn. F)

ประยูร ปัญญา (2540) ศึกษาผลของวัสดุปลูกและธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้รองเท้านารี โดยใช้วัสดุปลูกผสม กากตะกอนอ้อย:ถ่านลิกไนต์:ดินเบา 7 อัตราส่วน (4:1:1, 3:1:1, 2:1:1, 1:1:1, 1:4:1, 1:3:1 และ 1:2:1) กับปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารเสริม(Trace element) 2 ชนิด คือ Minerass No.1 และ Minerass No.1-S พบว่า ในรองเท้านารีสุขะกุลและคางกบ วัสดุปลูกผสมอัตรา 4:1:1 ให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักแห้งราก จำนวนใบ ความยาวใบ จำนวนดอกและจำนวนหน่อสูงกว่าวัสดุปลูกอัตราอื่นๆ และปุ๋ยชนิด Minerass No.1 ให้ผลดีต่อวัสดุปลูกทุกสูตร วัสดุปลูกผสมอัตรา 4:1:1 ให้ธาตุ N P Fe สูงกว่าวัสดุปลูกอื่นๆ แต่ให้ธาตุ Cu ต่ำสุด

ทิพย์จรูณี สิทธินาม (2547) ศึกษาวัสดุปลูกที่หาได้ง่ายในประเทศไทยมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบกับที่พบว่า ขุยมะพร้าวสดร่อนหยาบ,ขุยมะพร้าวสดร่อนละเอียด, ขุยมะพร้าวหมักนาน

2 เดือน, ขุยมะพร้าวหมักนาน 4 เดือน, วัสดุผสมขุยมะพร้าวหมักนาน 4 เดือน : แกลบหมักนาน 4 เดือน อัตรา 2:1, วัสดุผสมขุยมะพร้าวหมักนาน 4 เดือน : แกลบหมักนาน 4 เดือน อัตรา 3 : 1 และวัสดุผสมขุยมะพร้าวหมักนาน 4 เดือน : ทราาย อัตรา 1:1 มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับพีต ซึ่งเมื่อนำไปใช้เป็นวัสดุเพาะเมล็ด บานชื่นพันธุ์ Profusion Cherry พบว่า เมล็ดบานชื่นที่เพาะในขุยมะพร้าวสตร่อนหยาบมีอัตราความงอกดีที่สุด แต่บานชื่นที่เพาะในพีตมีการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยวัสดุผสมขุยมะพร้าวหมักนาน 4 เดือน:แกลบหมักนาน 4 เดือน อัตรา 2:1 ทำให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับต้นกล้าที่เพาะในพีต เมื่อนำวัสดุทั้งสามชนิดนี้ ไปวิเคราะห์และปรับปริมาณธาตุปุ๋ย วัสดุผสมขุยมะพร้าวหมักนาน 4 เดือน:แกลบหมักนาน 4 เดือน อัตรา 2:1 ซึ่งปรับให้มีปริมาณธาตุปุ๋ยใกล้เคียงกับพีตโดยเติมปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต 1.018 กรัม/วัสดุปลูก 1 กิโลกรัม ทำให้อัตราความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าใกล้เคียงกับพีตที่สุด

สุคนธ์ แสงแก้ว (2538) ศึกษาผลของวัสดุปลูกและอัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน พันธุ์ California Wonder ในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมระหว่างดินผสมปุ๋ยคอก ดิน ผสมปุ๋ยหมัก ดินผสมแกลบดิน ดินผสมถ่านแกลบ ในอัตราส่วน 1:1 1:2 2:1 และดิน พบว่าดินผสมปุ๋ยหมักอัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร ให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ดีที่สุด โดยมีความสูงของต้น จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้งของต้นสูงสุด ส่วนน้ำหนักแห้งของรากนั้นดินผสมถ่านแกลบอัตราส่วน 1:1 ให้น้ำหนักแห้งสูงสุด

สุชาดา จิตรภิมย์ศรี (2539) ศึกษาการนำขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมาใช้ในรูปวัสดุปลูกไม้กระถาง คือประทัดฟิลิปปินส์ (*Hamelia patens*) พบว่า ขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมี เหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุปลูกไม่แตกต่างจากวัสดุปลูกผสมมากนัก และเมื่อนำขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมาหมักก่อนจะทำให้ปริมาณธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเมื่อนำไปปลูกประทัดฟิลิปปินส์ขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดแล้วหมักจะให้การเจริญเติบโตของประทัดฟิลิปปินส์ดีกว่าวัสดุปลูกผสมที่ระดับการให้ปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟต ความเข้มข้นเท่ากัน

ธีระยุทธ (2552) รายงานว่า การศึกษาชนิดวัสดุปลูกและวิธีการผสมใช้ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ กล้วยไม้สกุลหวาย พบว่า การใช้แกลบดำทำให้กล้วยไม้สกุลหวายตายน้อยที่สุด รองลงมาคือ เปลือกถั่วลิสง ขุยมะพร้าว กากขี้เอย เศษกระดาษ และแกลบดิบ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้แกลบดิบและเปลือกถั่วเหลือง ทำให้น้ำหนักต้นและรากไม้ในกล้วยไม้สกุลหวายน้อยที่สุด ส่วนขุยมะพร้าวและแกลบดำ ทำให้กล้วยไม้ในสกุลหวายมีน้ำหนักมากที่สุด และเมื่อร่วมกับกรรมวิธีการให้ปุ๋ยทำให้มีการแตกหน่อและน้ำหนักต้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

นิลุบล (2547) รายงานว่า ขนาดของวัสดุปลูกพบว่าการปลูกกล้วยไม้สกุลหวายในกระบะกาบมะพร้าว สี่เหลี่ยมปลูก 4 ต้นต่อกระบะจะมีผลให้การเจริญเติบโตทางต้นและการให้ผลผลิตมากกว่าการปลูกในกระถางพลาสติก 1 ต้นต่อกระถางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในทางตรงกันข้าม ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ พบว่า ทุกตำหรับการทดลองไม่พบความแตกต่างของธาตุอาหารหลักในใบกล้วยไม้

Chita (2009) รายงานว่า ผลของวัสดุปลูก ปุ๋ย ความถี่ของการให้น้ำ ต่อการเจริญเติบโตและออกดอกของเอื้องแซะหอม พบว่า ต้นกล้าเอื้องแซะหอมที่ใช้สเปคไน้มอสเป็นวัสดุปลูกร่วมกับกรให้น้ำ 2 ครั้งต่อวัน ให้ค่าเฉลี่ยจำนวนลำลูกกล้วยมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ และต้นกล้าในกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ย 2.3N:1P:2.3K ที่

ความเข้มข้นของไนโตรเจน 50 มก./ล. ทุก 5 วัน มีจำนวนลำลูกกล้วยมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ต้นเอื้องแซะหอมในระยะเจริญพันธุ์ที่ใช้สแฟคนัมมอสเป็นวัสดุปลูกมีจำนวนเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวลำลูกกล้วย ความกว้างใบและความยาวใบมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ การให้น้ำวันละครั้งทำให้มีจำนวนลำลูกกล้วยมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ และการได้รับปุ๋ย 3.2N:1P:3K ที่ความเข้มข้นของไนโตรเจน 50 มก./ล. ทุก 14 วัน ทำให้มีความยาวลำลูกกล้วย ความยาวใบ เปอร์เซ็นต์ต้นที่เกิดดอก และจำนวนดอกมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

Ramahsamay,K.D. (2008) รายงานว่า การนำใบปาล์มน้ำมันสับย่อยผสมกับกากตะกอนน้ำทิ้ง ในสัดส่วน 3:1 หมักทิ้งไว้นาน 12 สัปดาห์ สามารถนำมาเป็นวัสดุปลูกเบญจมาศได้ผลดี ใช้แทน peat ได้ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายได้อีกด้วย

Muhammad et al. (2007) รายงานว่า วัสดุปลูกผสมดิน: FYM:leaf-mold ผลให้ *Jojoba* (*Simmondsia chinensis*) มีเปอร์เซ็นต์การรอดตาย จำนวนต้น ความยาวต้น ปริมาณใบต่อต้น สูงสุด เท่ากับ 76.80 %, 3.72, 7.70 ซม. และ 12.60 ใบ ตามลำดับ

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์มีสมบัติที่ดีต่อการการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การพัฒนาเครื่องจักรสำหรับแปรรูปจะช่วยเพิ่มศักยภาพการใช้ชีวมวลสำหรับโรงไฟฟ้าเพื่อเป็นเชื้อเพลิงเสริม และสามารถพัฒนาสู่ระบบการผลิตพัฒนาเชิงพาณิชย์ หรือนำไปผลิตเป็นวัตถุดิบสำหรับเอทานอลต่อไป

9.3 วัตถุประสงค์

9.3.1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรในการแปรรูปวัตถุดิบจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับผลิตพลังงานทดแทน

9.3.2. เพื่อศึกษาแนวทางการบริหารจัดการนำวัตถุดิบและลดมลภาวะทางอากาศจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อผลิตพลังงานทดแทนเชิงพาณิชย์

9.3.3. เพื่อศึกษาการผลิตวัสดุปลูกจากเศษวัสดุเหลือใช้และถ่านจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ เพื่อเพิ่มมูลค่าและลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

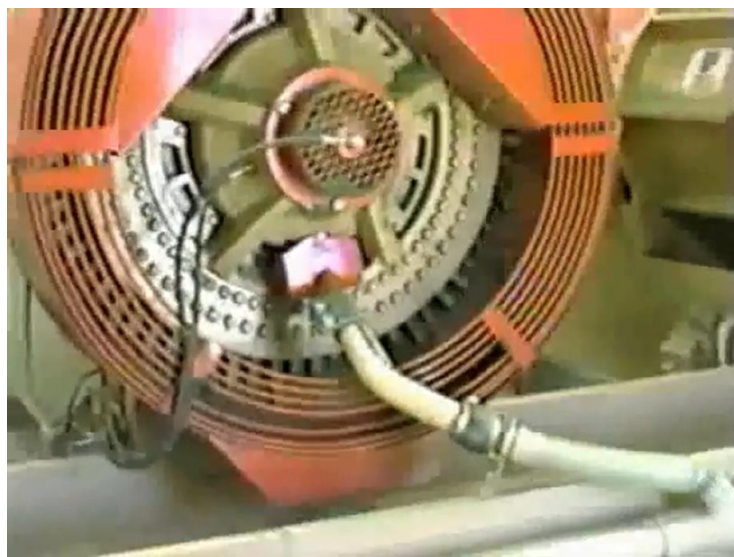
9.4 ขอบเขตการวิจัย

ออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรในการแปรรูปวัตถุดิบจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ 1) ต้นแบบเครื่องบดและแยกซังข้าวโพดจากเปลือก 2) ต้นแบบเครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงจากเปลือก 3) ต้นแบบเครื่องอัดก้อนถ่านจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ 4) กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และ 5) การวิเคราะห์กระบวนการผลิตวัตถุดิบและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อเพลิงจากเปลือกและซังข้าวโพด

9.5 สมมติฐาน

ข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่ค่อนข้างทนทาน ปลูกง่ายในสภาพดินฟ้าอากาศของเมืองไทย ถ้ามีน้ำ พันธุ์ข้าวโพดที่นิยมปลูกกันอยู่ในปัจจุบัน จะมีอายุปานกลาง คือ ประมาณ 110-120 วัน ดังนั้น การเลือกปลูกข้าวโพดสามารถเลือกปลูกได้ 2 ช่วง คือ ช่วงแรกปลูกในระหว่างเดือนกรกฎาคม และกลางเดือนสิงหาคม พวกที่ปลูกต้นฤดูฝนโดยทั่ว ๆ ไป มักได้ผลผลิตสูงกว่าพวกที่ปลูกปลายฤดูฝน ทั้งนี้ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายงานว่า ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพดประมาณ 7.03 ล้านไร่ พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคเหนือมากถึง 4.51 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 64.28 รองลงมาเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง 1.66 และ 0.86 ล้านไร่ ตามลำดับ มีผลผลิตข้าวโพด 4,611,540 ตัน (จีโกลและคณะ.2546) ได้ศึกษาสภาพของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากอุตสาหกรรมเกษตรและการใช้ประโยชน์ พบว่า สัดส่วนเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะมีปริมาณซังต่อผลผลิตมีค่า 0.19-0.33 (เฉลี่ย 26 เปอร์เซ็นต์) เทียบกับผลผลิต ซึ่งหมายความว่าเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปริมาณมี 1.19 ล้านตัน แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์เพียง 44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเป็นซังทั้งหมด โดยส่วนที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็นเปลือกและซังรวมกันซึ่งมีปริมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ หรือเทียบเท่ากับ 0.67 ล้านตัน สามารถนำไปผลิตพลังงานความร้อน 11,055 เทราจูลหรือผลิตไฟฟ้าได้ 70 เมกกะวัตต์(ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า 20 เปอร์เซ็นต์) แต่เนื่องจากเศษวัสดุเหลือใช้จากเปลือกและซังข้าวโพดจะขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรโดยในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่จะเก็บข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งเปลือกและฝักพร้อมกันทำให้เศษวัสดุที่เกิดขึ้นจะเป็นเปลือกร่วมกับซังซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเอทานอล หรือ การผลิต Furfural ได้ และมีปริมาณมากตามโรงสีหรือลานสีข้าวโพด ซึ่งยากต่อการจัดการ ลักษณะทางกายภาพของเปลือกและซังข้าวโพดมีลักษณะฟูความหนาแน่นเพียง 20-120 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม่เหมาะต่อการนำไปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล เนื่องจากต้องมีการบ้อนเชื้อเพลิงอยู่ตลอดเวลาไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน ทำให้โรงสีข้าวโพดหรือลานนวดข้าวโพด นิยมเผาทำลายเพื่อลดการจัดการภายในพื้นที่ ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศอย่างมาก ซึ่งปัจจุบันคณะผู้วิจัยได้ศึกษาพลังงานทดแทนจากชีวมวลที่เกิดขึ้นจากวัสดุเกษตร และมีประสบการณ์การวิจัยโครงการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน (ระดับชุมชน) ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน จึงเร่งเห็นว่า การพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลมีความจำเป็นอย่างยิ่งและสามารถส่งเสริมการใช้เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพได้

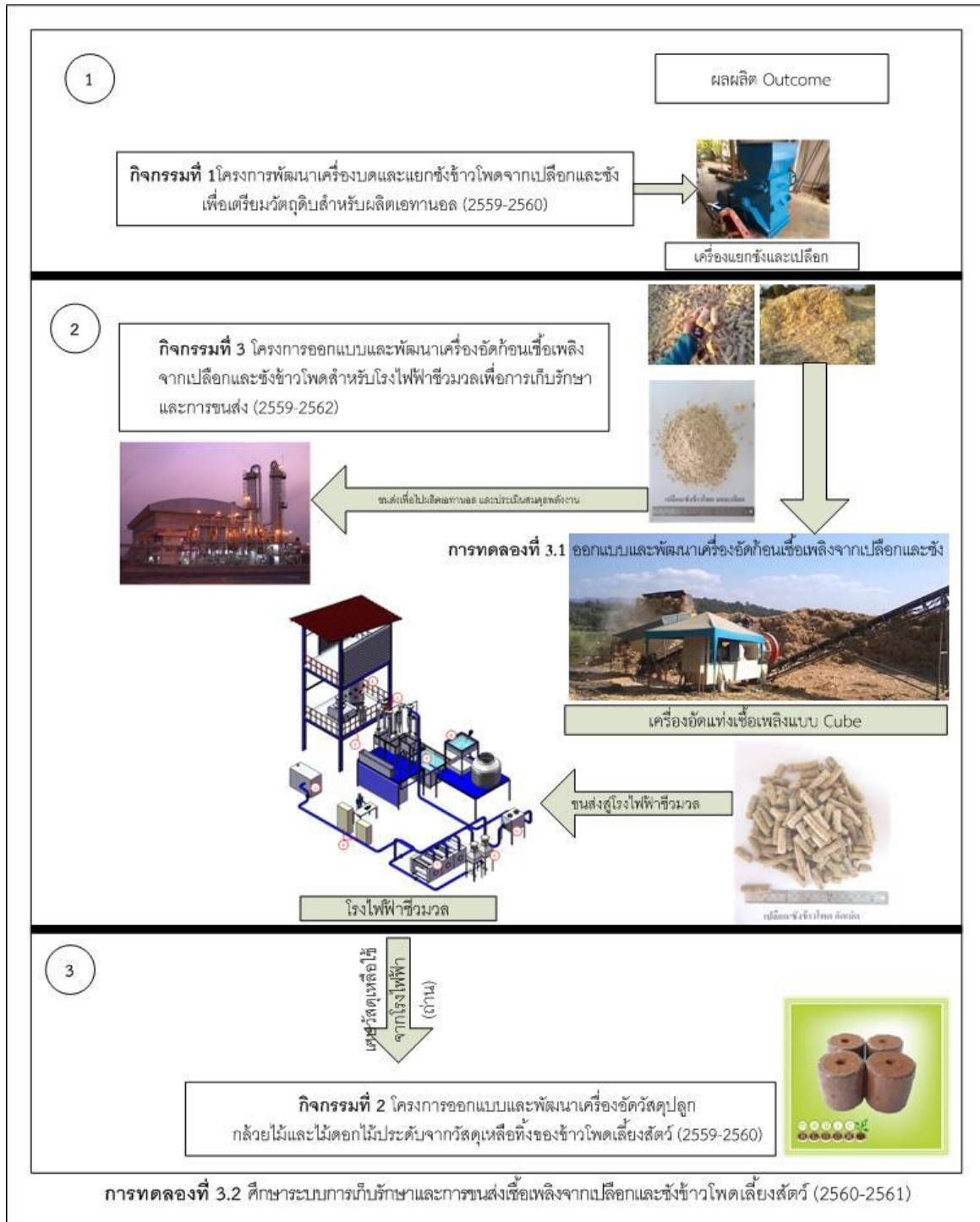
ลดการนำเข้าเครื่องจักรในการแปรรูป ตลอดจนสามารถเก็บรักษาเชื้อเพลิงไว้ในฤดูที่ขาดแคลนวัตถุดิบ จาก การวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงแท่งตะเกียบ (Wood Pellet) พบว่ากระบวนการแปรรูปมีหลายขั้นตอน ใช้ เครื่องจักรจำนวนมาก และการลงทุนสูง ทำให้ไม่เป็นที่นิยม จะผลิตเฉพาะเพื่อการส่งออกเท่านั้น เนื่องจาก เชื้อเพลิงแท่งตะเกียบนั้นต้องใช้พลังงานสูงในการอัดแท่งซึ่งความหนาแน่นสูงถึง 519 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์ เมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาเรื่องการขนส่งพบว่า พิกัดรถบรรทุกสิบล้อสามารถบรรทุกได้เพียง 13 ตัน ซึ่งถ้าบรรทุก เชื้อเพลิงแท่งตะเกียบเต็มคันจะได้ 19.5 ตัน เพราะฉะนั้น ความหนาแน่นเชื้อเพลิงเพียง 346 กิโลกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร จะเหมาะสมต่อการขนส่งภายในประเทศและสามารถลดการใช้พลังงานอย่างมาก ทำให้ คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในกระบวนการผลิต โดยเครื่องอัดอีกประเภทหนึ่งที่สามารถอัดแท่ง เชื้อเพลิงได้ และสมรรถนะในการผลิตสูงกว่าเครื่องอัดแท่งตะเกียบที่ใช้ขนาดตันกำลังเท่ากันคือ เครื่องอัดแท่ง CUBE ดังภาพที่ 4 ซึ่งขนาดของแท่งเชื้อเพลิงจะมีขนาดกว้าง 2x2x1 นิ้ว ความหนาแน่นเชื้อเพลิงจะต่ำกว่า เชื้อเพลิงแท่งตะเกียบ แต่จากการทดสอบเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศประสบปัญหากระบวนการจะเกิด Peak Load ของกำลังไฟฟ้า ซึ่งเมื่อผลิตออกมาพบว่า ต้นทุนการผลิตก็ยิ่งสูงกว่าเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ทั่วไปคือ ราคา 1200 บาทต่อตัน ซึ่งโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องอัดแท่งให้มีขนาดเล็กกลง และเพื่อระบบการจัดการ เชื้อเพลิงเมื่อทำการอัดแท่งจะไม่ก่อให้เกิด Peak Load ตลอดจนศึกษาขนาดเครื่องที่เหมาะสมกับโรงสีและ ลานข้าวโพดในการแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลจากเปลือกและซังข้าวโพด ภายใต้เทคโนโลยีสะอาด ประหยัด พลังงาน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดมลพิษจากกระบวนการผลิต (zero waste technology) เพราะฉะนั้นแนวความคิดของโครงการวิจัยจะพัฒนาเครื่องจักรที่มีขนาดเล็กกลงและเหมาะสมกับโรงสีข้าวโพด โดยจะมีระบบการจัดการส่งวัตถุดิบ สูโรงไฟฟ้าชีวมวล หรือโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรในการแปรรูปวัตถุดิบ ต่อไป



ภาพที่ 4 เครื่องอัดเชื้อเพลิงชีวมวลแบบแท่งเหลี่ยม

ขนส่ง การเก็บรักษา การเคลื่อนย้าย และความสะอาดในการใช้งานในการผลิตพลังงานจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยกำหนดเป้าหมายเป็นวัตถุประสงค์ในการในการผลิตเอทานอลและเชื้อเพลิงชีวมวล

10. วิธีดำเนินการ :



การทดลองที่ 3.3 ศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ LCA

ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้าและการผลิตเอทานอลจากเปลือกและชังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (2560-2562)

การทดลองที่ 3.2 ศึกษากระบวนการเก็บรักษาและการขนส่งเชื้อเพลิงจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3.2.1 การเก็บรักษา

ศึกษาสมบัติการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพ เช่น ความหนาแน่น ลักษณะของขนาดที่เปลี่ยนไป มุมกอง สมบัติทางเคมีวิเคราะห์ องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value) เช่น ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และ ปริมาณเถ้า (Ash Content) ใช้วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM และ องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Value) เช่น คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ สามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยใช้เครื่อง CHNS Analyzer และสมบัติทางชีวภาพ อุณหภูมิที่เกิดจากเก็บรักษา (Ferment) บันทึกลง 5 ตำแหน่ง จากกึ่งกลางออกมาจนถึงผิวภาชนะบรรจุ โดยภาชนะบรรจุขนาด 0.1, 1, 5 และ 10 ตัน ที่ความชื้นหลังการอัด การเกิดรา ปังจี้จากศัตรูพืช ซึ่งกำหนดในการเก็บตัวอย่าง ทุกๆ 2 เดือน เป็นเวลา 1 ปี

3.2.2 การขนส่ง

ศึกษาระบบการขนส่งระยะใกล้ ไป-กลับ ไม่เกิน 60 กิโลเมตร และการขนส่งระยะทางไกล ไปกลับ 1200 กิโลเมตร เพื่อหาปัจจัยและความเป็นไปได้ในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์

3.2.3 พัฒนาเครื่องจักรให้เป็นระบบและเป็นกระบวนการผลิต

3.2.4 ทดสอบเครื่องจักรในพื้นที่แหล่งวัตถุดิบ เช่น โรงสีข้าวโพดในจังหวัดเชียงราย ลานรับสีข้าวโพดในจังหวัดพะเยา

3.2.5 ทดสอบการใช้งานเชื้อเพลิง การเผาไหม้และประสิทธิภาพเชื้อเพลิงและทดสอบการหมักเอทานอลจากซัง ที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

3.2.6 ประสานความร่วมมือกับโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงไฟฟ้าด้านข้างไปโอเอ็นเนอร์รี่ เพื่อศึกษาระบบการขนส่งเชิงพาณิชย์และคุณภาพของเชื้อเพลิงชีวมวล

3.2.7 แบบทางวิศวกรรมสำหรับโรงงานต้นแบบ

11. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 3.2 ศึกษากระบวนการเก็บรักษาและการขนส่งเชื้อเพลิงจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (2560-2561)

นำตัวอย่างไปหาคุณสมบัติสำหรับการบริหารจัดการ การเก็บรักษาและขนส่งเชื้อเพลิงจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดังนี้

ผลการศึกษา

3.2.1 การเก็บรักษา

- ความหนาแน่น (Bulk Density)
- ปริมาณความชื้น (Moisture Content)

การเก็บรักษาเปลือกและซังข้าวโพดหลังจากการแยกเมล็ด,เปลือกและซังข้าวโพดออกจากกัน โดยทางลานรับซื้อจะเก็บรักษาเปลือกและซังข้าวโพด ด้วยวิธีการกองไว้ที่ลานไม่ให้รวมกับเมล็ดและที่ตากหรือพีชชนิดอื่นที่รับซื้อ จากการสำรวจพบว่า จะมีเกษตรกรมาซื้อเพื่อไปเป็นอาหารของโคนมเพื่อทดแทนหญ้าในพื้นที่ใกล้เคียง



ภาพที่ 8 การแยกเมล็ด,เปลือก,ซังข้าวโพดและการเก็บรักษาเปลือกและซังข้าวโพด



ภาพที่ 9 ลักษณะเปลือกและซังข้าวโพด หลังจากการแยกเมล็ดออก

- ความหนาแน่น (Bulk Density)



ภาพที่ 10 การทดลองเปลือก ซัง เปลือกและซังข้าวโพด

ตารางที่ 5 แสดงค่าความหนาแน่นของซังและเปลือกข้าวโพด

ชื่อวัสดุ (แบบการทดสอบ)	ความชื้นของวัสดุที่ทำการทดสอบหาความหนาแน่น (%)	ความหนาแน่น (kg/m ³)
เปลือก	6.55	18.35 ²⁾
เปลือก (อัด)	6.55	30.58 ²⁾
ซังและเปลือก	5.51	140.21 ¹⁾
ซังและเปลือก	5.51	30.58 ²⁾
ซังและเปลือก (อัด)	5.51	48.92 ²⁾
ซัง	5.73	128.44 ²⁾
ซัง (อัด)	5.73	152.90 ²⁾

- หมายเหตุ 1) ขนาดกะบะบรรจุบรรทุก 6 ล้อ คอกสูง กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 2.3 x 5.5 x 1.4 ลูกบาศก์เมตร
 2) ขนาดภาชนะที่ทำการทดสอบ กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 0.31 x 0.31 x 0.34 ลูกบาศก์เมตร
 -การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content) ตามมาตรฐาน ASTM E871-82

ตารางที่ 6 แสดงค่าความชื้นของซังและเปลือกข้าวโพด

ชื่อวัสดุ	ปริมาณความชื้น (%)			
	ค่ามากที่สุด (Max)	ค่าน้อยที่สุด (Min)	ค่าเฉลี่ย (Average)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
ซังข้าวโพด	39.43	30.31	34.94	3.78
เปลือกข้าวโพด	14.22	12.04	13.07	0.78

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value)

ตัวอย่าง	ซ้ำ	% MC	%VM	%Ash	%FC	LHV (kJ/kg)
ซังข้าวโพด	1	11.44	81.48	2.00	7.32	16,900
	2	10.95	81.05	1.50	7.62	16,887
	3	9.50	81.39	1.99	7.59	16,863
เฉลี่ย		10.63	81.31	1.83	7.51	16,883
เปลือกข้าวโพด	1	26.37	87.42	2.00	2.53	-
	2	22.50	87.84	2.97	1.72	-
	3	25.23	86.79	3.00	2.20	-
เฉลี่ย		24.70	87.35	2.66	2.15	-

ตารางที่ 8 องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Value)

ตัวอย่าง	องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (%)				
	% C	%H	%N	%S	%O
ซังข้าวโพด 1	48.62	6.53	0.44	0.14	42.89

ซังข้าวโพด 2	48.11	5.41	0.44	0.19	44.08
ซังข้าวโพด 3	48.61	6.54	0.46	0.15	43.52
เฉลี่ย	48.45	6.49	0.45	0.16	43.35

พบว่าองค์ประกอบโดยประมาณของซังและเปลือกข้าวโพดมีความชื้นอยู่ที่ 10.63 % และ 24.7 % ความชื้นฐานเปียก ปริมาณสารที่ระเหยได้ 81.31% และ 87.35% ส่วนของเถ้าอยู่ที่ 1.83 และ 2.66 ส่วนของคาร์บอนคงตัวอยู่ที่ 7.51 และ 2.51 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นบริเวณเปลือกข้าวโพดมีความสูงสูงกว่าบริเวณของซัง ส่วนปริมาณของสารระเหยของทั้งเปลือกและซังอยู่ในร้อยละที่ใกล้เคียงกันและปริมาณของเถ้าหรือสารอนินทรีย์ส่วนใหญ่จะพบในเปลือกข้าวโพดสูงกว่าในส่วนของซัง และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกธาตุในส่วนของซังข้าวโพดพบว่าในซังข้าวโพดมีปริมาณคาร์บอน 48.5 % ไฮโดรเจน 6.49% ไนโตรเจน 0.45% ซัลเฟอร์ 0.16% และออกซิเจน 43.35% เห็นได้ชัดเจนว่าในเปลือกข้าวโพดมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงกว่าเปลือกข้าวโพด และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกธาตุ ในซังข้าวโพดแล้วยังพบธาตุคาร์บอนสูงกว่าธาตุอื่นจึงมีแนวโน้มนำซังข้าวโพดเข้าสู่กระบวนการทดสอบเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงและนำเชื้อเพลิงที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพในลำดับต่อไป

3.2.2 การขนส่ง

จากการศึกษาการขนส่ง ระยะทาง 200 กิโลเมตร จากสหกรณ์การเกษตรเพื่อการตลาดลูกค้า ธกส. นครราชสีมา อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา มายัง ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น จ.ขอนแก่น

ทีมวิจัยได้ดำเนินการศึกษาวิธีการขนส่งซังและเปลือกข้าวโพดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันในพื้นที่ศึกษาวิเคราะห์ ประสิทธิภาพการขนส่ง ครั้งนี้ได้ศึกษาการขนส่งเปลือกและซังข้าวโพดโดยรถ 6 ล้อและรถกระบะ โดยศึกษาตั้งแต่วิธีการขนย้ายเปลือกและซังข้าวโพดจากกองที่ลานรับซื้อเพื่อบรรทุกบนรถขึ้นใส่รถ 6 ล้อและรถกระบะ วิธีการขนย้ายเปลือกและซังข้าวโพดลงจากรถ น้ำหนักที่บรรทุกได้ โดยการขนย้ายจากกองที่ลานรับซื้อเพื่อบรรทุกบนรถขึ้นใส่รถ 6 ล้อและรถกระบะใช้รถตักขนาดใหญ่เป็นเป็นวิธีการที่สะดวกและรวดเร็ว ดังภาพที่ 11-12 และวิธีการขนเปลือกและซังข้าวโพดลงจากรถ 6 ล้อ ได้ใช้แรงงานคนในการขนย้ายซึ่งทำได้ค่อนข้างลำบากและใช้เวลานาน เนื่องจากรถ 6 ล้อที่ทำการศึกษเป็นแบบไม่มีดีมพ์ ดังภาพที่ 13 แต่ถารถ 6 ล้อเป็น

แบบดัมพ์ลงได้ก็จะทำได้สะดวกและรวดเร็ว และการศึกษาพบว่ารถ 6 ล้อใช้อัตราเชื้อเพลิงในการขนส่ง 5 กิโลเมตรต่อน้ำมันเชื้อเพลิง 1 ลิตร

สำหรับการขนส่งโดยรถกระบะ ได้ศึกษาเฉพาะวิธีการขนย้ายเปลือกและซังข้าวโพดจากกองที่ลานรับซื้อเพื่อบรรทุกบนรถขึ้นใส่รถกระบะ ด้วยรถดักขนาดใหญ่เป็นเป็นวิธีการที่สะดวกและรวดเร็วดังภาพที่ 14-15

จากการศึกษาพบว่า น้ำหนักที่บรรทุกได้และเวลาที่ใช้ในการขนย้ายจากกองที่ลานรับซื้อเพื่อบรรทุกบนรถของรถ 6 ล้อและรถกระบะ 4 ล้อแตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 7 น้ำหนักที่บรรทุกได้ของรถบรรทุก 2 ชนิด

ชนิดของรถบรรทุก	เวลาที่ใช้ในขนย้ายเพื่อบรรทุก (นาที)	น้ำหนักที่บรรทุกได้ (กิโลกรัม)
รถกระบะ	9	1,525
รถ 6 ล้อ	17	3,370



ภาพที่ 11 การขนย้ายซังและเปลือกข้าวโพดจากลานขึ้นบรรทุกบนรถ 6 ล้อด้วยรถดัก (CAT รุ่น 910F)



ภาพที่ 12 การขนย้ายซังและเปลือกข้าวโพดจากลานขึ้นบรรทุกบนรถ 6 ล้อ ด้วยรถดัก (CAT รุ่น 910F)



ภาพที่ 13 รถบรรทุก 6 ล้อขณะกำลังซังน้ำหนักรวม และขั้นตอนการลงเปลือกและซังข้าวโพดจากรถโดยแรงงานคน



ภาพที่ 14 รถกะบะ และการขนย้ายซังและเปลือกข้าวโพดจากลานขึ้นบรรทุกบนรถกะบะด้วยรถตัด (CAT รุ่น 910F)



ภาพที่ 15 รถกะบะบรรทุกซังและเปลือกข้าวโพดและซังน้ำหนักรวม

จากการศึกษาการขนส่ง ระยะทาง 70 กิโลเมตร จากลานไทยเจริญพืชผล อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น มายัง ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น จ.ขอนแก่น

ทีมวิจัยได้ดำเนินการศึกษาวิธีการขนส่งซังและเปลือกข้าวโพดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา วิเคราะห์ ประสิทธิภาพการขนส่ง ครั้งนี้ได้ศึกษาการขนส่งเปลือกและซังข้าวโพดโดยรถ 6 ล้อและรถพ่วง โดยศึกษาตั้งแต่วิธีการขนย้ายเปลือกและซังข้าวโพดจากกองที่ลานรับซื้อเพื่อบรรทุกบนรถขึ้นใส่รถ 6 ล้อและรถพ่วง วิธีการขนย้ายเปลือกและซังข้าวโพดลงจากรถ น้ำหนักที่บรรทุกได้ โดยการขนย้ายจากกองที่ลานรับซื้อเพื่อ

บรรทุกบนรถขึ้นใส่รถ 6 ล้อและรถพ่วงโดยใช้รถตักขนาดใหญ่เป็นเป็นวิธีการที่สะดวกและรวดเร็ว ดังภาพที่ 16-18 และวิธีการขนเปลือกและซังข้าวโพดลงจากรถ 6 ล้อ ได้ใช้แรงงานคนในการขนย้ายซึ่งทำได้ค่อนข้างลำบากและใช้เวลานาน เนื่องจากรถ 6 ล้อที่ทำการศึกษาคือแบบไม่มีดัมพ์ ดังภาพที่ 19 แต่ถ้าวางรถ 6 ล้อเป็นแบบดัมพ์ลงได้ก็จะทำได้สะดวกและรวดเร็ว ส่วนการขนเปลือกและซังข้าวโพดลงจากรถพ่วงต้องทำอย่างระมัดระวังโดยการขนย้ายลงจะต้องค่อยๆดัมพ์ลงเพื่อจะไม่ทำให้เปลือกและซังข้าวโพดอัดตัวกันแน่นเนื่องจากการดัมพ์ลงอย่างรวดเร็ว ดังภาพที่ 22 แต่ถ้ารีบดัมพ์ลงอย่างรวดเร็วจะทำให้เปลือกและซังข้าวโพดอัดตัวกันแน่นที่ด้านหลังของดัมพ์จึงต้องใช้แรงงานคนในการแก้ไข ดังภาพที่ 23 เพื่อให้สามารถดัมพ์ลงได้อย่างสะดวกแต่วิธีการนี้ใช้เวลานานในการแก้ไข ดังภาพที่ 24-25 จากการศึกษาพบว่า น้ำหนักที่บรรทุกได้และเวลาที่ใช้ในการขนย้ายจากกองที่ลานรับซื้อเพื่อบรรทุก บนรถของรถ 6 ล้อ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 น้ำหนักที่บรรทุกได้ของรถบรรทุก 6 ล้อ

ชนิดของรถบรรทุก	เวลาที่ใช้ในการขึ้นชีวมวล (นาท)	น้ำหนักที่บรรทุกได้ (กิโลกรัม)
รถ 6 ล้อ	10	1,535
รถพ่วง (2 พ่วง)	24	8,585



ภาพที่ 16 บริเวณด้านหน้าลานไทยเจริญพืชผล อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น



ภาพที่ 17 การขนย้ายเปลือกและซังข้าวโพดจากลานตากขึ้นบรรทุกบนรถ 6 ล้อด้วยรถตัก (komatsu)



ภาพที่ 18 รถ 6 ล้อบรรทุกเปลือกและซังข้าวโพดและซังน้ำหนักร



ภาพที่ 19 การนำเปลือกและซังข้าวโพดลงจากรถโดยแรงงานคน



ภาพที่ 20 การขนย้ายเปลือกและซังข้าวโพดจากลานตากขึ้นบรรทุกบนรถพ่วงด้วยรถตัก (komatsu)



ภาพที่ 21 รถพ่วงขณะชั่งน้ำหนัก



ภาพที่ 22 การตัมพ์แล้วเกิดปัญหาเปลือกและอัดตัวแน่น



ภาพที่ 23 ใช้แรงงานคนในการแก้ไขเปลือกและซังข้าวโพดที่อัดตัว



ภาพที่ 24 ใช้แรงงานคนในการแก้ไขเปลือกและซังข้าวโพดที่อัดตัวและใช้แรงงานคนในการแก้ไขเปลือกและซังข้าวโพดที่อัดตัว



ภาพที่ 25 การคัมพ์ลงของเปลือกและซังข้าวโพดหลังจากการแก้ไข

ซึ่งเมื่อมีการนำเครื่องอัดก่อนมาใช้จากการศึกษาลักษณะการบรรทุกเคลื่อนย้ายก้อนชีวมวลจากการศึกษาอัตราการบรรทุกชีวมวลของรถ 6 ล้อ มีขนาดพื้นที่ 9.03 ตารางเมตร (รถบรรทุก 6 ล้อขนาดกลาง ความกว้าง 2.10 เมตรยาว 4.30 เมตร) สามารถเรียงก้อนชีวมวลขนาดปริมาตร 0.15 ลบ.ม. (กxยxส 0.5x0.6x0.5) ได้ $9 \times 3 \times 4 = 108$ ก้อน เทียบเท่ากับน้ำหนัก 3,032 ตัน และการเรียงก้อนชีวมวลขนาดปริมาตร 0.24 ลบ.ม. (กxยxส 0.5x0.8x0.6) ได้ $6 \times 3 \times 4 = 72$ ก้อน เทียบเท่ากับน้ำหนัก 2,149 ตัน จากเดิม 1,535 ตัน และมีทำการจัดเรียงจะได้เพียง 68 ก้อน ซึ่งในการขนส่งจะสามารถเพิ่มความสูงได้



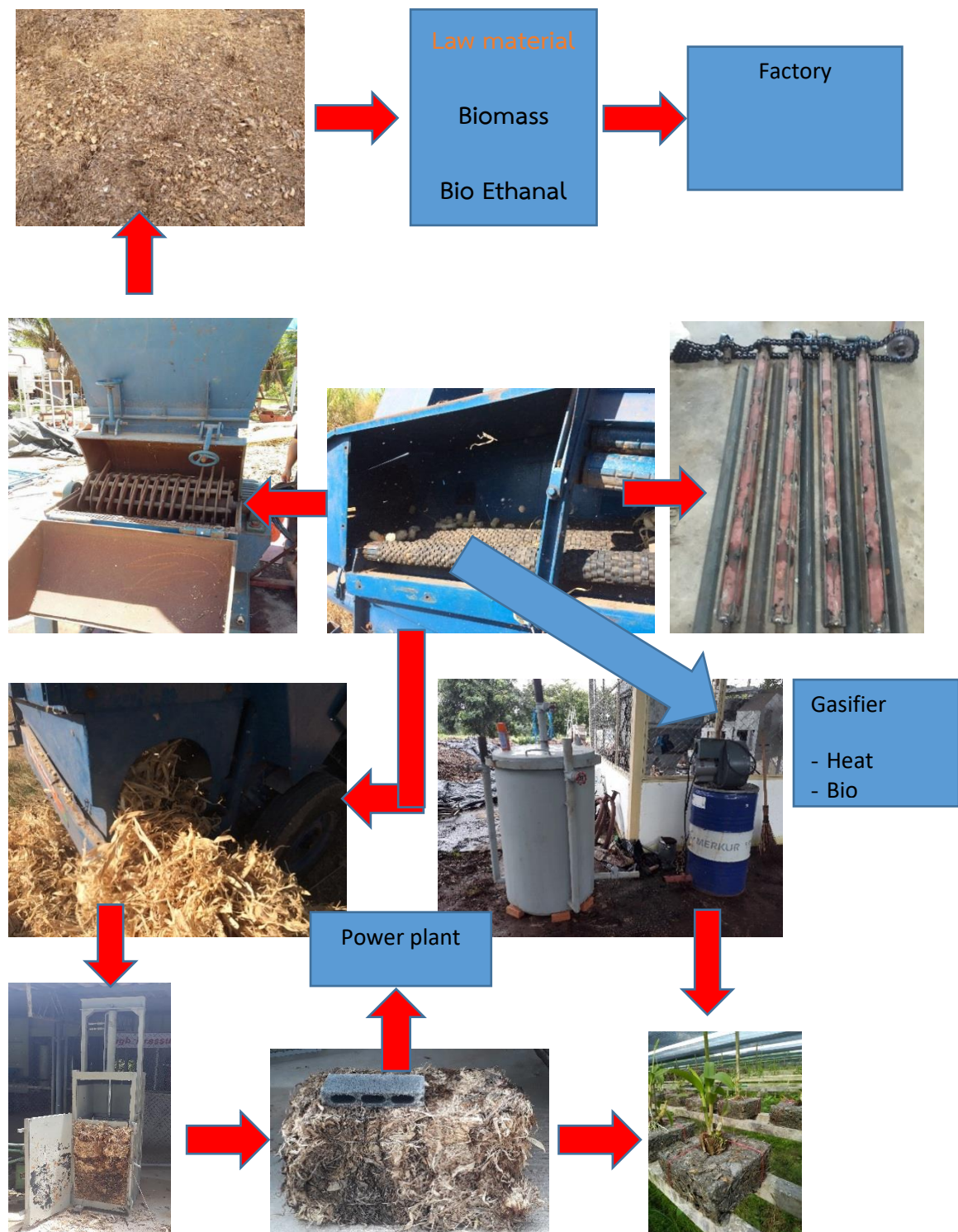
ภาพที่ 26 รถบรรทุกที่ทำการขนส่งชีวมวลมีความกว้าง 2.10 เมตรยาว 4.30 เมตร ระยะความสูงในการ

บรรทุกก้อนชีวมวลอยู่ที่ 2 เมตร จัดเรียงได้ 3 แถว จำนวนแถวละ 4 ก้อน สำหรับแถวด้านข้าง และ 3 ก้อนสำหรับแถวกลาง



ภาพที่ 27 การจัดเรียงก้อนชีวมวลสำหรับขนส่ง 1 ครั้ง สำหรับรถบรรทุกที่มี (รถบรรทุก 6 ล้อขนาดกลาง) สามารถบรรทุกชีวมวลได้เต็มอัตราจำนวน 68 ก้อน

จากการดำเนินงาน ปัจจุบันผู้วิจัยได้พัฒนาเครื่องจักรให้เป็นระบบและเป็นกระบวนการผลิตสร้างกระบวนการผลิตโรงงานต้นแบบ เช่น การพัฒนาเครื่องแยกเปลือกและซัง ร่วมกับเครื่องอัดก้อนชีวมวล เพื่อให้เป็นไปตามโรงงานต้นแบบตามหลักวิศวกรรมดังภาพ 29-31 ซึ่งมีกระบวนการผลิตแสดงดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 เครื่องจักรที่นำมาประเมิน LCA



ภาพที่ 29 การสร้างโรงงานต้นแบบเพื่อแปรรูปเปลือกและซังสำหรับการเป็นเชื้อเพลิง



ภาพที่ 30 โรงงานต้นแบบกระบวนการแปรรูปเปลือกและซังสำหรับการเป็นเชื้อเพลิง



ภาพที่ 31 โรงงานต้นแบบกระบวนการอัดเปลือกเป็นเชื้อเพลิง

12.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ : การทดลองที่ 3.2 ศึกษากระบวนการเก็บรักษาและการขนส่งเชื้อเพลิงจากซังและเปลือกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สมบัติความเป็นเชื้อเพลิงพบว่าองค์ประกอบโดยประมาณของซังและเปลือกข้าวโพดมีความชื้นอยู่ที่ 10.63 % และ 24.7 % ความชื้นฐานเปียก ปริมาณสารที่ระเหยได้ 81.31% และ 87.35% ส่วนของเถ้าอยู่ที่ 1.83 และ 2.66 ส่วนของคาร์บอนคงตัวอยู่ที่ 7.51 และ 2.51 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณความชื้นบริเวณเปลือกข้าวโพดมีความสูงสูงกว่าบริเวณของซัง ส่วนปริมาณของสารระเหยของทั้งเปลือกและซังอยู่ในร้อยละที่ใกล้เคียงกันและปริมาณของเถ้าหรือสารอนินทรีย์ส่วนใหญ่จะพบในเปลือกข้าวโพดสูงกว่าในส่วนของซัง และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกธาตุในส่วนของซังข้าวโพด พบว่าในซังข้าวโพดมีปริมาณคาร์บอน 48.5 % ไฮโดรเจน 6.49% ไนโตรเจน 0.45% ซัลเฟอร์ 0.16% และออกซิเจน 43.35% เห็นได้ชัดเลยว่าในซังข้าวโพดมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงกว่าเปลือกข้าวโพด และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกธาตุในซังข้าวโพดแล้ว ยังพบปริมาณธาตุคาร์บอนสูงกว่าธาตุอื่นจึงมีแนวโน้มนำซังข้าวโพดเข้าสู่กระบวนการทดสอบเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงและนำเชื้อเพลิงที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพในลำดับต่อไป เมื่อมีการนำเครื่องอัดก่อนมาใช้จากการศึกษาลักษณะการบรรทุกเคลื่อนย้ายก้อนชีวมวลจากการศึกษาอัตราการบรรทุกชีวมวลของรถ 6 ล้อ มีขนาดพื้นที่ 9.03 ตารางเมตร (รถบรรทุก 6 ล้อ ขนาดกลาง ความกว้าง 2.10 เมตรยาว 4.30 เมตร) สามารถเรียงก้อนชีวมวลขนาดปริมาตร 0.15 ลบ.ม. (ก x ย x ส 0.5x0.6x0.5) ได้ $9 \times 3 \times 4 = 108$ ก้อน เทียบเท่ากับน้ำหนัก 3,032 ตัน และการเรียงก้อนชีวมวลขนาดปริมาตร 0.24 ลบ.ม. (ก x ย x ส 0.5x0.8x0.6) ได้ $6 \times 3 \times 4 = 72$ ก้อน เทียบเท่ากับน้ำหนัก 2,149 ตัน จากเดิม 1,535 ตัน และมีทำการจัดเรียงจะได้เพียง 68 ก้อน ซึ่งในการขนส่งจะสามารถเพิ่มความสูงได้อีก ทำให้การขนส่งอาจเกินปริมาณของรถบรรทุก

12 . การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ : เมื่อมีผู้นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์แล้ว สามารถช่วยให้เกษตรกรชาวไร่ข้าวโพดมีรายได้ที่เพิ่มขึ้นและช่วยลดต้นทุนการผลิต และลดการใช้แรงงานในภาคการผลิตลง และส่งเสริมให้เกษตรกรและกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรมีเครื่องจักรที่มีราคาต้นทุนที่ต่ำลง ในด้านสิ่งแวดล้อมจะเข้าไปช่วยลดการเผาซัง

ข้าวโพดในพื้นที่ผลิตลงทำให้ไม่เกิดมลภาวะที่เป็นพิษต่อ
สิ่งแวดล้อม

12. คำขอบคุณ (ถ้ามี) : งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัย
แห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัยโครงการบูรณาการ ประจำปี 2559
ระยะเวลาทำการวิจัย 3 ปีทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้
ขอขอบคุณ คณะกรรมการสำนักผู้เชี่ยวชาญพิจารณาโครงการ ผอ.
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมเกษตร ได้ให้คำแนะนำข้อเสนอแนะต่อ
คณะผู้วิจัย

13. เอกสารอ้างอิง :

- กรมวิชาการเกษตร. 2542. ระบบข้อมูลวิชาการ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. [Online], Available:
<http://www.doa.go.th>. สืบค้น 24 มีนาคม 2557.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2553. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร สำนัก
พัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร.
- กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา. 2548. วัสดุอินทรีย์และปุ๋ยคอก ในพื้นที่ทำการเกษตร. เอกสารวิชาการกรม
วิชาการเกษตร. 19/2548.
- จันทนา พุทธธรร. 2528. เฟอร์ฟูลจากซังข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,
กรุงเทพฯ.
- ชนะ ผิวเหลือง, สมยศ กิจคำและ จุติเทพ โปธิปักษ์. 2542. ผลกระทบของวัสดุเพาะชำ ต่อการ
เจริญเติบโตของกล้าไม้ยางแดง. รายงานนวนวัฒนวิจัย ประจำปี 2542 ส่วนนวนวัฒนวิจัย
สำนักวิชาการป่าไม้ กรุงเทพฯ
- ชัยรัตน์ สัมณ. 2550. เครื่องสับหั่นบด..แม่โจ้ สู้ปัจจัยเครือข่ายเกษตรกรรม. หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ
ฉบับวันอังคาร ที่ 14 สิงหาคม 2550.
- ชมรมส่งเสริมเกษตรชีวภาพ, 2554. วัสดุปลูกและภาชนะปลูกกล้วยไม้. [Online], Available:
<http://orchids21.tripod.com/Html/media.html>, [Accessed 24 มกราคม พ.ศ.2553]
- ทิพย์ตรุณี สิทธินาม. 2547. ผลของวัสดุปลูกและปุ๋ยต่อการงอกและการเจริญเติบโตของไม้ดอกกระถาง.
วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (พืชสวน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ประยูร ปัญญา. 2540. ผลของวัสดุปลูกและธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้รองเท้านารี.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 64 น.
- พงศธร ใคว์ควาภรณ์. 2537. ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
กรุงเทพฯ.

- พงษ์ศักดิ์ โอซารส. 2539. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดโดยใช้เกลือแกง เป็นสารกระตุ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- สุภาภรณ์ มั่นไทรทอง. 2541. การหาหารดูดซับไอของโพลีเอทิลีนและโซลีนบนถ่านกัมมันต์ซึ่งเตรียมจากซังข้าวโพดโดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ
- สุคนธ์ แสงแก้ว. 2538. ผลของวัสดุปลูกและอัตราปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). พืชสวน (พืชสวน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุชาติ จิตรภิมย์ศรี. 2539. การใช้ประโยชน์ซีลีเนียมที่ปล่อยเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดสำหรับเป็นวัสดุปลูกไม้กระถาง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต.(เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร) มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.
- ธีระยุทธ นาคแดง. 2552. การพัฒนาวัสดุปลูกกล้วยไม้สกุลหวายตัดดอกร่วมกับเทคโนโลยีทางปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุอินทรีย์ในท้องถิ่น. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,ขอนแก่น. 23 หน้า.
- นิบลล เหลืองช่อสิริ . 2547. การศึกษาขนาดวัสดุปลูกและความถี่การให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์บอมโฌ. วิทยานิพนธ์ (วท.ม.)-สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 46 หน้า. ISBN: 974-324-993-1
- นิรนาม. 2553. ศูนย์ส่งเสริมการเกษตรและสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืน. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก:
<http://dmxtechnology.blogspot.com/2010/03/blog-post.html>
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2544. การผลิตก๊าซชีววมวลจากซังข้าวโพดเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงอบเมล็ดข้าวโพด. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- วิทยา ปั่นสุวรรณ, นงค์นุช ธนุแสง และ บุญญฤทธิ์ ชูประยูร. 2543. โซลอสจากซังข้าวโพดโดยการระเบิดด้วยไอน้ำ. หน้า 507. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 38 วันที่ 1-4 กุมภาพันธ์ 2543. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วีรชัย อัจหาญและคณะ.2554. โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- วิไล สันติโสภาศรี และคณะ. 2546. รายงานการวิจัยสถานภาพของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรและการใช้ประโยชน์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 2-54
- สมเกียรติ รุจิวัฒน์. 2523. สายการสังเคราะห์ 2- pyrrolidone ที่อาจเป็นได้จากซังข้าวโพดเพื่อใช้ในทางเภสัชกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- หนังสือพิมพ์เดลินิวส์, 2554. มะพร้าวขาดแคลนกระทบชาวสวนกล้วยไม้.
[Online], Available: <http://www.dailynews.co.th/newstartpage/index.cfm?page=category&categoryid=343>, [Accessed 10 มิถุนายน พ.ศ.2554]
- Adesanya, D. A. 1996. Evaluation of blended cement mortar, concrete and stabilized earth made from ordinary Portland cement and Maize cob ash. *Construction and Building Materials*. 10(6): 451-456.

Anonymous. 2011. Watering your orchid. Available:

http://www.beautifulorchids.com/orchids/orchid_care_tips/watering/watering.html
(15/06/2011).

Chita Inpar. 2009. Effect of Potting Media, Fertilizer and Watering Frequency on Growth and Flowering of *Dendrobium scabrilingue* Lindl. *Journal of Agr. Research & Extension* 26(3): 1-11

de Souza, F. D., C. G. M. de Souza and R. M. Peralta. 2001. Effect of easily metabolizable sugars in the production of xylanase by *Aspergillus tamaris* in solid-state fermentation. *Proc. Biochem.* 36(8-9): 835-838.

Dominguez, J. M. C. Ningjun, C. S. Gong and G. E. Tsao. 1997. Dilute acid hemicellulose hydrolysates from Maize cobs for xylitol production by yeast. *Bioresource Tech.* 61(1): 85-90.

Muhammad A. B., M. Ahmad and M. A. Anjum. 2007. Effect of various potting media on growth of rooted *Jojoba (Simmondsia chinensis)* cuttings. *International Journal of agriculture & Biology* : 147-151

Ramahsamay, K.D. 2008. Oil Palm Waste and Sewage Sludge Composts as Potting Media For *Chrysanthemum*. Master Thesis, Universiti Putra Malaysia.

Rivas, B., J. M. Dominguez, H. Dominguez and J. C. Parajo. 2002. Bioconversion of posthydrolysed autohydrolysis liquors: an alternative for xylitol production from Maize cobs. *Enzyme and Microbial Tech.* 4(2): 431-438.

Singh, A., A. B. Abidi, A. K. Agrawal and N. S. Darmwal. 1989. Evaluation of alkali treatment for biodegradation of Maize cobs by *Aspergillus niger*. *Folia Microbiologie*. 34(6): 479-484.

กรมวิชาการเกษตร. 2542. ระบบข้อมูลวิชาการ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. [Online], Available:
<http://www.doa.go.th>. สืบค้น 24 มีนาคม 2557.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2553. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. เอกสารอิเล็กทรอนิกส์ กลุ่มสื่อส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร.

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา. 2548. วัสดุอินทรีย์และปุ๋ยคอก ในพื้นที่ทำการเกษตร. เอกสารวิชาการกรมวิชาการเกษตร. 19/2548.

จันทนา พุทธธรร. 2528. เฟอร์ฟูลจากซังข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ชนะ ผิวเหลือง, สมยศ กิจคำและ จุติเทพ โพธิ์ปักษ์. 2542. ผลกระทบของวัสดุเพาะชำ ต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางแดง. *รายงานงานวิจัย ประจำปี 2542 ส่วนงานวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรุงเทพฯ*

ชัยรัตน์ สัมฉุน. 2550. เครื่องสับหั่นบด...แม่โจ้ สู้ปัจจัยเครือข่ายเกษตรกรรม. หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ ฉบับวันอังคาร ที่ 14 สิงหาคม 2550.

ชมรมส่งเสริมเกษตรชีวภาพ, 2554. วัสดุปลูกและภาชนะปลูกกล้วยไม้. [Online], Available:

<http://orchids21.tripod.com/Html/media.html>, [Accessed 24 มกราคม พ.ศ.2553]

ทิพย์ศรี สิริธินาม. 2547. ผลของวัสดุปลูกและปุ๋ยต่อการงอกและการเจริญเติบโตของไม้ดอกกระถาง.

วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (พืชสวน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ประยูร ปัญญา. 2540. ผลของวัสดุปลูกและธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้รองเท้านารี.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 64 น.

พงศธร ด้วงชากรณ์. 2537. ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ โอซารส. 2539. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดโดยใช้เกลือแกง เป็นสารกระตุ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

สุภาภรณ์ มั่นไทรทอง. 2541. การหาหารดูดซับไอของโกลูอินและไซลีนบนถ่านกัมมันต์ซึ่งเตรียมจากซังข้าวโพดโดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

สุนันท์ แสงแก้ว. 2538. ผลของวัสดุปลูกและอัตราปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน.

วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). พืชสวน (พืชสวน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุชาดา จิตรภิมย์ศรี. 2539. การใช้ประโยชน์ซีลีเนียมที่ผลิตขึ้นจากการเพาะเห็ดสำหรับเป็นวัสดุปลูกไม้กระถาง.

วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร) มหาวิทยาลัยมหิดล.

กรุงเทพฯ.

ธีระยุทธ นาคแดง. 2552. การพัฒนาวัสดุปลูกกล้วยไม้สกุลหวายตัดดอกพร้อมกับเทคโนโลยีทางปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุอินทรีย์ในท้องถิ่น. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,ขอนแก่น. 23 หน้า.

นิลุบล เหลืองซ้อสิริ . 2547. การศึกษาขนาดวัสดุปลูกและความถี่การให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์บอมโม่. วิทยานิพนธ์ (วท.ม.)-สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 46 หน้า. ISBN: 974-324-993-1

นิรนาม. 2553. ศูนย์ส่งเสริมการเกษตรและสิ่งแวดล้อมแบบยั่งยืน. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก:

<http://dmxtechnology.blogspot.com/2010/03/blog-post.html>

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2544. การผลิตก๊าซชีววมวลจากซังข้าวโพดเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงอบเมล็ดข้าวโพด.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

วิทยา ปั่นสุวรรณ, นงค์นุช ธนุแสง และ บุญญฤทธิ์ ชูประยูร. 2543. ไซโลสจากซังข้าวโพดโดยการระเบิดด้วยไอน้ำ. หน้า 507. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 38 วันที่ 1-4

กุมภาพันธ์ 2543. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีรชัย อัจหาญและคณะ. 2554. โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

วิไล สันติโสภาศรี และคณะ. 2546. รายงานการวิจัยสถานภาพของวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรและการใช้ประโยชน์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. หน้า 2-54

สมเกียรติ รุจิรัตน์. 2523. สายการสังเคราะห์ 2- pyrrolidone ที่อาจเป็นได้จากซังข้าวโพดเพื่อใช้ในทางเภสัชกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

หนังสือพิมพ์เดลินิวส์, 2554. มะพร้าวขาดแคลนกระทบชาวสวนกล้วยไม้.

[Online], Available: <http://www.dailynews.co.th/newstartpage/index.cfm?page=category&categoryid=343>, [Accessed 10 มิถุนายน พ.ศ.2554]

Adesanya, D. A. 1996. Evaluation of blended cement mortar, concrete and stabilized earth made from ordinary Portland cement and Maize cob ash. *Construction and Building Materials*. 10(6): 451-456.

Anonymous. 2011. Watering your orchid. Available:

http://www.beautifulorchids.com/orchids/orchid_care_tips/watering/watering.html (15/06/2011).

Chita Inpar. 2009. Effect of Potting Media, Fertilizer and Watering Frequency on Growth and Flowering of *Dendrobium scabrilingue* Lindl. *Journal of Agr. Research & Extension* 26(3): 1-11

de Souza, F. D., C. G. M. de Souza and R. M. Peralta. 2001. Effect of easily metabolizable sugars in the production of xylanase by *Aspergillus tamaraii* in solid-state fermentation. *Proc. Biochem.* 36(8-9): 835-838.

Dominguez, J. M. C. Ningjun, C. S. Gong and G. E. Tsao. 1997. Dilute acid hemicellulose hydrolysates from Maize cobs for xylitol production by yeast. *Bioresource Tech.* 61(1): 85-90.

Muhammad A. B., M. Ahmad and M. A. Anjum. 2007. Effect of various potting media on growth of rooted Jojoba (*Simmondsia chinensis*) cuttings. *International Journal of agriculture & Biology* : 147-151

Ramahsamay, K.D. 2008. Oil Palm Waste and Sewage Sludge Composts as Potting Media For *Chrysanthemum*. Master Thesis, Universiti Putra Malaysia.

Rivas, B., J. M. Dominguez, H. Dominguez and J. C. Parajo. 2002. Bioconversion of posthydrolysed autohydrolysis liquors: an alternative for xylitol production from Maize cobs. *Enzyme and Microbial Tech.* 4(2): 431-438.

Singh, A., A. B. Abidi, A. K. Agrawal and N. S. Darmwal. 1989. Evaluation of alkali treatment for biodegradation of Maize cobs by *Aspergillus niger*. *Folia Microbiologie*. 34(6): 479-484.

S. Sokhansanj, A. F. Turhollow, 2004. BIOMASS DENSIFICATION – CUBING OPERATIONS AND COSTS FOR MAIZE STOVER. *Applied Engineering in Agriculture*. Vol. 20(4): 495-499

- Sudha Rani, K. M. V. Swamy and G. Seenaya. 1998. Production of ethanol from various pure and natural cellulosic biomass by *Clostridium thermocellum* strains SS21 and SS22. *Proc. Biochem.* 33(4): 435-44.
- Tia, S. 1996. Heat transfer characteristics in a small-scale fluidized bed boiler. *Fuel and Energy Abs.* 37(5): 365.
- Tsai, W. T., C. Y. Chang, S. Y. Wang, C. F. Chang, S. Chien and H. F. Sun. 2001a. Utilization of agricultural waste Maize cob for the preparation of carbon adsorbent. *J. Env. Science and Health. Part B, Pesticides, Foods Contaminants, and Agricultural Wastes.* 36(2): 677-686.
- Tsai, W. T., C. Y. Chang, S. Y. Wang, C. F. Chang, S. Chien and H. F. Sun. 2001b. Preparation of activated carbon from Maize cob catalyzed by potassium salts and subsequent gasification with CO₂. *Bioresource Tech.* 78(2): 203-208.