



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 หรือนำไปใช้เป็นวัสดุใส่ในที่นอน อย่างไรก็ตามนักวิชาการสัตวบาลมีแนวความคิดที่แตกต่างไปจากการใช้ประโยชน์เปลือกมะพร้าวดังที่ได้ยกตัวอย่างมาแล้วว่า เปลือกมะพร้าวอาจนำไปใช้เป็นอาหารหยาบสำหรับปศุสัตว์ได้หากผ่านกระบวนการหมักที่เหมาะสม และคาดว่าจะมีศักยภาพสูงโดยเฉพาะในฤดูแล้งที่มักจะขาดแคลนหญ้าสดสำหรับการเลี้ยงปศุสัตว์ ในด้านการผลิตพลังงานความร้อนเปลือกมะพร้าวที่มีขนาดพอเหมาะและความชื้นต่ำสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมส่งออกน้ำมะพร้าวกระป๋องได้ โดยสามารถทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ในปัจจุบันซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง

อย่างไรก็ตามการจะนำเปลือกมะพร้าวไปใช้ประโยชน์ได้นั้นจำเป็นต้องแยกเปลือกออกจากผลและลดขนาดเปลือกมะพร้าวให้มีขนาดเหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้ ดังนั้นการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวจึงมีความจำเป็นเบื้องต้นในกระบวนการนำเปลือกมะพร้าวไปใช้ประโยชน์เพื่อแก้ปัญหาให้กับผู้ประกอบการและจะส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบเครื่องย่อยเปลือกมะพร้าวเพื่อใช้สำหรับแปรสภาพเปลือกมะพร้าวให้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ และวัสดุเชื้อเพลิง
2. เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการย่อยเปลือกมะพร้าวเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ และวัสดุเชื้อเพลิง

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

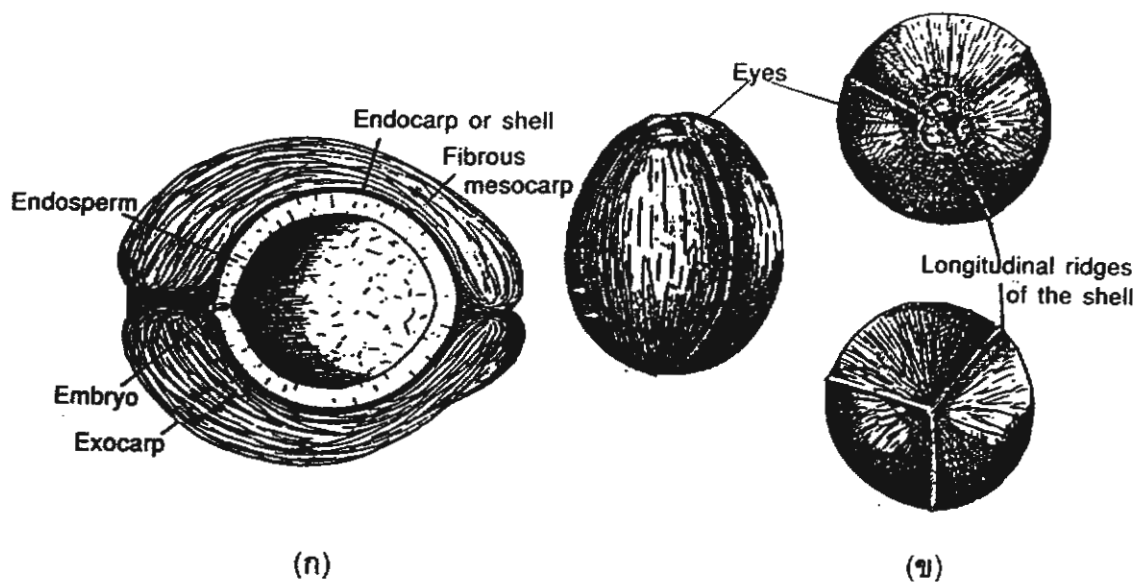
2.1 สันฐานวิทยาของผลมะพร้าว

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

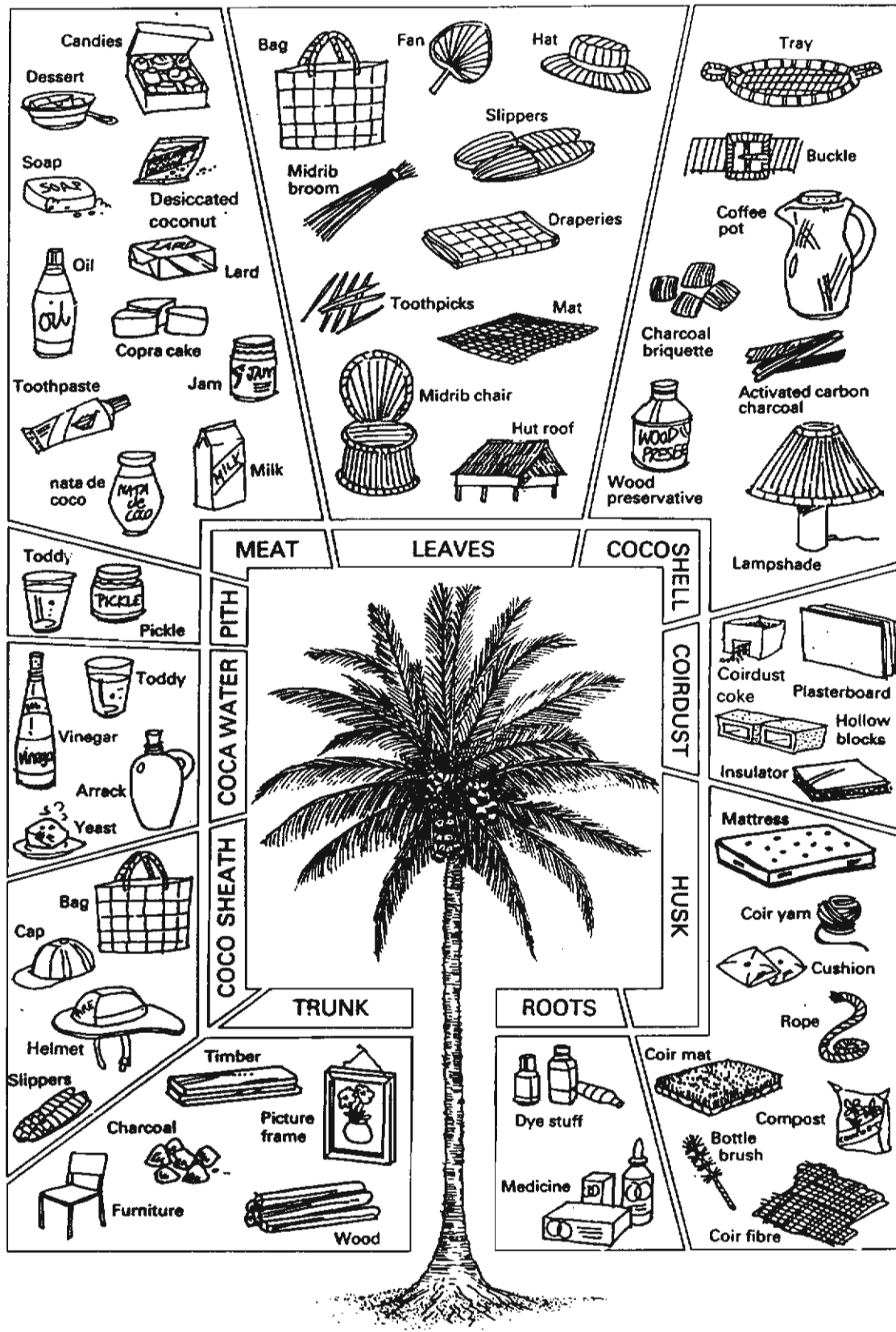
2.2 การใช้ประโยชน์มะพร้าว

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

ผลมะพร้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันมะพร้าวระบองนั้นมีลักษณะสด เปลือกมีสีเขียวและมีความชื้นสูง ตำแหน่งของการผ่าเปิดผลมะพร้าวจะอยู่ทางด้านบนของผลเป็นส่วนใหญ่ (ด้านตรงข้ามกับขั้วที่ติดอยู่กับทะลาย) ผลมะพร้าวอาจถูกผ่าเปิดตามความยาวบ้างแต่ก็น้อย ภายหลังการผ่าเปิดผลมะพร้าวเพื่อให้น้ำมันมะพร้าวออกแล้วผลมะพร้าวจะยังคงมีลักษณะเป็นทรงผลตามปกติ ยกเว้นในกรณีที่ผลมะพร้าวถูกผ่าเปิดตามความยาวผลมะพร้าวจะถูกแบ่งออกเป็นสองซีก ขนาดของผลมีป็นกันตั้งแต่ขนาดเล็ก (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 กะลาฉีกขาดได้ง่ายเพราะครีบบางของชุดกลไกปอกเปลือกสามารถชนกะลาให้แตกได้

3. ผลมะพร้าวที่ถูกผ่าเปิดผลตามความยาว ไม่สามารถปอกเปลือกโดยใช้เครื่องปอกเปลือกได้ เนื่องจากผลมะพร้าวไม่กลิ้งตัวในชุดกลไกปอกเปลือก จำเป็นต้องคัดทิ้ง

ขณะปอกเปลือกจะมีน้ำออกมาจากเปลือกบ้างเนื่องจากเปลือกมีความชื้นสูงและถูกบีบ เปลือกมะพร้าวที่ปอกออกจากผลแล้วแสดงในภาพที่ 3.3 จะมีลักษณะเป็นริ้ว ๆ เนื่องจากถูกครีบบอกเปลือกขบดังแสดงในภาพที่ 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 หลังจากนั้นจึงสามารถทำงานได้ด้วยความสะดวกตัวและรวดเร็ว 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