

## รายงานผลงานเรื่องเต็ม

### การทดลองที่ 3.3 ศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ LCA ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้าและการผลิตเอทานอลจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

- 
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 3.3 ศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ LCA ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้าและการผลิตเอทานอลจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
  6. ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : -
  7. คณะผู้ดำเนินงาน  
หัวหน้าการทดลอง : นายพินิจ จิระคกุล ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น  
ผู้ร่วมงาน : นายอนุชา เชาวโชติ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม  
: นายสิทธิชัย ดาศรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม  
: นายสมเดช ไทยแท้ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม  
: นายสมชาย พิมพ์พันธ์กุล ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น  
: นายอุทัย ธานี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

## 8. บทคัดย่อ

การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ LCA และเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าและการผลิตเอทานอลจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อหาระบบการจัดการที่เหมาะสมต่อสิ่งแวดล้อม โดยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันจะสามารถลดการปลดปล่อยได้ 92.5% หรือปลดปล่อย 111.93 kg CO<sub>2</sub>-eq/ton และสามารถพัฒนาต่อไปในการผลิตถ่านอัดก้อนหรือวัสดุปลูกกล้วยไม้ ซึ่งจะทำให้ลดการเผาที่ส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เกิดขึ้นมีค่าปริมาณปล่อย CO<sub>2</sub>-eq/kg 1,501.72 kg CO<sub>2</sub>-eq/ton ผลผลิต หรือ 555.63 kg CO<sub>2</sub>-eq/rai<sup>2</sup> โดยการศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนใช้เครื่องจักรแปรรูปในการผลิตวัตถุดิบพบว่า นำเปลือกและซังมาแยกเพื่อนำเปลือกไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงและนำซังมาผลิตเป็นถ่านอัดก้อนและนำเปลือกและซังมาแยกเพื่อนำเปลือกไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงและนำซังมาผลิตเป็นถ่านอัดก้อนวัสดุปลูก มีแนวโน้มที่สามารถดำเนินการผลิตเชิงพาณิชย์ได้โดยระยะเวลาคืนทุนมีค่า 1.14 และ 1.53 ปี อัตราผลตอบแทนการลงทุน 80.71 และ 52.80 % ตามลำดับ ส่วนการแปรรูปอื่นยังไม่เหมาะสมต่อการลงทุน

: -

## 9. คำนำ

### 9.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากวิกฤติพลังงานประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานมูลค่ามากกว่าหนึ่งล้านล้านบาท ทั้งในรูปน้ำมันดิบ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ไฟฟ้าและอื่นๆ ทำให้หน่วยงานของรัฐเร่งหาแหล่งพลังงานทดแทน โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงพลังงาน กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงพาณิชย์ และกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้จัดทำนโยบายพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นแหล่งพลังงานหลักของประเทศด้วยการจัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25 % ใน 10 ปี (ปี 2555-2564) ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ของแผนเพื่อให้ประเทศไทยใช้พลังงานทดแทนเป็นพลังงานหลักของประเทศแทนการนำเข้าน้ำมันเพื่อเพิ่มความมั่นคงในการจัดหาพลังงานให้ประเทศ การพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกของประเทศในช่วงที่ผ่านมา ประสบปัญหาทั้งด้านขาดแคลนวัตถุดิบ ราคาวัตถุดิบมีราคาแพง และลักษณะทางกายภาพยังไม่เหมาะสมกับเทคโนโลยี วิธีการเก็บรักษาวัตถุดิบในการผลิตนอกฤดูการเพาะปลูก 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 สัตว์ส่วนเคี้ยววัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะมีปริมาณซึ่งต่อผลผลิตมีค่า 0.19-

0.33 (เฉลี่ย 26 เปอร์เซ็นต์) เทียบกับผลผลิต ซึ่งหมายความว่า จะเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปริมาณมี 1.19 ล้านตัน แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์เพียง 44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเป็นซึ่งทั้งหมด โดยส่วนที่ เหลือส่วนใหญ่จะเป็นเปลือกและซังรวมกันซึ่งมีปริมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ หรือเทียบเท่ากับ 0.67 ล้านตัน สามารถนำไปผลิตพลังงานความร้อน 11,055 เทราจูลหรือผลิตไฟฟ้าได้ 70 เมกกะวัตต์(ประสิทธิภาพ โรงไฟฟ้า 20 เปอร์เซ็นต์) แต่เนื่องจากเศษวัสดุเหลือใช้จากเปลือกและซังข้าวโพดจะขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บ เกี่ยวของเกษตรกรโดยในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่จะเก็บข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง เปลือกและฝักพร้อมกันทำให้เศษวัสดุที่เกิดขึ้นจะเป็นเปลือกพร้อมกับซังซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ใน อุตสาหกรรม เอทานอล หรือ การผลิต Furfural ได้ และมีจำนวนมากตามโรงสีหรือลานสีข้าวโพด ซึ่งยาก ต่อการจัดการ และลักษณะทางกายภาพของเปลือกและซังข้าวโพดมีลักษณะฟูไม่เหมาะต่อการนำไปเป็น เชื้อเพลิงชีวมวลเนื่องจากต้องมีการบ้อนเชื้อเพลิงอยู่ตลอดเวลาไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน ทำให้โรงสี ข้าวโพดหรือลานนวดข้าวโพด นิยมเผาทำลายเพื่อลดการจัดการภายในพื้นที่ ก่อให้เกิดมลภาวะทาง อากาศอย่างมาก ซึ่งปัจจุบันคณะผู้วิจัยได้ศึกษาพลังงานทดแทนจากชีวมวลที่เกิดขึ้นจากวัสดุเกษตร และ มีประสบการณ์การวิจัยโครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน (ระดับชุมชน) ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน จึงเห็นว่า การพัฒนา เครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลมีความจำเป็นอย่างยิ่งและสามารถส่งเสริมการใช้เศษวัสดุ เหลือทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพได้ โดยใช้หลักการ Re-engineering เพื่อปรับปรุงระบบการ จัดการเครื่องจักรให้เหมาะสมกับโรงสีข้าวโพดในการผลิตเชื้อเพลิงเพื่อจำหน่าย ตลอดจนสามารถเก็บรักษา เชื้อเพลิงไว้ในฤดูที่ขาดแคลนวัตถุดิบในการอบข้าวโพด จากการวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงแท่งตะเกียบ (Wood Pellet) พบว่ากระบวนการแปรรูปมีหลายขั้นตอน ใช้เครื่องจักรจำนวนมาก และการลงทุนสูง ทำให้ไม่เป็นที่นิยม จะผลิตเฉพาะเพื่อการส่งออก ทำให้คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในการผลิต โดยมีเครื่องอัดอีกประเภทหนึ่งที่สามารถอัดแท่งเชื้อเพลิงได้ และสมรรถนะในการผลิตสูงกว่าเครื่องอัด แท่งตะเกียบที่ใช้ขนาดต้นกำลังเท่ากันคือ เครื่องอัดแท่ง CUBE ดังภาพที่ 1 ซึ่งขนาดของแท่งเชื้อเพลิงจะ มีขนาดกว้าง 2x2x1 นิ้ว แต่ประสบปัญหากระบวนการจะเกิด Peak Load ของกำลังไฟฟ้า ซึ่งเมื่อผลิต ออกมาพบว่า ต้นทุนการผลิตก็ยิ่งสูงกว่าเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ทั่วไปคือราคา 1200 บาทต่อตัน โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาบูรณาการและพัฒนาต่อยอด ให้เกิดกระบวนการผลิตที่ เหมาะสม ประหยัดพลังงาน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดมลพิษจากกระบวนการผลิต (Zero Waste) เป็นเทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology : CT ) โดยทำการศึกษานาเครื่องและ กระบวนการผลิตที่เหมาะสมต่อโรงสีและลานนวดข้าวโพดเพื่อหาขนาดเครื่องจักรที่เหมาะสมกับโรงสีและ สามารถดำเนินงานผลิตเชิงพาณิชย์ได้

## 9.2 การทบทวนวรรณกรรม

### 9.2.1 ข้าวโพด

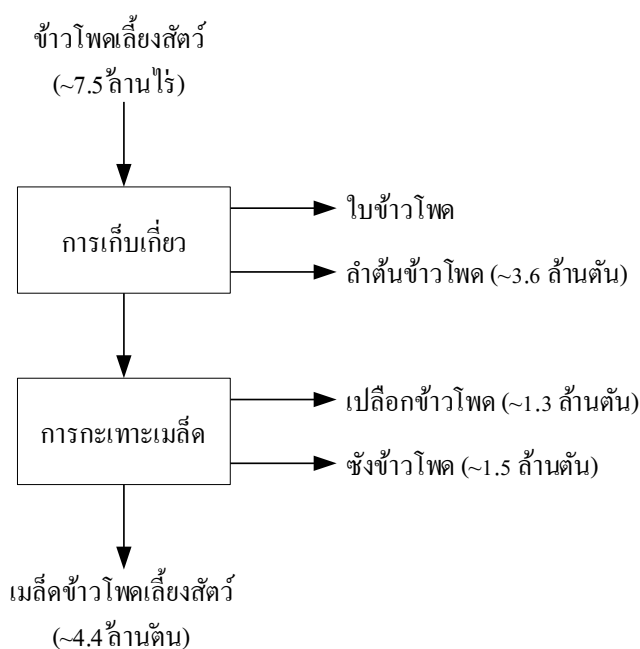
### 9.2.1.1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย

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 คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานในกระบวนการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม หากมีปริมาณไฮโดรเจนมาก ในปฏิกิริยาการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ จะเกิดน้ำมากเช่นกัน ซึ่งเป็นผลทำให้น้ำส่วนนี้ดูดซับพลังงานไว้บางส่วน พลังงานที่ระบบปลดปล่อยออกมาจึงลดลง แสดงไว้ในตารางที่ 3

### ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง แสดงถึงปริมาณพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาขณะเผาไหม้เชื้อเพลิง ต่อหน่วยน้ำหนักในรูปของความร้อน ซึ่งค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติและองค์ประกอบของเชื้อเพลิง โดยนิยามของค่าความร้อนสูง (High Heating Value; HHV) หมายถึง พลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบสมบูรณ์ (Gross Calorific Value) โดยเริ่มจากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิ 25 °C และผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีอุณหภูมิ 25 °C ซึ่งเป็นพลังงานความร้อนที่รวมถึง พลังงานความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (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 <sup>2)</sup> %	ความหนาแน่น (kg/m <sup>3</sup> ) <sup>3)</sup>	คุณสมบัติแบบประมาณ			ค่าความร้อนสูง <sup>7)</sup> (kJ/kg)	CI
			ร้อยละของสารระเหย <sup>4)</sup>	ร้อยละของเถ้า <sup>5)</sup>	ร้อยละของคาร์บอน <sup>6)</sup>		
ซังข้าวโพด <sup>A)</sup>	20-55	-	80.1	1.36	18.5	18,300- 18,800	1.40%
ซังข้าวโพด <sup>1)</sup>	5.37	120.32	82.70	1.21	16.09	19,836	-

ซังข้าวโพด <sup>8)</sup>	9.97	-	83.13	1.98	14.89	15,073	
ซังข้าวโพด <sup>9)</sup>	9.94	-	84.71	2.33	12.96	16,093	
ซัง+เปลือกข้าวโพด <sup>1)</sup>	11.6	87.32	83.03	1.51	15.46	19,611	6,017 ppm
ฝอยข้าวโพด <sup>1)</sup>	5.73	20.07	75.57	3.02	21.41	17,927	-
ต้น/ใบข้าวโพด <sup>1)</sup>	10.65	46.25	73.47	7.71	18.81	16,316	8,750 ppm
ต้น/ใบข้าวโพด <sup>8)</sup>	6.12	-	73.35	7.20	19.45	14,975	-
ต้น/ใบข้าวโพด <sup>9)</sup>	11.90	-	78.85	5.60	15.55	13,157	
เปลือกข้าวโพด <sup>1)</sup>	5.35	20.13	82.39	2.38	15.23	17,390	

หมายเหตุ <sup>A)</sup> ที่มา NalladuraiKaliyan, R. Vance Morey

<sup>1)</sup> ตัวอย่าง นำมาจากอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

<sup>2)</sup> Moisture—Method ASTM E 871 -82

<sup>3)</sup> Bulk Density — Test Method ASTM E E873-82

<sup>4)</sup> Volatile Matter—Test Method ASTM E E 872-82

<sup>5)</sup> Ash—Test Method ASTM E D 1102-84

<sup>6)</sup> % Fix carbon =100-% Moisture - % Volatile Matter -% Ash

<sup>7)</sup> Gross Calorific Value—Test Method ASTM E E 711-87

<sup>8)</sup> ตัวอย่าง นำมาจาก จังหวัดเพชรบูรณ์

<sup>9)</sup> ตัวอย่าง นำมาจาก จังหวัดนครสวรรค์

ที่มา: วีรชัย อาจหาญ,2554

### ตารางที่ 3 สมบัติองค์ประกอบแบบแยกธาตุด้านเชื้อเพลิง

ชื่อเศษวัสดุเหลือใช้	องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (%)				
	C	H	N	S	O
ซังข้าวโพด <sup>A)</sup>	46.58	5.87	0.47	0.21	45.46
ซังข้าวโพด <sup>1)</sup>	51.46	4.75	1.47	0.32	40.79
ซังข้าวโพด <sup>2)</sup>	44.83	6.01	0.05	0.056	47.07
ซังข้าวโพด <sup>3)</sup>	47.00	6.55	1.66	0.055	44.75
ซัง+เปลือกข้าวโพด <sup>1)</sup>	52.68	4.68	1.38	0.29	39.46
ฝอยข้าวโพด <sup>1)</sup>	46.09	5.37	2.32	0.32	42.88
ต้น/ใบข้าวโพด <sup>1)</sup>	44.30	4.62	0.85	0.11	42.83
ต้น/ใบข้าวโพด <sup>2)</sup>	44.53	5.88	0.17	0.047	42.16



ต้นใบข้าวโพด <sup>3)</sup>	44.65	6.50	2.68	0.027	46.18
เปลือกข้าวโพด <sup>1)</sup>	50.86	4.86	1.55	0.34	40.01

หมายเหตุ<sup>A)</sup> ที่มา : [7]

<sup>1)</sup> ตัวอย่าง นำมาจากอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

<sup>2)</sup> ตัวอย่าง นำมาจาก จังหวัดเพชรบูรณ์

<sup>3)</sup> ตัวอย่าง นำมาจาก จังหวัดนครสวรรค์

ที่มา: วีรชัย อัจหาญ,2554

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

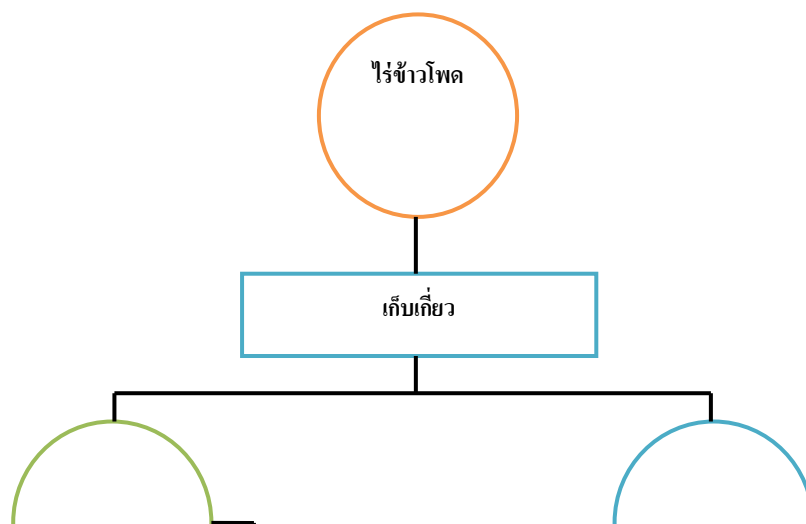
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2544) ผลิตก๊าซชีววมวลจากซังข้าวโพดเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงอบเมล็ดข้าวโพด ระบบการอบแห้งประกอบด้วยระบบผลิตก๊าซชีววมวล อุปกรณ์ผลิตความร้อน พัดลมดูด และ ห้องอบแห้ง อัตราการสิ้นเปลืองซังข้าวโพด 31.16 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้ปริมาณอากาศ 50.6 กิโลกรัม/ชั่วโมง ส่วนประกอบของก๊าซชีววมวลที่เกิดการเผาไหม้ประกอบด้วย คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจน และ ก๊าซมีเทน ปริมาณ 18.44%, 0.44% และ 0.27% โดยปริมาตรตามลำดับ ก๊าซชีววมวลมีค่าความร้อนประมาณ 2,457.61 กิโลจูล/ลูกบาศก์เมตร สภาพการทำงานที่เหมาะสมของการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดแบบต่อเนื่องคือที่อัตราการไหลของอากาศร้อนเข้าห้องอบ 1,114.41 กิโลกรัม/ชั่วโมง อุณหภูมิไต้ตะแกรงเฉลี่ย 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/cm<sup>3</sup> 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 โดยแยก

แต่ละชนิดและหมักรวม 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

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ได้ และสามารถแปรรูปเป็นเอทานอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การผลิตซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบอุตสาหกรรมเกษตรยังมีศักยภาพ เพียงเริ่มต้นการพัฒนากระบวนการผลิตวัตถุดิบให้มีอย่างต่อเนื่องจะทำให้การผลิตมีความยั่งยืนและคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม



**ภาพที่ 3** ผังการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ข้าวโพดบนพื้นที่สูงในปัจจุบัน  
ที่มา: วีรชัย อัจฉาญ, 2554

**ตารางที่ 4** เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของชีวมวลข้าวโพด

ลักษณะ	ความชื้น (%)	ความหนาแน่น (kg/m <sup>3</sup> )	น้ำหนักบรรทุกทุก (ตัน)		
			รถกระบะต่อคอก <sup>1)</sup>	รถ 10 ล้อ <sup>2)</sup>	รถพ่วง <sup>3)</sup>
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 อัดเม็ด	10.50	519.84	1.996/1 <sup>4)</sup>	19.463/13 <sup>4)</sup>	38.925/26 <sup>4)</sup>
ต้น/ตอ/ใบข้าวโพด อัดเม็ด	10.20	510.07	1.959/1 <sup>4)</sup>	19.097/13 <sup>4)</sup>	38.194/26 <sup>4)</sup>

หมายเหตุ <sup>1)</sup> ขนาดกระบะ กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 1 x 2.4 x 1.6 ลูกบาศก์เมตร

<sup>2)</sup> ขนาดกระบะ กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 2.4 x 6.5 x 2.4 ลูกบาศก์เมตร

<sup>3)</sup> ขนาดกระบะ กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 2.4 x 13 x 2.4 ลูกบาศก์เมตร

<sup>4)</sup> น้ำหนักบรรทุกทุกได้จริงตามกฎหมายและลักษณะเส้นทาง

ที่มา: วีรชัย อัจฉาญ, 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 และอร่าบิโนส

### 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) ศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดและเปลือกแกง โดยทำการเผาซังข้าวโพดให้เป็นถ่านและทำการกระตุ้นด้วยเปลือกแกงเพื่อให้เป็นถ่านกัมมันต์ไปพร้อมๆ กัน แปรอัตราส่วนของซังข้าวโพดต่อเปลือกแกง, อุณหภูมิและเวลาในการเผา ใช้วิธีไอโอดีนนัมเบอร์เป็นตัวชี้วัดการเป็นถ่านกัมมันต์ ผลการทดลองโดยพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตและค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์แล้วสามารถสรุปผลได้ว่า ที่ระดับอุณหภูมิ 600 และ 700 องศาเซลเซียส เวลาการเผานานเท่าไรก็ตาม เปลือกแกงไม่สามารถกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ได้ ส่วนที่อุณหภูมิ 800 และ 900 องศาเซลเซียส เปลือกแกงมีคุณสมบัติในการเป็นตัวกระตุ้นได้เมื่อใช้เวลาในการเผานานขึ้นจาก 30 ถึง 90 นาที โดยใช้อัตราส่วน 1:2 อุณหภูมิในการเผา 800 และ 900 องศาเซลเซียสให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์แตกต่างกันไม่มากนัก จึงควรใช้ที่ระดับอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส สรุปได้ว่า ซังข้าวโพดและเปลือกแกงสามารถใช้ผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ โดยใช้ซังข้าวโพดต่อเปลือกแกงเท่ากับ 1:2 อุณหภูมิในการเผา 800 องศาเซลเซียส เวลาเผานาน 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 ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากเงื่อนไชดังกล่าวข้างต้น มีต้นทุนการผลิตต่อกิโลกรัมเท่ากับ 91.97 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ไม่รวมค่าแรงงานและอุปกรณ์ในการผลิต

พงศธร (2537) เตรียมถ่านกัมมันต์โดยกระตุ้นซังข้าวโพดด้วยซิงค์คลอไรด์ ซังข้าวโพดสามารถเปลี่ยนเป็นถ่านกัมมันต์ได้เมื่อถูกกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ 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 กับซังข้าวโพดที่แช่ใน KOH/K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> เป็นเวลา

1 ชั่วโมง จากนั้นจะทำ gasification พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ได้ activated carbon ที่มีพื้นที่ผิว, ความหนาแน่นและปริมาตรของรูพรุนเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกายภาพกับ activated carbon ทางการค้าพบว่า activated carbon ที่ผลิตได้สามารถใช้ทดแทนได้

Tsai et al. (2001b) ทดลองเตรียม granular activated carbon จากซังข้าวโพดโดยการกระตุ้นด้วยเกลือโพแทสเซียมและทางกายภาพด้วย  $\text{CO}_2$  พบว่า KOH และ  $\text{K}_2\text{CO}_3$  เป็นสารกระตุ้นที่มีประสิทธิภาพ ในช่วงที่อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น  $10^\circ\text{C}/\text{นาท}$  และตามด้วยการกระตุ้นทางกายภาพ (gasification) ในช่วง soaking period ที่  $800^\circ\text{C}$  โดยการใช้ 2 วิธีร่วมกัน พื้นที่ผิวที่ได้จะมีขนาดใหญ่มากกว่า  $1600 \text{ m}^2/\text{g}$  นอกจากนี้ช่องว่างที่เกิดขึ้นใน activated carbon ที่ไม่ได้ล้างกรดออกจะมีความคงตัวต่ำกว่าที่ล้างกรดออก เนื่องจากยังมีเกลือโพแทสเซียมตกค้างในโครงสร้างรูพรุน

Tsai et al. (1998) ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการผลิต activated carbon โดยวิธีกระตุ้นทางเคมีด้วยสารละลาย  $\text{ZnCl}_2$  พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบมากที่สุดคือ อัตราส่วนของ  $\text{ZnCl}_2$ : ซังข้าวโพดปริมาณรูพรุนจะลดลงเมื่ออัตราส่วนสูง อุณหภูมิในการกระตุ้นพบว่าสัมพันธ์กับพื้นที่ผิว อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต activated carbon ที่มีพื้นที่ผิวสูงด้วยวิธีกระตุ้นด้วย  $\text{ZnCl}_2$  คือที่  $773^\circ\text{K}$

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

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

จันทนา (2527) ทดลองผลิต furfural จากซังข้าวโพด พบว่า เมื่อใช้ซังข้าวโพด : กรดซัลฟูริก (15% โดยปริมาตร) เท่ากับ 1 : 2 แ่งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จะได้ furfural ร้อยละ 9.8 โดยน้ำหนัก นำมากลั่นจะได้ furfural ร้อยละ 0.52 โดยน้ำหนัก

สมเกียรติ (2523) สังเคราะห์ 2-pyrrolidone จากซังข้าวโพด ขั้นตอนในการสังเคราะห์เป็นดังนี้ จะนำซังข้าวโพดมาสังเคราะห์เป็น Furfural ได้ yield 4.1-5.8% น้ำหนักซังข้าวโพดแห้ง, 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 โดยใช้ลิแกนด์และซังข้าวโพดเป็นเชื้อเพลิง 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  $100-300 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  ในขณะที่จากช่องลมร้อนไปยัง convective tube bank เท่ากับ  $10-30 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

วิทยาและคณะ (2543) ผลิตไซโลสจากซังข้าวโพดโดยการระเบิดด้วยไอน้ำ โดยย่อยซังข้าวโพดด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกเจือจางเป็นเวลา 1 คืนในเครื่องระเบิดด้วยไอน้ำ ได้น้ำตาลไซโลสเกิดขึ้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการย่อยคือ ใช้สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.4% แซงข้าวโพด 1 คืน แล้วระเบิดด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิ  $180^{\circ}\text{C}$  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  $1.49 \text{ g/L.h}$  และ yield  $0.73 \text{ g/g}$  ซึ่งสูงกว่าการทำ prehydrolysis ซังข้าวโพดโดยตรง 18% และ 25% ตามลำดับ

Dominguez et al. (1997) เปรียบเทียบการใช้ hemicellulose hydrolysate ที่ได้จากการย่อยซังข้าวโพดบดด้วย 2% HCl ที่  $100^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 2 ชั่วโมง กับ hydrolysate ที่ได้จากการย่อยซังข้าวโพดบดด้วย 10%  $\text{NH}_4\text{OH}$  ที่  $26^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อในการผลิตไซลิทอลจากยีสต์ *Candida* sp. 11-2 จากการหมักเป็นเวลา 36 ชั่วโมงพบว่า hydrolysate จาก  $\text{NH}_4\text{OH}$  จะผลิตไซลิทอลได้ดีกว่า โดยมีค่า specific productivity เท่ากับ  $1.94 \text{ g/L.h}$  yield  $0.57 \text{ g/g}$  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 แต่มีข้อเสียคือฝุ่นและควรแช่น้ำและเปลี่ยนถ่ายน้ำหลายๆครั้งจนน้ำใส ก่อนใช้งาน มิฉะนั้นยางมะพร้าวจะชะงักการเติบโตของกล้วยไม้

- ถ่าน เป็นวัสดุปลูกที่หาได้ง่าย ไม่อุ้มน้ำมาก ใช้ได้นาน เหมาะสำหรับกล้วยไม้ทุกชนิด ก่อนนำมาใช้ให้ใช้กรรไกรตัดกิ่งหรือมีด สับให้มีขนาดเท่าๆ กัน เป็นก้อนสี่เหลี่ยม

- โฟม เป็นวัสดุเหลือใช้หาได้ง่ายในท้องถิ่น หากซัดให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ จะใช้ผสมกับเครื่องปลูกรองเท้านารีได้ หากตัดเป็นก้อนสี่เหลี่ยมจะนำไปรองตะกร้ากล้วยไม้ป้องกันรากพันตะกร้า และช่องระบายอากาศในภาชนะให้โปร่งได้ดี หรือจะใช้หนีบไม้ก็ได้อีก ข้อดีคือมีความทนทาน ข้อเสียคือไม่ค่อยเก็บความชื้น ต้องใช้วัสดุปลูกอื่นช่วยเพื่อเพิ่มความชื้นให้กล้วยไม้

- สเฟกนัมมอส เป็นวัสดุปลูกที่ราคาตามเกรด ใช้ปลูกไม้กล้วยไม้นี้เป็นส่วนใหญ่ และใช้เป็นส่วนผสมเครื่องปลูกรองเท้านารี ข้อดีคือ อุ้มน้ำความชื้นได้ดี ข้อเสียคือ ฝุ่น และอุ้มน้ำมากเกินไปหากรดน้ำมาก

- รากชายผ้าสีดา / กระเช้าสีดาแห้ง เป็นวัสดุปลูกที่เลี้ยงกล้วยไม้ได้หลากหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สกุลหวายไทย รักษาความชื้นและความโปร่งได้ดี

- ออสมันดา เป็นรากของเฟินออสมันดา ปัจจุบันมีราคาแพงมาก ออสมันดามักใช้หนีบไม้กล้วยไม้เพราะโปร่งและเก็บความชื้นได้ปานกลางไม่แห้งหรือแฉะเกิน

- พีทมอส นิยมใช้เป็นส่วนผสมเป็นเครื่อง ปลูกรองเท้านารีและกล้วยไม้ดินได้ หลายชนิดเนื่องจากให้ความชื้นได้ดี และใช้ผสมเป็นเครื่องปลูกหม้อข้าวหม้อแกงลิงด้วย ไม้ใบไม้กระถางต่างๆเช่นเฟิน ข้อเสียคือมีราคาแพง

- ขุยมะพร้าว นิยมใช้ผสมเป็นเครื่องปลูกรองเท้านารีแทนพีทมอส เนื่องจากพีทมอสมีราคาแพง ก่อนนำมาใช้ต้องแช่และถ่ายน้ำหลายๆครั้ง จนน้ำที่แช่ใส เพื่อเจือจางยางสีน้ำตาลในขุยมะพร้าว (สารแทนนิน)



- กรวดหยาบ ใช้ผสมกับเครื่องปลูกรองเท้านารีเพื่อให้เครื่องปลูกโปร่งขึ้น และใช้โรยกลบนหน้ากระถางรองเท้านารีเพื่อไม่ให้ผิว เครื่องปลูกถูกน้ำชะล้างออกไปได้โดยง่าย ช่วยทำให้ความชื้นอยู่ได้นานข้อดีหาง่าย มีทั่วไป ข้อเสีย อาจเป็นที่อยู่ของแมลงเช่น มด

- ทรายหยาบใช้ผสมเป็นเครื่องปลูกรองเท้านารี ช่วยให้เครื่องปลูกโปร่งมากขึ้น ระบายน้ำดีเก็บความชื้นได้มากขึ้น

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

- หินภูเขาไฟ ใช้เป็นส่วนผสมเครื่องปลูกรองเท้านารี มีหลายขนาด ใช้ตามความเหมาะสม หินภูเขาไฟเป็นวัสดุนำเข้าจากต่างประเทศ ใช้ปลูกกล้วยไม้ได้ดี เนื่องจากหินภูเขาไฟมีองค์ประกอบของแร่ธาตุสูงไม่เป็นอันตรายกับต้นไม้ น้ำหนักเบาและลอยน้ำได้ แต่มีข้อเสียคือราคาค่อนข้างสูง

- ออสมอสซิส เป็นเครื่องปลูกที่หาได้ง่ายตามร้านค้าทั่วไป ต้นทุนต่ำและไม่มีราคาหากเป็นของใช้แล้วนำมาหั่นซอยใช้เป็นเครื่องปลูกรองเท้านารี ช่วยเพิ่มความชื้นได้ดี และทนกว่าวัสดุที่เป็นกาบมะพร้าว

- แกลบเผา ใช้ผสมเป็นเครื่องปลูกรองเท้านารีและกล้วยไม้ดิน รวมไปถึงไม้ดอกไม้ประดับทุกชนิดทำให้เครื่องปลูกโปร่ง พอเวลาผ่านไปย่อยสลายเป็นธาตุอาหารได้อีกด้วย ราคาถูกหาซื้อได้ตามร้านค้าเกษตรทั่วไป

นิรนาม (2553) ได้รายงานว่ หจก.นิมุต เอ็นจิเนียริง ได้พัฒนาเครื่องสับย่อยอเนกประสงค์ มีขนาด 135x210x170 ซม. (กว้างxยาวxสูง) น้ำหนัก 400 กก. มีความสามารถในการสับย่อย 800 - 1,000 กก./ชม. (ขึ้นกับชนิดวัสดุและความละเอียดชิ้นงาน) สามารถหั่น/บด/ย่อย อินทรีย์วัตถุทุกชนิด เช่น กิ่งไม้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 - 4 นิ้ว เศษพืชที่เหลือใช้จากการเกษตร เป็นต้น

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

Anonymous (2011) กล่าวถึงความสัมพันธ์ของวัสดุปลูกต่อการให้น้ำ โดยวัสดุที่อุ้มน้ำได้ดีกว่าจะแห้งช้ากว่าซึ่งสามารถยืดระยะเวลาที่จะเริ่มทำการให้น้ำครั้งต่อไป อย่างไรก็ตามแม้ที่ผิวของวัสดุปลูกจะแห้งแต่ที่ระดับลึกลงไปอาจจะยังชื้นอยู่ การตรวจสอบความชื้นในวัสดุปลูกด้วยนิ้วมือหรือแท่งไม้จะช่วยกำหนดการ

ให้น้ำได้ถูกต้องเหมาะสมมากขึ้น 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 ในรองเท้านารีสุชะกุลและคางคก วัสดุปลูกผสมอัตรา 4:1:1 ให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักแห้งราก จำนวนใบ ความยาวใบ จำนวนดอกและจำนวนหน่อสูงกว่า วัสดุปลูกอัตราอื่นๆ และปุ๋ยชนิด Minerass No.1 ให้ผลดีต่อวัสดุปลูกทุกสูตร วัสดุปลูกผสมอัตรา 4:1:1 ให้ธาตุ N P Fe สูงกว่าวัสดุปลูกอื่นๆ แต่ให้ธาตุ Cu ต่ำสุด

ทิพย์อรุณี สิทธินาม (2547) ศึกษาวัสดุปลูกที่หาได้ง่ายในประเทศไทยมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบกับพืตพบว่า 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 : ทราย อัตรา 1:1 มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับพืต ซึ่งเมื่อนำไปใช้เป็นวัสดุเพาะเมล็ด บานชื่นพันธุ์ Profusion Cherry พบว่า เมล็ดบานชื่นที่เพาะในขุยมะพร้าวสดร่อนหยาบมีอัตราความงอกดีที่สุด แต่บานชื่นที่เพาะในพืตมีการเจริญเติบโตดีที่สุด โดยวัสดุผสมขุยมะพร้าวหมักนาน 4 เดือน:แกลบหมักนาน 4 เดือน อัตรา 2:1 ทำให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตดีใกล้เคียงกับต้นกล้าที่เพาะในพืต เมื่อนำวัสดุทั้งสามชนิดนี้ไปวิเคราะห์และปรับปริมาณธาตุปุ๋ย วัสดุผสมขุยมะพร้าวหมักนาน 4 เดือน:แกลบหมักนาน 4 เดือน อัตรา 2:1 ซึ่งปรับให้มีปริมาณธาตุปุ๋ยใกล้เคียงกับพืตโดยเติมปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต 1.018 กรัม/วัสดุปลูก 1 กิโลกรัม ทำให้อัตราความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าใกล้เคียงกับพืตที่สุด

สุคนธ์ แสงแก้ว (2538) ศึกษาผลของวัสดุปลูกและอัตราปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวานพันธุ์ 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) ศึกษาการนำขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมาใช้ในรูปวัสดุปลูกไม้กระถางคือประทัดฟิลิปปินส์ (*Hamelia patens*) พบว่า ขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุปลูกไม้แตกต่างจากวัสดุปลูกผสมมากนัก และเมื่อนำขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดมาหมักก่อนจะทำให้ปริมาณธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเมื่อนำไปปลูกประทัดฟิลิปปินส์ขี้เลื่อยที่ผ่านการเพาะเห็ดแล้วหมักจะทำให้การเจริญเติบโตของประทัดฟิลิปปินส์ดีกว่าวัสดุปลูกผสมที่ระดับการให้ปุ๋ยแอมโมเนียซัลเฟตความเข้มข้นเท่ากัน

ธีระยุทธ (2552) รายงานว่า การศึกษาชนิดวัสดุปลูกและวิธีการผสมใช้ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้สกุลหวาย พบว่า การใช้แกลบดำทำให้กล้วยไม้สกุลหวายตายน้อยที่สุด รองลงมาคือ เปลือกถั่วลิสง ขุยมะพร้าว กากขี้เอย เศษกระดาษ และแกลบดิบ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้แกลบดิบและเปลือกถั่วเหลืองทำให้น้ำหนักต้นและรากไม้ในกล้วยไม้สกุลหวายน้อยที่สุด ส่วนขุยมะพร้าวและแกลบดำ ทำให้กล้วยไม้ในสกุลหวายมีน้ำหนักมากที่สุด และเมื่อร่วมกับกรรมวิธีการให้ปุ๋ยทำให้มีการแตกหน่อและน้ำหนักต้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

นิลุบล (2547) รายงานว่า ขนาดของวัสดุปลูกพบว่าการปลูกกล้วยไม้สกุลหวายในกระบะกะบะมะพร้าวสี่เหลี่ยมปลูก 4 ต้นต่อกระบะจะมีผลให้การเจริญเติบโตทางต้นและการให้ผลผลิตมากกว่าการปลูกในกระบะพลาสติก 1 ต้นต่อกระบะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในทางตรงกันข้าม ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบพบว่า ทุกตำหรับการทดลองไม่พบความแตกต่างของธาตุอาหารหลักในใบกล้วยไม้

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

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการนำเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตข้าวโพดอาหารสัตว์มีสมบัติที่ดีต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ การพัฒนาเครื่องจักรสำหรับแปรรูปจะช่วยเพิ่มศักยภาพการใช้ชีวมวลสำหรับโรงไฟฟ้าเพื่อเป็นเชื้อเพลิงเสริม และสามารถพัฒนาระบบการผลิตพัฒนาเชิงพาณิชย์ หรือนำไปผลิตเป็นวัสดุคูปสำหรับเอทานอลต่อไป

### 9.3 วัตถุประสงค์

9.3.1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรในการแปรรูปวัสดุคูปจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับผลิตพลังงานทดแทน

9.3.2. เพื่อศึกษาแนวทางการบริหารจัดการนำวัสดุคูปและลดมลภาวะทางอากาศจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อผลิตพลังงานทดแทนเชิงพาณิชย์

9.3.3. เพื่อศึกษาการผลิตวัสดุปลูกจากเศษวัสดุเหลือใช้และถ่านจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ เพื่อเพิ่มมูลค่าและลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

### 9.4 ขอบเขตการวิจัย

ออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรในการแปรรูปวัสดุคูปจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ 1) ต้นแบบเครื่องบดและแยกซังข้าวโพดจากเปลือก 2) ต้นแบบเครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงจากเปลือก 3) ต้นแบบเครื่องอัดก้อนถ่านจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ 4) กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และ 5) การวิเคราะห์กระบวนการผลิตวัสดุคูปและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตเชื้อเพลิงจากเปลือกและซังข้าวโพด

### 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 (วิไลและคณะ.2546) ได้

ศึกษาสถานภาพของวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจากอุตสาหกรรมเกษตรและการใช้ประโยชน์ พบว่า สัดส่วนเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะมีปริมาณซึ่งต่อผลผลิตมีค่า 0.19-0.33 (เฉลี่ย 26 เปอร์เซ็นต์) เทียบกับผลผลิต ซึ่งหมายความว่าเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปริมาณมี 1.19 ล้านตัน แต่มีการนำไปใช้ประโยชน์เพียง 44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเป็นซึ่งทั้งหมด โดยส่วนที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็นเปลือกและซึ่งรวมกันซึ่งมีปริมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ หรือเทียบเท่ากับ 0.67 ล้านตัน สามารถนำไปผลิตพลังงานความร้อน 11,055 เทราจูลหรือผลิตไฟฟ้าได้ 70 เมกกะวัตต์(ประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า 20 เปอร์เซ็นต์) แต่เนื่องจากเศษวัสดุเหลือใช้จากเปลือกและซึ่งข้าวโพดจะขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรโดยในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่จะเก็บข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งเปลือกและฝักพร้อมกันทำให้เศษวัสดุที่เกิดขึ้นจะเป็นเปลือกพร้อมกับซึ่งซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเอทานอล หรือ การผลิต Furfural ได้ และมีปริมาณมากตามโรงสีหรือลานสีข้าวโพด ซึ่งยากต่อการจัดการ ลักษณะทางกายภาพของเปลือกและซึ่งข้าวโพดมีลักษณะฟูความหนาแน่นเพียง 20-120 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ไม่เหมาะต่อการนำไปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล เนื่องจากต้องมีการบ้อนเชื้อเพลิงอยู่ตลอดเวลาไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน ทำให้โรงสีข้าวโพดหรือลานนวดข้าวโพด นิยมเผาทำลายเพื่อลดการจัดการภายในพื้นที่ ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศอย่างมาก ซึ่งปัจจุบันคณะผู้วิจัยได้ศึกษาพลังงานทดแทนจากชีวมวลที่เกิดขึ้นจากวัสดุเกษตร และมีประสบการณ์การวิจัยโครงการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน (ระดับชุมชน) ของสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน จึงเร่งเห็นว่า การพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลมีความจำเป็นอย่างยิ่งและสามารถส่งเสริมการใช้เศษวัสดุเหลือทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพได้ ลดการนำเข้าเครื่องจักรในการแปรรูป ตลอดจนสามารถเก็บรักษาเชื้อเพลิงไว้ในฤดูที่ขาดแคลนวัตถุดิบ จาก การวิจัยและพัฒนาเชื้อเพลิงแท่งตะเกียบ (Wood Pellet) พบว่ากระบวนการแปรรูปมีหลายขั้นตอน ใช้เครื่องจักรจำนวนมาก และการลงทุนสูง ทำให้ไม่เป็นที่นิยม จะผลิตเฉพาะเพื่อการส่งออกเท่านั้น เนื่องจากเชื้อเพลิงแท่งตะเกียบนั้นต้องใช้พลังงานสูงในการอัดแท่งซึ่งความหนาแน่นสูงถึง 519 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาเรื่องการขนส่งพบว่า พิกัดรถบรรทุกสิบล้อสามารถบรรทุกได้เพียง 13 ตัน ซึ่งถ้าบรรทุกเชื้อเพลิงแท่งตะเกียบเต็มคันจะได้ 19.5 ตัน เพราะฉะนั้น ความหนาแน่นเชื้อเพลิงเพียง 346 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะเหมาะสมต่อการขนส่งภายในประเทศและสามารถลดการใช้พลังงานอย่างมาก ทำให้คณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในกระบวนการผลิต โดยเครื่องอัดอีกประเภทหนึ่งที่สามารถอัดแท่งเชื้อเพลิงได้ และสมรรถนะในการผลิตสูงกว่าเครื่องอัดแท่งตะเกียบที่ใช้ขนาดต้นกำลังเท่ากันคือ เครื่องอัดแท่ง CUBE ดังภาพที่ 4 ซึ่งขนาดของแท่งเชื้อเพลิงจะมีขนาดกว้าง 2x2x1 นิ้ว ความหนาแน่นเชื้อเพลิงจะต่ำกว่าเชื้อเพลิงแท่งตะเกียบ แต่จากการทดสอบเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศประสบปัญหากระบวนการจะเกิด Peak Load ของกำลังไฟฟ้า ซึ่งเมื่อผลิตออกมาพบว่า ต้นทุนการผลิตก็ยิ่งสูงกว่าเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์ทั่วไปคือราคา 1200 บาทต่อตัน ซึ่งโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องอัดแท่งให้มีขนาดเล็กลง และเพื่อระบบการจัดการเชื้อเพลิงเมื่อทำการอัดแท่งจะไม่ก่อให้เกิด Peak Load ตลอดจนศึกษาขนาดเครื่องที่เหมาะสมกับโรงสีและลานข้าวโพดในการแปรรูปเชื้อเพลิงชีวมวลจากเปลือกและซึ่งข้าวโพด ภายใต้เทคโนโลยีสะอาด ประหยัด

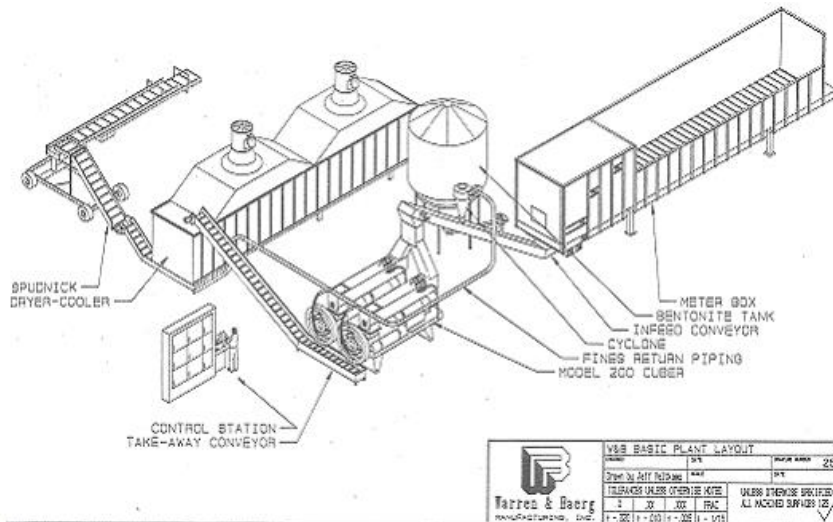
พลังงาน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ก่อให้เกิดเสียจากกระบวนการผลิต (zero waste technology) เพราะฉะนั้นแนวความคิดของโครงการวิจัยจะพัฒนาเครื่องจักรที่มีขนาดเล็กและเหมาะสมกับโรงสีข้าวโพด โดยจะมีระบบการจัดการส่งวัตถุดิบ สูโรงไฟฟ้าชีวมวล หรือโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรในการแปรรูปวัตถุดิบต่อไป



ภาพที่ 4 เครื่องอัดเชื้อเพลิงชีวมวลแบบแท่งเหลี่ยม



ภาพที่ 5 การทดสอบเครื่องอัดเชื้อเพลิงชีวมวลแบบแท่งเหลี่ยมกำจัดเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่จังหวัดเชียงราย



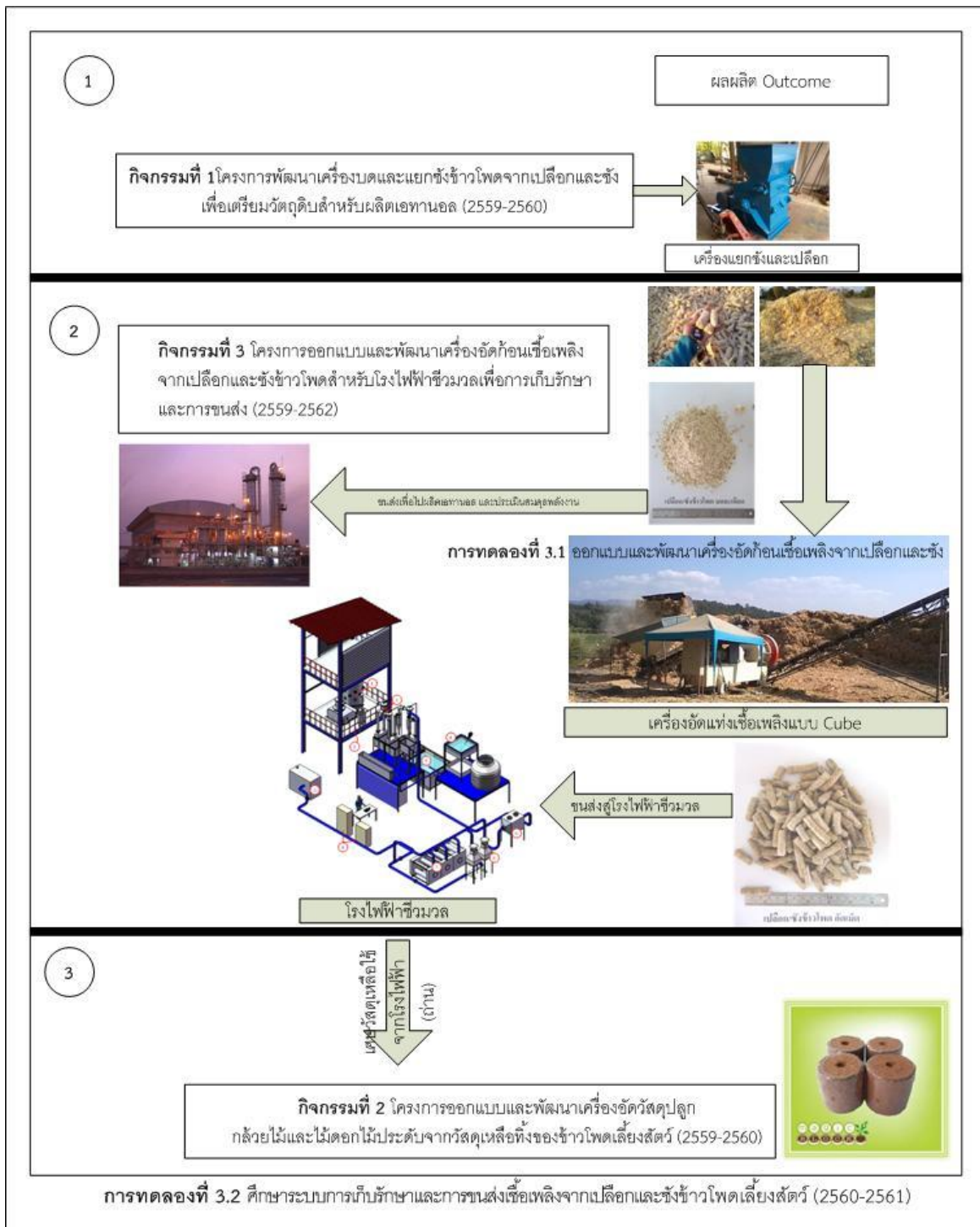
ภาพที่ 6 แบบทางวิศวกรรมของโรงงานอัดเชื้อเพลิงชีวมวลแบบแท่งเหลี่ยม

Source: S. Sokhansanj, A. F. Turhollow.2004

การศึกษาในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการพัฒนาเครื่องจักรสำหรับการแปรรูปวัตถุดิบสำหรับการเป็นเชื้อเพลิงให้มีความเหมาะสมกับเทคโนโลยีในปัจจุบัน สำหรับ โรงไฟฟ้าชีวมวล การหมักเอทานอลจากซังข้าวโพด เช่น การพัฒนาเครื่องอัดก้อนเชื้อเพลิงจากเปลือกและซังข้าวโพดสำหรับโรงไฟฟ้าในลักษณะก่อนที่ เหมาะสมกับเทคโนโลยีปัจจุบัน เครื่องแยกซังจากเปลือกหลังจากการแยกเมล็ดข้าวโพดเพื่อนำไปซังข้าวโพดผลิตเอทานอล เทคโนโลยีการเก็บรักษาและการขนส่ง เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยี ดังกล่าวจะเพิ่มศักยภาพในการผลิตพลังงานทดแทนมากขึ้น และสามารถนำไปใช้ร่วมกับเทคโนโลยีการแปรรูปอื่นๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ เช่น การพัฒนาวัสดุปลูกจากถ่านโรงไฟฟ้าสำหรับกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ โดยกระบวนการผลิตต่างๆจะนำมาประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ LCA ของกระบวนการแปรรูปจนเป็นพลังงานและเศษวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้น ตลอดจนประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการผลิตและการจัดการวัตถุดิบ เช่น การขนส่ง การเก็บรักษา การเคลื่อนย้าย และความสะอาดในการใช้งานในการผลิตพลังงานจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยกำหนดเป้าหมายเป็นวัตถุดิบในการในการผลิตเอทานอลและเชื้อเพลิงชีวมวล

10. วิธีดำเนินการ :





**การทดลองที่ 3.3** ศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ LCA ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้าและการผลิตเอทานอลจากเปลือกและขังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (2560-2562)

ภาพที่ 7 ผังระบบการวิจัยของกระบวนการผลิต

**การทดลองที่ 3.3** ศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ LCA ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้าและการผลิตเอทานอลจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (2560-2562)

3.3.1 ประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ LCA ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลจากเปลือกข้าวโพดเพื่อผลิตไฟฟ้าและการผลิตเอทานอล

3.3.2 ศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนใช้เครื่องจักรแปรรูปในการผลิตวัตถุดิบ จากเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สู่อุตสาหกรรมพลังงาน โดยแบ่งเป็นการวิเคราะห์ 1) การสร้างโรงงานแปรรูปชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 2) พัฒนาต่อยอดเครื่องจักรของโรงสีข้าวโพด และ 3) การลงทุนร่วมกับโรงไฟฟ้าชีวมวล

3.3.2.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

3.3.2.2 อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return)

3.3.2.3 วิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Even Point Analysis: BEP)

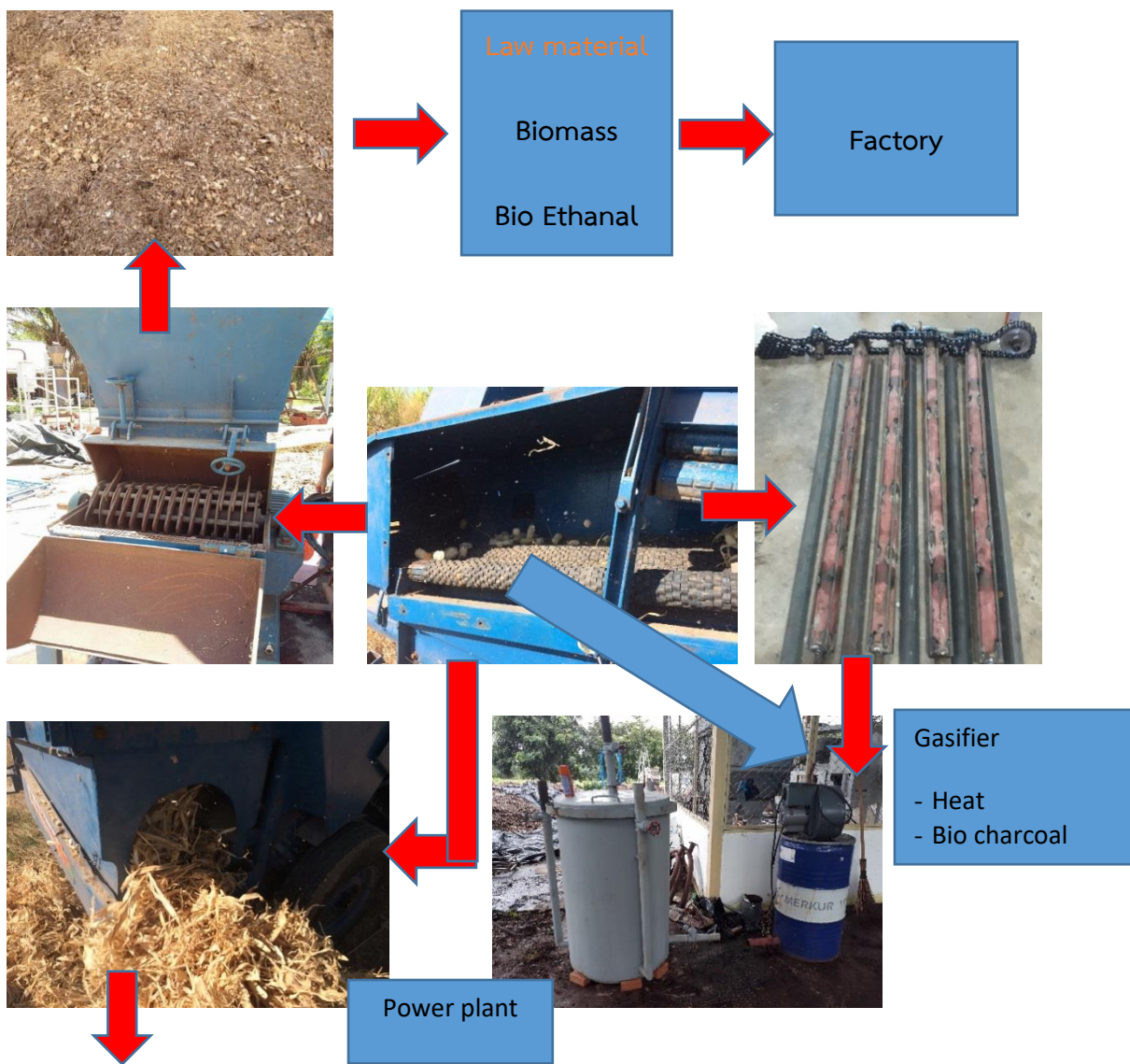
3.3.2.4 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Project NPV)

3.3.2.5 อัตราส่วนลด(Discount Rate)

3.3.3 จัดทำรายงานการวิเคราะห์

## 11. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 3.3 ศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ LCA ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล เพื่อผลิตไฟฟ้าและการผลิตเอทานอลจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (2560-2562) ใช้เครื่องจักรในการประเมินแสดงดังภาพที่ 8





ภาพที่ 8 เครื่องจักรที่นำมาประเมิน LCA



ภาพที่ 9 การสร้างโรงงานต้นแบบเพื่อแปรรูปเปลือกและซังสำหรับการเป็นเชื้อเพลิง



1 เครื่องแยกเปลือกและซังข้าวโพด



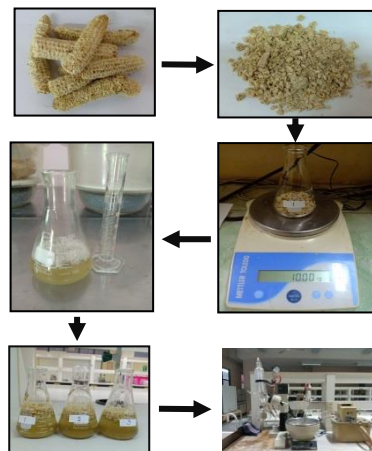
2 เครื่องอัดก้อนเปลือกและซังข้าวโพด



3 เครื่องบดและย่อยซังข้าวโพด



4. การผลิตถ่านจากซังข้าวโพด



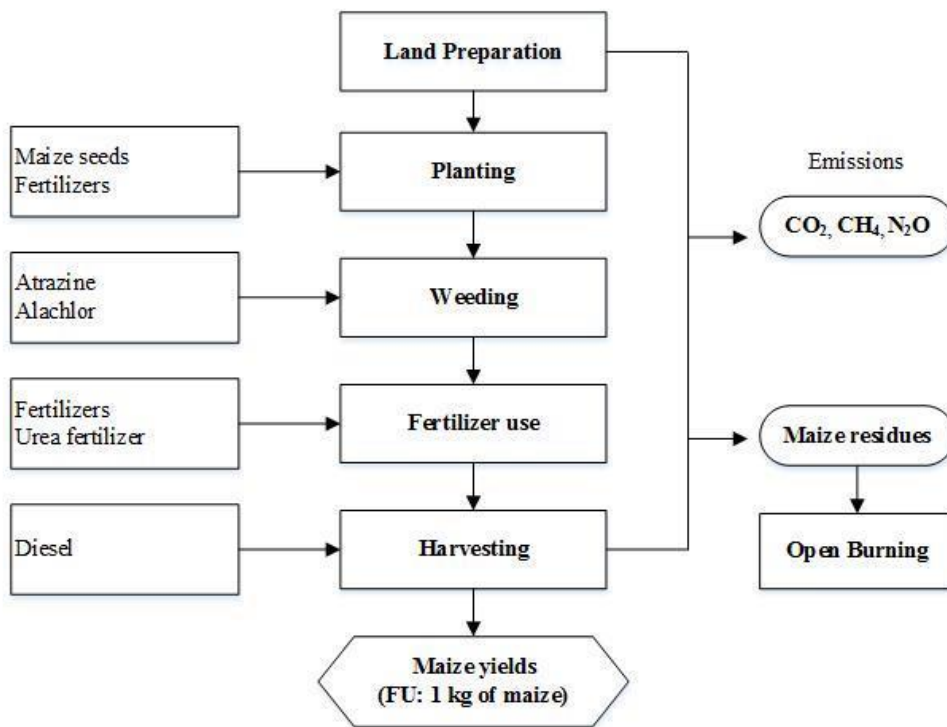
5. การผลิตเอทานอลจากซังข้าวโพด



6. เครื่องอัดก้อนวัสดุปลูกกล้วยไม้ และเครื่องอัดถ่านจากซังข้าวโพด

ภาพที่ 10 กระบวนการแปรรูปเปลือกและซังสำหรับการเป็นเชื้อเพลิง

และผลจากการตรวจเอกสารของ (ฐิฎาพร และคณะ, 2559) cradle-to-farm gate ประกอบด้วย ขั้นตอนการปลูก ได้แก่ การเตรียมพื้นที่ปลูก การหยอดเมล็ด กำจัดวัชพืช และการใส่ปุ๋ย ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ผลผลิต และขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุด้วยวิธีการเผา ขอบเขตการศึกษาแสดงดังภาพที่ 11

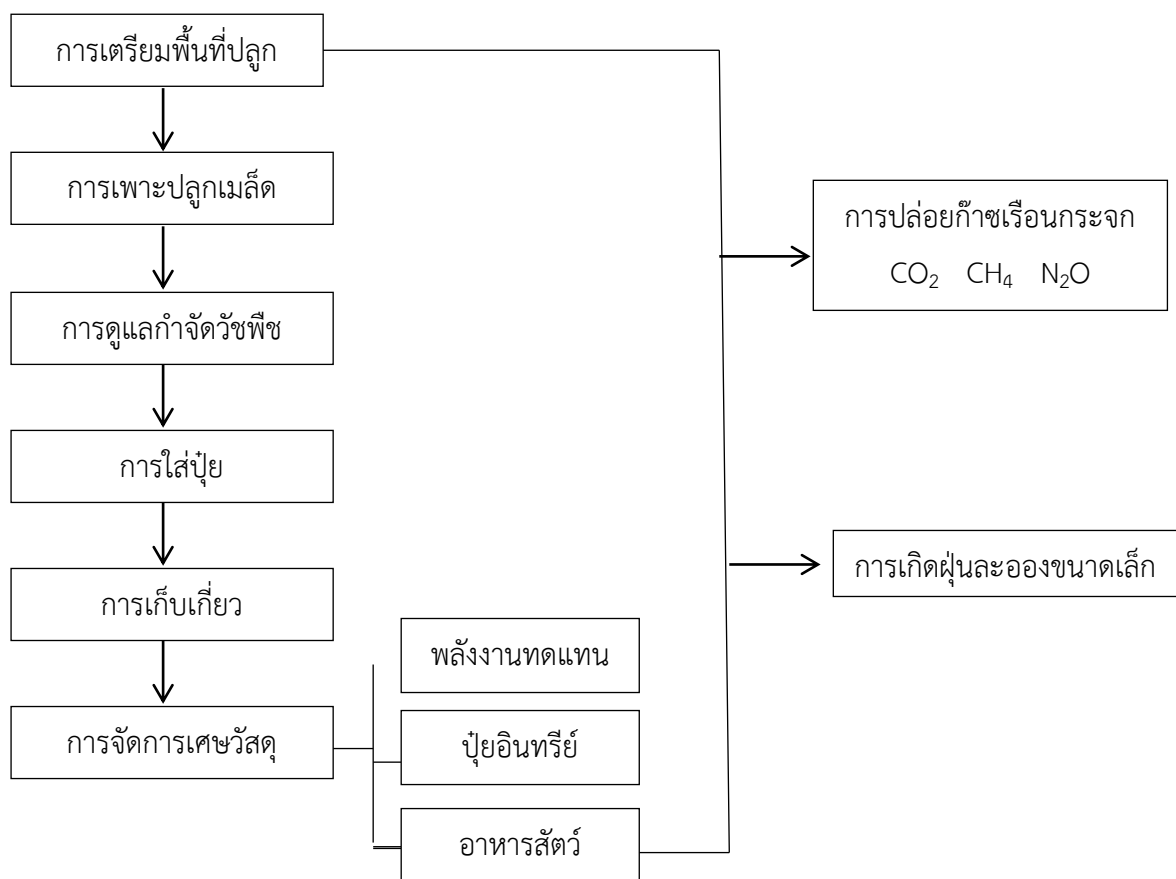


ภาพที่ 11 ขอบเขตการศึกษากิจกรรมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ที่มา: ฐิฎาพร และคณะ, 2559

การกำหนดขอบเขตการพิจารณาแบบ Cradle to Grave จะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ (ธรรมชาติ) จนถึงขั้นตอนการจัดการเศษวัสดุหรือทำลายซาก (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2551) เป็นการประเมินตั้งแต่ การเตรียมพื้นที่ปลูก การปลูก การดูแลกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ย ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว

การจัดการเศษวัสดุ เช่น การนำไปเผาเป็นถ่านอัดก้อนเป็นชีวมวล ผลิตเอทานอล และนำไปเป็นอาหารสัตว์ ขอบเขตการศึกษาแสดงดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ขอบเขตการศึกษากิจกรรมการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

**ตารางที่ 5** ผลการทดลองการหมักเอทานอลในระดับห้องปฏิบัติการ

ขวดที่	น้ำหนักซังข้าวโพด (g)	ปริมาณเอทานอลที่กลั่นได้จากการทดลอง (ml.)	ปริมาณเอทานอล ในการใช้ซังข้าวโพด 100 g
1	10.01	5.2	51.94
2	10.02	5.0	49.90
3	10.00	4.8	48.00
<b>เฉลี่ย</b>	<b>10.01</b>	<b>5.0</b>	<b>49.95</b>

ผลการทดลองจากการหมักซังข้าวโพดเพื่อผลิตเอทานอลโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* พบว่าการใช้ซังข้าวโพด 10 g ต่อปริมาณเชื้อในอาหารเหลว 100 ml ให้ปริมาณเอทานอล ที่กลั่นระเหยได้ 5.0 ml เมื่อเทียบเป็นการใช้วัตถุดิบซังข้าวโพด 100 g ต่อปริมาณเชื้อ 1000 ml. ให้ปริมาณเอทานอล 49.95 ml หรือให้ผลผลิตการย่อยร้อยละ 49.95 ในปี 2007 chen และคณะ ได้ทำการย่อยซังข้าวโพดโดยการนำซังข้าวโพดมาปรับสภาพก่อนการย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิ 108 องศาเซลเซียสนาน นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นนำซังข้าวโพดที่ได้ ล้างกรดซัลฟิวริกออกจนเป็นกลาง และและอบแห้งเข้าสู่กระบวนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* ให้ผลผลิตการย่อยร้อยละ 67.5 และในปี 2010 Kahar และคณะ ทำการปรับสภาพซังข้าวโพดด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 5.0 ที่อุณหภูมิ 122 องศาเซลเซียสนาน นาน 20 นาที และทำการย่อยต่อด้วยเซนไซม์อะไมเลส 3 วัน จากนั้นหมักต่อด้วยเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* NBRC2114 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสนาน 36 ชั่วโมง ได้ผลผลิตการย่อยร้อยละ 77

**ตารางที่ 6** แสดงกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

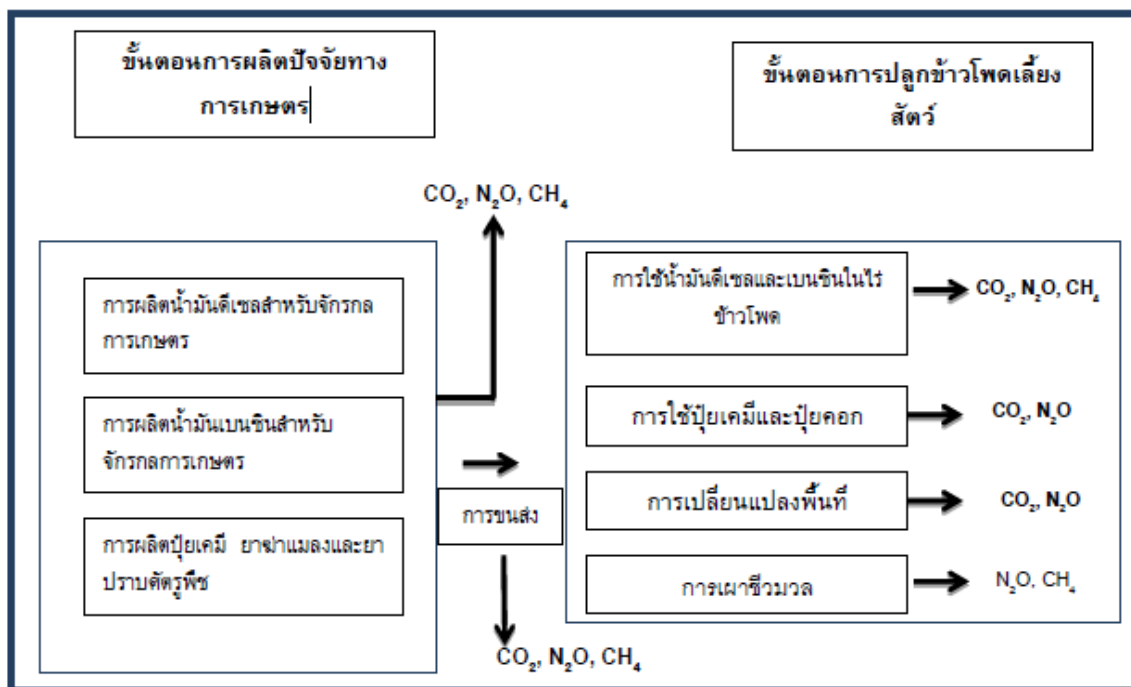
สารขาเข้า	กระบวนการ	สารขาออก
-น้ำ	-เตรียมพื้นที่ปลูก	- ผลผลิต ,ผลผลิตร่วม
- ปุ๋ยเคมี	-การเพาะปลูก	- มลพิษอากาศ
- สารกำจัดวัชพืช	-การดูแลกำจัดวัชพืช	CO <sub>2</sub> , CO , NO <sub>x</sub> , NMVOC, PM <sub>10</sub> , NH <sub>3</sub>
- สารกำจัดแมลงศัตรูพืช	-การใส่ปุ๋ย	-ก๊าซเรือนกระจก
- สารป้องกันและรักษาโรคพืช	-การเก็บเกี่ยว	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O
- น้ำมันเชื้อเพลิง	-การจัดการเศษวัสดุ	- มลพิษทางน้ำ
-ไฟฟ้า	-การเผาซังข้าวโพด (Gasifier)	N, P
-วัสดุอุปกรณ์อื่นๆ	-การอัดก้อนชีวมวล	
- พื้นที่ดิน	-การผลิตเอทานอล	
	-การผลิตปุ๋ยอินทรีย์	



**-การผลิตอาหารสัตว์**

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2551

จากฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรในปี 2554 พบว่าการผลิตปัจจัยทางการเกษตรตลอดช่วงเวลากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ขอบเขตการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ที่มา: บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ,2555

ตารางที่ 7 การคำนวณการปล่อยก๊าซ N<sub>2</sub>O จากการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี พ.ศ. 2559

จากข้อมูลการสำรวจข้อมูลในพื้นที่ปลูกจังหวัดเชียงใหม่

ประเภทข้อมูล (หน่วย)	สูตรการคำนวณ	ผลการคำนวณ
(1) พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	-	186,107
(2) อัตราการใส่ปุ๋ย N	-	33
(3) ปริมาณ N จากปุ๋ย (kg)	(1) × (2)	6,141,531
(4) ปริมาณการปล่อยก๊าซ N <sub>2</sub> O โดยตรง (kg N <sub>2</sub> O )	ปริมาณ N × ค่าการปล่อย × 44/28	=6,141,531×0.01×44/28=96,483.45
(5) ปริมาณการปล่อยก๊าซ N <sub>2</sub> O โดยอ้อมจากการตกสะสมของ NH <sub>3</sub> +NO <sub>x</sub> (kg N <sub>2</sub> O )	ปริมาณ N × สัดส่วนการสูญเสีย N จากการระเหย × ค่าการปล่อย × 44/28	=6,141,531×0.1×0.01×44/28 =9,648.35
(6) ปริมาณการปล่อยก๊าซ N <sub>2</sub> O โดยอ้อมจากการไหลบ่าและซึมผ่านชั้นดิน (kg N <sub>2</sub> O )	ปริมาณ N × สัดส่วนการสูญเสีย N จากการชะล้าง × ค่าการปล่อย × 44/28	=6,141,531×0.3×0.0075×44/28 =21,694.96
(7) การปล่อย N <sub>2</sub> O รวม (kg N <sub>2</sub> O )		127,826.76

(8) การปล่อย N <sub>2</sub> O รวมใน CO <sub>2</sub> e (kg CO <sub>2</sub> e)	(7) x 310	39,626,295.06
---	-----------	---------------

ที่มา : บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ,2 การใช้ปุ๋ยในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งประเทศในปี พ.ศ. 2559 ส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซ N<sub>2</sub>O ประมาณ 40 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ตารางที่ 8 บัญชีรายการการประเมินวัฏจักรชีวิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ขั้นตอน	วิธีการ	วัตถุดิบ	สารและปริมาณก๊าซเรือนกระจกขาเข้าในกิจกรรม			
			ปริมาณ	ระยะการขนส่ง (กม.)	ค่าแฟคเตอร์การปล่อย (กก.คาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อหน่วย วัตถุดิบ)	ค่าแฟคเตอร์การปล่อย (กก.ฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10 ต่อหน่วยวัตถุดิบ )
เตรียมพื้นที่ปลูก	การหยอดเมล็ด	เมล็ดข้าวโพด	3 กก./ไร่	15	0.2670	0.0048
		ปุ๋ยซีโก้	200 กก./ไร่	-	0.1097	0.0004
		ปุ๋ย 15-15-15	50 กก./ไร่	15	5.3726	0.0011
	การกำจัดวัชพืช	แอสตราซีน	0.35 กก./ไร่	15	5.0100	0.0154
		อะลาคลอร์	0.5 กก./ไร่	15	8.0900	0.0077
	การใส่ปุ๋ย	ปุ๋ย 15-15-15	15 กก./ไร่	15	5.3726	0.0011
		ปุ๋ย 46-0-0	50 กก./ไร่	15	3.3036	0.0077
เก็บเกี่ยวผลผลิต	-	น้ำมันดีเซล	0.834 ลิตร/ไร่	10	0.3282	0.0011
การจัดการเศษวัสดุ	เผา	น้ำมันดีเซล	-	10	2.7446	0.0093

ที่มา: ฐิฎาพร และคณะ, 2559



ตารางที่ 9 การประเมินก๊าซเรือนกระจกและค่าการเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการเผาเศษเปลือกและ  
ซังข้าวโพด

ก๊าซเรือน กระจก	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กก.มวลสาร/ตันซังข้าวโพด)	การปล่อยฝุ่นละอองขนาดเล็ก (กก.มวลสาร/ตันซังข้าวโพด)
CO <sub>2</sub>	1,350	-
CH <sub>4</sub>	110	-
N <sub>2</sub> S	41.72	-
<b>GHGs</b>	<b>1,501.72</b>	<b>-</b>
NO <sub>x</sub>	-	1.80
Sox	-	0.20
NH <sub>3</sub>	-	2.40
PM10	-	6.20
PM2.5	-	6.00
PM10	-	13.40

ที่มา: ฐิฎาพร และคณะ, 2559

มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เท่ากับ 2,976.538 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กเท่ากับ 26.539 ตันฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM10 ซึ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กพบสูงที่สุดในกระบวนการเผาเศษเปลือกและซังข้าวโพดในที่โล่งคิดเป็นร้อยละ 86% รองลงมาคือขั้นตอนการปลูก 14% และ 0.22% จากการเก็บเกี่ยว

พรพรรณ (2559) ประเมินวัฏจักรชีวิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่าในกระบวนการผลิตมีการปล่อยก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) เฉลี่ย 37.48 g CO<sub>2</sub>-eq/kg และปล่อยก๊าซ N<sub>2</sub>O 261.19 g CO<sub>2</sub>-eq/kg **รวม 298.67 g CO<sub>2</sub>-eq/kg ผลผลิต** เนื่องจากมีการใช้สารกำจัดวัชพืชปริมาณมาก

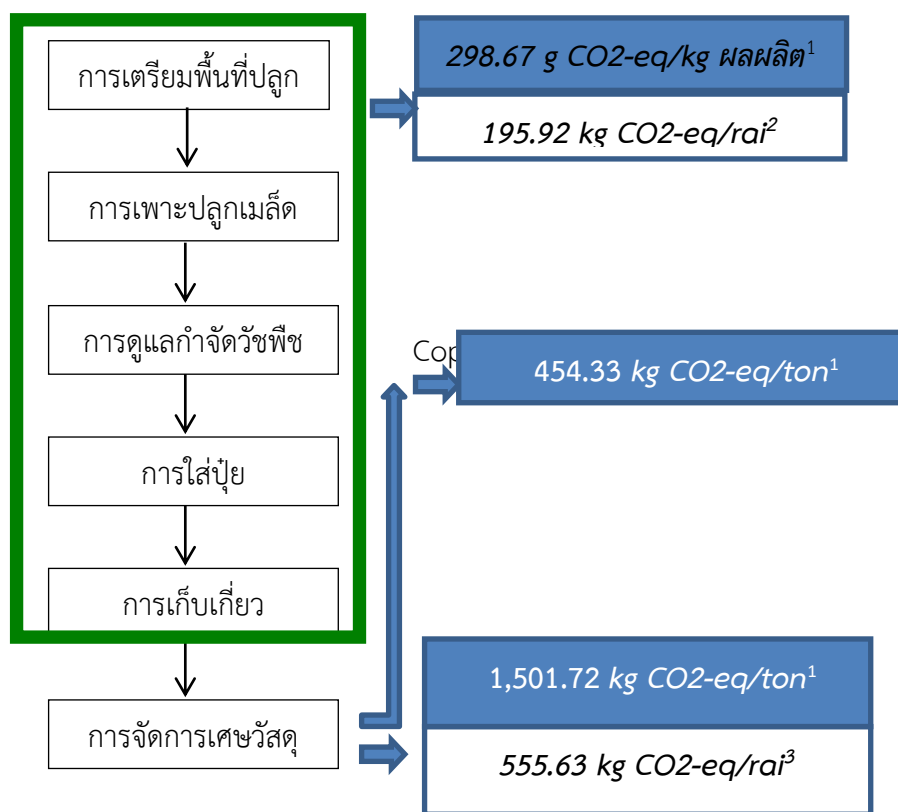
สูตรการคำนวณที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิต (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2556ก)

1. ปริมาณปุ๋ย คิดเป็นปุ๋ย N P และ K ที่ใช้ต่อ 1 กิโลกรัมผลผลิต
2. ปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณผลผลิต (ดีเซล) = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร/กก. ผลผลิต) × ความหนาแน่นน้ำมันดีเซล (กก./ลิตร)
3. ปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณผลผลิต (เบนซิน) = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร/กก. ผลผลิต) × ความหนาแน่นน้ำมันเบนซิน (กก./ลิตร)

4. ความหนาแน่นของน้ำมันดีเซล = 0.85 กก./ลิตร และความหนาแน่นของน้ำมันเบนซิน = 0.73 กก./ลิตร
5. ปริมาณมีเทน (CH<sub>4</sub>) = ปริมาณเชื้อเพลิง (กก.เชื้อเพลิง/กก. ผลผลิต) × Emission Factor (g/tonne fuel)  
 Emission Factor = 55 g/tonne fuel (น้ำมันดีเซล)  
 Emission Factor = 2,200 g/tonne fuel (น้ำมันเบนซิน)
6. ปริมาณ SO<sub>2</sub> = 2 × S × F เมื่อ S = ปริมาณซัลเฟอร์ในเชื้อเพลิง (% by wt) ; F = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อ กก. ผลผลิตปริมาณซัลเฟอร์ในน้ำมันดีเซล = 0.035 % ; ปริมาณซัลเฟอร์ในน้ำมันเบนซิน = 0.05 %
7. มลพิษอากาศจากการฟุ้งกระจายของดินในการเตรียมแปลง และดูแลรักษาในแปลง (PM10) คือ ฝุ่นละออง ขนาดเล็กกว่า 10 μm = Emission Factor (kg/ha) × 1 / (6.25 × ผลผลิตต่อไร่)  
 Emission Factor = 1.56 kg/ha
8. ปริมาณมลพิษอากาศ NH<sub>3</sub> จากการใช้ปุ๋ยเคมี E (NH<sub>3</sub>) = FC × EF × 17/14  
 FC = ปริมาณปุ๋ย N ที่ใช้ต่อกิโลกรัมผลผลิต  
 Emission factor ของปุ๋ย NPK = 4% ; Emission factor ของปุ๋ย urea = 15%
9. ปริมาณมลพิษอากาศ N<sub>2</sub>O จากการใช้ปุ๋ยเคมี E (N<sub>2</sub>O) = FC × EF × 44/28  
 FC = ปริมาณปุ๋ย N ที่ใช้ต่อกิโลกรัมผลผลิต  
 Emission factor ของปุ๋ยเคมีที่ให้ N<sub>2</sub>O = 0.0117 (ไม่มีหน่วย)
10. ปริมาณมลสารทางน้ำ (สารขาออกในรูปของ N)  
 N leaching + runoff / กก. ผลผลิต = NFERT × FRACLEACH (=0.2)  
 NFERT = ปริมาณปุ๋ย N ที่ใช้ต่อกิโลกรัมผลผลิต  
 FRACLEACH = สัดส่วน N ที่หายไปกับน้ำ (ไม่มีหน่วย) = 0.2
11. ปริมาณมลสารทางน้ำ (สารขาออกในรูปของ P) : Pro = Prol × Fro  
 Pro = ปริมาณ P ที่ถูกชะต่อพื้นที่เพาะปลูก (kg P/ha)  
 Prol = ปริมาณ P ที่ถูกชะไปกับน้ำโดยเฉลี่ย มีค่า = 0.175 kg P/ha สำหรับพื้นที่เพาะปลูก (arable land)  
 Fro = ค่า correction factor คำนวณจากสมการ  
 Fro = 1 + (0.2/80 × P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) = (1/ผลผลิตต่อไร่) + [(0.2/80) × (ปุ๋ย P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ที่ใช้ต่อไร่ × 6.25)]

ตารางที่ 10 บัญชีรายการประเมินวัฏจักรชีวิตจากการจัดการเศษวัสดุจากเปลือกและซังข้าวโพด

กระบวนการ	วิธีการ	วัสดุ/อุปกรณ์	สารและปริมาณก๊าซเรือนกระจกขาเข้าในกิจกรรม				
			ปริมาณ	เชื้อเพลิงที่ใช้	ก๊าซเรือนกระจกที่นำมาคำนวณ	ค่าแฟคเตอร์การปล่อย (กก.ก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าต่อหน่วยวัตถุดิบ)	ปริมาณ (กก.ก๊าซเรือนกระจกเทียบเท่าต่อตันวัตถุดิบ)
การเผาซังข้าวโพด (Gassifier) 1 ครั้งการผลิต	เผาซังข้าวโพดด้วยอุณหภูมิสูงเพื่อให้ได้ถ่าน	เตาเผาซังข้าวโพด	62 กก.	น้ำมันเบนซิน	CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	6.54	<b>105.48</b>
การอัดก้อนชีวมวล 1 ก้อน	อัดก้อนซังข้าวโพด	เครื่องอัดก้อนชีวมวลเปลือกและซังข้าวโพด	22.3-24.1 กก./ก้อน	-ไฟฟ้า -น้ำมันเบนซิน	CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub>	0.111 0.306	4.62 12.70
การผลิตเอทานอล	หมักซังข้าวโพดด้วยเชื้อจุลินทรีย์	เชื้อจุลินทรีย์ซังข้าวโพด	20 g	-	CO <sub>2</sub>	0.14	







$1.83+4.62+105.48 = 111.93 \text{ kg CO}_2 \text{ eq/ton}$

การสร้างก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตวัตถุดิบเปลือกอัดก้อนและถ่านซังข้าวโพด



$91.39 \text{ & - kg CO}_2 \text{ eq/ton}$

หมายเหตุ

<sup>1</sup>พรพรรณ (2559)

<sup>2</sup>ผลผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศ 656 กิโลกรัมต่อไร่ (2554) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555)

<sup>3</sup>สัดส่วนเปลือก/ซังต่อผลผลิต มีค่า 37% วีรชัย อางหาญ และคณะ (2555)



ภาพที่ 14 กระบวนการผลิตเปลือกและซังข้าวโพดที่นำมาวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

การศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนใช้เครื่องจักรแปรรูปในการผลิตวัตถุดิบ จากเศษวัสดุเหลือใช้จากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สู่อุตสาหกรรมพลังงาน ดังภาพที่ 14

ราคาเชื้อเพลิงชีวมวลจากเปลือกและซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ณ. ม.ค. 2563

อ. น้ำพอง จ. ขอนแก่น ราคาซื้อหน้าโรงงานไฟฟ้าชีวมวล

- ซังข้าวโพด/ซังปนเปลือก ความชื้น 40 %MC ค่าความร้อน 9,451 kJ/kg ราคา 750 บาท ราคาเฉลี่ย 695 บาท

- เปลือกข้าวโพด/ซังปนเปลือก ความชื้น 40 %MC ค่าความร้อน 10,151 kJ/kg ราคา 650 บาท ราคาเฉลี่ย 605 บาท

- ราคาถ่านอัดแท่ง 15 บาทต่อกิโลกรัม

1) การสร้างโรงงานแปรรูปชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

โรงงานต้นแบบแปรรูปชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะพิจารณาในการแปรรูปเป็นถ่านจากซังและเปลือกนำไปเป็นเชื้อเพลิงโรงไฟฟ้าชีวมวลหรือนำไปเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น วัว โรงงานต้นแบบประกอบด้วย

1. เครื่องแยกเปลือกและซัง ราคา 120,000 บาท
2. รถตัก(ลานข้าวโพดจะมีอยู่แล้ว) ราคาตักตันละ 40 บาท
3. เครื่องอัดก้อนชีวมวล(อัดเปลือก)ราคา 50,000 บาท + ค่าเชือกมัดม้วนละ 480 บาท
4. เตาเผาชีวมวลสำหรับเผาถ่านโดยใช้ต้นกำลังพัดลม 2.3-2.8 kW/h ราคา 50,000 บาท
5. เครื่องอัดแท่งถ่านพร้อมชุดต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า 10 แรง ราคา 60,000 บาท
6. เครื่องอัดก้อนวัสดุปลูกกล้วยไม้ 25-30 ก้อน/ชั่วโมง หรือ 10 บาท/ก้อน (ถ่านซังข้าวโพด 0.5 กก/ก้อน) 55,000 บาทต่อเครื่อง
7. เครื่องบดย่อยและระบบกำจัดฝุ่น 180,000 บาท
8. แรงงานจำนวน 1 คน (เพิ่มเติมจากเดิม)

รายรับ

1. ถ่านอัดก้อนกิโลกรัมละ 15 บาท
2. วัสดุปลูกกล้วยไม้อัดก้อน 10 บาท
3. เปลือกข้าวโพดราคาเฉลี่ย 605 บาท
4. เปลือกข้าวโพดอัดก้อน 25 บาท/ก้อน
5. บดย่อยซังข้าวโพดเพื่อนำไปผลิต Furfural ราคาซังจะมีค่า 1,200-2,000 บาทต่อตัน

เงื่อนไขกำลังการผลิตเปลือกและซัง 600 ตันต่อฤดูกาลเก็บเกี่ยว ครอบคลุมพื้นที่ 2,471 ไร่ ในอัตราการผลิต 656 กิโลกรัมต่อไร่ crop residue ratio 0.37 ของเปลือกและซัง

กรณี Case	ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)	อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return %)	วิเคราะห์จุดคุ้มทุน (Break Even Point Analysis: BEP)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Project NPV)	อัตราส่วนลด (Discount Rate %)
1	1.14	80.71	684 ตัน	1.7	8.59
2	1.53	52.80	206,550 ก้อน	0.95	8.60
3	7.78	-27.67	4,668 ตัน	-0.61	9.40
4	3.52	6.55	2,112 ตัน	-0.05	9.20

กรณีที่ 1 นำเปลือกและซังมาแยกเพื่อนำเปลือกไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงและนำซังมาผลิตเป็นถ่านอัดก้อน

กรณีที่ 2 นำเปลือกและซังมาแยกเพื่อนำเปลือกไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงและนำซังมาผลิตเป็นถ่านอัดก้อนวัสดุปลูก

กรณีที่ 3 นำเปลือกและซังมาแยกเพื่อนำเปลือกไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงและนำซังขายอุตสาหกรรม Furfural(นครราชสีมา-สระบุรี) 150 กม

กรณีที่ 4 นำเปลือกและซังมาแยกเพื่อนำเปลือกไปจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์และนำซังขายอุตสาหกรรม Furfural

## 2) พัฒนาต่อยอดเครื่องจักรของโรงสีข้าวโพด

ราคาซัง/เปลือก 400 บาทต่อตัน , ราคาขายซัง 800 บาทต่อตัน ณ. โรงสีข้าวโพด อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น (ธ.ค. 2562)

การแยกเปลือกและซังจะทำให้มูลค่าของซังข้าวโพดมีมูลค่าสูงขึ้น จากสัดส่วนของการเก็บเกี่ยวจะมีซัง/เปลือก 37% เทียบกับผลผลิต และมี 19% เป็นซังข้าวโพดซึ่งหมายถึง 51.4%จากเศษวัสดุเหลือใช้และราคาการรับซื้อซังจะสูงมากกว่าเปลือกมากขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น การนำไปเป็นเชื้อเพลิงในโรงผลิตอาหารสัตว์ราคา 1200 บาทต่อตัน หรือการนำไปผลิต Furfural ราคาซังจะมีค่า 1,200-2,000 บาทต่อตัน (ซึ่งต้องสะอาด) แหล่งรับซื้อสระบุรี เพราะฉะนั้นการแยกเปลือกและซังจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์เศษวัสดุเหลือใช้จากเปลือกและซังข้าวโพด ซึ่งจะสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นได้ เช่น ถ่าน เอทานอล furfural และเชื้อเพลิงชีวมวล ซึ่งราคาเครื่องแยกเปลือกและซัง 120,000 บาท (พร้อมต้นกำลังมอเตอร์เกียร์ทด) สมรรถนะ 500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง **ข้อจำกัดไม่เหมาะสมกับเปลือกและซังเก่า** เพราะฉะนั้นสามารถแยกเปลือกและซังได้วันละ 4 ตันต่อ 8 ชั่วโมง ซึ่งจะเป็นซัง 2.05 ตัน และเป็นเปลือก 1.95 ตัน เพราะฉะนั้นมูลค่าเพิ่มจากเดิม 820 บาทต่อวัน หรือ **205 บาทต่อตันวัตถุดิบ** โดยระยะเวลาการเก็บเกี่ยวข้าวโพด 4 เดือน หรือ 120 วัน เพราะฉะนั้นการลงทุนเครื่องแยกเปลือกและซังมูลค่า 120,000 บาท รายได้ต่อปี  $120 \times 820 = 98,400$  บาทต่อปี ทำให้ระยะเวลาคืนทุนจะเป็นปีที่ 2 หรือ 1 ปี และปีที่ 2 (เดือนที่ 1 ฤดูกาลเก็บเกี่ยวจำนวน 26 วัน) หรือ 586 ตันวัตถุดิบต่อปีขึ้นไป ก็สามารถคืนทุนได้ภายใน 1 ปี

### 3) การลงทุนร่วมกับโรงไฟฟ้าชีวมวล

- ชังข้าวโพด/ชังปนเปลือก ความชื้น 40 %MC ค่าความร้อน 9,451 kJ/kg ราคา 750 บาท ราคาเฉลี่ย 695 บาท

- ชังปนเปลือกที่หน้าโรงสีข้าวโพด 400 บาทต่อตัน (ราคาจำหน่ายโรงสีข้าวโพด อ.ชุมแพ จ.ขอนแก่น)

- รถบรรทุกพ่วง พิกัด 25-30 ตัน เครื่องยนต์ 300-400 แรงม้า อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน 2.5-3.0 กิโลเมตรต่อลิตร ราคาน้ำมันดีเซล 30.74 บาท (4 ม.ค. 2563)

ค่าการบรรทุกขนส่งในการเคลื่อนย้ายชีวมวลระยะสั้นไม่รวมค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 30 บาทต่อตัน(พิกัด)

ในทางเศรษฐศาสตร์การลงทุนร่วมกับโรงไฟฟ้าชีวมวล การบรรทุกเปลือกและชังของรถพ่วง (แม่และลูก) น้ำหนักพิกัดบรรทุก 30 ตัน สามารถบรรทุกได้ 8.59 ตัน ซึ่งเมื่อพิจารณาชีวมวลมีมูลค่า 5,970 บาทต่อเที่ยว เพราะฉะนั้นราคาวัตถุดิบมูลค่า 3,436 บาทต่อเที่ยว ค่าขนส่ง 2,534 บาท หรือ 295 บาทต่อตัน วัตถุดิบ (เทียบเท่ากับ 84 บาทต่อตันพิกัดบรรทุก) เพราะฉะนั้นการขนส่งละ 10.25 บาทต่อกิโลเมตร ทำให้สามารถจัดทำระบบการขนส่งได้ไม่เกิน 247.3 กิโลเมตร(ไป-กลับ) หรือไม่เกิน 123 กิโลเมตรต่อเที่ยว

กรณีจ้างเหมาขนย้ายชีวมวลเข้าสู่โรงไฟฟ้าชีวมวล ค่าขนส่งหักค่าจ้างเหมา 1,634 บาทต่อเที่ยว ซึ่งค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 10.25 บาทต่อกิโลเมตร เพราะฉะนั้นทำให้สามารถขนส่งได้ไม่เกิน 159.4 กิโลเมตร (ไป-กลับ) หรือไม่เกิน 80 กิโลเมตรต่อเที่ยว ซึ่งจะส่งผลให้ใน 1 วันสามารถขนส่งได้ ไม่เกิน 3 เที่ยวไปกลับ ทำให้ระบบการขนส่งชีวมวลจำเป็นต้องใช้รถขาเดียวเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง

12. สรุปผลการศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ LCA และเศรษฐศาสตร์ของการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้าและการผลิตเอทานอลจากเปลือกและชังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยการศึกษาประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ LCA ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของการผลิตมีการปล่อยก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ก๊าซ N<sub>2</sub>O และ CO<sub>2</sub> จากการวิจัยของช่วงการปลูก พรพรรณ (2559) การผลิตมีการปล่อย CO<sub>2</sub>-eq/kg รวม 298.67 kg CO<sub>2</sub>-eq/ton ผลผลิต หรือ 195.92 kg CO<sub>2</sub>-eq/rai<sup>2</sup> และมีการใช้สารกำจัดวัชพืชปริมาณมาก และจากการศึกษาการใช้เครื่องจักรในการแปรรูปเปลือกและชังข้าวโพด พบว่า ถ้าปลอดให้มีการเผาเปลือกและชังข้าวโพดจะส่งผลต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณปล่อย CO<sub>2</sub>-eq/kg รวม 1,501.72 kg CO<sub>2</sub>-eq/ton ผลผลิต หรือ 555.63 kg CO<sub>2</sub>-eq/rai<sup>2</sup> ซึ่งถ้านำชังไปผลิตเอทานอลจะลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเหลือ 454.33 kg CO<sub>2</sub>-eq/ton ลดการปลดปล่อยได้ 69.7%เทียบเท่ากับการเผาไหม้เปลือกและชังในที่โล่งแจ้ง ถ้านำชังไปเผาไหม้และนำมาผลิตถ่านด้วยเทคโนโลยีแก๊ซซิฟิเคชันจะสามารถลดการปลดปล่อยได้ 92.5% หรือปลดปล่อย 111.93 kg CO<sub>2</sub>-eq/ton และถ้านำถ่านมาอัดแท่งจะลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 92.0% หรือเพิ่มการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 12.63 kg CO<sub>2</sub>-eq/ton และถ้านำถ่านไปแปรรูปอัดแท่งวัสดุปลูกกล้วยไม้จะลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้

86.5 % หรือเพิ่มการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก 91.39 kg CO<sub>2</sub>-eq/ton เทียบเท่ากับการเผาไหม้เปลือก และซังในที่โล่งแจ้ง

การศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนใช้เครื่องจักรแปรรูปในการผลิตวัตถุดิบพบว่า นำเปลือกและซังมาแยกเพื่อนำเปลือกไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงและนำซังมาผลิตเป็นถ่านอัดก้อน และนำเปลือกและซังมาแยกเพื่อนำเปลือกไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงและนำซังมาผลิตเป็นถ่านอัดก้อนวัสดุปลูก มีแนวโน้มที่สามารถดำเนินการผลิตเชิงพาณิชย์ได้โดยระยะเวลาคืนทุนมีค่า 1.14 และ 1.53 ปี อัตราผลตอบแทนการลงทุน 80.71 และ 52.80 % ตามลำดับ ส่วนกรณีที่ 3 นำเปลือกและซังมาแยกเพื่อนำเปลือกไปจำหน่ายเป็นเชื้อเพลิงและนำซังขายอุตสาหกรรม Furfural(นครราชสีมา-สระบุรี) 150 กม และกรณีที่ 4 นำเปลือกและซังมาแยกเพื่อนำเปลือกไปจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์และนำซังขายอุตสาหกรรม Furfural ไม่เหมาะต่อการลงทุนเนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นลบ ส่วนการนำเปลือกและซังไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสามารถทำได้เพียงการขนส่งระยะทางใกล้

13 . การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ : เมื่อมีผู้นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์แล้ว สามารถช่วยให้เกษตรกรชาวไร่ข้าวโพดมีรายได้ที่เพิ่มขึ้นและช่วยลดต้นทุนการผลิต และลดการใช้แรงงานในภาคการผลิตลง และส่งเสริมให้เกษตรกรและกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรมีเครื่องจักรที่มีราคาต้นทุนที่ต่ำลง ในด้านสิ่งแวดล้อมจะเข้าไปช่วยลดการเผาซังข้าวโพดในพื้นที่ผลิตลงทำให้ไม่เกิดมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

14. คำขอบคุณ (ถ้ามี) : งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนทุนวิจัยโครงการบูรณาการ ประจำปี 2559 ระยะเวลาทำการวิจัย 3 ปีทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ ขอขอบคุณ คณะกรรมการสำนักผู้เชี่ยวชาญพิจารณาโครงการ ผอ. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมเกษตร ได้ให้คำแนะนำข้อเสนอแนะต่อคณะผู้วิจัย

## 15. 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 พุทธาธร. 2528. เฟอร์พูล์จากซังข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,  
กรุงเทพฯ.
- ชนะ ผิวเหลือง, สมยศ กิจคำและ จุติเทพ โพธิ์ปักษ์. 2542. ผลกระทบของวัสดุเพาะชำ ต่อการ  
เจริญเติบโตของกล้าไม้ยางแดง. *รายงานนวนิทัศน์ประจำปี 2542 ส่วนนวนิทัศน์*  
*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]
- ทิพย์ศรีณี สิทธินาม. 2547. ผลของวัสดุปลูกและปุ๋ยต่อการงอกและการเจริญเติบโตของไม้ดอกกระถาง.  
วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (พืชสวน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ประยูร ปัญญา. 2540. ผลของวัสดุปลูกและธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้รองเท้านารี.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 64 น.
- พงศธร ไคว์ชาภรณ์. 2537. ถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,  
กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ โอชารส. 2539. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดโดยใช้เกลือแกง  
เป็นสารกระตุ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.
- สุภาภรณ์ มั่นไทรทอง. 2541. การหาหารดูดซับไอของโพลีอินและโซลินบนถ่านกัมมันต์ซึ่งเตรียมจากซัง  
ข้าวโพดโดยใช้เทคนิคโครมาโตกราฟี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

- สุคนธ์ แสงแก้ว. 2538. ผลของวัสดุปลูกและอัตราปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน.
- วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). พืชสวน (พืชสวน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สุชาดา จิตรภิมย์ศรี. 2539. การใช้ประโยชน์ขี้เลื่อยเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดสำหรับเป็นวัสดุปลูกไม้กระถาง.
- วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต.(เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร) มหาวิทยาลัยมหิดล.
- กรุงเทพฯ.
- ธีระยุทธ นาคแดง. 2552. การพัฒนาวัสดุปลูกกล้วยไม้สกุลหวายตัดดอกร่วมกับเทคโนโลยีทางปุ๋ยอินทรีย์จากวัสดุอินทรีย์ในท้องถิ่น. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,ขอนแก่น. 23 หน้า.
- นิลกุล เหลืองช่อสิริ . 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. การผลิตก๊าซชีววมวลจากขังข้าวโพดเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงอบเมล็ดข้าวโพด. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- วิทยา ปั่นสุวรรณ, นงคันุช ธนุแสง และ บุญญฤทธิ์ ชูประยูร. 2543. ไซโลสจากขังข้าวโพดโดยการระเบิดด้วยไอน้ำ. 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 รุจิรวัดณ์. 2523. สายการสังเคราะห์ 2- pyrrolidone ที่อาจเป็นได้จากขังข้าวโพดเพื่อใช้ในทางเภสัชกรรม. 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](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 โพธิ์ปักข์. 2542. ผลกระทบของวัสดุเพาะชำ ต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางแดง. *รายงานงานวิจัย ประจำปี 2542 ส่วนงานวิจัย สำนัก*



วิชาการป่าไม้ กรุงเทพฯ

ชัยรัตน์ สัมณ. 2550. เครื่องสับหั่นบด..แม่จี้ 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]

ทิพย์ศรีณี สิทธินาม. 2547. ผลของวัสดุปลูกและปุ๋ยต่อการงอกและการเจริญเติบโตของไม้ดอกกระถาง.

วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์ (พืชสวน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ประยูร ปัญญา. 2540. ผลของวัสดุปลูกและธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้รองเท้านารี.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 64 น.

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

พงษ์ศักดิ์ โอซารส. 2539. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดโดยใช้เกลือแกงเป็นสารกระตุ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

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

สุนันท์ แสงแก้ว. 2538. ผลของวัสดุปลูกและอัตราปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกหวาน.

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

สุชาดา จิตรภิมย์ศรี. 2539. การใช้ประโยชน์ซีลีเนียมที่สูญเสียทิ้งจากการเพาะเห็ดสำหรับเป็นวัสดุปลูกไม้กระถาง. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต.(เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร) มหาวิทยาลัยมหิดล.

กรุงเทพฯ.

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

นิลกุล เหลืองซ้อสิริ . 2547. การศึกษาขนาดวัสดุปลูกและความถี่การให้ปุ๋ยในระบบน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของดอกกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์บอมโจ. 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 อัจฉาญและคณะ.2554. โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน.มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

วีไล 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](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 CO<sub>2</sub>. *Bioresource Tech.* 78(2): 203-208.