



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การใช้ประโยชน์มะพร้าวอ่อนเหลือทิ้งจากการผลิตน้ำมะพร้าวกระป๋อง

โครงการย่อยที่ 2

การพัฒนาเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวอ่อน

Development of a Fresh Coconut Husk Chopping Machine

โดย

ภรต กุญชร ณ อยุธยา

ศักดิ์ จันทรทอง และ วิชัย หมอหยาด

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

ธันวาคม 2543

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การใช้ประโยชน์มะพร้าวอ่อนเหลือทิ้งจากการผลิตน้ำมะพร้าวกระป๋อง

โครงการย่อยที่ 2

การพัฒนาเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวอ่อน

Development of a Fresh Coconut Husk Chopping Machine

คณะผู้วิจัย

ภรต กุญชร ณ อยุธยา

ศักดา จันทรทอง และ วิชัย หมอหยาด

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ก)

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินการวิจัยโครงการย่อยที่ 2 การพัฒนาเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวอ่อน ขอขอบคุณสำนักงาน
กองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และบริษัทไทยอกริฟต์ส์ จำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย
ขอขอบคุณศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ยืมเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวเพื่อใช้ในการทดลอง
ขอขอบคุณบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมเกษตร ที่ได้ช่วยเหลือจนโครงการประสบผลสำเร็จ

Development of a Fresh Coconut Husk Chopping Machine

Executive Summary

A fresh coconut husk chopping machine and a coconut shell hammer mill were developed to process the coconut waste produced by a coconut water export industry. The fresh husk of the coconut waste was peeled by the husk peeling machine developed by other researchers and chopped by the chopping machine in order to prepare raw material for making livestock silage. At the cutterhead speed of 763 rpm, 5.0 mm theoretical length of cut and the coconut husk moisture content 83.80% (w.b.), chopping capacity was 529.97 kg/h. Length of the chopped material was mixed and available both in pieces and fibers.

The coconut shell left after peeling the husk was sun dried to reach low moisture content and the volume was reduced by the hammer mill. At the beater blades shaft speed of 1,816 rpm and the coconut shell moisture content 12.76% (w.b.), milling capacities were 236.04 and 259.32 kg/h for the uncompressed and compressed shells respectively. The products of the milled shell consisted of shell in pieces and fibers which could be used for fuel and soil improvement material.

(ค)

การพัฒนาเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวอ่อน บทคัดย่อ

เครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อนและเครื่องบดกะลาได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้แปรรูปผลมะพร้าวที่เหลือจากอุตสาหกรรมส่งออกน้ำมะพร้าวกระป๋อง เครื่องสับเป็นชนิดหัวสับทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 270 มิลลิเมตร มีใบมีดจำนวน 3 ใบ ความกว้างของการสับ 400 มิลลิเมตร ความยาวทางทฤษฎีของการสับ 5.0 มิลลิเมตร ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า (380 V) ขนาด 5 กำลังม้า เครื่องบดกะลาเป็นแบบ hammer mill มีชุดใบตีชนิดแฉกตัวได้อย่างอิสระจำนวน 4 แฉก อยู่บนเพลลาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร แต่ละแฉกมีใบตีจำนวน 4 อัน ห้องบดมีขนาด (กว้างxยาว) 345x500 มิลลิเมตร ด้านล่างของห้องบดเป็นตะแกรงเหล็กส่วของวงกลมรัศมี 210 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตร ช่องตะแกรงมีขนาด (กว้างxยาว) 14x40 มิลลิเมตร จำนวน 9 แฉก แฉกละ 9 ช่อง ต้นกำลังของเครื่องบดเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 8 กำลังม้า

เปลือกมะพร้าวได้จากการปอกเปลือกผลมะพร้าวที่ผ่าเปิดเพื่อเทน้ำมะพร้าวออกแล้วด้วยเครื่องปอกเปลือกที่มีผู้พัฒนาแล้ว ที่ความเร็วรอบของหัวสับ 763 รอบ/นาที สมรรถนะการสับเปลือกมะพร้าว ความชื้น 83.80% (w.b.) เฉลี่ย 529.97 กิโลกรัม/ชั่วโมง เปลือกมะพร้าวที่สับแล้วมีความยาวปานกลาง ขนาดและมีลักษณะเป็นชิ้นและเส้นใย ที่ความเร็วรอบของชุดตีของเครื่องบด 1,816 รอบ/นาที สมรรถนะการบดกะลามะพร้าวความชื้น 12.76% (w.b) เมื่อกะลาเป็นลูกและเป็นกะลาที่ถูกกดให้แตกแล้ว มีค่าเฉลี่ย 236.04 และ 259.32 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ ขณะทำงานเกิดฝุ่นมาก กะลาที่ถูกบดแล้วประกอบด้วยส่วนที่เป็นชิ้นกะลาและส่วนที่เป็นเส้นใย

Development of a Fresh Coconut Husk Chopping Machine

Abstract

A fresh coconut husk chopping machine and a coconut shell hammer mill were developed to process the coconut waste produced by a coconut water export industry. The chopping machine had 3 knife blades on a 270 mm diameter cylindrical cutterhead, 400 mm chopping width, 5.0 mm theoretical length of cut and powered by a 5 hp electric motor (380 V). The shell hammer mill had 4 rows of swinging beater blades and 4 blades on each row and the total unit was on a 300 mm long and 95 mm diameter shaft. The milling chamber was 345x500 mm and a concave screen (210 mm radius and 500 mm long) was underneath. The dimensions of the screen holes were 14x40 mm and there were 9 rows and 9 holes/row on the screen. The power of the shell hammer mill was a 8 hp diesel engine.

The fresh husk of the coconut waste was peeled by the husk peeling machine developed by other researchers. At the cutterhead speed of 763 rpm and coconut husk moisture content 83.80% (w.b.), chopping capacity was 529.97 kg/h. Length of the chopped material was mixed and available both in pieces and fibers. At the beater blades shaft speed of 1,816 rpm and the coconut shell moisture content 12.76% (w.b.), milling capacities were 236.04 and 259.32 kg/h for the uncompressed and compressed shells respectively. It was dusty when milling and the products of the milled shell consisted of shell in pieces and fibers.

สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	(ก)
Executive Summary	(ข)
บทคัดย่อ	(ค)
Abstract	(ง)
สารบัญเรื่อง	(จ)
สารบัญตาราง	(ฉ)
สารบัญภาพ	(ช)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
2.1 สันฐานวิทยาของผลมะพร้าว	2
2.2 การใช้ประโยชน์มะพร้าว	4
2.3 เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปเปลือกมะพร้าว	4
บทที่ 3 เครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวอ่อน	6
3.1 ปัจจัยสำคัญที่พิจารณาก่อนการกำหนดแนวทางการพัฒนาเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวอ่อน	6
3.2 การเตรียมวัตถุดิบให้โครงการย่อยที่ 3 การใช้เปลือกมะพร้าวอ่อนขึ้นย่อยเป็นอาหารสัตว์ เคี้ยวเอื้อง (แกะ)	6
3.3 รายละเอียดของเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน	11
3.4 การพัฒนาเครื่องบดกะลาและเครื่องลำเลียง	14
3.4.1 เครื่องบดกะลา	14
3.4.2 เครื่องลำเลียง	18
บทที่ 4 การทดลอง ผลการทดลองและวิจารณ์	20
4.1 การทดลอง	20
4.1.1 การทดลองเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน	20
4.1.2 การทดลองเครื่องบดกะลา	20
4.2 ผลการทดลองและวิจารณ์	23
4.2.1 สมรรถนะของเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน	23
4.2.2 ลักษณะของเปลือกมะพร้าวที่สับแล้ว	24

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

	หน้า
4.2.3 สมรรถนะของเครื่องบดกะลา	24
4.2.4 ลักษณะของกะลาที่บดแล้ว	27
4.2.5 แนวทางการใช้ประโยชน์วัสดุที่ได้จากการบดกะลา	27
4.2.6 แนวทางการใช้ประโยชน์กะลาแห้ง	30
4.3 การปรับปรุง	30
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	35
ภาคผนวกที่ 1 ภาพเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน	36
ภาคผนวกที่ 2 ภาพเครื่องบดกะลา	37

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	มวลของส่วนประกอบของผลมะพร้าวที่มาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ (De Taffin, 1998)	3
3.1	การปรับปรุงเครื่องสับเพื่อสับเปลือกมะพร้าวอ่อน	12
4.1	สมรรถนะของเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน	23
4.2	สมรรถนะของเครื่องบดกะลา	26

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ผลมะพร้าวที่แก่จัด (De Taffin, 1998)	3
2.2	การใช้ประโยชน์มะพร้าว (Persley, 1992)	5
3.1	ผลมะพร้าวที่ถูกผ่าเปิดเพื่อเทน้ำมะพร้าวออกแล้ว	7
3.2	เครื่องสับพืชอาหารสัตว์ที่ได้พัฒนาโดยภรตและสุวิทย์ (2541)	7
3.3	เปลือกมะพร้าวที่ปอกออกจากผลแล้ว	9
3.4	รอยที่เปลือกมะพร้าวซึ่งเกิดจากเครื่องปอกเปลือก	9
3.5	กะลาที่ปอกเปลือกออกแล้ว	10
3.6	การปอกเปลือกผลมะพร้าวด้วยเครื่องปอกเปลือกและการสับเปลือกมะพร้าวด้วยเครื่องสับ	10
3.7	เครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน	13
3.8	หัวสับ	13
3.9	ระบบถ่ายทอดกำลังของเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน	15
3.10	กะลาที่เหลือจากการปอกและสับเปลือกมะพร้าว	16
3.11	สภาพของกะลาแห้ง	16
3.12	เครื่องบดกะลามะพร้าว	17
3.13	ชุดใบตีและตะแกรงของเครื่องบดกะลามะพร้าว	17
3.14	เครื่องลำเลียงเปลือกและกะลามะพร้าว	19
3.15	เครื่องลำเลียงมีส่วนประกอบสำหรับการปรับมุมเอียงได้	19
4.1	กะลามะพร้าวแห้งเป็นลูก	21
4.2	กะลามะพร้าวแห้งที่ถูกกดให้แตกแล้ว	21
4.3	เครื่องกดไฮดรอลิกที่ใช้กดกะลาให้แตก	22
4.4	การทดลองเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน	22
4.5	เปลือกมะพร้าวที่ถูกสับแล้ว	25
4.6	การทดลองเครื่องบดกะลา	25
4.7	วัสดุที่เหลือออกจากเครื่องบด	28
4.8	ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ได้จากการบดกะลา	28
4.9	ลักษณะกะลาอ่อนที่บดแล้ว	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

เปลือกมะพร้าว (ส่วนที่เป็นเยื่อใย) เป็นวัสดุที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมส่งออกน้ำมะพร้าวกระป๋อง และมีปริมาณมากในแต่ละปี เป็นภาระของผู้ประกอบการที่จะต้องกำจัดและเสียค่าใช้จ่าย เช่น โดยการขนย้ายจากโรงงานผลิตไปยังพื้นที่สำหรับรวบรวมหรือทิ้ง ซึ่งหากการผลิตยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่องพื้นที่ที่ไว้เก็บรวบรวมหรือทิ้งนั้นก็จะไม่สามารถรองรับเปลือกมะพร้าวที่เกิดขึ้นใหม่ได้อีกต่อไป นอกจากนี้แล้วในสภาพธรรมชาติเปลือกมะพร้าวไม่สามารถผุพังและสลายตัวได้ง่ายและรวดเร็ว De Taffin (1998) พบว่าเปลือกมะพร้าวที่แยกกะลาออกแล้วและใช้คลุมโคนต้นพืชจะสลายตัวต้องใช้เวลา 3 ปี แต่หากผ่าผลมะพร้าวออกเป็นสองส่วนโดยที่ไม่ได้แยกกะลาออกไปการสลายตัวจะใช้เวลานานกว่า เนื่องจากกะลาจะป้องกันความชื้นไม่ให้เคลื่อนที่ไปถึงเปลือก ดังนั้นหากมีกระบวนการที่สามารถแปรสภาพเปลือกมะพร้าวเพื่อนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้จะเป็นการสร้างมูลค่าให้กับเปลือกมะพร้าว ซึ่งจะเป็นผลดีกับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมส่งออกน้ำมะพร้าวกระป๋อง

เปลือกมะพร้าวเป็นวัสดุที่มีเยื่อใยสูง ในประเทศไทยโดยทั่วไปเปลือกมะพร้าวแห้งจะนำไปใช้เป็นวัสดุปลูก หรือวัสดุเพาะชำต้นไม้ เนื่องจากมีความสามารถในการดูดซึมน้ำสูง หรือนำไปใช้เป็นวัสดุใส่ในทีนนอน อย่างไรก็ตามนักวิชาการสัตวบาลมีแนวความคิดที่แตกต่างไปจากการใช้ประโยชน์เปลือกมะพร้าวดังที่ได้ยกตัวอย่างมาแล้วว่า เปลือกมะพร้าวอาจนำไปใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับปศุสัตว์ได้หากผ่านกระบวนการหมักที่เหมาะสม และคาดว่าจะมีศักยภาพสูงโดยเฉพาะในฤดูแล้งที่มักจะขาดแคลนหญ้าสดสำหรับการเลี้ยงปศุสัตว์ ในด้านการผลิตพลังงานความร้อนเปลือกมะพร้าวที่มีขนาดพอเหมาะและความชื้นต่ำสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมส่งออกน้ำมะพร้าวกระป๋องได้ โดยสามารถทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง

อย่างไรก็ตามการจะนำเปลือกมะพร้าวไปใช้ประโยชน์ได้นั้นจำเป็นต้องแยกเปลือกออกจากผลและลดขนาดเปลือกมะพร้าวให้มีขนาดเหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้ ดังนั้นการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวจึงมีความจำเป็นเบื้องต้นในกระบวนการนำเปลือกมะพร้าวไปใช้ประโยชน์เพื่อแก้ปัญหาให้กับผู้ประกอบการและจะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวเพื่อใช้สำหรับแปรสภาพเปลือกมะพร้าวให้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ และวัสดุเชื้อเพลิง
2. เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการย่อยเปลือกมะพร้าวเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ และวัสดุเชื้อเพลิง

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 สันฐานวิทยาของผลมะพร้าว

De Taffin (1998) ได้อธิบายลักษณะของผลมะพร้าวว่า ดอกมะพร้าวตัวเมียเมื่อได้รับการผสมเกสรแล้วจะพัฒนาเป็นผลมะพร้าว ซึ่งเป็น monospermous drupes และมักจะเข้าใจผิดว่าเป็นผลชนิด nut ผลมะพร้าวมีความยาวประมาณ 20-30 เซนติเมตร และมีมวลอยู่ในช่วง 1.2-2.0 กิโลกรัม ภาพตัดขวางของผลมะพร้าวแสดงในภาพที่ 2.1 (ก) ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ โดยเรียงลำดับจากด้านนอกไปสู่ด้านในของผลมะพร้าว ดังนี้

1. ผิวด้านนอก (exocarp) มีลักษณะเรียบเป็นมัน มีสีเหลือง แดง เขียว หรือน้ำตาล ก่อนที่ผลจะสุก (maturity) และภายหลังจะเปลี่ยนเป็นสีเทาหรือน้ำตาล

2. เปลือก (mesocarp or husk) มีลักษณะเป็นเส้นใย แข็ง สีน้ำตาลปนแดง ณรงค์ (2530) ได้ให้รายละเอียดว่าเปลือกคือส่วนที่อยู่ใต้ผิวด้านนอกจนถึงกะลา มีความหนาประมาณ 2-15 เซนติเมตร

3. กะลา (endocarp or shell) เป็นเนื้อไม้มีสีน้ำตาลเข้มและแข็ง รูปร่างผันแปรตั้งแต่ทรงรี (oblong) จนถึงทรงกลม (sphere) ความแข็งแรงของกะลาถูกเสริมให้มากขึ้นด้วยเส้นจำนวน 3 แนวซึ่งอยู่ตามความยาวของผล ดังแสดงในภาพที่ 2.1 (ข) ที่ฐานของผลซึ่งเป็นส่วนที่ติดอยู่กับทะลายจะมีตาจำนวน 3 ตา เรียงกันเป็นรูปสามเหลี่ยม

4. เปลือกนอกของเมล็ด (testa or seed coat) เป็นผิวบาง ๆ มีสีน้ำตาลปนแดง และอยู่ติดกับกะลาทางด้านใน

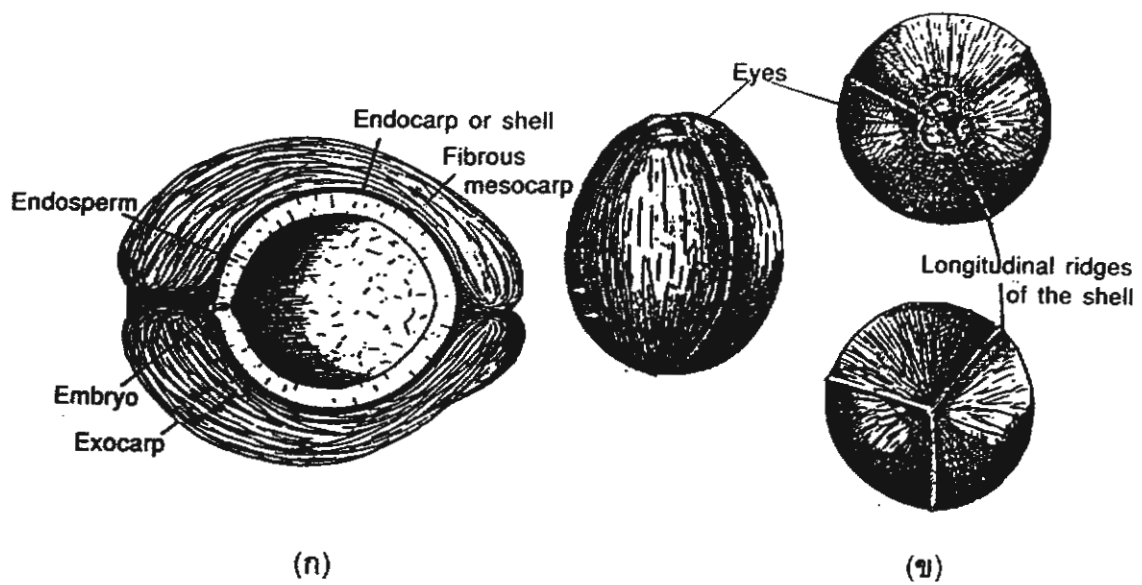
5. เนื้อมะพร้าว (endosperm) เป็นอาหารสำหรับต้นอ่อน มีสีขาวเป็นมัน หนา 10-15 มิลลิเมตร

6. น้ำมะพร้าว (coconut water) เป็นของเหลวมีอยู่ประมาณ $\frac{3}{4}$ ของที่ว่างข้างในของผลมะพร้าว และเป็นส่วนหนึ่งของอาหารสำหรับต้นอ่อน

7. ต้นอ่อน (embryo) อยู่ใต้ตาอันใดอันหนึ่ง มีความยาวประมาณ 5 มิลลิเมตร

Grimwood (1975) กล่าวว่าผลมะพร้าวประกอบด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ (โดยน้ำหนัก) โดยเฉลี่ยคือเปลือก 35% กะลา 12% เนื้อมะพร้าว 28% และน้ำมะพร้าว 25%

De Taffin (1998) ได้เปรียบเทียบมวลของส่วนประกอบของผลมะพร้าวที่มาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ผลมะพร้าวที่แก่จัด (De Taffin, 1998)

(ก) ภาพตัดขวางของผลมะพร้าว

ผิวหนังนอก (exocarp)

เปลือก (mesocarp)

กะลา (endocarp)

เนื้อมะพร้าว (endosperm)

ต้นอ่อน (embryo)

(ข) ผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแล้ว

ตารางที่ 2.1 มวลของส่วนประกอบของผลมะพร้าวที่มาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ (De Taffin, 1998)

Cultivar	Origin	Weight (g)				
		Fruit	Husk	Shell	Water	Endosperm
Tall	Côte d'Ivoire	1,161	544	173	110	334
Tall	Thailand	1,851	575	273	449	553
Dwarf	Sri Lankan Green	365	198	48	21	98
Dwarf	Malayan Yellow	743	262	102	132	246

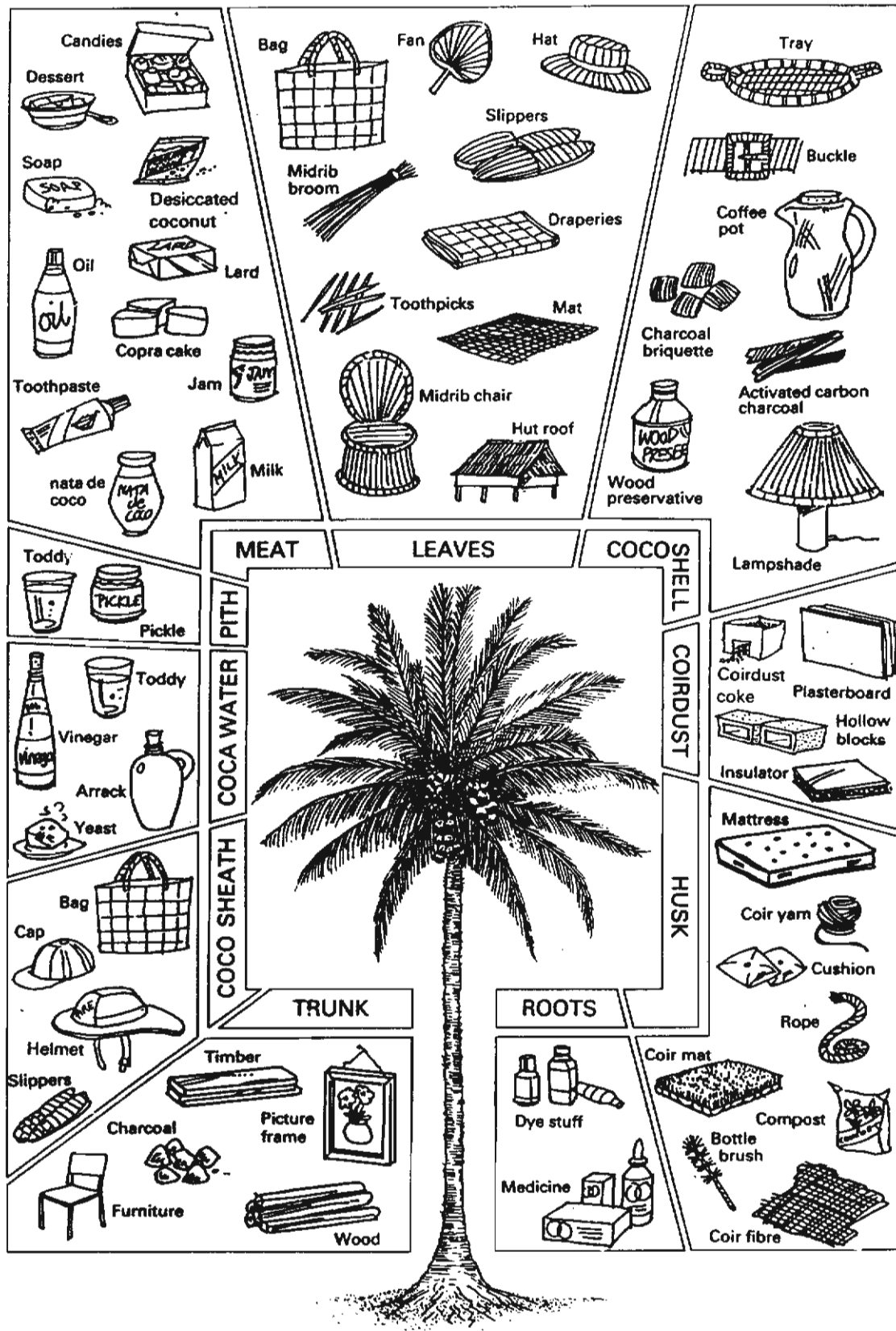
2.2 การใช้ประโยชน์มะพร้าว

Persley (1992) ได้กล่าวว่า มะพร้าวนั้นเป็นต้นไม้แห่งชีวิต (tree of life) เนื่องจากทุก ๆ ส่วนของมะพร้าวสามารถใช้เป็นอาหาร เครื่องดื่ม และทำของใช้ต่าง ๆ ในครัวเรือนได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.2

2.3 เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปเปลือกมะพร้าว

มงคลและเอนก (2540) ได้พัฒนาเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอเนกประสงค์ซึ่งมีส่วนประกอบสำคัญคือ ชุดกลไกฉีกเปลือก และชุดกลไกตัดผิวกะลามะพร้าว ชุดกลไกฉีกเปลือกประกอบด้วยลูกกลิ้งเหล็กจำนวน 2 อัน มีครีบบาดตามแนวยาวจำนวน 6 ครีบ และมีทิศทางการหมุนเข้าหากัน เปลือกมะพร้าวจะถูกหนีบด้วยครีบและดึงให้หลุดออกจากกะลามะพร้าวผ่านชุดกลไกฉีกเปลือกลงไปยังด้านล่าง ชุดกลไกตัดผิวกะลามะพร้าวเป็นแปรงเหล็กทรงกระบอกสองอันหมุนในทิศทางเข้าหากัน ขณะตัดผิวกะลามะพร้าวจะอยู่ทางด้านบนของแปรง สมรรถนะการปอกและการตัดผิว 4.77 วินาที/ลูก (754 ลูก/ชั่วโมง) ความต้องการกำลังขณะปอกเปลือกและตัดผิวมีค่า 1.77 กำลังม้า ขณะที่การปอกเพียงอย่างเดียวต้องการกำลัง 0.82 กำลังม้า ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 กำลังม้า (220 V, 50 Hz) เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอเนกประสงค์นี้สามารถใช้ปอกเปลือกมะพร้าวสดได้

ภรตและสุวิทย์ (2541) ได้พัฒนาเครื่องสับพืชอาหารสัตว์เพื่อสับวัสดุเกษตรให้เป็นชิ้นเล็กๆ โดยสามารถสับวัสดุเกษตรที่มีลักษณะแข็ง เช่น ต้นข้าวโพด หรือกิ่งมะม่วงสด และวัสดุเกษตรที่มีลักษณะอ่อนตัว เช่น ฟางข้าว ได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงกลไกของเครื่องสับ เครื่องสับมีหัวสับเป็นชนิดทรงกระบอก มีใบมีด 6 ใบ ความยาวทางทฤษฎีของการสับ 2.5 มิลลิเมตร ความกว้างของการทำงาน 300 มิลลิเมตร และมีใบมีดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 254 มิลลิเมตร 1 ใบ จำนวนฟันบนใบมีด 100 ฟัน ที่ปลายฟันเป็นคมมีดชนิดทั้งสแตนเลสคาร์ไบด์ ใบมีดกลมใช้สำหรับตัดแบ่งวัสดุที่มีขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งป้อนวัสดุให้มีขนาดเหมาะสมก่อนที่จะสับ ต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์เบนซินสูบเดียวขนาดไม่น้อยกว่า 5 กำลังม้า หรือมอเตอร์ไฟฟ้า (220 V, 50 Hz) ขนาดไม่น้อยกว่า 3 กำลังม้า สมรรถนะที่ความยาวทางทฤษฎีของการสับ 2.5 มิลลิเมตร ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 3,000 รอบ/นาที สับทางสะละแห้ง (ความชื้น 29.26% w.b.) ได้ 100 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (เบนซิน) ประมาณ 1 ลิตร (เครื่องยนต์ HONDA 5.2 กำลังม้า)



ภาพที่ 2.2 การใช้ประโยชน์มะพร้าว (Persley, 1992)

บทที่ 3

เครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวอ่อน

3.1 ปัจจัยสำคัญที่พิจารณาก่อนการกำหนดแนวทางการพัฒนาเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวอ่อน

ผลมะพร้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันมะพร้าวระป่องนั้นมีลักษณะสด เปลือกมีสีเขียวและมีความชื้นสูง ตำแหน่งของการผ่าเปิดผลมะพร้าวจะอยู่ทางด้านบนของผลเป็นส่วนใหญ่ (ด้านตรงข้ามกับขั้วที่ติดอยู่กับทะลาย) ผลมะพร้าวอาจถูกผ่าเปิดตามความยาวบ้างแต่ก็น้อย ภายหลังการผ่าเปิดผลมะพร้าวเพื่อให้น้ำมันมะพร้าวออกแล้วผลมะพร้าวจะยังคงมีลักษณะเป็นทรงผลตามปกติ ยกเว้นในกรณีที่ผลมะพร้าวถูกผ่าเปิดตามความยาวผลมะพร้าวจะถูกแบ่งออกเป็นสองซีก ขนาดของผลมีปนกันตั้งแต่ขนาดเล็ก (มะพร้าวอ่อน) กลาง และใหญ่ (ค่อนข้างแก่) ดังแสดงในภาพที่ 3.1

การปอกเปลือกมะพร้าวออกจากผลที่เหลือจากการผ่าเปิดเพื่อให้น้ำมันมะพร้าวออกแล้วน่าจะสามารถใช้เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวแบบประสมคี่ซึ่งได้พัฒนาโดยมงคลและเอนก (2540) ได้

เปลือกมะพร้าวที่ปอกออกจากผลแล้วจะประกอบด้วยผิวด้านนอก (exocarp) และเยื่อใย (fiber) ซึ่งมีความชื้นสูง แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อทำอาหารสัตว์ด้วยวิธีหมักได้ทันที เนื่องจากมีขนาดใหญ่และแข็งไม่เหมาะที่สัตว์จะกินได้รวมทั้งการคลุกเคล้ากับเชื้อหมักไม่สะดวก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องลดขนาดก่อน วิธีการลดขนาดเปลือกมะพร้าวที่น่าจะเป็นไปได้คือการสับด้วยเครื่องสับเนื่องจากสามารถทำงานกับวัสดุประเภทเส้นใยได้ การบดด้วยเครื่องบดชนิด hammer mill ไม่น่าจะเหมาะสมเพราะเครื่องบดชนิดนี้เหมาะกับวัสดุที่ไม่ได้เป็นเยื่อใย เช่น เมล็ดธัญพืช มันสำปะหลังเป็นชิ้น และอยู่ในสภาพความชื้นต่ำ (แห้ง) นักวิชาการสัตวบาลได้แนะนำว่าเปลือกมะพร้าวที่จะใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อทำอาหารสัตว์ด้วยวิธีหมักควรมีความยาวประมาณ 5-6 มิลลิเมตร

3.2 การเตรียมวัตถุดิบให้โครงการย่อยที่ 3 การใช้เปลือกมะพร้าวอ่อนขึ้นย่อยเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (แกะ)

การเตรียมเปลือกมะพร้าวเพื่อเป็นวัตถุดิบสำหรับทำอาหารสัตว์ด้วยวิธีหมักมีสองขั้นตอนคือ

1. การปอกเปลือกโดยใช้เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวแบบประสมคี่ซึ่งได้พัฒนาโดยมงคลและเอนก (2540) โดยใช้เฉพาะกลไกปอกเปลือกเท่านั้น ไม่ได้ใช้กลไกขัดผิวกะลา เนื่องจากไม่มีความจำเป็นและกะลาที่มีความชื้นสูง ต้นกำลังที่ใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า (380 V) ขนาด 3 กำลังม้า

2. การสับเพื่อลดขนาดเปลือกโดยใช้เครื่องสับพืชอาหารสัตว์ที่ได้พัฒนาโดย ภรตและสุวิทย์ (2541) ดังแสดงในภาพที่ 3.2 ซึ่งได้กำหนดความยาวทางทฤษฎีของการสับไว้ที่ 2.5 มิลลิเมตร ต้นกำลังที่ใช้เป็นเครื่องยนต์เบนซิน (Honda) สูบเดียวขนาด 5.2 กำลังม้า



ภาพที่ 3.1 ผลมะพร้าวที่ถูกผ่าเปิดเพื่อเทน้ำมะพร้าวออกแล้ว



ภาพที่ 3.2 เครื่องสับพืชอาหารสัตว์ที่ได้พัฒนาโดยภรตและสุวิทย์ (2541)

ผลมะพร้าวที่เป็นวัตถุดิบ (ผ่าเปิดผลเพื่อเทน้ำมะพร้าวออกแล้ว) สามารถแบ่งตามความยากง่ายในการปอกเปลือกได้ 3 ประเภท คือ

1. ผลมะพร้าวที่มีกะลาแข็งซึ่งปอกเปลือกได้ง่ายกะลาไม่แตก สามารถปอกเปลือกได้จนหมดผล แต่ยังคงมีเส้นใยเหลือติดกับกะลาอยู่บ้างเนื่องจากเปลือกมีความชื้นสูงเครื่องปอกไม่สามารถดึงเปลือกออกได้หมด

2. ผลมะพร้าวที่มีกะลาอ่อน มีขนาดผลเล็กปอกเปลือกได้ค่อนข้างยาก กะลาฉีกขาดได้ง่ายเพราะครีบกของชุดกลไกปอกเปลือกสามารถชนกะลาให้แตกได้

3. ผลมะพร้าวที่ถูกผ่าเปิดผลตามความยาว ไม่สามารถปอกเปลือกโดยใช้เครื่องปอกเปลือกได้ เนื่องจากผลมะพร้าวไม่กลิ้งตัวในชุดกลไกปอกเปลือก จำเป็นต้องคัดทิ้ง

ขณะปอกเปลือกจะมีน้ำออกมาจากเปลือกบ้างเนื่องจากเปลือกมีความชื้นสูงและถูกบีบ เปลือกมะพร้าวที่ปอกออกจากผลแล้วแสดงในภาพที่ 3.3 จะมีลักษณะเป็นริ้ว ๆ เนื่องจากถูกครีบกปอกเปลือกขบดังแสดงในภาพที่ 3.4 ลักษณะผลมะพร้าวที่เหมาะสมที่จะสามารถปอกเปลือกได้ง่ายคือ ผลมะพร้าวที่มีกะลาแข็งและถูกเปิดผลทางด้านบน (ด้านตรงข้ามกับข้อที่ติดอยู่กับทะลาย) เนื่องจากกะลาไม่แตกและผลมะพร้าวสามารถกลิ้งตัวได้สะดวกในเครื่องปอกเปลือก กะลาที่ปอกเปลือกออกแล้วแสดงในภาพที่ 3.5

เปลือกมะพร้าวที่ได้หลังจากการปอกแล้วใช้คนป้อนเปลือกเข้าเครื่องสับด้วยมือ โดยพยายามให้แนวของเส้นใยตั้งฉากกับเพลาลูกสับซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะทำให้เปลือกขาดได้ง่าย ผู้ปฏิบัติงานจะฉีกเปลือกตามแนวเส้นใยให้เปลือกมีขนาดเหมาะสมเพื่อที่จะผ่านเข้าไปในช่องระหว่างลูกกลิ้งป้อนวัสดุได้ ถ้าพบเปลือกที่มีกะลาแข็งติดอยู่เพราะกะลาแตกจะคัดออก เปลือกมะพร้าวที่มีกะลาอ่อนติดอยู่สามารถสับได้ ที่ความเร็วรอบของหัวสับ 430 รอบ/นาที สมรรถนะการสับเปลือกมะพร้าวความชื้นประมาณ 80% (w.b.) ได้เฉลี่ย 284 กิโลกรัม/ชั่วโมง ปริมาณเปลือกที่ปอกและสับเพื่อเตรียมวัตถุดิบสำหรับทำอาหารสัตว์ด้วยวิธีหมักให้โครงการย่อยที่ 3 การใช้เปลือกมะพร้าวอ่อนขึ้นย่อยเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (แกะ) รวมประมาณ 18 ตัน การปอกเปลือกผลมะพร้าวด้วยเครื่องปอกเปลือกและการสับเปลือกมะพร้าวด้วยเครื่องสับแสดงในภาพที่ 3.6 เปลือกมะพร้าวที่สับแล้วมีสีน้ำตาลอ่อนและเป็นเส้นใยของฟูล์ดงแสดงในภาพที่ 3.6 เช่นเดียวกัน

การใช้เครื่องปอกเปลือกและเครื่องสับเปลือกมะพร้าวที่มีอยู่แล้วเพื่อเตรียมวัตถุดิบสำหรับทำอาหารสัตว์ด้วยวิธีหมักเป็นการทดลองเบื้องต้นไปด้วย เพื่อหาประเด็นในการปรับปรุงเครื่องทั้งสองดังกล่าวให้สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์กับวัตถุดิบเปลือกมะพร้าวอ่อนที่มีลักษณะเฉพาะตัว

เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวสามารถทำงานได้ดีกับผลมะพร้าวที่มีลักษณะเหมาะสมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในระยะเริ่มต้นผู้ปฏิบัติงานต้องใช้เวลาเพื่อทำความคุ้นเคยในการทำงานกับเครื่องระยะหนึ่ง หลังจากนั้นจึงสามารถทำงานได้ดีด้วยความคล่องตัวและรวดเร็ว อย่างไรก็ตามขณะปฏิบัติงานพบว่าเครื่องปอกเปลือกติดขัดบ้างเนื่องจากชุดกลไกปอกเปลือกขบเปลือกที่หนามากหรือกะลาจนแตกแต่ไม่สามารถดึงลงไปได้ข้างล่างได้ทำให้เครื่องหยุดทำงาน ต้องแก้ไขโดยปิดสวิทช์มอเตอร์ไฟฟ้าและใช้มือดึงวัสดุที่กักให้เกิดการ



ภาพที่ 3.3 เปลือกมะพร้าวที่ปอกออกจากผลแล้ว



ภาพที่ 3.4 รอยที่เปลือกมะพร้าวซึ่งเกิดจากเครื่องปอกเปลือก



ภาพที่ 3.5 กะลาที่ปอกเปลือกออกแล้ว



ภาพที่ 3.6 การปอกเปลือกผลมะพร้าวด้วยเครื่องปอกเปลือก
และการสับเปลือกมะพร้าวด้วยเครื่องสับ

ติดตั้งออกเครื่องจึงทำงานต่อได้ อาจแก้ไขโดยการใช้ต้นกำลังที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า (380 V) ขนาด 5 กำลังม้า

สำหรับเครื่องสับก็เช่นเดียวกันในระยะเริ่มต้นผู้ปฏิบัติงานต้องใช้เวลาเพื่อทำความคุ้นเคยในการทำงานกับเครื่องสับระยะหนึ่ง หลังจากนั้นจึงสามารถทำงานได้ด้วยความสะดวกคล่องตัวและรวดเร็ว การใช้งานเครื่องสับอย่างต่อเนื่องไม่มีปัญหาติดขัดแต่อย่างใด แต่มีความจำเป็นต้องหยุดเครื่องเพื่อสับใบมีดให้คมบ้างเป็นครั้งคราวเมื่อเห็นว่าเปลือกที่ถูกสับแล้วไม่ขาด อย่างไรก็ตามการทำงานของเครื่องสับยังมีข้อจำกัดที่สำคัญคือสมรรถนะการสับเปลือกมะพร้าวอ่อนต่ำ ดังนั้นจึงได้พิจารณาประเด็นที่สมควรปรับปรุงและเหตุผลประกอบเพื่อให้เครื่องสามารถเพิ่มสมรรถนะการสับเปลือกมะพร้าวได้มากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3.1

3.3 รายละเอียดของเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน

เครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อนที่ได้พัฒนาใหม่แสดงในภาพที่ 3.7 ซึ่งยังคงมีส่วนประกอบหลักและกลไกการทำงานแบบเดียวกับเครื่องสับพืชอาหารสัตว์ที่ได้พัฒนาโดยภรตและสุวิทย์ (2541) โดยมีรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

(1) โครงเครื่องสับ มีขนาด (กว้างxยาวxสูง) 55x75x92 เซนติเมตร เป็นโครงหลักสำหรับให้ส่วนประกอบอื่น ๆ ยึดติด ที่ฐานมีล้อ 4 ล้อทำด้วยเหล็กสำหรับการเคลื่อนย้าย

(2) หัวสับ แสดงในภาพที่ 3.8 ประกอบด้วยโครงหัวสับ ชุดยึดใบมีด และใบมีด โครงหัวสับเป็นชนิดทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 270 มิลลิเมตร ชุดยึดใบมีดจำนวน 3 ชุด วางตัวอยู่บนโครงหัวสับเอียงเป็นมุม 10° กับแนวระดับ ใบมีดจำนวน 3 ใบทำจากเหล็กเหนียวชนิดมีขนาด (กว้างxยาวxหนา) 50x400x12 มิลลิเมตร โสให้คมเป็นมุม 30 องศา ยึดติดอยู่กับชุดยึดใบมีดบนโครงหัวสับ หัวสับเอียงเป็นมุม 35 องศา กับแนวระดับ ความกว้างของการสับ 400 มิลลิเมตร

(3) ชุดป้อนวัสดุ ประกอบด้วยถาดรับวัสดุ ลูกกลิ้งป้อนวัสดุและแท่นด้านทานการตัด ถาดรับวัสดุ มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด (กว้างxยาว) 440x430 มิลลิเมตร ด้านข้างทั้งสองด้านพับขอบเป็นมุมฉากสูง 200 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุหล่นจากถาดทางด้านข้าง

ลูกกลิ้งป้อนวัสดุ มีจำนวน 2 อัน ทำด้วยท่อเหล็กหนาความดันสูงยาว 410 มิลลิเมตร ลูกกลิ้งอันใหญ่ซึ่งอยู่ด้านบนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 96 มิลลิเมตร ลูกกลิ้งอันเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 67 มิลลิเมตร อยู่ด้านล่าง ลูกกลิ้งสองอันนี้จะหมุนในทิศทางสวนทางกันเพื่อป้อนวัสดุเข้าเครื่องสับ ที่ผิวลูกกลิ้งอันบนถูกทำให้เป็นซี่แหลมตลอดความยาวเพื่อให้สามารถจับยึดเปลือกมะพร้าวและดึงเข้าเครื่องสับได้โดยไม่ลื่น ผิวลูกกลิ้งอันล่างเป็นผิวเรียบ

แท่นด้านทานการตัด อยู่ติดกับลูกกลิ้งป้อนวัสดุอันล่าง ทำจากเหล็กเหนียวชนิดมีขนาด (กว้างxยาวxหนา) 40x410x12 มิลลิเมตร โสเป็นมุม 40 องศา ทั้งสองด้าน

(4) ล้อช่วยแรง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร อยู่บนเพลาลูกหัวสับ

(5) ช่องทางออกของวัสดุ เป็นรางให้วัสดุที่ถูกสับแล้วไหลออกจากเครื่องสับ มีขนาดกว้าง 460 มิลลิเมตร และเอียงเป็นมุม 49 องศา กับแนวราบ ขอบของช่องทางออกของวัสดุสูง 110 มิลลิเมตร

ตารางที่ 3.1 การปรับปรุงเครื่องสับเพื่อสับเปลี่ยนปะการังฟ้าวอลอน

ลำดับ	ประเด็น	ลักษณะเดิม	การปรับปรุง	เหตุผล
1	ความกว้างในการสับ	300 มิลลิเมตร	400 มิลลิเมตร	เพิ่มสมรรถนะ
2	จำนวนใบมีด	6 ใบ	3 ใบ	ลดจำนวนชิ้นส่วนให้น้อยลงเพื่อความสะดวกในการสร้างและการดูแลรักษา
3	ความยาวทางทฤษฎีของการสับ	2.5 มิลลิเมตร	5.0 มิลลิเมตร	เพิ่มขนาดความยาวทางทฤษฎีของการสับเพื่อใช้สมรรถนะการสับเพิ่มขึ้น แต่ในวัสดุที่ได้ยังคงมีขนาดต่ำกว่าที่นักวิชาการสัควาลอนแนะนำ
4	ชุดลูกกลิ้งป้อนวัสดุ	ลูกกลิ้งป้อนวัสดุต้นแบบมีเหล็กแบบเรียบ เป็นสับติดอยู่ตลอดความยาว และลูกกลิ้งกับลำลูกขางจะเป็นร่อง	มีชุดลูกกลิ้งป้อนวัสดุต้นแบบมีฟันเป็นซี่แหลม ส่วนลูกกลิ้งยังสับจะมีวงเรียบ	เพื่อจับยึดเปลี่ยนกะบะพรวัวและดึงเข้าเครื่องสับได้โดยง่ายขึ้น
5	การกำหนดกำลังไม่แรงชุดลูกกลิ้งป้อนวัสดุ	ใช้เกียร์ตรง M2	ใช้เกียร์ตรง M4 และชุดเบี่ยง	เพิ่มความแข็งแรงและความทนทานของชิ้นส่วน
6	ช่องทางออกของวัสดุ	อยู่ทางด้านขวาของเครื่อง	อยู่ทางด้านหน้าของเครื่อง	เพื่อใช้เปลี่ยนกะบะพรวัวโดยออกจากเครื่องสับได้สะดวกและรวดเร็ว
7	ต้นกำลัง	เครื่องต้นแบบเป็นมอเตอร์ขนาด 5.2 กิโลวัตต์	มอเตอร์ไฟฟ้า (380 V) ขนาด 5 กิโลวัตต์	เพื่อให้มีความสะดวกในการปฏิบัติงานในโรงงาน



ภาพที่ 3.7 เครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน



ภาพที่ 3.8 หัวสับ

(6) ระบบถ่ายทอดกำลังของเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน แสดงในภาพที่ 3.9 แบ่งออกเป็น 5 ส่วนคือ

1. ระบบถ่ายทอดกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า (1) ไปยังหัวสับ (2) ใช้สายพานรองไว้
2. ระบบถ่ายทอดกำลังจากหัวสับ (2) ไปยังเพลากลาง A (3) ใช้เฟืองไซและไซ
3. ระบบถ่ายทอดกำลังจากเพลากลาง A (3) ไปยังเพลากลาง B (4) ใช้เฟืองไซและไซ
4. ระบบถ่ายทอดกำลังจากเพลากลาง B (4) ไปยังชุดลูกกลิ้งป้อนวัสดุ (5) ใช้เฟืองไซและไซ และเกียร์ตรง ระบบถ่ายทอดกำลังให้ลูกกลิ้งป้อนวัสดุหมุนออกจากกะทะนำที่ป้อนวัสดุที่จะสับเข้าเครื่องแล้ว ยังทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งป้อนวัสดุอันล่างและอันบนให้มีขนาดสอดคล้องกับปริมาณวัสดุที่จะป้อนเข้าเครื่องโดยอัตโนมัติอีกด้วย โดยอาศัยแรงที่เกิดจากการป้อนวัสดุเข้าเครื่องถ้าแรงมีค่ามากกว่ามวลรวมของลูกกลิ้งอันบนและส่วนประกอบ ลูกกลิ้งอันบนจะถูกดันให้ขยับตัวขึ้นทางด้านบนทำให้ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งอันล่างและอันบนมีขนาดเพิ่มขึ้น ตำแหน่งของลูกกลิ้งอันบนเมื่อขยับตัวสูงสุดจะได้ระยะประมาณ 50 มิลลิเมตร เมื่อแรงที่เกิดจากการป้อนวัสดุเข้าเครื่องมีค่าต่ำกว่ามวลรวมของลูกกลิ้งอันบนและส่วนประกอบ ลูกกลิ้งอันบนจะขยับตัวลงข้างล่างทำให้ช่องว่างระหว่างลูกกลิ้งอันล่างและอันบนมีขนาดลดลง ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งป้อนวัสดุอันล่างและอันบนที่น้อยที่สุดสามารถปรับตั้งได้

เครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อนมีข้อมูลจำเพาะที่สำคัญสรุปได้ดังนี้

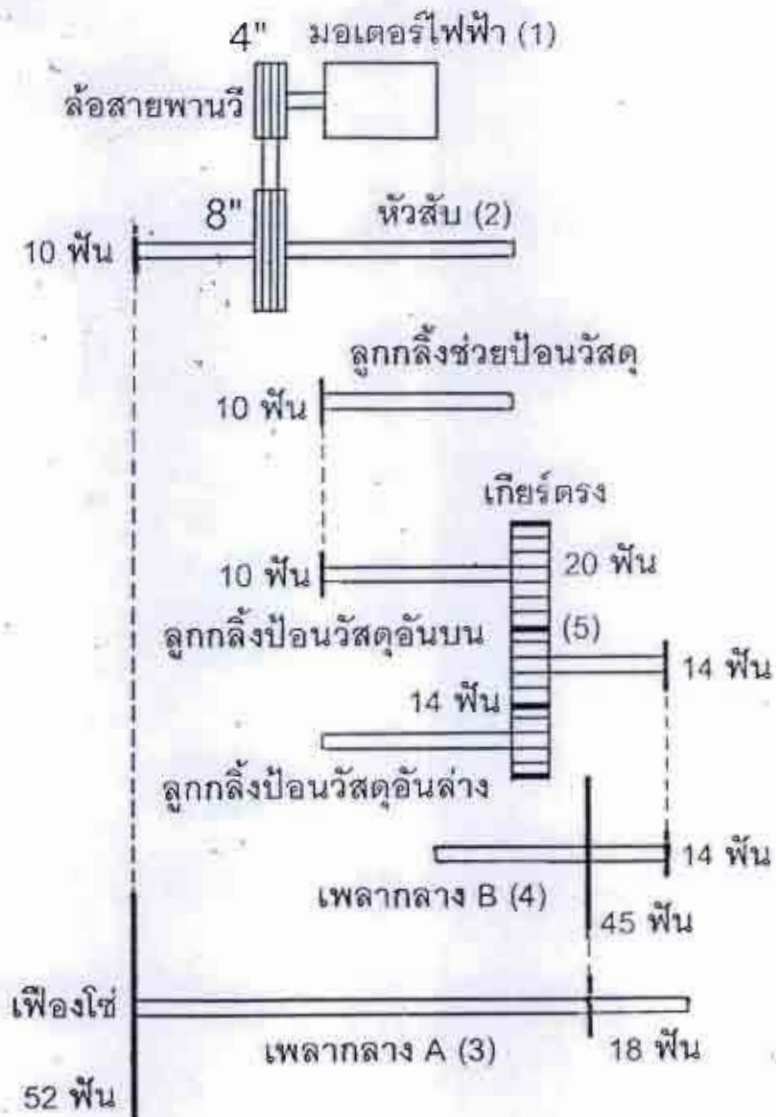
1. มีใบมีดจำนวน 3 ใบ ความกว้างในการสับ 400 มิลลิเมตร
2. ความยาวทางทฤษฎีของการสับ 5.0 มิลลิเมตร
3. ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า (380 V) ขนาด 5 กำลังม้า

3.4 การพัฒนาเครื่องบดกะลาและเครื่องลำเลียง

3.4.1 เครื่องบดกะลา

ในระหว่างที่กำลังดำเนินการสร้างเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อนเครื่องใหม่อยู่นั้น กะลาที่เหลือจากการปอกและสับเปลือกเพื่อเตรียมวัตถุดิบสำหรับทำอาหารสัตว์ด้วยวิธีหมักจำนวน 18 ตัน นั้น ยังคงมีอยู่ในปริมาณมากและอยู่ในสภาพแห้งดังแสดงในภาพที่ 3.10 เส้นใยที่ติดอยู่กับกะลาจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดงและเนื้อมะพร้าวที่ยังเหลืออยู่ในกะลาจะกลายเป็นสีดำดังแสดงในภาพที่ 3.11 หากไม่นำไปใช้ประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่งก็จะต้องใช้พื้นที่ในการรวบรวมหรือทิ้งเช่นเดียวกับกรณีของเปลือกมะพร้าวที่กำลังประสบปัญหาอยู่

ดังนั้นโครงการจึงได้พัฒนาเครื่องบดกะลาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของกะลาโดยที่ไม่ต้องการบดกะลาให้เป็นผงละเอียดทั้งหมด วัสดุที่เกิดขึ้นใหม่อาจนำไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้ เครื่องบดกะลาที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องบดชนิด hammer mill ดังแสดงในภาพที่ 3.12 มีใบตีชนิดแฉวงตัวได้อย่างอิสระจำนวน 4 แฉว อยู่บนเพลามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร แต่ละแฉวมีใบตีจำนวน 4 อัน ใบตีแต่ละอันมีขนาด (กว้างxยาวxหนา) 50x150x12 มิลลิเมตร วางตัวอยู่ในลักษณะเหลื่อม



ภาพที่ 3.9 ระบบถ่ายทอดกำลังของเครื่องสับเปลี่ยนมะพร้าวอ่อน



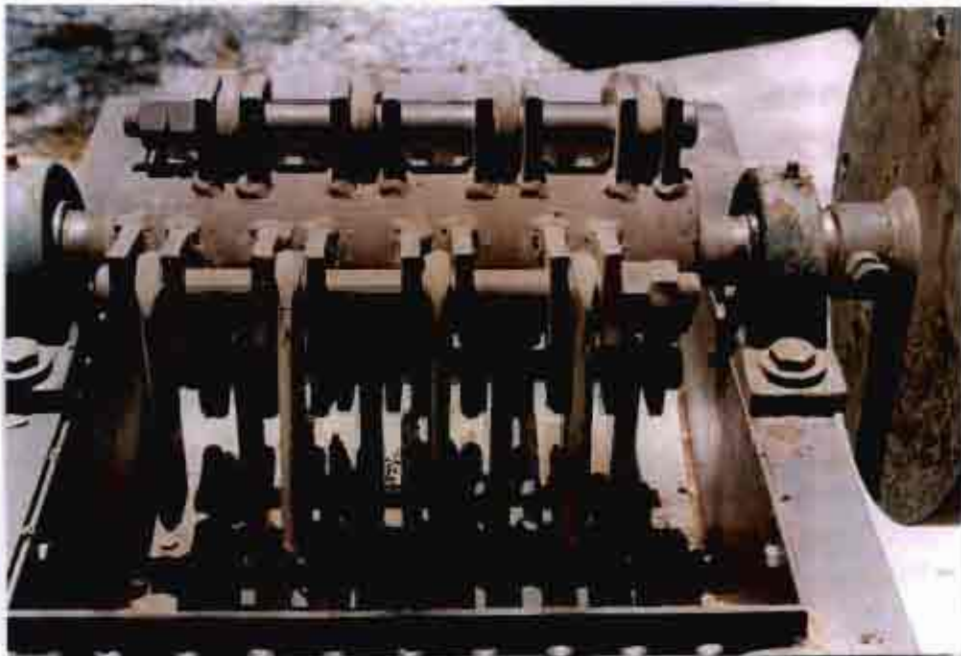
ภาพที่ 3.10 กะลาที่เหลือจากการปอกและสับเปลือกมะพร้าว



ภาพที่ 3.11 สภาพของกะลาแห้ง



ภาพที่ 3.12 เครื่องบดกะลามะพร้าว



ภาพที่ 3.13 ชุดใบตีและตะแกรงของเครื่องบดกะลามะพร้าว

กับแถวที่อยู่ข้างเคียง เพลาชองชุดใบตึอยู่เหนือห้องบดที่มีขนาด (กว้างxยาว) 345x500 มิลลิเมตร ด้านล่างของห้องบดเป็นตะแกรงเหล็กส่วนของวงกลมมีรัศมี 210 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตร และมีช่องตะแกรงขนาด (กว้างxยาว) 14x40 มิลลิเมตร จำนวน 8 แถว แถวละ 9 ช่อง ชุดใบตึและตะแกรงแสดงในภาพที่ 3.13 ได้ตะแกรงมีขนาดเรียงเป็นมุม 40 องศากับแนวระดับเพื่อรองรับวัสดุที่ตกผ่านช่องตะแกรงและไหลออกจากเครื่องที่ช่องทางออกไป

ช่องรับวัสดุที่จะบดมีขนาด (กว้างxยาว) 270x340 มิลลิเมตร อยู่เหนือห้องบด ที่ด้านหลังของห้องบดมีช่องที่เปิดได้ขนาด (กว้างxยาว) 70x290 มิลลิเมตร เพื่อใช้ตรวจสอบการตกค้างของเส้นใยมะพร้าวที่มีอยู่ในห้องบด ที่เพลาชองชุดใบตึมีล้อช่วยแรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 395 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน ฝาครอบห้องบดสามารถเปิดออกได้ด้วยบานพับเพื่อตรวจสอบและให้บริการส่วนประกอบต่าง ๆ ภายในห้องบด มิตีของเครื่องบดมีขนาด (กว้างxยาวxสูง) 44x55x125 เซนติเมตร ต้นกำลังของเครื่องบดเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 8 กำลังม้า

3.4.2 เครื่องลำเลียง

เพื่อให้การป้อนเปลือกมะพร้าวอ่อนเข้าเครื่องลับ และการป้อนกะลาเข้าเครื่องบดได้อย่างต่อเนื่อง โครงการจึงได้พัฒนาเครื่องลำเลียง 1 ชุด เพื่อใช้งานกับเครื่องลับและเครื่องบด เครื่องลำเลียงแสดงในภาพที่ 3.14 มีขนาด (กว้างxยาว) 37.5x134 เซนติเมตร อุปกรณ์ลำเลียงเป็นโซ่ลำเลียงที่เปิดทับทางด้านบนของโซ่ด้วยตาข่ายพลาสติกเพื่อให้รองรับวัสดุได้และมีแผ่นเหล็กขนาด (กว้างxยาว) 80x310 มิลลิเมตร กันตาข่ายพลาสติกตามความยาวให้เป็นช่องจำนวน 14 ช่อง สำหรับป้องกันไม่ให้วัสดุเคลื่อนตัวย้อนกลับเพื่อให้ใช้ได้กับเปลือกมะพร้าวอ่อนที่ปอกแล้วและกะลาที่มีรูปร่างกลม เครื่องลำเลียงดังแสดงในภาพที่ 3.15 สามารถปรับมุมเอียง (ความสูงของตำแหน่งปล่อยวัสดุ) ได้ และมีภาครับวัสดุขนาด (กว้างxยาวxสูง) 43x50x10 เซนติเมตร อยู่ที่ปลายด้านล่างของเครื่องลำเลียง ที่ช่องทางออกของวัสดุซึ่งอยู่ที่ปลายด้านบนของเครื่องลำเลียงมีรางแวนห้อยอยู่เพื่อปรับตำแหน่งให้เหมาะสมที่จะรองรับวัสดุให้ไหลลงเครื่องลับหรือเครื่องบดต่อไป ฐานของเครื่องลำเลียงมีขนาด (กว้างxยาวxสูง) 63x93x52 เซนติเมตร และติดตั้งเหล็ก 4 ล้อ เพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ต้นกำลังของเครื่องลำเลียงเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า (220 V, 50 Hz) ขนาด 0.5 กำลังม้า และให้รวมกับชุดเกียร์ทดรอบเพื่อให้ความเร็วของเครื่องลำเลียงเหมาะสม



ภาพที่ 3.14 เครื่องลำเลียงเปลือกและกะลามะพร้าว



ภาพที่ 3.15 เครื่องลำเลียงมีส่วนประกอบสำหรับการปรับมุมเอียงได้

บทที่ 4

การทดลอง ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การทดลอง

การทดลองทั้งหมดได้ดำเนินการที่ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือการทดลองเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน และการทดลองเครื่องบดกะลา

4.1.1 การทดลองเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน เป็นการทดลองในระดับต้นเพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อนและข้อบกพร่องเพื่อการปรับปรุงต่อไป เครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อนใช้มอเตอร์ไฟฟ้า (380 V) ขนาด 5 กำลังม้า เป็นต้นกำลัง ความยาวทางทฤษฎีของการสับ 5.0 มิลลิเมตร กำหนดให้เครื่องสับทำงานที่ความเร็วรอบของหัวสับ 763 รอบ/นาที เพียงตัวเดียว (พิจารณาจากความเหมาะสมของขนาดของอุปกรณ์ถ่ายทอดกำลัง) การทดลองเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อนใช้งานร่วมกับเครื่องลำเลียงซึ่งกำหนดความเร็วของโซ่ลำเลียงที่ 0.59 เมตร/วินาที

วัสดุที่ใช้ทดลองคือเปลือกมะพร้าวที่ปอกออกจากผลแห้ง กำหนดระยะเวลาสับเปลือกมะพร้าวประมาณ 5 นาที การปฏิบัติงานใช้แรงงานสองคน คนหนึ่งป้อนเปลือกมะพร้าวใส่เครื่องลำเลียงอย่างต่อเนื่อง อีกคนหนึ่งคอยสังเกตอยู่ที่เครื่องสับ หากเปลือกมะพร้าวไม่ไหลลงเครื่องสับเองอาจจำเป็นต้องช่วยป้อน เมื่อครบกำหนดเวลาที่ได้กำหนดให้เปิดสวิตช์มอเตอร์ไฟฟ้า บันทึกเวลาที่ใช้ในการสับเปลือกมะพร้าวและชั่งมวลของเปลือกมะพร้าวที่สับได้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เก็บตัวอย่างของเปลือกมะพร้าวที่สับแล้วจำนวน 5 ตัวอย่าง เพื่อนำมาหาความชื้นโดยให้ตุ๋นที่อุณหภูมิ 103°C ระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ASAE Standards, 1994)

4.1.2 การทดลองเครื่องบดกะลา เป็นการทดลองในระดับต้นเพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องบดกะลามะพร้าวแห้งและข้อบกพร่องเพื่อการปรับปรุงต่อไป เครื่องบดกะลาใช้เครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียว ขนาด 8 กำลังม้า เป็นต้นกำลัง กำหนดให้ชุดตีทำงานที่ความเร็วรอบประมาณ 1,500 และ 1,800 รอบ/นาที การทดลองเครื่องบดกะลาใช้งานร่วมกับเครื่องลำเลียง ซึ่งกำหนดความเร็วของโซ่ลำเลียงคงเดิมที่ 0.59 เมตร/วินาที

วัสดุที่ใช้ทดลองคือกะลามะพร้าวแห้งซึ่งแบ่งออกเป็นสองชนิดคือ กะลามะพร้าวแห้งที่ยังคงมีลักษณะเป็นลูกตามปกติ และกะลาที่ถูกกดให้แตกแล้วดังแสดงในภาพที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ กะลามะพร้าวแห้งถูกกดด้วยเครื่องกดไฮดรอลิก ดังแสดงในภาพที่ 4.3 เพื่อต้องการทราบว่ากะลาที่ถูกกดให้แตกแล้วจะมีลักษณะอย่างไร การทดลองพบว่ากะลาที่แห้งเมื่อถูกกดบางส่วนจะแตกออกเป็นชิ้น ๆ ขณะที่กะลาส่วนใหญ่จะยังคงยึดติดกันเนื่องจากมีเส้นใยของเปลือกหรือเนื้อมะพร้าวช่วยยึดเกี่ยวกันอยู่ จึงทำให้ไม่แยกออกเป็นชิ้น ๆ แต่กะลาจะเสียรูปไปอย่างถาวร กะลาที่ถูกกดให้แตกแล้วจึงใช้เป็นวัสดุทดลองเครื่องบดด้วย



ภาพที่ 4.1 กะลามะพร้าวแห้งเป็นลูก



ภาพที่ 4.2 กะลามะพร้าวแห้งที่ถูกกดให้แตกแล้ว



ภาพที่ 4.3 เครื่องกดไฮดรอลิกที่ใช้กดกะลาให้แตก



ภาพที่ 4.4 การทดลองเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน

การทดลองที่ใช้กะลาเป็นลูกจะกำหนดจำนวนมลกะลาที่แน่นอน บันทึกเวลาที่ใช้ในการบดจนเสร็จ และซึ่งมวลของวัสดุทั้งหมดที่ออกจากเครื่องบด ส่วนการทดลองที่ใช้กะลาที่ถูกกดให้แตกแล้วจะกำหนดปริมาตรของวัสดุโดยประมาณ แล้วจึงบันทึกเวลาที่ใช้ในการบดจนเสร็จและซึ่งมวลของวัสดุทั้งหมดที่ออกจากเครื่องบด การปฏิบัติงานใช้แรงงานสองคน คนหนึ่งคอยป้อนกะลาใส่เครื่องลำเลียงอย่างต่อเนื่อง อีกคนหนึ่งคอยสังเกตอยู่ที่เครื่องบดและนำวัสดุที่ออกจากเครื่องบดใส่ภาชนะ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง เก็บตัวอย่างของวัสดุทั้งหมดชนิดละ 5 ตัวอย่าง เพื่อนำมาหาความชื้นโดยใช้ตู้อบที่อุณหภูมิ 103 °C ระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ASAE Standards, 1994)

ได้ทดลองบดกะลาแห้งที่ถูกกดให้แตกแล้วในระยะยาว (ประมาณ 0.5 ชั่วโมง) เพื่อหาอัตราการใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ การหาอัตราการใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงใช้วิธีเติมน้ำมันให้เต็มถังก่อนการทดลองและเติมน้ำมันอีกครั้งหนึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาตรของน้ำมันเชื้อเพลิงที่เติมครั้งหลังจนเต็มถังคืออัตราการใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในระยะเวลาที่บันทึก นอกจากนี้ได้ทดลองบดกะลาอ่อน (สด) เพื่อต้องการทราบสมรรถนะของเครื่องบดและลักษณะวัสดุที่ได้

4.2 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.2.1 สมรรถนะของเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน

การทดลองเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อนแสดงในภาพที่ 4.4 สมรรถนะของเครื่องสับเมื่อใช้งานร่วมกับเครื่องลำเลียงแสดงในตารางที่ 4.1 ความเร็วรอบของหัวสับกำหนดค่ามากที่สุดที่ 763 รอบ/นาที เมื่อผู้ปฏิบัติงานมีความคุ้นเคยสามารถทำงานได้สมรรถนะสูงถึง 655.80 กิโลกรัม/ชั่วโมง ดังปรากฏในการทดลองครั้งที่ 3 สมรรถนะการสับเปลือกมะพร้าวอ่อนเฉลี่ย 529.97 กิโลกรัม/ชั่วโมง ที่ความชื้น 83.80% (w.b.)

ตารางที่ 4.1 สมรรถนะของเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน

การทดลอง ครั้งที่	ความเร็วรอบของหัวสับ (รอบ/นาที)	เวลาที่ใช้ (นาท)	มวลที่สับได้ (กิโลกรัม)	สมรรถนะ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1	763	5.003	38.0	455.73
2	763	5.017	40.0	478.37
3	763	5.032	55.0	655.80
ความชื้นเฉลี่ย 83.80%(w.b.)			ค่าเฉลี่ย	529.97

การทดลองพบประเด็นดังต่อไปนี้คือ

1. ลูกกลิ้งป้อนวัสดุอันบนไม่สามารถดึงเปลือกมะพร้าวเข้าไปสับได้อย่างต่อเนื่อง ขณะทดลองจำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติงานคอยช่วยป้อน สาเหตุเพราะเมื่อสับเปลือกมะพร้าวอ่อนไปได้ระยะหนึ่งลูกกลิ้งป้อนวัสดุทั้งสองอันจะเบียดเนื่องจากความชื้นจากเปลือกทำให้ผิวโลหะลื่น รวมทั้งเศษวัสดุที่ถูกสับแล้วเข้าไปอุด

ในช่องว่างระหว่างซี่แหลมของลูกกลิ้งป้อนวัสดุอันบน ทำให้ลูกกลิ้งป้อนวัสดุอันบนไม่สามารถเกี่ยวดึงเปลือกมะพร้าวเข้าเครื่องลับได้

2. เปลือกมะพร้าวที่ปอกแล้วมีหลายขนาดตั้งแต่เป็นชิ้นเล็ก ไปจนถึงแผ่นใหญ่ และมีความโค้งที่แตกต่างกัน จุดสูงสุดของความโค้งจะอยู่ที่ด้านที่เป็นผิวมันตามแนวยาวของเส้นใย ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ไม่สามารถควบคุมได้ ขึ้นอยู่กับผู้ปฏิบัติงานและจุดอ่อนของเปลือกมะพร้าวที่จะหลุดออกจากกะลาที่ตำแหน่งนั้น นอกจากนี้การหล่นของเปลือกมะพร้าวจากเครื่องลำเลียงมีลักษณะแบบสุ่ม อาจหันด้านที่เป็นเส้นใยขึ้นข้างบน (ด้านที่เป็นผิวมันอยู่ข้างล่าง) ในกรณีนี้ลูกกลิ้งป้อนวัสดุอันบนสามารถดึงเปลือกป้อนเข้าเครื่องลับได้ เพราะซี่แหลมของลูกกลิ้งป้อนวัสดุอันบนสามารถจับยึดเปลือกได้ดี ประกอบกับจุดที่เป็นส่วนโค้งและด้านที่เป็นผิวมันอยู่ข้างล่างเป็นแนวโน้มที่ช่วยให้เปลือกเคลื่อนตัวเข้าเครื่องลับได้ดี แต่ถ้ามการหล่นทำให้เปลือกหันด้านที่เป็นผิวมันขึ้นข้างบนซึ่งก็จะทำให้จุดที่เป็นส่วนโค้งอยู่ทางด้านบนไปด้วยในขณะที่ด้านที่เป็นเส้นใยอยู่ข้างล่าง ในกรณีนี้ลูกกลิ้งป้อนวัสดุอันบนจะไม่สามารถดึงเปลือกป้อนเข้าเครื่องลับได้สะดวก เนื่องจากเมื่อผิวลูกกลิ้งอันบนเปียกและสัมผัสกับผิวมันจึงทำให้ลื่น ประกอบกับค่าเสียดทานระหว่างเปลือกด้านที่เป็นเส้นใยกับถาดจะมีค่าสูงจึงทำให้การจับยึดเปลือกไม่แน่นพอที่จะดึงเปลือกเข้าสู่หัวลับได้

3. การวางตัวของเปลือกมะพร้าวเมื่อเคลื่อนเข้าสู่หัวลับอาจอยู่ในทิศทางที่หันทางด้านที่เป็นเส้นใยขนานกับใบมีด จึงทำให้ความยาวของเปลือกมะพร้าวที่ลับแล้วมากกว่าค่าความยาวทางทฤษฎีของการลับที่กำหนด

การเปียกและที่ผิวโลหะของลูกกลิ้งป้อนวัสดุทั้งสองอัน การอุดตันที่ซี่แหลมของลูกกลิ้งป้อนวัสดุอันบน ลักษณะทางกายภาพของเปลือก (ขนาดของชิ้น ความโค้งของเปลือก) การวางตัวของเปลือกที่หันด้านที่เป็นเส้นใย หรือด้านที่เป็นผิวมันขึ้นข้างบน และการวางตัวของเปลือกที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของใบมีด ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการป้อนวัสดุหรือสมรรถนะของเครื่องลับ และขนาดของวัสดุที่ลับแล้ว

4.2.2 ลักษณะของเปลือกมะพร้าวที่ลับแล้ว

เปลือกมะพร้าวที่ลับแล้วแสดงในภาพที่ 4.5 มีลักษณะอ่อนนุ่ม ขนาดความยาวที่แท้จริงปะปนกันหลายขนาด มีทั้งที่เป็นชิ้น เป็นเส้นใย แยกเป็นขนาดที่แน่นอนได้ยาก แตกต่างจากค่าความยาวทางทฤษฎีของการลับตาม Persson (1987) ทั้งนี้เนื่องจากขณะที่เปลือกถูกลับ เปลือกอาจขาด หรือแตกตามความยาวของแนวเส้นใยซึ่งเป็นจุดอ่อนเมื่อถูกใบมีดกด หรือเกิดจากการวางตัวของเปลือกที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของใบมีดที่แตกต่างกันในแต่ละครั้งของการลับ แต่อาจจะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำอาหารสัตว์ด้วยวิธีหมักได้

4.2.3 สมรรถนะของเครื่องบดกะลา

การทดลองเครื่องบดกะลาแสดงในภาพที่ 4.6 สมรรถนะของเครื่องบดเมื่อใช้งานร่วมกับเครื่องลำเลียงแสดงในตารางที่ 4.2 ต้นกำลังที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวขนาด 8 กำลังม้า เนื่องจากก่อนหน้านี้ได้ทดลองใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า (380 V) ขนาด 5 กำลังม้า พบว่าทอร์คมีไม่เพียงพอที่จะใช้งานกับเครื่องบดกะลาได้ การทดลอง A, B, C และ D เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการบดกะลาที่ความชื้น 12.76% (w.b) ความเร็วรอบของชุดดิสสองระดับคือประมาณ 1,500 และ 1,800 รอบ/นาที และลักษณะของ



ภาพที่ 4.5 เปลือกมะพร้าวที่ถูกสับแล้ว



ภาพที่ 4.6 การทดลองเครื่องบดกะลา

ตารางที่ 4.2 สมรรถนะของเครื่องบดกะลา

การทดลอง ครั้งที่	ความเร็วรอบของ เครื่องยนต์ (รอบ/นาที)	ความเร็วรอบ ของชุดตี (รอบ/นาที)	ลักษณะ ของวัสดุ	เวลาที่ใช้ (นาที)	มวลที่ลด ขนาดได้ (กิโลกรัม)	สมรรถนะ (กิโลกรัม/ ชั่วโมง)
1	1,728	1,528	กะลาเป็นลูก	0.864	4.2	291.67
A 2	1,728	1,528	กะลาเป็นลูก	1.055	4.2	238.86
3	1,728	1,528	กะลาเป็นลูก	0.900	3.0	200.00
ความชื้นเฉลี่ย 12.76%(w.b.)					ค่าเฉลี่ย	243.51
4	1,728	1,528	กะลาถูกกด แตกแล้ว	1.727	7.5	260.57
B 5	1,728	1,528	กะลาถูกกด แตกแล้ว	1.721	6.8	237.07
6	1,728	1,528	กะลาถูกกด แตกแล้ว	2.072	7.0	202.70
ความชื้นเฉลี่ย 12.76%(w.b.)					ค่าเฉลี่ย	233.45
7	2,047	1,816	กะลาเป็นลูก	0.795	3.5	264.15
C 8	2,047	1,816	กะลาเป็นลูก	1.054	3.6	204.93
9	2,047	1,816	กะลาเป็นลูก	0.753	3.0	239.04
ความชื้นเฉลี่ย 12.76%(w.b.)					ค่าเฉลี่ย	236.04
10	2,047	1,816	กะลาถูกกด แตกแล้ว	2.371	8.7	220.16
D 11	2,047	1,816	กะลาถูกกด แตกแล้ว	1.688	7.0	248.82
12	2,047	1,816	กะลาถูกกด แตกแล้ว	1.204	6.2	308.97
ความชื้นเฉลี่ย 12.76%(w.b.)					ค่าเฉลี่ย	259.32
E 13	2,041	1,810	กะลาถูกกด แตกแล้ว	34.399	116.1	202.51
ความชื้นเฉลี่ย 12.76%(w.b.)					ค่าเฉลี่ย	202.51
14	2,047	1,816	กะลาเป็นลูก	0.792	7.2	545.45
F 15	2,047	1,816	กะลาเป็นลูก	0.728	5.2	428.67
16	2,047	1,816	กะลาเป็นลูก	0.605	5.8	575.52
ความชื้นเฉลี่ย 68.05%(w.b.)					ค่าเฉลี่ย	516.55

หมายเหตุ:-

การทดลอง A และ C ใช้กะลาครั้งละ 35 ผล

การทดลอง E เป็นการทดลองระยะยาว ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 0.65 ลิตร หรือ 1.13 ลิตร/ชั่วโมง

การทดลอง F ใช้กะลาครั้งละ 15 ผล และใช้มือป้อนลงเครื่องบดกะลา

กะลาที่เป็นลูกและกะลาที่ถูกกดให้แตกแล้วด้วยเครื่องกดไฮดรอลิก ค่าของสมรรถนะการบดมีความผันแปรมาก มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 233.45-259.32 กิโลกรัม/ชั่วโมง การบดกะลาที่ถูกกดให้แตกแล้วที่ความเร็วรอบชุดตีค่าหนึ่งน่าจะให้สมรรถนะการบดมากกว่าการบดกะลาที่เป็นลูก ทั้งนี้เพราะกะลาที่ถูกกดให้แตกแล้วได้สูญเสียโครงสร้างและความแข็งแรงไปบางส่วนแล้วดังนั้นจึงมีความต้องการพลังงานที่จะลดขนาดให้เล็กลงไปอีกน้อยกว่ากะลาที่เต็มลูก นอกจากนี้อัตราการป้อนกะลาที่ถูกกดให้แตกแล้วจะมากกว่าอัตราการป้อนกะลาที่เต็มลูกเนื่องจากกะลาที่เต็มลูกจะมีปริมาตรมากกว่ากะลาที่ถูกกดให้แตกแล้ว

4.2.4 ลักษณะของกะลาที่บดแล้ว

กะลาที่ถูกบดแล้วเมื่อไหลออกจากเครื่องบดแสดงในภาพที่ 4.7 เมื่อแยกส่วนประกอบทั้งหมดโดยใช้ชุดตะแกรงที่ประกอบด้วยตะแกรงจำนวน 5 อัน ที่มีขนาดช่อง 19.0, 12.5, 6.3, 4.0, 1.18 มิลลิเมตร และถาด (เรียงลำดับจากด้านบนลงข้างล่าง) ร่อนวัสดุตัวอย่าง จะได้วัสดุดังแสดงในภาพที่ 4.8 ซึ่งประกอบด้วย

1. เส้นใยยาว (บนตะแกรงขนาดช่อง 19.0 มิลลิเมตร) มีความชื้น 12.68% (w.b.) เป็นเส้นใยที่ติดอยู่กับผิวกะลาเนื่องจากเครื่องปอกเปลือกไม่สามารถดึงเปลือกออกได้หมด

2. กะลาชิ้นใหญ่ (บนตะแกรงขนาดช่อง 12.5 มิลลิเมตร)

3. กะลาชิ้นปานกลาง (บนตะแกรงขนาดช่อง 6.3 มิลลิเมตร)

4. กะลาชิ้นเล็กและเส้นใยปานกลาง (บนตะแกรงขนาดช่อง 4.0 มิลลิเมตร) ในภาพไม่ได้แสดงเส้นใยให้เห็น

5. กะลาชิ้นเล็กมากและเส้นใยสั้น (บนตะแกรงขนาดช่อง 1.18 มิลลิเมตร)

6. ฝุ่น (ความชื้น 12.19% w.b.) และเส้นใยสั้นและละเอียดบนถาด ฝุ่นเกิดจากส่วนต่าง ๆ ของกะลาแห้งที่ถูกตีจนละเอียด

กะลาที่มีความชื้น 12.76 % (w.b.) เมื่อถูกบดจะเกิดฝุ่นมากแต่ไม่ปรากฏการติดขัด เครื่องบดสามารถทำงานได้ต่อเนื่องในระยะยาว ดังปรากฏในการทดลอง E ซึ่งใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง 1.13 ลิตร/ชั่วโมง สมรรถนะการบด 202.51 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยมีเส้นใยตกค้างอยู่เล็กน้อยในห้องลดขนาด

การทดลอง F เพื่อศึกษาการบดกะลาที่มีความชื้น 68.05% (w.b.) กำหนดความเร็วรอบของชุดตีประมาณ 1,800 รอบ/นาที สมรรถนะการบดมีค่าสูงถึง 516.55 กิโลกรัม/ชั่วโมง แต่ไม่ควรปฏิบัติเพราะวัสดุที่ถูกบดแล้วจะเกาะอยู่ที่ผิวของเครื่องบดที่เป็นโลหะเป็นจำนวนมากเนื่องจากความชื้นของกะลาและเปลือกที่ยังคงเหลืออยู่ ถ้าหากใช้งานต่อเนื่องในระยะยาวแล้วคาดว่าจะมีวัสดุที่บดแล้วสะสมและอัดตัวแน่นในเครื่องซึ่งจะทำให้เกิดการติดขัด ถึงแม้ว่าขณะปฏิบัติงานจะไม่มีฝุ่นละอองซึ่งเป็นข้อดีก็ตาม กะลาอ่อนที่ถูกบดแล้วแสดงในภาพที่ 4.9

4.2.5 แนวทางการใช้ประโยชน์วัสดุที่ได้จากการบดกะลา

กะลาที่ถูกบดแล้วประกอบด้วยส่วนที่เป็นกะลาและส่วนที่เป็นเส้นใย ส่วนที่เป็นกะลาจะเป็นชิ้นมีความหนาประมาณ 3-4 มิลลิเมตร อาจนำไปใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงสำหรับการประกอบอาหารแทนถ่านไม้ได้อีก ได้ทดลองใช้กะลาชิ้นใหญ่เป็นเชื้อเพลิงแทนถ่านไม้ปรากฏว่าก่อนที่จะกะลาคาดไฟจะมีควันมาก ส่วนที่เป็นเส้นใยและฝุ่นสามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินหรือวัสดุปลูกพืชได้ เส้นใยจะมีลักษณะของฟุ



ภาพที่ 4.7 วัสดุที่ไหลออกจากเครื่องบด



ภาพที่ 4.8 ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ได้จากการบดกะลา



ภาพที่ 4.9 ลักษณะกะลาอ่อนที่บดแล้ว

4.2.6 แนวทางการใช้ประโยชน์กะลาแห้ง

กะลาแห้งที่เป็นลูก หรือกะลาแห้งที่ถูกกดให้แตกแล้วที่ใช้เป็นวัสดุในการทดลองเครื่องบดนั้นได้จากการตากกะลาอ่อนที่ปอกเปลือกแล้วและทิ้งไว้กลางแจ้งจนมีความชื้น 12.76 % (w.b.) ซึ่งเป็นความชื้นที่ต่ำ สามารถใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงสำหรับเตาผลิตไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรมได้เลยทั้งสองลักษณะ ทั้งนี้ไม่มีความจำเป็นจะต้องบดก่อน

หากต้องการใช้กะลาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาผลิตไอน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม ขั้นตอนในการปฏิบัติดังนี้

1. นำกะลาอ่อนที่ปอกเปลือกออกแล้วมากดให้แตก เพื่อช่วยเร่งการสูญเสียความชื้นให้เร็วยิ่งขึ้น หากไม่กดให้แตกกะลาจะแห้งช้า

2. ตากกะลาอ่อนที่แตกแล้วบนลานตากโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ในขั้นตอนนี้จะต้องพิจารณาพื้นที่ที่จะทำลานตากให้เหมาะสมอาจจำเป็นต้องอยู่ห่างไกลจากชุมชนเพราะกะลาอ่อนมีเนื้อมะพร้าวติดอยู่จะเป็นแหล่งดึงดูดแมลงวัน

3. เมื่อกะลาแห้งแล้ว (อาจไม่จำเป็นต้องมีความชื้นถึง 12.76% (w.b.) ก็ได้) สามารถใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงได้เลย ควรกำหนดฤดูกาลผลิตให้เหมาะสมโดยหลีกเลี่ยงในช่วงฤดูฝน

Grimwood (1975) กล่าวว่ากะลาไม่เหมาะที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไอน้ำเนื่องจากไอน้ำได้จากการเผาไหม้กะลาจะมีผลในการกัดกร่อนและจะมีความเข้มข้นมากขึ้นเมื่อถึงค่าอุณหภูมิสูงค่าหนึ่ง กะลาสามารถใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ เช่น กะลาที่ถูกเผาเป็นถ่านแล้วสามารถใช้แทนขุยมะพร้าวได้ หรือเผาทำถ่านแทนถ่านไม้ หรือเผาเพื่อทำ Activated carbon เพื่อใช้เป็นวัสดุดูดซับของเหลวและก๊าซ ซึ่งใช้กันอย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์กะลาในลักษณะต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในส่วนหลังจำเป็นจะต้องลงทุนเครื่องมือเฉพาะอย่าง

4.3 การปรับปรุง

เมื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการป้อนวัสดุเข้าเครื่องสับและขนาดของวัสดุที่สับแล้วซึ่งได้แก่ การเปียกแฉะที่ผิวโลหะของลูกกลิ้งป้อนวัสดุทั้งสองอัน การอุดตันที่ซี่แหลมของลูกกลิ้งป้อนวัสดุอันบน ลักษณะทางกายภาพของเปลือก (ขนาดของชิ้น ความโค้งของเปลือก) การวางตัวของเปลือกที่หันด้านที่เป็นเส้นใยหรือด้านที่เป็นผิวมันขึ้นข้างบน และการวางตัวของเปลือกที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของใบมีด จะพบว่าการควบคุมปัจจัยเหล่านี้กระทำได้ค่อนข้างยาก การปรับปรุงเพียงประการเดียวที่จะมีผลต่อการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องสับคือการปรับปรุงให้วัสดุไหลเข้าเครื่องสับได้อย่างสะดวกและต่อเนื่อง เครื่องสับสามารถทำงานได้ไม่ว่าการวางตัวของเปลือกจะหันด้านที่เป็นเส้นใย หรือด้านที่เป็นผิวมันขึ้นข้างบนก็ตาม

การปรับปรุงได้เพิ่มลูกกลิ้งช่วยป้อนวัสดุด้านบนอีก 1 อัน โดยให้อยู่ทางด้านนอกของลูกกลิ้งป้อนวัสดุหลักอันบน ลูกกลิ้งช่วยป้อนวัสดุที่เพิ่มทำด้วยท่อเหล็กทึบความดันสูงยาว 410 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ที่ผิวลูกกลิ้งนี้ถูกทำให้เป็นซี่ห่างเพื่อให้สามารถจับยึดเปลือกมะพร้าวและช่วยส่ง

ต่อให้กับลูกกลิ้งป้อนวัสดุหลักอันบนได้ ลูกกลิ้งอันบนทั้งสองอันจะหมุนในทิศทางเดียวกันและความเร็วรอบที่เท่ากัน

การทดลองเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อนที่ได้ปรับปรุงแล้วพบว่า เครื่องสับสามารถป้อนวัสดุได้ดีกว่าในกรณีที่ไม่มีลูกกลิ้งช่วยป้อน

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการพัฒนาเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวอ่อนได้พัฒนาเครื่องจักรกลเกษตรสองชนิดคือเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อน และเครื่องบดกะลา

เครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อนเป็นเครื่องสับที่มีหัวสับชนิดทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 270 มิลลิเมตร ใบมีดจำนวน 3 ใบ ความกว้างของการสับ 400 มิลลิเมตร ความยาวทางทฤษฎีของการสับ 5.0 มิลลิเมตร ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า (380 V) ขนาด 5 กำลังม้า ที่ความเร็วรอบของหัวสับ 763 รอบ/นาที สมรรถนะการสับเปลือกมะพร้าวอ่อนเฉลี่ย 529.97 กิโลกรัม/ชั่วโมง ที่ความชื้น 83.80% (w.b.) เปลือกมะพร้าวที่ถูกสับแล้วมีความยาวปะปนกันหลายขนาด มีทั้งที่เป็นชิ้นและเส้นใย แยกเป็นขนาดที่แน่นอนได้ยาก แต่จะไม่ติดกันเป็นชิ้นใหญ่และมีลักษณะอ่อนนุ่ม ซึ่งน่าจะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำอาหารสัตว์ด้วยวิธีหมักได้

เนื่องจากลูกกลิ้งป้อนวัสดุป้อนเปลือกมะพร้าวเข้าเครื่องสับได้ไม่ต่อเนื่องสาเหตุเป็นเพราะลักษณะทางกายภาพของเปลือก (ขนาดของชิ้น ความโค้งของเปลือก) การวางตัวของเปลือกที่หันด้านที่เป็นเส้นใยหรือด้านที่เป็นผิวมันขึ้นข้างบน ดังนั้นจึงได้ปรับปรุงโดยเพิ่มลูกกลิ้งช่วยป้อนวัสดุด้านบนอีก 1 อัน ให้อยู่ทางด้านนอกของลูกกลิ้งป้อนวัสดุหลักอันบน ลูกกลิ้งอันบนทั้งสองอันจะหมุนในทิศทางเดียวกันและความเร็วรอบที่เท่ากัน การทดลองเครื่องสับเปลือกมะพร้าวอ่อนที่ได้ปรับปรุงแล้วพบว่าเครื่องสับสามารถป้อนวัสดุได้ดีกว่าในกรณีที่ไม่มีลูกกลิ้งช่วยป้อน

เครื่องบดกะลาเป็นเครื่องบดชนิด hammer mill มีชุดใบตีชนิดแกว่งตัวได้อย่างอิสระจำนวน 4 แถว อยู่บนเพลลาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 95 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร แต่ละแถวมีใบตีจำนวน 4 อัน วางตัวอยู่ในลักษณะเหลื่อมกับแถวที่อยู่ข้างเคียง ห้องบดมีขนาด (กว้างxยาว) 345x580 มิลลิเมตร ด้านล่างของห้องบดเป็นตะแกรงเหล็กส่วนของวงกลมมีรัศมี 210 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตร ช่องตะแกรงมีขนาด (กว้างxยาว) 14x40 มิลลิเมตร จำนวน 9 แถว แถวละ 9 ช่อง ได้ตะแกรงมีลาดเอียงเป็นมุม 40 องศา กับแนวระดับเพื่อรองรับวัสดุที่ตกผ่านช่องตะแกรงและไหลออกจากเครื่อง ช่องรับวัสดุที่จะบดมีขนาด (กว้างxยาว) 270x340 มิลลิเมตร ต้นกำลังของเครื่องบดเป็นเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 8 กำลังม้า

ที่ความเร็วรอบของชุดตี 1,816 รอบ/นาที สมรรถนะการบดกะลามะพร้าวความชื้น 12.76% (w.b) เมื่อกะลาเป็นลูก และเป็นกะลาที่ถูกกดให้แตกแล้วด้วยเครื่องกดไฮดรอลิกมีค่าเฉลี่ย 236.04 และ 259.32 กิโลกรัม/ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อบดกะลาเป็นลูกความชื้น 68.05% (w.b) มีสมรรถนะเฉลี่ย 516.55 กิโลกรัม/ชั่วโมง อย่างไรก็ตามไม่ควรบดกะลาที่ความชื้นสูงเพราะวัสดุที่ถูกบดแล้วจะเกาะอยู่ที่ผิวของเครื่องบดที่เป็นโลหะเป็นจำนวนมาก หากใช้งานต่อเนื่องในระยะยาววัสดุที่ถูกบดแล้วจะสะสมและอุดตันใน

เครื่อง กะลามะพร้าวความชื้น 12.76% (w.b) ที่ถูกบดแล้วจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นกะลาและส่วนที่เป็นเส้นใย ส่วนที่เป็นกะลาจะเป็นชิ้นมีความหนาประมาณ 3-4 มิลลิเมตร อาจนำไปใช้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงแทนถ่านไม้ได้ ส่วนที่เป็นเส้นใยและฝุ่นสามารถใช้เป็นอินทรีย์วัตถุปรับปรุงดินหรือใช้เป็นวัสดุปลูกพืชได้

หากการใช้เปลือกมะพร้าวอ่อนเป็นวัตถุดิบสำหรับทำอาหารสัตว์ด้วยวิธีหมักได้ กะลาที่เหลือเมื่อกึ่งไว้ให้มีความชื้นต่ำแล้วน่าจะใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไอน้ำได้เลย โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ควรศึกษาอัตราการแห้งของกะลาที่ปอกเปลือกแล้ว เพื่อที่จะได้ทราบระยะเวลาในการลดความชื้นด้วยวิธีธรรมชาติ
2. ควรศึกษาการใช้กะลาแห้งเป็นวัสดุเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไอน้ำเพื่อสังเกตอิทธิพลของไอที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ว่ามีผลต่อการกัดกร่อนมากน้อยอย่างไร

เอกสารอ้างอิง

1. ณรงค์ โฉมเฉลา. 2530. เชื้อพันธุ์มะพร้าว ห้างหุ้นส่วนจำกัด พันธุ์พืชลิขซึ่ง. 106 หน้า.
2. ภรต กุญชร ณ อยุธยา และสุวิทย์ บุญยวานิชกุล. 2541. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องสับพืชอาหารสัตว์แห้งและสดอเนกประสงค์สำหรับปศุสัตว์ ปีที่ 2. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 74 หน้า.
3. มงคล กวางวโรภาส และอเนก สุขเจริญ. 2540. การวิจัยและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอเนกประสงค์. รายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 28 หน้า.
4. ASAE Standards. 1994. ASAE S358.2, Moisture measurement - Forages. pp. 471.
5. De Taffin, G. 1998. Coconut, Macmillan Education Ltd. 101 p.
6. Grimwood, E.B. 1975. Coconut Palm Products. FAO Agricultural Paper No.99. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 261 p.
7. Persley, F.G.1992. Replanting the Tree of Life, Towards an International Agenda for Coconut Palm Research. C.A.B. International.156 p.
8. Persson, S. 1987. Mechanics of Cutting Plant Materials. ASAE, pp. 222-223.

ภาคผนวก

