

เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ

SEMI AUTOMATIC CUTTING YOUNG COCONUT MACHINE



เลขหม.....  
เลขทะเบียน..... 45819  
วัน, เดือน, ปี 18 ก.พ. 2546

b.....  
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมอาหาร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1000010175

ปริญญาโทปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

นาย เอกพงษ์ ชีวดีโสภณ

นาย สุรพจน์ ท้าวทรายมูล



.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สถาปรีดนาสกร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(อาจารย์เกียรติศักดิ์ รุ่งพระแสง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ

นาย เอกพงษ์                      ชีวิต โสภณ  
นาย สุรพจน์                         ท้าวทรายมูล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิป                      รัตนภาสกร                      อาจารย์ที่ปรึกษา  
อาจารย์เกียรติศักดิ์                         รุ่นพระแสง                      อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
ปีการศึกษา 2544

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาการออกแบบ และสร้างเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติต้นแบบเพื่อใช้ในระดับอุตสาหกรรมขนาดย่อม โดยออกแบบให้สามารถผ่าผลมะพร้าวอ่อนได้ทุกขนาด ส่วนประกอบของเครื่องประกอบด้วย 1. โครงสร้างขนาด กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 60 เซนติเมตร และสูง 173 เซนติเมตร, 2. ที่รองรับผลมะพร้าวอ่อนก่อนการผ่า, 3. ที่รองรับผลมะพร้าวอ่อนหลังการผ่า, 4. ไบมีดสแตนเลสขนาด กว้าง 0.6 เซนติเมตร ยาว 35 เซนติเมตร และสูง 15 เซนติเมตร, 5. ที่รองรับน้ำมะพร้าวอ่อน, 6. คัตวัก, 7. ชุดนิวแมติก

การทำงานของเครื่องกระทำโดย วางผลมะพร้าวบนส่วนรองรับผลมะพร้าวอ่อนก่อนการผ่า กดสวิทช์ให้ระบบนิวแมติกทำงาน ก้านลูกสูบของกระบอกลมนิวแมติกเคลื่อนตัวลงมากดผลมะพร้าวอ่อนผ่านไบมีดสแตนเลสจนกระทั่งได้มะพร้าวอ่อนเป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ และก้านลูกสูบจะเคลื่อนที่กลับตำแหน่งปกติจากการทดลองที่ความเร็วต้นลม 8.5 บาร์ และปรับให้ก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 35 ถึง 45 เซนติเมตร/วินาที พบว่า เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติมีประสิทธิภาพในการผ่าผลมะพร้าวอ่อนได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ 100% และใช้เวลาเฉลี่ยในการผ่าผลมะพร้าวอ่อน 1.60 ถึง 1.85 วินาทีต่อผล

คำสำคัญ                      เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน/ มะพร้าว/ ระบบนิวแมติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## SEMI AUTOMATIC CUTTING YOUNG COCONUT MACHINE

Mr. Ekkapong

Cheevitsopon

Mr. Surapod

Taosinemoon

Assist. Prof. Satip

Rattanapasakron

Advisor

Mr. Kiattisak

Roonprasang

Co-Advisor

2001

### **Abstract**

This Project was studied and designed Semi Automatic Cutting Young Coconut Machine for small industry. The machine consists of 7 main parts: 1. frame  $50 \times 60 \times 173$  cm. (W  $\times$  L  $\times$  H), 2. supported young coconut before cutting unit, 3. supported young coconut after cutting unit, 4. fixed stainless steel knife  $0.6 \times 35 \times 15$  cm. (W  $\times$  L  $\times$  H), 5. coconut juice inlet, 6. compression unit, 7. pneumatic system.

The young coconut was placed on supporter. Then, the operator pressed the switches that control the compression unit. The compression unit that mouthed with pneumatic cylinder was moved down to compress coconut. Then, the fixed stainless steel knife will cut and separate the coconut in to two parts.

The experimentation is found that the machine which set the pressure of air compressor at 8.5 bar and the velocity of compression unit is 35 – 45 cm/sec can work at 100% cutting efficiency and product rate is 1.60 – 1.85 sec/nut.

**Keyword:** Cutting Young Coconut Machine/ Coconut/ Pneumatic System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

หน้า

สารบัญ	ก
สารบัญรูปภาพ	ข
สารบัญตาราง	ค
รายการสัญลักษณ์	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
บทที่ 3 ทฤษฎีและการออกแบบ	14
บทที่ 4 วิธีการทดลอง และวิธีการวิเคราะห์ผลการทดลอง	28
บทที่ 5 ผลการทดลอง	31
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	37
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.	38
ภาคผนวก ข.	43
กิตติกรรมประกาศ	50
เอกสารอ้างอิง	51



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.1 เครื่องมือวัดขนาดภายนอกผลมะพร้าวอ่อน	23
รูปที่ 3.2 เครื่องทดสอบแรงกด Universal Testing Machine	23
รูปที่ 3.3 เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ	24
รูปที่ 3.4 มุมมองเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติด้านหน้า	25
รูปที่ 3.5 มุมมองเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติด้านข้าง	26
รูปที่ 3.6 วงจรนิวแมติกสำหรับควบคุมเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน	27
รูปที่ 5.1 วางผลมะพร้าวอ่อนบนชุดรองรับผลมะพร้าวอ่อนก่อนการผ่า	34
รูปที่ 5.2 สภาพบริเวณรอยผ่าผลมะพร้าวอ่อนด้วยความเร็ว 15 เซนติเมตร/วินาที	35
รูปที่ 5.3 สภาพบริเวณรอยผ่าผลมะพร้าวอ่อนด้วยความเร็ว 25 เซนติเมตร/วินาที	35
รูปที่ 5.4 สภาพบริเวณรอยผ่าผลมะพร้าวอ่อนด้วยความเร็ว 35 เซนติเมตร/วินาที	36
รูปที่ 5.5 สภาพบริเวณรอยผ่าผลมะพร้าวอ่อนด้วยความเร็ว 45 เซนติเมตร/วินาที	37
รูปที่ ก.1 ตัวอย่างแรงกดที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็ว 10 เซนติเมตร/นาที	39
รูปที่ ก.2 ตัวอย่างแรงกดที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็ว 15 เซนติเมตร/นาที	40
รูปที่ ก.3 ตัวอย่างแรงกดที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็ว 20 เซนติเมตร/นาที	41
รูปที่ ก.4 ตัวอย่างแรงกดที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็ว 25 เซนติเมตร/นาที	42
รูปที่ ข.1 มุมมองไอโซเมตริกเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ	43
รูปที่ ข.2 มุมมองด้านหน้าเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ	44
รูปที่ ข.3 มุมมองด้านข้างเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ	45
รูปที่ ข.4 มุมมองไอโซเมตริกส่วนรองรับผลมะพร้าวอ่อนก่อนการผ่าและใบมีด	46
รูปที่ ข.5 มุมมองด้านหน้าส่วนรองรับผลมะพร้าวอ่อนและใบมีด	47
รูปที่ ข.6 มุมมองด้านข้างส่วนรองรับผลมะพร้าวอ่อนและใบมีด	48
รูปที่ ข.7 การติดตั้งกระบอกลมนิวแมติกกับตัวกด	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 พัฒนาการของผลมะพร้าวพันธุ์น้ำหอม	7
ตารางที่ 2.2 ขนาดของกะลามะพร้าวอ่อน	8
ตารางที่ 2.3 ขนาดของผลมะพร้าวอ่อน	8
ตารางที่ 2.4 มูลค่า และปริมาณการส่งออกมะพร้าวอ่อนตั้งแต่ปี 2542-2544	10
ตารางที่ 2.5 มูลค่า และปริมาณการส่งออกไปประเทศต่าง ๆ ที่สำคัญตั้งแต่ปี 2542-2544	10
ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองวัดขนาดผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอม	15
ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองหาค่าแรงกดที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอม ด้วยความเร็ว 10 เซนติเมตร/นาที	17
ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองหาค่าแรงกดที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอม ด้วยความเร็ว 15 เซนติเมตร/นาที	17
ตารางที่ 3.4 ผลการทดลองหาค่าแรงกดที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอม ด้วยความเร็ว 20 เซนติเมตร/นาที	17
ตารางที่ 3.5 ผลการทดลองหาค่าแรงกดที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอม ด้วยความเร็ว 25 เซนติเมตร/นาที	18
ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน ที่ความเร็วก้านลูกสูบ 15 เซนติเมตร/วินาที	31
ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน ที่ความเร็วก้านลูกสูบ 25 เซนติเมตร/วินาที	32
ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน ที่ความเร็วก้านลูกสูบ 35 เซนติเมตร/วินาที	32
ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน ที่ความเร็วก้านลูกสูบ 45 เซนติเมตร/วินาที	33
ตารางที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อน เป็นสองซีกสมบูรณ์ที่ความเร็วก้านลูกสูบค่าต่าง ๆ	33
ตารางที่ 5.6 อัตราการผลิตของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ ที่ความเร็วก้านลูกสูบค่าต่าง ๆ	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## รายการสัญลักษณ์

A	=	พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ ( $\text{cm}^2$ )
a	=	ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุด (cm)
b	=	ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดตั้งฉากกับ a (cm)
c	=	ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดตั้งฉากกับ a และ b (cm)
D	=	ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางด้านแป้น (cm)
$F_n$	=	แรงที่ได้สุทธิในการทำงาน (N)
$F_R$	=	แรงที่เกิดจากความเสียดทาน (N)
$F_{th}$	=	แรงที่ได้จากลูกสูบทางทฤษฎี (N)
h	=	ความสูง (cm)
K	=	ค่าสัมประสิทธิ์แปรผันตามอัตราไหลควมมีค่าอยู่ระหว่าง 2-3
P	=	ความดัน (bar)
S	=	พื้นที่หน้าตัดสุทธิของอุปกรณ์ที่รับลม ( $\text{mm}^2$ )
$S_a$	=	พื้นที่หน้าตัดสุทธิใช้งานจริงของวาล์ว ( $\text{mm}^2$ )
$S_b$	=	พื้นที่หน้าตัดสุทธิใช้งานจริงของวาล์วควบคุมความเร็ว ( $\text{mm}^2$ )
$S_c$	=	พื้นที่หน้าตัดสุทธิใช้งานจริงของที่เก็บเสียง ( $\text{mm}^2$ )
$S_d$	=	พื้นที่หน้าตัดสุทธิใช้งานจริงของท่อลมอัด ( $\text{mm}^2$ )
$S_T$	=	พื้นที่หน้าตัดสุทธิใช้งานจริง ( $\text{mm}^2$ )
t	=	เวลา (sec)
$t_{เฉลี่ย}$	=	เวลาเฉลี่ย (sec)
V	=	ปริมาตร (l)
$\eta$	=	ประสิทธิภาพ (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 คำนำ

มะพร้าวอ่อนเป็นผลไม้สดที่มีคุณค่าอาหารต่อร่างกายมนุษย์ กล่าวคือ ในน้ำมะพร้าวมีสารอาหารจำพวกน้ำตาล และวิตามินบีคอมเพล็กซ์ ส่วนเนื้อมะพร้าวมีสารจำพวกคาร์โบไฮเดรต แคลเซียม และฟอสฟอรัส มะพร้าวมีคุณสมบัติที่เด่นกว่าผลไม้ชนิดอื่นในด้านการเก็บเกี่ยว และการขนส่งในระยะไกลรวมถึงการเก็บรักษาก่อนที่จะนำไปแปรรูปเพราะมีเปลือกแข็ง และหนาจึงป้องกันการเสียหายได้ดี นิยมปลูกกันมากบริเวณจังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากเพื่อการค้า และการส่งออกคือ พันธุ์น้ำหอม (น้ำมีกลิ่นหอมแต่ไม่หวานจัด) และพันธุ์หุ้มสี (น้ำไม่หอมแต่หวานจัด) ผลิตภัณฑ์จากมะพร้าวอ่อน ได้แก่ ฝู้นมะพร้าว มะพร้าวแก้ว น้ำ และเนื้อมะพร้าวอ่อนบรรจุกระป๋อง น้ำมะพร้าวอ่อนแช่แข็ง และใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารทั้งชนิดเหลว และหวาน เป็นต้น มีการส่งออكمะพร้าวอ่อน ไปตลาดต่างประเทศที่สำคัญ ได้แก่ ชองกง อเมริกา ลิงคโปร์ ญี่ปุ่น เป็นต้น (นิรนาม, 2544)

ปัจจุบันปริมาณความต้องการน้ำ และเนื้อมะพร้าวอ่อนมีปริมาณมากขึ้นทุกปี ทั้งในด้านการบริโภคในครัวเรือน และด้านอุตสาหกรรม โดยเฉพาะด้านอุตสาหกรรมมีการใช้แรงงานคนเป็นหลักในการผ่ามะพร้าวอ่อนเพื่อเอาน้ำ และเนื้อ ทำให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น การสิ้นเปลืองแรงงาน ระยะเวลา ความปลอดภัยในการทำงาน ประสิทธิภาพของการผ่า และการเสียหายของวัตถุดิบ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อสร้างเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนสำหรับใช้ในระดับโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตน้ำ และเนื้อมะพร้าวอ่อน โดยเครื่องมีลักษณะการทำงานรวดเร็ว ไม่ซับซ้อน สะดวกในการทำความสะดวก เก็บบำรุงรักษาง่าย ราคาไม่สูง และสามารถผ่ามะพร้าวอ่อนได้ทุกขนาด

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบ และสร้างเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนต้นแบบใช้ในระดับอุตสาหกรรม
2. เพื่อศึกษา และออกแบบระบบควบคุมวงจรมอเตอร์ของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน
3. เพื่อศึกษา และปรับปรุงเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนต้นแบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### การตรวจเอกสาร

#### 2.1 พันธุ์มะพร้าว (ศักดิ์สิทธิ์, 2536)

มะพร้าวในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ มะพร้าวต้นเตี้ย และมะพร้าวต้นสูง

มะพร้าวต้นเตี้ย มีลำต้นเล็กไม่มีสะโพก ทางสั้น พุ่มใบเล็ก โตเต็มที่ต้นสูงไม่เกิน 12 เมตร ผลตก เริ่มออกผลเมื่อมีอายุประมาณ 3 ปี มีผลเล็ก นิยมใช้รับประทานผลอ่อน เนื้อ และน้ำรสดี บางชนิดมีคุณสมบัติพิเศษ เช่น น้ำหอม เมื่อแก่เนื้อจะบางไม่เหมาะทำมะพร้าวแห้ง พันธุ์ที่มีปลูกในประเทศไทยได้แก่

1. มะพร้าวหนักค่อม มีลักษณะ และขนาดของผลคล้ายหนักค่อม ผลมีขนาดเล็กสุดในบรรดามะพร้าวในประเทศไทย คือ ผลทั้งเปลือกหนักเพียง 750 กรัม มีเนื้อมะพร้าวสด 200 กรัม ต่อผลหรือประมาณ 100 กรัม ต่อผลเมื่อทำเป็นมะพร้าวแห้ง

2. มะพร้าวหมูสีเขียว เป็นต้นแบบของพันธุ์หมูสี และมีพบบมากที่สุด ลำต้นบอบบางแต่แข็งแรง ตกผลเร็วเมื่อมีอายุประมาณ 3 ปีหลังปลูก ต้นสูงเพียง 1.5 เมตร ให้ผลตกประมาณ 22-25 ผลต่อทลาย เนื้อค่อนข้างบาง มีเนื้อมะพร้าวสด 250-300 กรัม ต่อผล หรือทำมะพร้าวแห้งได้ 200 กรัม ต่อผล เนื้อ และน้ำของผลอ่อนมีรสหวานจึงนิยมปลูกเพื่อขายผลอ่อนกันทั่วไป

3. มะพร้าวทุ่งเกลือ (รัชชชัย, 2542) ลักษณะทั่วไปเหมือนพันธุ์หมูสีเขียว ตกผลเร็วประมาณ 2 ปีครึ่งหลังปลูก ต้นเตี้ยมาก และผลตก ผลทรงรีเล็กนอยน้ำหนักผลทั้งเปลือก 900 กรัม ให้เนื้อมะพร้าวแห้ง 160 กรัม ต่อผล

4. มะพร้าวปะทิว เป็นสายพันธุ์หนึ่งของพันธุ์หมูสีเขียว เกิดขึ้นที่อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพรมีลักษณะคล้ายพันธุ์หมูสีเขียว แต่มีลำต้นใหญ่กว่า และมีสะโพก ผลมีขนาดใหญ่สุดในบรรดามะพร้าวต้นเตี้ย ผลหนัก 1,075 กรัม เนื้อมะพร้าวสด 203 กรัม ต่อผลหรือประมาณ 170 กรัม ต่อผล เมื่อทำเป็นมะพร้าวแห้ง

5. มะพร้าวน้ำหอม เป็นมะพร้าวที่กลายพันธุ์มาจากมะพร้าวหมูสีเขียว เกิดขึ้นที่อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ผลขนาดเล็ก กลมรีเล็กนอย ผลทั้งเปลือกหนักประมาณ 800 กรัม ไม่เหมาะสำหรับทำมะพร้าวแห้ง เพราะให้มะพร้าวแห้งเพียง 102 กรัม ต่อผล ในขณะที่ผลยังอ่อนอยู่น้ำมีกลิ่นหอมเหมือนกลิ่นใบเตย จึงนิยมปลูกกันมากเพื่อการค้า และการส่งออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. มะพร้าวหฐีเหลือง ลักษณะคล้ายกับพันธุ์หฐีเขียว นอกจากสีของผล ก้านทาง และแกนใบซึ่งมีสีเหลืองสดใส และมีสีเขียวขนาดเล็กน้อย ผลใหญ่กว่ามะพร้าวพันธุ์เล็กน้อย มีเนื้อสด 300 กรัม ต่อผล ทำมะพร้าวแห้งได้ประมาณ 184 กรัม ต่อผล และบางต้นมีน้ำหอม

7. มะพร้าวไฟ เป็นมะพร้าวพันธุ์หฐีอีกพันธุ์หนึ่ง เปลือกผลมีสีส้ม สีน้ำตาลแดงเข้ม ลักษณะทั่วไปเหมือนพันธุ์หฐีเขียว

มะพร้าวต้นสูง ส่วนมากเป็นมะพร้าวที่ปลูกเพื่อขายผลแก่หรือทำมะพร้าวแห้ง มีลักษณะลำต้นใหญ่ ลำต้นสูง ทางยาว อายุยืน ต้นโตเต็มที่สูงถึง 18 เมตร เริ่มออกผลเมื่อมีอายุประมาณ 5-6 ปี มีผลใหญ่เนื้อหนา นิยมปลูกกันเป็นอุตสาหกรรม พันธุ์ที่มีปลูกในประเทศไทยได้แก่

1. มะพร้าวกะโหลกหรือใหญ่พิเศษ มีผลขนาดใหญ่มากที่สุดผลหนักตั้งแต่ 3 กิโลกรัมขึ้นไป ตกผลช้า ผลและกะลากลมใหญ่ น้ำมากเนื้อหนามีเนื้อมะพร้าวสด 750-1000 กรัม ต่อผล หรือประมาณ 354 กรัม ต่อผลเมื่อทำเป็นมะพร้าวแห้ง ติดผลไม่ดก

2. มะพร้าวใหญ่ เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้าทั่วไปเพราะมีผลใหญ่ ตกผลดก เริ่มตกผลเมื่ออายุประมาณ 6 ปี มีเนื้อมะพร้าวสด 540 กรัม ต่อผล หรือประมาณ 304 กรัม ต่อผลเมื่อทำเป็นมะพร้าวแห้ง มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงถึง 60-65 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับการทำมะพร้าวแห้ง

3. มะพร้าวกลาง ผลมีขนาดกลาง ผลค่อนข้างกลมยาว ผลทิ้งเปลือกหนักประมาณ 1300-2200 กรัม ติดผลดก มีเนื้อมะพร้าวสด 420 กรัม ต่อผล หรือประมาณ 200-250 กรัม ต่อผลเมื่อทำเป็นมะพร้าวแห้ง นิยมปลูกเป็นการค้า

4. มะพร้าวปากจก ผลมีลักษณะที่แตกต่างจากพันธุ์อื่นๆ คือทรงผลยาวรีเป็นเหลี่ยมคล้ายลูกกรักบี ผลขนาดกลาง กะลาหนา น้ำน้อยเนื้อหนามาก ผลสดหนักประมาณ 1,542 กรัม มีเนื้อมะพร้าวสด 400-750 กรัม ต่อผล เนื้อมะพร้าวมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงจึงเหมาะสำหรับการทำมะพร้าวแห้ง

5. มะพร้าวน้ำตาล เป็นกลุ่มของสายพันธุ์มะพร้าวที่ชาวสวนคัดพันธุ์จากมะพร้าวปกติเข้าใจว่าเป็นมะพร้าวกลาง หรือมะพร้าวใหญ่ที่ใช้ผลิตน้ำตาลมะพร้าว

6. มะพร้าวกะทิ เป็นสภาพผิดปกติของมะพร้าว ซึ่งเกิดได้ในมะพร้าวกลาง หรือมะพร้าวใหญ่ทั่วไป เกิดจากการผิดปกติทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับสรีระวิทยา มีลักษณะภายนอกของผลเหมือนมะพร้าวธรรมดา แต่เนื้อจะฟูหนาอ่อนนุ่ม ผิวหน้าจะมีน้ำขุ่นใสเหมือนวุ้น นำมารับประทานสดหรือทำขนมหวาน เป็นที่นิยมมาก ราคาแพง

7. มะพร้าวทะเลทราย ลักษณะเป็นมะพร้าวต้นสูง ตกผลเมื่อมีอายุประมาณ 5-6 ปี ผลขนาดเล็กหนักเพียง 763 กรัม ทำเป็นมะพร้าวแห้งได้ 103 กรัม ต่อผล ไม่มีคุณค่าทางการค้า

8. มะพร้าวเปลือกหวาน เปลือกอ่อนมีรสหวาน รับประทานได้ ผลลักษณะค่อนข้างกลมขนาดกลาง มีเนื้อมะพร้าวสด 450-500 กรัม ต่อผล เป็นพันธุ์ที่หายาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. มะแพรว เป็นมะพร้าวที่มีลักษณะแตกต่างจากพันธุ์อื่น ๆ ที่ช่อดอกของมะแพรว ไม่มี กระจัง หรือแขนงแยกออกไป เป็นเพียงการกลายพันธุ์ของมะพร้าวกลาง ทำให้ลักษณะดอกเปลี่ยน ไป แต่ลักษณะอื่น ๆ ยังเหมือนมะพร้าวกลาง

นอกจากนี้มีมะพร้าวอีกประเภทหนึ่ง เป็นพันธุ์ที่ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติแต่เป็นพันธุ์ ที่เกิดขึ้นจากการผสมพันธุ์มะพร้าวต้นสูงกับมะพร้าวต้นเตี้ย มีลักษณะลำต้นไม่สูง ตกผลเร็วเมื่ออายุ ประมาณ 4 ปี ใ้รับประทานผลอ่อนหรือจำหน่ายเป็นมะพร้าวแก่ ได้แก่พันธุ์ มะพร้าวลูกผสมสวี1 มะพร้าวพันธุ์ชุมพรลูกผสม 60 เป็นต้น

## 2.2 การเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวอ่อน (มะพร้าวพันธุ์น้ำหอม)

วัตถุประสงค์หลักของการปลูกมะพร้าวน้ำหอม (นิรนาม, 2540) คือ การเก็บเกี่ยวเพื่อรับ ประทานผลอ่อน การเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมให้ได้ผลอ่อนขนาดพอเหมาะ ไม่แก่เกินไปนั้น เป็น ขั้นตอนที่ต้องใช้ความชำนาญเป็นพิเศษคือกับมะพร้าวต้นสูงที่ปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลแก่ซึ่งมีวิธีการ สังเกตค่อนข้างง่าย การที่ผู้เริ่มปลูกมะพร้าว จะเก็บเกี่ยวมะพร้าวให้มีความอ่อนอย่างพอเหมาะเป็น เรื่องยากพอสมควร

มะพร้าวน้ำหอมที่ออกสู่ตลาดนั้นอาจจะนำไปแปรรูปเป็นประเภทต่าง ๆ เช่น น้ำมะพร้าว บรรจุขวดหรือใส่แก้วแช่ตามตู้เย็น มะพร้าวอ่อนขายทั้งผล หรือมะพร้าวเผา มะพร้าวแต่ละแบบจะ ต้องเก็บเกี่ยวในระยะแก่อ่อนแตกต่างกัน

มะพร้าวน้ำหอมที่เก็บเกี่ยวกัน มีอยู่ 5 แบบ (สุพรรณ, 2543) คือ มะพร้าวเนื้อชั้นเดียว มะพร้าวเนื้อชั้นครึ่ง มะพร้าวเนื้อสองชั้น มะพร้าวเนื้อสามชั้น และมะพร้าวเนื้อสี่ชั้น รายละเอียด ของแต่ละชนิดมีดังต่อไปนี้

– มะพร้าวเนื้อชั้นเดียว หมายถึง มะพร้าวน้ำหอมที่เพิ่งมีเนื้อบางเล็กน้อย การเกิดเนื้อของ มะพร้าวจะเกิดจากบริเวณก้นผลอ่อน แล้วจะหนาไปเรื่อย ๆ จนถึงหัวผล มะพร้าวชั้นเดียว เนื้อ มะพร้าวจะบางมาก อาจจะมีลักษณะเป็นวุ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเปิดส่วนก้นแล้วมองลงไปตรง ๆ ที่ ส่วนหัวมะพร้าวจะยังมองเห็นกะลาสีเหลืองอ่อน ได้อย่างชัดเจน มะพร้าวชนิดนี้จะมีเนื้อบาง ๆ ติด อยู่เพียงครึ่งผลเท่านั้น วัตถุประสงค์ประมาณ 5.0- 5.6 เปอร์เซ็นต์บริโภค น้ำมะพร้าวมีรสอมเปรี้ยว กะลาที่ยังอ่อนอยู่ ผลอายุประมาณ 155-170 วันหลังจากจันเปิด ถือว่าเป็นมะพร้าวอ่อนเกินไป ยังไม่ควรเก็บเกี่ยว

– มะพร้าวเนื้อชั้นครึ่ง หมายถึงมะพร้าวที่มีผลมากขึ้นจนเกือบจะเต็มผลเมื่อตัดที่ก้นผล และมองจากรอยตัดลงไปตรง ๆ จะเห็นกะลาบริเวณผลเพียงเล็กน้อย เป็นวงขนาดเหรียญบาทเนื่อง จากบริเวณหัวผลยังมีเนื้อบางมาก น้ำมีกลิ่นหอม และมีความหวานประมาณ 6.0-6.6 เปอร์เซ็นต์ บริโภค น้ำรับประทานได้ ผลมีอายุประมาณ 180-185 วัน หลังจากจันเปิด มะพร้าวน้ำหอมชนิดนี้ยัง ถือว่าอ่อน ไม่เหมาะกับการขายทั้งผล แต่เหมาะสำหรับบรรจุแก้วใส่ในตู้เย็น ชนิดที่แต่ละแก้วมีทั้ง เนื้อและน้ำเป็นส่วนประกอบนี้ เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำ และเนื้ออยู่ด้วยกัน อย่างไรก็ตามผู้บริโภคบางรายชอบบริโภคมะพร้าวแบบมะพร้าวชั้นครั้งนี้เหมือนกัน

– มะพร้าวเนื้อสองชั้น หมายถึงมะพร้าวน้ำหอมที่มีเนื้อเต็มผลแล้ว แต่ยังไม่แก่จนเกินไป หรือ ไม่แก่จนเนื้อมะพร้าวภายในผลแข็ง ถ้าตัดมะพร้าวขนาดสองชั้นจากรอยตัดก้น เมื่อมองลงไป ตามรอยตัดจะเห็นเนื้อมะพร้าวอยู่เต็ม มองไม่เห็นกะลาเหมือน 2 ชนิดแรก เนื้อนุ่มพอสมควรมีน้ำที่ หวาน และหอม วัดความหวานได้ประมาณ 6.0-7.0 เปอร์เซ็นต์บrix ผลมีอายุประมาณ 200-210 วัน หรือประมาณ 7 เดือนหลังจากจั่นเปิด มะพร้าวน้ำหอมที่ดีควรส่งตลาดในระยะที่เป็นมะพร้าว สองชั้น

– มะพร้าวเนื้อสามชั้น หมายถึงผลที่มีเนื้อเต็มผล และเนื้อเริ่มหนาขึ้นแต่ยังไม่แข็ง ผลมี อายุ 220-240 วัน หรือประมาณ 8 เดือนหลังจากจั่นเปิด ผลมะพร้าวระยะนี้เหมาะสำหรับทำมะพร้าว เผา น้ำมีรสหวาน และหอม มีความหวานมากกว่า 8 เปอร์เซ็นต์บrix ซึ่งถือว่าหวานจัด

– มะพร้าวเนื้อสามชั้น หมายถึงผลมะพร้าวแก่ที่เจริญเต็มที่ ผลอายุตั้งแต่ 9 เดือนขึ้นไป น้ำ มะพร้าวมีรสหวาน แต่มีรสขำปน มีความหวาน 7.6-8.0 เปอร์เซ็นต์บrix แต่ถ้าอายุเกิน 9 เดือน 2 สัปดาห์ความหวานเริ่มลดลง และเนื้อแข็งเกินไป เนื้อหนาประมาณ 9 มิลลิเมตร

### 2.3 ข้อสังเกตในการเก็บเกี่ยวแต่ละวิธีมีดังนี้ (นิรนาม, 2540)

1. นับทะลาย มะพร้าวน้ำหอมจะแทงจั่นประมาณ 20 วันต่อหนึ่งจั่น หรือ ทุกครั้งที่มีการ ใหม่ขึ้นมา ถ้านับเอาทะลายที่จะเก็บเกี่ยวเป็นทะลายที่หนึ่ง แล้วนับทะลายที่ออกตามมาเป็นอันดับ สอง ที่สามไปเรื่อย ๆ เมื่อจั่นที่ 12 แทงออกมา และกาบหุ้มยังไม่แตก ก็จะเป็นระยะเวลาที่มะพร้าว ทะลายแรกเป็นมะพร้าวสองชั้นพอดี

2. สังเกตจากหางหนู มะพร้าวที่มีอายุมาก จนกะลามีสีดำ หางหนูจะแห้งตั้งแต่ขั้วผล ไปจน จดปลาย มะพร้าวอ่อนหางหนูแห้งครึ่งหนึ่งส่วนอีกครั้งหนึ่งยังสดอยู่ วิธีอาจตลาดเคลื่อน ได้ถูคูร้อน ที่แดดจัดมาก ๆ เพราะหางหนูอาจจะแห้งก่อนกำหนด

3. สังเกตจากสีผล บริเวณรอยต่อของขั้วกับตัวผลของมะพร้าวยังอ่อน จะมีสีขาวเป็นวง รอบขั้วผลถ้าสีขาวยังเป็นวงกว้างอยู่ก็แสดงว่า มะพร้าวยังอ่อนอยู่มาก ต่อเมื่อส่วนสีขาวบริเวณรอย ต่อเหลือเพียงเล็กน้อยพอเป็นวงรอบขั้วก็แสดงว่าได้ระยะเก็บเกี่ยวพอดี อย่างไรก็ตามมะพร้าวที่ ทะลายอยู่ในด้านที่ได้รับแสงมากเป็นพิเศษก็อาจสังเกตจากสีตลาดเคลื่อนเช่นเดียวกัน

4. สังเกตจากจั่นที่อยู่เหนือขึ้นไปบน ถ้าทะลายล่างสุดคือทะลายที่เก็บเกี่ยวจะสังเกตเห็น ทะลายที่อยู่เหนือขึ้นไปยังเป็นมะพร้าวที่อ่อนมาก และที่เหนือขึ้นไปอีกทางหนึ่งข้างบนจะมีจั่นใหม่ แทงขึ้นมา ให้ใช้จั่น ใหม่นี้เป็นจุดสังเกต ถ้ากาบหุ้มจั่นเพิ่งแตกออก หากเก็บเกี่ยวขณะนั้นจะได้ มะพร้าวชั้นเดียว ถ้าจั่นแตกออกจะบานเต็มที่แล้ว ทะลายล่างสุดจะเป็นมะพร้าวชั้นครึ่ง และถ้าบาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เต็มทีจนผลเล็ก ๆ ที่โคนจันมีสีเขียวขึ้นเล็กน้อย หากเก็บเกี่ยวตอนนี้จะได้มะพร้าว น้ำหอมเนื้อสองชั้นที่ตลาดต้องการ

การเก็บเกี่ยวผลมะพร้าว น้ำหอม (สุพจน์, 2543) ต้องเก็บเกี่ยวขณะที่ผลยังอ่อน ภายยังไม่แข็งนักจะตัดลงมาทั้งทะลายไม่แยกตัดทีละผล ผู้เก็บเกี่ยวต้องทำด้วยความประณีต เพื่อไม่ให้ผลช้ำ ไม่ปล่อยให้ผลหล่นลงพื้นหรือกระแทกกันเอง ใช้คนขึ้นต้นมะพร้าว ถ้าต้นสูงอาจใช้ปลอกช่วยในการปีนหรือใช้บันไดขึ้น เมื่อเลือกทะลายที่ต้องการได้แล้ว ต้องใช้เชือกโยงทะลายให้แน่นแข็งแรง ตัดโคนทะลายแล้วค่อย ๆ หย่อนลงพื้นหรือให้มีคนข้างล่างรอรับทะลาย

อายุการเก็บรักษาผลมะพร้าวอ่อน (นิรนาม, 2540) มะพร้าวอ่อนมีอายุการเก็บรักษาแตกต่างกันตามฤดูกาลในฤดูฝนเก็บได้นานประมาณ 1 อาทิตย์ โดยรสชาติไม่เปลี่ยนแปลง แต่ถ้าเก็บในฤดูร้อนก็ยืดเวลาออกไปอีก 1 อาทิตย์ ส่วนในฤดูอื่นอาจเก็บได้นาน 1 เดือน โดยรสชาติไม่เปลี่ยนแปลง ยิ่งเก็บนานความหวานจะมากขึ้น แต่ถ้าเก็บนานเกินไปจะมีรสเปรี้ยว

## 2.4 ลักษณะทางกายภาพของผลมะพร้าว

เมื่อมีการผสมเกสร ดอกตัวเมียจะพัฒนาขึ้นเป็นผล ผลมะพร้าวเป็นแบบ Fibrous drupe (นิยมเรียกว่า Nut) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ Exsocarp, Mesocarp และ Endocarp (ณรงค์, 2530)

- Exsocarp คือเปลือก (ผิว) นอกสุดของมะพร้าว เมื่อยังอ่อนอยู่มีสีต่าง ๆ ตั้งแต่สีเขียว เหลือง ส้ม น้ำตาล และน้ำตาลแดง
- Mesocarp คือเนื้อเยื่อทั้งหมดใต้ Exsocarp จนถึงกะลา เมื่อผลแก่จะมีลักษณะเป็นเส้นใย และหยาบ มีความหนาประมาณ 2-15 เซนติเมตร ตามชนิดพันธุ์
- Endocarp คือกะลาซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่แข็งที่สุดของมะพร้าว มีรูปร่างกลม แต่มีเส้นแบ่งให้เห็นเป็น 3 ส่วนอย่างชัดเจน ที่ขั้วมี 3 ตา แต่เป็นตาบอด 2 ตา

ผลมะพร้าวอ่อน มีรูปร่างกลมเป็น บางผลมีรูปร่างกลมรี เปลือกหนา ชั้นนอกสุดมีสีเขียว ชั้นในมีสีขาวเป็นเส้นใยจำน้ำ ถัดจากชั้นเปลือกเป็นกะลาซึ่งมีความแข็งแรงมากตามความแก่ของผล ภายในกะลา เป็นเนื้อ และน้ำมะพร้าว ขนาดของผลมะพร้าว ไม่แน่นอนขึ้นกับพันธุ์ อายุ ความสมบูรณ์ของดิน การบำรุงรักษา และฤดูกาลเก็บเกี่ยว เช่นมะพร้าว น้ำหอม โดยทั่วไปที่ตัดขายมีขนาดเส้นรอบวง 45- 55 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผล ไม่รวมเปลือก 10 เซนติเมตร น้ำหนักเนื้อ 100 กรัม น้ำหนักกะลา 120 กรัม น้ำภายในผล 380 ซีซี น้ำหนักกะลารวม น้ำ และเนื้อขณะเป็นมะพร้าวอ่อน 500 กรัม (ประทีป, 2535)

เปลือกสีเขียวชั้นนอกจะมีความแข็งแรงสูงกว่าเปลือกชั้นอื่น และบริเวณก้นของผลจะแข็งแรงกว่าส่วนอื่นมาก ๆ กะลาจะอยู่ใกล้กับด้านก้นของผลมากกว่าด้านขั้วของลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 พัฒนาการของผลมะพร้าวพันธุ์น้ำหอม (จุดพันธ์, 2538)

อายุนับจากจันทันบาน	เนื้อมะพร้าว	น้ำมะพร้าว	เปอร์เซ็นต์บrixซ์ของน้ำมะพร้าว
5 เดือน	ไม่มีเนื้อ กะลาแข็งอ่อน	ไม่หวาน มีรสอมเปรี้ยว	4.6
5 เดือน 2 สัปดาห์	เนื้อเป็นวุ้นบาง ๆ ประมาณ 1/3 ของผล กะลาเริ่มแข็ง	มีรสหวานเล็กน้อย	-
5 เดือน 3 สัปดาห์	เนื้อเป็นวุ้นบาง ๆ ประมาณครึ่งผล	มีรสหวานเล็กน้อย	5.0-5.6
6 เดือน	เนื้อเป็นวุ้นบาง ๆ เต็ม ผลเริ่มมีกลิ่นหอม	มีรสหวานเล็กน้อย	5.6
6 เดือน 1 สัปดาห์	เนื้อเป็นวุ้นบาง ๆ ครึ่ง ผล อีกครึ่งเริ่มเป็นเนื้อ นิ่ม	มีรสหวานยังไม่มากนัก	6.0
6 เดือน 2 สัปดาห์	เนื้อหนาขึ้นจนสามารถ บริโภคได้ทั้งผล	หวาน	7.0
6 เดือน 3 สัปดาห์	เนื้อทั้งผลเป็นเนื้อนิ่ม	หวาน	7.0
7 เดือน	เนื้อเริ่มหนาขึ้นครึ่งผล	หวาน	7.0
7 เดือน 2 สัปดาห์	เนื้อหนาไม่เหมาะ บริโภค	หวานมาก	7.6-8.0
7 เดือน 3 สัปดาห์ ถึง	เริ่มสร้างกัพพะขนาด	หวานมาก	7.6-8.0
8 เดือน 3 สัปดาห์	หัวเต็มหมด		
9 เดือน	-	เริ่มมีรสซ่า	7.6-8.0
9 เดือน 2 สัปดาห์ จน ถึงผลแก่	-	ความหวานเริ่มลดลง	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ขนาดของกะลามะพร้าวอ่อน (ไชยขงค์, 2536)

ตัวอย่าง	เส้นผ่านศูนย์กลางด้านแป้น (D, cm)		ความสูงของกะลา (h, cm)
	D ด้านเล็ก	D ด้านใหญ่	
1	9.75	10.13	9.15
2	9.99	10.88	9.11
3	10.20	10.73	9.70
4	9.75	10.11	9.26
5	9.63	10.31	9.32

ตารางที่ 2.3 ขนาดของผลมะพร้าวอ่อน (เอกชัย, 2540)

มะพร้าวผลที่	น้ำหนัก (kg)	ความสูง (cm)	ความกว้าง (cm)
1	1.8	17	16
2	1.85	17.5	15.5
3	1.8	17	16
4	1.9	18	16.5
5	1.85	19	17
6	1.75	17	15
7	1.8	17	16
8	1.85	17.5	16.5
9	1.84	16.8	15.2
10	1.86	17.2	15.3
11	1.7	17.7	15.6
12	1.65	16.5	15.3
13	1.72	17.2	16.1
14	1.54	17.7	16.5
15	1.83	18	16.7
16	1.5	15.5	14
17	1.3	15	13
18	1.8	18.5	16.5
19	1.7	18	16.5
20	1.4	15	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 รูปแบบของมะพร้าวอ่อนที่จำหน่ายในประเทศ และส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ

รูปแบบมะพร้าวอ่อนที่จำหน่ายภายในประเทศมี 3 รูปแบบ คือ จำหน่ายเป็นน้ำมะพร้าว มะพร้าวทั้งผล และมะพร้าวเผา ซึ่งแต่ละแบบมีวิธีการดังต่อไปนี้ (นิรนาม, 2540)

2.5.1 น้ำมะพร้าว เป็นการจำหน่ายทั้งน้ำ และเนื้อมะพร้าวพร้อม ๆ กัน ผู้ค้าปลีกจะผ่าผล แล้วชูดเอาเนื้อออกมาบรรจุแก้ว หรือบรรจุถุงพลาสติก แล้วแช่เย็นเพื่อจำหน่าย ข้อเสียคือจะเก็บได้ไม่นาน

2.5.2 มะพร้าวทั้งผล เป็นรูปแบบของมะพร้าวน้ำอ่อนที่จำหน่ายกันมากที่สุดภายในประเทศ รวมทั้งผลผลิตมะพร้าวอ่อนที่ส่งตลาดต่างประเทศด้วย มะพร้าวทั้งผลที่ใช้บริโภคในระดับครัวเรือนต้องนำมาปอกให้ได้รูปแบบที่ต้องการ เรียกขั้นตอนนี้ว่า การชำแหละ ส่วนมะพร้าวทั้งผลที่ใช้ส่งในอุตสาหกรรมเพื่อการแปรรูปน้ำ และเนื้อมะพร้าวอ่อนเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้น ไม่ต้องปอกเปลือก มะพร้าวทั้งผลที่ซื้อขายกันในท้องตลาดมี 3 แบบ คือ (สุพจน์, 2543)

1. มะพร้าวผลที่ยังไม่ได้ปอกเปลือก โดยมากจะขายกันยกทะลาย ทำให้ขนส่งได้สะดวก และเก็บรักษาได้นาน จึงมีระยะเวลาการวางตลาดได้นาน บางครั้งก็ตัดออกจากทะลายขายเป็นผล

2. มะพร้าวควั่น เป็นการปอกเปลือกมะพร้าวให้มีลักษณะรูปทรง 5 เหลี่ยม เริ่มด้วยการพูน ก่อนแล้วก็ ภารกลึง ให้ผิวเรียบ ซึ่งตลอดกระบวนการใช้แรงงานคนกับมีด มะพร้าวควั่นเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมทั้งตลาดภายใน และต่างประเทศ

3. มะพร้าวเจียน เป็นมะพร้าวที่ได้รับความนิยมเช่นกัน มาในระยะหลัง ๆ นี้ ดูเหมือนว่าความนิยมของตลาดจะสูงกว่ามะพร้าวควั่นเสียอีก โดยเฉพาะตลาดต่างประเทศที่ชอบความกะทัดรัดของมะพร้าวเจียน ลักษณะเป็นทรงกลม

2.5.3 มะพร้าวเผาหรือมะพร้าวต้ม เป็นการเผาหรือการต้มมะพร้าวอ่อนที่เนียนเปลือกออกทั้งผล เพื่อจะได้รสชาติของน้ำมะพร้าวที่แปลกแตกต่างจากน้ำมะพร้าวสด

## 2.6 การแปรรูปมะพร้าวอ่อน (นิรนาม, 2540)

การส่งมะพร้าวอ่อนไปจำหน่ายยังต่างประเทศ จะมีการส่งออกในรูปของผลสดทั้งทะลาย กับผลสดปอกเปลือกส่วนที่เขียวออกแต่งผิวให้สวยงามแล้วผ่านขบวนการบรรจุหีบห่อ นอกจากนั้นแล้วยังมีการแปรรูปมะพร้าวอ่อนในรูปแบบต่าง ๆ คือ

2.6.1 มะพร้าวอ่อนบรรจุถุงพลาสติก ภายในถุงจะบรรจุทั้งเนื้อ และน้ำมะพร้าวที่ผ่านขบวนการฆ่าเชื้อแล้วด้วยความร้อน 1 ครั้งแล้วเก็บไว้ในตู้เย็น อายุการบริโภคประมาณ 2 สัปดาห์ การส่งต่างประเทศ จะต้องทำในรูปให้แช่แข็ง และละลายก่อนรับประทาน

2.6.2 น้ำมะพร้าวอ่อนบรรจุกระป๋อง นำน้ำมะพร้าวอ่อนมาปรุงแต่งรส และกลั่นแล้วผ่านการฆ่าเชื้อ บรรจุกระป๋องแล้วผ่านขบวนการฆ่าเชื้อทั้งกระป๋องอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 เนื้อมะพร้าวอ่อนบรรจุกระป๋อง และเนื้อใส่กระป๋อง ขนาดขึ้นที่พอเหมาะแล้วนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อน เดิมด้วยน้ำเชื่อมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วบรรจุกระป๋อง นำมาฆ่าเชื้ออีกครั้ง

## 2.7 การตลาดของมะพร้าวอ่อน

ความต้องการมะพร้าวอ่อนเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือน และด้านอุตสาหกรรมมีแนวโน้มมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นทั้งตลาดในประเทศ และตลาดต่างประเทศ มะพร้าวที่ส่งออกมีรูปแบบหลากหลาย เช่น ทะลาย ปลอกเปลือก ไม่ปลอกเปลือก น้ำ และเนื้อมะพร้าวแช่แข็ง ตลาดต่างประเทศที่สำคัญได้แก่ ฮังการี อเมริกา สิงคโปร์ ญี่ปุ่น เป็นต้น

ตารางที่ 2.4 มูลค่า และปริมาณการส่งออกมะพร้าวอ่อนตั้งแต่ปี 2542-2544 (นิรนาม, 2544)

ปี	ปริมาณ(เมตริกตัน)	มูลค่า(ล้านบาท)
2542	8,790	108.0
2543	6,264	193.2
*2544	6,973	111.3

ตารางที่ 2.5 มูลค่า และปริมาณการส่งออก ไปประเทศต่าง ๆ ที่สำคัญตั้งแต่ปี 2542-2544 (นิรนาม, 2544)

ประเทศ	2542		2543		*2544	
	ปริมาณ(%)	มูลค่า(%)	ปริมาณ(%)	มูลค่า(%)	ปริมาณ(%)	มูลค่า(%)
ฮ่องกง	43.55	40.22	48.33	46.07	42.57	40.25
สหรัฐอเมริกา	30.46	33.04	36.92	30.75	39.14	26.10
สิงคโปร์	1.85	0.82	5.08	9.44	3.72	16.23
ญี่ปุ่น	0.23	0.16	1.61	5.03	3.92	8.35
แคนาดา	1.62	1.92	1.89	1.79	2.91	2.76
อินเดีย	0.20	0.43	0.00	0.01	3.06	1.32
ฝรั่งเศส	5.07	5.43	1.07	1.13	1.36	1.06
ไต้หวัน	3.29	2.95	1.51	1.49	0.80	0.82
ออสเตรเลีย	4.67	5.87	1.48	1.58	0.38	0.81
ฮอลแลนด์	0.17	0.43	0.25	0.54	0.54	0.71

หมายเหตุ\* ข้อมูลเฉพาะเดือนมกราคม ถึง พฤษภาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 เครื่องจักรกลที่เกี่ยวข้องกับมะพร้าว

### 2.8.1 เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวแก่

สมศักดิ์ ทองเสมอ (2530) ได้สร้างเครื่องปอกผลมะพร้าวชนิดใช้มือโยกขึ้นเป็นครั้งแรกสามารถทำงานได้ระดับหนึ่ง การปอกใช้วิธีส่งลูกมะพร้าวขึ้นสู่ใบมีดฉีกเปลือก แล้วกดคันโยกให้ชุดใบมีด้ออก ปัญหาของเครื่องนี้คือ จะต้องส่งลูกมะพร้าวขึ้นไปอย่างแรง เพื่อให้ชุดใบมีดฉีกเปลือกฝังลึกลงไปเปลือกมะพร้าว ในขณะที่ฉีกเปลือกมะพร้าวกะลามะพร้าวมักพลิก และติดไปกับเปลือกด้านหนึ่ง ทำให้ฉีกได้ไม่หมดอาจต้องทำซ้ำ และต้องใช้แรงในการดึงเปลือกออกในภายหลังค่อนข้างมาก

มงคล กวางวโรภาส (2533) ได้สร้างเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวแก่ชนิดทำงานด้วยมือโยก จะใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน โดยคนหนึ่งเหยียบลูกมะพร้าววางในแนวนอนบนแป้นส่ง ผู้ปฏิบัติงานอีกคนหนึ่งจะเหยียบคันโยกส่งลูกมะพร้าวขึ้นสู่ชุดใบมีดฉีกเปลือก หลังจากนั้นจะกดคันโยกเพื่อดำงาใบมีดแหวกกามมะพร้าวให้แยกออก ทำซ้ำครั้งต่อไปโดยหมุนลูกมะพร้าวไปประมาณ 90 องศา จนฉีกเปลือกได้ครบ 4 ครั้ง จึงเหยียบลูกมะพร้าวออก แล้วใช้มือดึงกามหรือโยกที่เหลือให้หลุดออกจากกะลามะพร้าวจนหมด ซึ่งอาจรวมรวมทำเป็นคราวๆ ไปก็ได้

เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวแก่ชนิดใช้กำลังจากระบบไฮดรอลิก ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ โครงเครื่องชุดต้นกำลังพร้อมอุปกรณ์ระบบไฮดรอลิก และชุดกลไกฉีกเปลือกมะพร้าว การทำงานจะใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน โดยที่คนหนึ่งจะเป็นผู้เหยียบลูกมะพร้าววางบนแป้นแล้วโยกคันบังคับว่าลิ้นควบคุมทิศทางเดินน้ำมันไฮดรอลิกเพื่อให้ชุดกลไกส่งลูก และชุดกลไกฉีกเปลือกมะพร้าวทำงานตามลำดับ โดยจะฉีกได้ประมาณ 70% - 90% ของเปลือกมะพร้าวทั้งลูก

### 2.8.2 เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อน

ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (2533) ได้สร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อนขึ้นมา และพัฒนา 2 รุ่นแล้ว ทั้ง 2 รุ่นมีลักษณะการทำงานคล้ายกันคือ ใบมีดหมุนขึ้นอยู่กับที่ และมีอุปกรณ์ซึ่งเป็นลักษณะเป็นหัวจับ จับมะพร้าวอ่อนเข้าหาใบมีด โดยใบมีดจะเลื่อนผิวชั้นนอกของผลมะพร้าวในลักษณะการตะกุก

ไชยรงค์ ทหาราช (2536) ได้สร้างเครื่องปอกเปลือกผลมะพร้าวอ่อน ตัวเครื่องประกอบด้วยหน่วยปอกลำตัว และหน่วยปอกไหล่ ทั้ง 2 หน่วยนี้มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วนคือ ชุดจับยึดลูกมะพร้าวให้แน่น และนั่ง พร้อมชุดใบมีดซึ่งเคลื่อนที่เป็นทรงกลมกรวยพร้อมกับชักไปและชักกลับ ด้วยอัตราการชัก 4 รอบต่อการหมุนของชุดใบมีด 1 รอบ เครื่องนี้ทำงานโดยใช้แรงงานคนเพียงคนเดียว ใช้เวลาในการทำงานที่หน่วยปอกลำตัว และหน่วยปอกไหล่ 54.1 และ 67.0 วินาที

รัชนิวรณ สุขชี และบุญสุข พรหมเจริญ (2537) ได้สร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อน ตัวเครื่องประกอบด้วย ชุดใบมีดปอกข้าง และชุดใบมีดปอกบน ทั้ง 2 ชุดนี้ มีส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือ ชุดจับยึดลูกมะพร้าวให้แน่น และนั่ง พร้อมชุดใบมีดซึ่งหมุนรอบตัวเอง และหมุน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปพร้อมกับกรวย เครื่องนี้ทำงานโดยใช้แรงงานคนเพียงคนเดียว เวลาที่ใช้ในการปอกต่อหนึ่งผล ประมาณ 190 วินาที ในหนึ่งชั่วโมงจะปอกได้ประมาณ 20 ผล ปัญหาที่เกิดขึ้น ได้แก่ ผิวที่ปอก ลักษณะเป็นลูกคลื่น และเป็นขุย

เอกชัย ชัยพร และสรารุช ไพโรไพศาล (2540) ได้สร้างเครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อน ตัวเครื่องประกอบด้วย ชุดใบมีดเลื่อน และตัวยึดมะพร้าว การทำงาน ส่งมะพร้าวเข้าสู่ชุดใบมีดเพื่อปอกเปลือกส่วนหัวให้เป็นกรวยแหลม นำมะพร้าวเข้าสู่ชุดใบมีดปอกด้านข้างให้เป็นรูปทรงกระบอก พบว่าที่ความเร็วรอบ 420 รอบต่อนาที สามารถปอกเปลือกมะพร้าวได้เร็วที่สุด 64.4 วินาที ส่วนการปอกโดยใช้คนปอกจะใช้เวลาเฉลี่ย 102 วินาที รูปร่างหลังการปอกด้วยเครื่องมีลักษณะคล้ายกับที่วางขายทั่วไป

### 2.8.3 เครื่องลอกเปลือกอ่อนผลมะพร้าว

ประชา บุญขวามิซกุล และศิริศักดิ์ เนตรรัตน์ (2539) ได้สร้างเครื่องลอกเปลือกอ่อนมะพร้าว โดยมีหลักการทำงานคือ อาศัยหลักการฉีกเปลือกชนิดใช้หนามติดอยู่บนลูกกลิ้งสองลูกซึ่งหมุน และฉีกเปลือกออกตามแนวเส้นใยใช้ต้นก้านจากมอเตอร์ขับเคลื่อนชุดลูกกลิ้งลอกเปลือก มีแท่นรองรับลูกมะพร้าวเพื่อป้องกันความเสียหายจากการจิกของหนามบนชุดลูกกลิ้ง ใช้การทอรอบเฟืองโซ่เพื่อให้ลูกกลิ้งหมุนด้วยความเร็วรอบต่างกันเพื่อให้เกิดการพลิกตัวของลูกมะพร้าว และพบว่าเมื่อชุดลูกกลิ้งหมุนเข้าหากันมีประสิทธิภาพในการทำงานดีกว่าชุดลูกกลิ้งหมุนออกจากกัน

ณรงค์ศักดิ์ พุ่มทอง และคณะ (2540) ได้สร้างเครื่องลอกเปลือกอ่อนผลมะพร้าว โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ โครงเครื่อง, ต้นก้านเป็นมอเตอร์ 3 เฟส, ชุดลอกเปลือกอ่อนมะพร้าว ซึ่งมีส่วนประกอบย่อยคือ ชุดหนามฉีก 8 ชุด ยึดติดกับจานหมุน, ชุดคดผลมะพร้าวเป็นเพลลาประกอบด้วยจานคด และสปริง สามารถเลื่อนไปมาได้, เพลารองรับเป็นเพลาร้อยผ่านเฟืองเกียร์, ชุดแปรงพลาสติกสำหรับปัดใยมะพร้าวที่อาจติดมากับหนามฉีก หลักการทำงาน ป้อนมะพร้าวเข้าทางด้านบน สปริงจะดันให้แผ่นคดคดผลมะพร้าวให้ชิดกับแผ่นจานหมุน แผ่นจานหมุนก็จะหมุนทำให้ชุดหนามฉีกฉีกเปลือกอ่อนมะพร้าว และใช้ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน หมุนเพลารองรับ เพื่อช่วยในการพลิกลูกมะพร้าว

### 2.8.4 เครื่องเปิดผลมะพร้าวอ่อน

ชัยวิธน์ แก่นโท และสมควร บุญรินทร์ (2532) ได้สร้างเครื่องเปิดผลมะพร้าวอ่อนด้วยการตัด ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ฐานสำหรับยึดผลมะพร้าวอ่อน และส่วนตัด เครื่องมีขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 23 เซนติเมตร สูง 75 เซนติเมตรหนัก 6.75 กิโลกรัม ทำงานโดยใช้แรงงานคนเพียงคนเดียว ใช้เวลาติดตั้งผลมะพร้าวเฉลี่ย 8.06 วินาที ใช้เวลาในการตัดเฉลี่ย 4.58 วินาที เปิดผลมะพร้าวแล้วน้ำหกน้อยมาก (2.44%) สภาวะการเปิดสมบูรณ์ (ช่องเปิดกว้างไม่น้อยกว่า 50 มิลลิเมตร) เข้าถึงน้ำ และเนื้อได้ดี เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิต จริโมภาส และคณะ (2532) ได้สร้างเครื่องเปิดมะพร้าวอ่อนให้สามารถนำไปใช้ในเชิงการค้าได้ เครื่องเปิดมะพร้าวอ่อนที่ถูกพัฒนาขึ้นทำงาน โดยอาศัยหลักการตัดด้วยใบมีดสามเหลี่ยมที่มีด้านสองด้านที่ไม่ใช่ฐานเป็นคมมีดฟันใหญ่ของผลมะพร้าวอ่อนไป เครื่องเปิดผลมะพร้าวอ่อนมีสองแบบคือ แบบทำงานด้วยมือ และแบบกึ่งอัตโนมัติ โครงสร้างทั้งสองมีชุดตัดประกอบด้วยใบมีดสแตนเลสสามเหลี่ยมสองชุดติดกับเหล็กเหลามีเกลียวโดยรอบการเปิด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎี และการออกแบบ

3.1 การทดลองเบื้องต้นสำหรับการออกแบบเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน

การทดลองเบื้องต้นสำหรับการออกแบบเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ 1. การทดลองหาขนาดภายนอกของผลมะพร้าวอ่อน 2. การทดลองการทดลองหาค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้ในการผ่าผลมะพร้าวอ่อน ผลที่ได้จากการทดลองเบื้องต้นทำให้ทราบขนาดผลมะพร้าวอ่อน ซึ่งนำไปออกแบบส่วนรองรับผลมะพร้าวอ่อนก่อนการผ่า และทราบค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อน ซึ่งนำไปออกแบบกระบอกลมนิวแมติก

3.1.1 การทดลองหาขนาดภายนอกของผลมะพร้าวอ่อน

ลักษณะขนาดภายนอกของผลมะพร้าวอ่อนมีผลต่อการออกแบบเครื่องคั้นแบบผ่ามะพร้าวอ่อน จากการศึกษาพบว่า พันธุ์มะพร้าวอ่อนที่นิยมปลูกกันมากเพื่อการค้า และการส่งออก คือ พันธุ์น้ำหอม ดังนั้นจึงเลือกใช้ลักษณะขนาดภายนอกของผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอมประกอบการออกแบบเครื่องคั้นแบบผ่ามะพร้าวอ่อน การหาขนาดของผลมะพร้าวอ่อนต้องใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นเองในภาควิชาซึ่งอุปกรณ์นี้มีลักษณะการใช้งานคล้ายกับเวอร์เนียร์

วัดคู่ และอุปกรณ์

1. อุปกรณ์วัดขนาดผลมะพร้าวอ่อน ดังรูปที่ 3.1
2. ผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอม 30 ผล
3. เครื่องชั่งน้ำหนัก

วิธีการทดลอง

1. วัดค่าความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดจากขั้วถึงท้ายของผลมะพร้าวอ่อน (a)
2. วัดค่าความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ a (b)
3. วัดค่าความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่ตั้งฉากกับ a และ b (c)
4. ชั่งน้ำหนักผลมะพร้าวอ่อน
5. บันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ผลการทดลองวัดขนาดผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอม

มะพร้าวผลที่	a (cm)	b (cm)	c (cm)	น้ำหนัก (kg)
1.	18.5	16.5	15.5	2.033
2.	18.4	16.0	15.1	1.890
3.	19.1	17.0	16.0	2.113
4.	18.6	15.9	14.9	2.032
5.	18.4	15.6	15.2	1.945
6.	18.2	16.5	15.8	2.050
7.	19.7	16.5	14.8	2.239
8.	18.1	15.8	15.5	1.966
9.	20.8	15.8	15.5	2.353
10.	17.8	16.6	15.1	1.933
11.	18.4	16.3	16.1	2.093
12.	18.8	15.7	15.5	1.998
13.	18.8	16.4	14.9	2.049
14.	17.7	16.5	15.6	1.804
15.	18.8	15.5	15.1	2.012
16.	19.0	16.0	14.8	2.032
17.	20.3	16.0	15.5	2.300
18.	18.7	15.9	14.5	1.895
19.	19.1	15.2	15.0	2.022
20.	19.5	15.1	14.9	1.992
21.	20.8	15.2	15.0	2.153
22.	20.6	16.2	15.7	2.270
23.	20.5	16.8	15.5	2.285
24.	19.7	15.2	15.1	1.997
25.	19.5	15.3	14.1	1.912
26.	20.0	15.3	15.3	2.041
27.	20.1	15.7	15.6	2.219
28.	19.5	16.6	15.5	2.153
29.	19.7	15.6	14.8	2.010
30.	19.6	14.6	14.3	1.672

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1.2 การทดลองหาค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้ในการผ่าผลมะพร้าวอ่อน

แรงกดสูงสุดที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนนำไปออกแบบกระบอกลมนิวแมติก  
วัสดุ และอุปกรณ์

1. เครื่องทดสอบแรงกด Universal Testing Machine
2. ชูคใบมีดสแตนเลสหนา 6 มิลลิเมตร
3. เครื่องวัดขนาดผลมะพร้าวอ่อน
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
5. ผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอม 20 ผล

วิธีการทดลอง

1. วัดขนาดภายนอกของผลมะพร้าวอ่อนด้าน a, b และ c
2. ชั่งน้ำหนักผลมะพร้าวอ่อน
3. วางชูคใบมีดสแตนเลสบนฐานรองรับของเครื่อง Universal Testing Machine
4. ใช้คอกสว่านขนาด 5 มิลลิเมตร เจาะผลมะพร้าวอ่อน 2 รู บริเวณด้านข้างผลมะพร้าวอ่อน ด้านละ 1 รู ตรงข้ามกัน เหนือมะพร้าวอ่อนออกจนหมด เพราะขณะทดสอบหาค่าแรงกดที่ใช้ในการผ่าผลมะพร้าวอ่อน เมื่อมะพร้าวอ่อนผ่าซีกแล้วน้ำมะพร้าวอาจจะทำให้เครื่อง Universal Testing Machine เกิดความเสียหายได้
5. ปรับระบบการทำงานของเครื่อง Universal Testing Machine ให้วัดค่าแรงกด พร้อมทั้งตั้งระยะการทำงานสำหรับกดมะพร้าวอ่อน
6. ปรับความเร็วของหัวกดเครื่อง Universal Testing Machine ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 10 เซนติเมตร/นาที
7. วางผลมะพร้าวอ่อนบนชูคใบมีดทดลองแรงกด พร้อมทั้งใช้มือประคองไว้ และทดลองผ่าผลมะพร้าวอ่อน 5 ผล พร้อมทั้งบันทึกค่าแรงกดสูงสุด
8. ทำซ้ำข้อ 1 ถึงข้อ 7 อีกครั้ง โดยปรับความเร็วของหัวกดเครื่อง Universal Testing Machine ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15, 20 และ 25 เซนติเมตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ผลการทดลองหาค่าแรงกดที่ใช้ผ้าผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอมด้วยความเร็ว 10 เซนติเมตร/นาที

มะพร้าวผลที่	a (cm)	b (cm)	c (cm)	น้ำหนัก (kg)	แรงกดสูงสุด (kN)
1.	19.1	17.0	16.0	2.113	2.094
2.	18.6	15.9	14.9	2.032	2.184
3.	18.4	15.6	15.2	1.945	2.008
4.	18.2	16.5	15.8	2.050	2.020
5.	19.7	16.5	14.8	2.239	1.999

ตารางที่ 3.3 ผลการทดลองหาค่าแรงกดที่ใช้ผ้าผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอมด้วยความเร็ว 15 เซนติเมตร/นาที

มะพร้าวผลที่	a (cm)	b (cm)	c (cm)	น้ำหนัก (kg)	แรงกดสูงสุด (kN)
1.	18.4	16.3	16.1	2.093	1.819
2.	18.8	15.7	15.5	1.998	2.535
3.	18.8	16.4	14.9	2.049	2.069
4.	17.7	16.5	15.6	1.804	1.688
5.	18.8	15.5	15.1	2.012	1.895

ตารางที่ 3.4 ผลการทดลองหาค่าแรงกดที่ใช้ผ้าผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอมด้วยความเร็ว 20 เซนติเมตร/นาที

มะพร้าวผลที่	a (cm)	b (cm)	c (cm)	น้ำหนัก (kg)	แรงกดสูงสุด (kN)
1.	20.8	15.2	15.0	2.153	1.818
2.	20.6	16.2	15.7	2.270	1.242
3.	20.5	16.8	15.5	2.285	1.697
4.	19.7	15.2	15.1	1.997	2.458
5.	19.5	15.3	14.1	1.912	1.982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ผลการทดลองหาค่าแรงกดที่ใช้ผ้าผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอมด้วยความเร็ว 25 เซนติเมตร/นาที

มะพร้าวผลที่	a (cm)	b (cm)	c (cm)	น้ำหนัก (kg)	แรงกดสูงสุด (kN)
1.	20.0	15.3	15.3	2.041	1.799
2.	20.1	15.7	15.6	2.219	1.367
3.	19.5	16.6	15.5	2.010	2.148
4.	19.7	15.6	14.8	2.010	1.756
5.	19.0	16.0	14.8	2.032	1.847

### 3.2 สรุปผลการทดลองเบื้องต้นสำหรับการออกแบบเครื่องผ้าผลมะพร้าวอ่อน

#### 3.2.1 การทดลองหาขนาดภายนอกของผลมะพร้าวอ่อน

1. ผลมะพร้าวอ่อนความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางด้าน a มีระหว่าง 17.7 ถึง 20.8 เซนติเมตร, ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางด้าน b มีระหว่าง 14.6 ถึง 17.0 เซนติเมตร, ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางด้าน c มีค่าระหว่าง 14.1 ถึง 16.1 เซนติเมตร และมีน้ำหนักระหว่าง 1.672 ถึง 2.300 กิโลกรัม

#### 3.2.2 การทดลองหาค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้ในการผ้าผลมะพร้าวอ่อน

1. ค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้ในการผ้าผลมะพร้าวอ่อนคือ 2,535 นิวตัน
2. การผ้าผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็วมากขึ้น มีแนวโน้มว่าจะใช้แรงกดในการผ้าผลมะพร้าวอ่อนน้อยลง

### 3.3 การออกแบบเครื่องผ้าผลมะพร้าวอ่อน

ในการออกแบบเครื่องผ้าผลมะพร้าวอ่อนนี้ได้อาศัยข้อมูลจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มาใช้ประกอบในการออกแบบ โดยเครื่องที่ออกแบบมีรูปร่างดังรูปที่ 3.3 และมีส่วนประกอบดังนี้

1. โครงสร้าง
2. ชุดใบมีดสแตนเลส
3. ชุดรองรับผลมะพร้าวอ่อนก่อนการผ้า
4. ชุดรองรับผลมะพร้าวอ่อนหลังการผ้า
5. ชุดรองรับน้ำมะพร้าวอ่อน
6. ชุดตัวกด
7. ชุดนิวแมติกสำหรับควบคุมเครื่องผ้าผลมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.1 โครงสร้าง

ใช้เหล็กกล่องขนาด  $2.54 \times 5$  เซนติเมตร และหนา 1.25 มิลลิเมตร ใช้เหล็กรูปตัวซี เป็นสายยึดกระบอกลมนิวแมติก

### 3.3.2 ชุดใบมีดสแตนเลส

ใช้แผ่นเหล็กสแตนเลส กว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 35 เซนติเมตร หนา 6 มิลลิเมตร ใช้ล้อยินขัดติดกับมอเตอร์ไฟฟ้า ขัดแผ่นสแตนเลสด้านยาวให้มีมุมเอียงพอประมาณ หลังจากนั้น เป็นการลับคม ซึ่งใช้หินขัดชนิดละเอียด การลับคมให้วางส่วนที่ต้องการลับคมเป็นมุมประมาณ  $25^\circ$  ให้มุมเอียงลาดยกสูงขึ้นเล็กน้อย ควรใช้น้ำมันหรือน้ำช่วยหล่อลื่นขณะลับคม ถ้าไม่มีการหล่อลื่นการลับคมจะไม่คมเท่าที่ควร (นิรนาม, 2529)

### 3.3.3 ชุดรองรับผลมะพร้าวก่อนการผ่า

ออกแบบให้มีชุดรองรับผลมะพร้าวได้ทุกขนาด โดยใช้สปริงเป็นตัวปรับขนาด ชุดรองรับ

### 3.3.4 ชุดรองรับผลมะพร้าวอ่อนหลังการผ่า

ใช้ตะแกรงสแตนเลสหนา 3 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางรู 5 มิลลิเมตร ให้น้ำมะพร้าวผ่านได้

### 3.3.5 ชุดรองรับน้ำมะพร้าวอ่อน

ใช้แผ่นสแตนเลสพับให้มีลักษณะเป็นกระบะสี่เหลี่ยมอยู่ใต้ชุดรองรับผลมะพร้าวอ่อนหลังการผ่า เพื่อรองรับน้ำมะพร้าวอ่อนที่ไหลผ่านรูตะแกรง

### 3.3.6 ชุดตัวกด

ใช้เหล็กหนา 10 มิลลิเมตร 3 ชั้นเชื่อมติดกันให้มีลักษณะคล้ายตัวยูคว่ำ

## 3.4 ทฤษฎี และการออกแบบวงจรนิวแมติกสำหรับควบคุมเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน

3.4.1 การทำงานของระบบนิวแมติกจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้ (ปานเพชร, 2541)

1. เครื่องอัดลม (Air Compressor)
2. เครื่องระบายความร้อนลมอัด (Heat exchanger)
3. เครื่องกรองท่อเมน (Main air filter)
4. เครื่องทำลมให้แห้ง (Air dryer)
5. กรองลม (Air filter)
6. วาล์วลดความดัน (Pressure reducing valve)
7. อุปกรณ์ผสมน้ำมันหล่อลื่น (Oil lubricator)
8. อุปกรณ์เก็บเสียง (Air silencer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. วาล์วเปลี่ยนทิศทางการไหล (Air flow change valve)
10. วาล์วบังคับความเร็ว (Speed control valve)
11. กระบอกสูบ (Air cylinder)

#### การออกแบบกระบอกสูบลม

การเลือกขนาดกระบอกสูบลมให้มีขนาดพอเหมาะกับงาน มีองค์ประกอบในการพิจารณาอยู่หลายประการด้วยกัน เช่น

1. ความดันของลมที่เลือกใช้ในระบบ
2. ภาระที่กระบอกสูบต้องทำงาน
3. ความยาวช่วงชักของก้านสูบที่เคลื่อนที่
4. ความเร็วของลูกสูบที่ต้องการใช้งาน
5. ลักษณะงานที่จะนำกระบอกสูบไปใช้งาน

จากการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาค่าแรงกดที่ใช้ในการผ่าผลมะพร้าวอ่อน โดยเครื่องทดสอบแรงกด Universal Testing Machine ทำให้ทราบค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้ผ่ามะพร้าวอ่อนเป็นสองซีก คือ 2,535 นิวตัน นำค่าแรงกดแรงกดสูงสุดนี้คูณด้วยค่าตัวประกอบความปลอดภัย ซึ่งค่าตัวประกอบความปลอดภัยมีค่าประมาณ 3 ดังนั้นจะได้ค่าแรงกดที่เป็นแนวทางในการออกแบบกระบอกสูบ

#### การคำนวณหาขนาดของกระบอกสูบลม

แรงที่ได้รับจากลูกสูบเพื่อไปดันให้ก้านสูบไปกระทำกับโหลดให้เคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับความดันลมที่ใช้ เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกสูบ และแรงเสียดทานของซิลที่กระทำต่อกระบอกสูบ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการ ตามกฎของปาสคาล

$$F_{th} = 10(A \times P) \quad (3.1)$$

เมื่อ  $F_{th}$  คือ แรงที่ได้จากลูกสูบทางทฤษฎี, นิวตัน  
 $A$  คือ พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ, ตารางเซนติเมตร  
 $P$  คือ ความดันใช้งาน, บาร์

จากสมการที่ 3.1 นั้นเป็นแรงทางทฤษฎี แต่ในทางปฏิบัตินั้นขณะที่ทำงานแรงจะลดลงเนื่องจากค่าความเสียดทานมีค่าประมาณ 3% ถึง 10% ของแรงที่คำนวณได้ตามทฤษฎี ดังนั้นแรงในทางปฏิบัติจะมีค่า

$$F_n = 10(A \times P) - F_R \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $F_n$  คือแรงที่ได้สุทธิในการทำงาน, นิวตัน

$F_R$  คือแรงที่เกิดจากการเสียดทาน, นิวตัน

การคำนวณความเร็วของก้านสูบ

ความเร็วของก้านสูบจะขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางของลูกสูบ ชนิดของลูกสูบ ความดันของอัตราการไหลของลมอัด ขนาด และความยาวของท่อลมอัดระหว่างวาล์วควบคุมกับ กระทบอกสูบ การคำนวณความเร็วของก้านสูบ สามารถหาได้จากสมการ

$$t = (5.21 \times V \times K) / S \quad (3.3)$$

เมื่อ  $t$  คือ เวลาการเคลื่อนที่ของก้านสูบ, วินาที

$V$  คือ ปริมาตรกระบอกสูบระบายลม, ลิตร

$S$  คือ พื้นที่หน้าตัดสุทธิของอุปกรณ์ที่รับลม, ตารางมิลลิเมตร

$K$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์แปรผันตามอัตราของไหลค มีค่าอยู่ระหว่าง 2 ถึง 3 การหาค่าปริมาตรกระบอกสูบระบายลม,  $V$

$$V = V_{\text{ของท่อทาง}} + V_{\text{กระบอกสูบ}} \quad (3.4)$$

การหาค่าพื้นที่หน้าตัดสุทธิของอุปกรณ์ที่รับลม,  $S$

$$1/S_T^2 = 1/S_a^2 + 1/S_b^2 + 1/S_c^2 + 1/S_d^2 \quad (3.5)$$

เมื่อ  $S_T$  คือค่าพื้นที่หน้าตัดสุทธิใช้งานจริง, ตารางมิลลิเมตร

$S_a$  คือค่าพื้นที่หน้าตัดสุทธิใช้งานจริงของวาล์ว, ตารางมิลลิเมตร

$S_b$  คือค่าพื้นที่หน้าตัดสุทธิใช้งานจริงของวาล์วควบคุมความเร็ว, ตารางมิลลิเมตร

$S_c$  คือค่าพื้นที่หน้าตัดสุทธิใช้งานจริงของที่เก็บเสียง, ตารางมิลลิเมตร

$S_d$  คือค่าพื้นที่หน้าตัดสุทธิใช้งานจริงของท่อลมอัด, ตารางมิลลิเมตร

### 3.4.2 การออกแบบวงจรนิวแมติกสำหรับควบคุมเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน

จากการทดลองหาค่าแรงกดที่ใช้ในการผ่าผลมะพร้าวอ่อน

อุปกรณ์

1. กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63 มิลลิเมตร ระยะชัก

350 มิลลิเมตร 1 กระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วาล์ว 5/2 D.C.V. ใช้การเซต และรีเซตด้วยลม 1 ตัว
3. วาล์ว 3/2 D.C.V. ปกติปิด ใช้การเซตด้วยเท้าเหยียบ และรีเซตด้วยสปริง 1 ตัว
4. วาล์ว 3/2 D.C.V. ปกติปิด ใช้การเซตด้วยกลไกภายนอกกด และรีเซตด้วยสปริง 2 ตัว
5. วาล์วควบคุมความเร็วลม 2 ตัว
6. ข้อต่อ 3 ทาง 2 ตัว
7. สายท่อลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร
8. สายท่อลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร
9. อุปกรณ์เก็บเสียง 2 ตัว
10. ชุดปรับคุณภาพลม 1 ชุด

หลักการการทำงานของวงจรนิวแมติกสำหรับควบคุมเครื่องผ่าผลมะพร้าวอัตโนมัติ

เมื่อต่อวงจรนิวแมติกตามวงจรรูปที่ 3.6 สมบูรณ์แล้ว ระบบจะอยู่ในสถานะเตรียมพร้อมสำหรับการทำงาน วาล์วหมายเลข 1.4 จะถูกกดค้างไว้ เมื่อกดวาล์วหมายเลข 1.2 ระบบจะเริ่มทำงาน สัญญาณลมจากถังพักผ่านวาล์วหมายเลข 1.2 ผ่านวาล์วหมายเลข 1.4 และดันให้เมนวาล์วหมายเลข 1.1 เคลื่อนตำแหน่ง ทำให้ก้านลูกสูบเคลื่อนที่ออกมากดผลมะพร้าวอ่อนผ่านใบมีดสแตนเลส เมื่อผ่าผลมะพร้าวอ่อนเป็นสองซีกสมบูรณ์แล้ว ก้านลูกสูบจะกดวาล์วหมายเลข 1.3 ทำให้สัญญาณลมผ่านวาล์วหมายเลข 1.3 และดันเมนวาล์วหมายเลข 1.1 เคลื่อนกลับตำแหน่งปกติ ทำให้ก้านลูกสูบเคลื่อนที่กลับเข้าสู่สถานะเตรียมพร้อมสำหรับการทำงานครั้งต่อไป

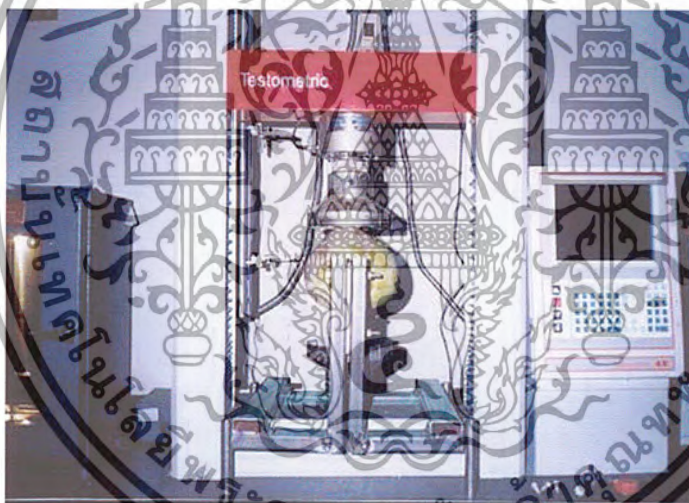
### 3.5 หลักการทำงานของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอัตโนมัติ

ตัดขั้วผลมะพร้าวอ่อนออกจากปลาย วางผลมะพร้าวอ่อนตามยาวบนชุดรองรับผลมะพร้าวอ่อนก่อนการผ่า กดสวิทช์นิวแมติกให้ระบบนิวแมติกเริ่มต้นทำงาน กระทบกลมนิวแมติกจะเคลื่อนตัวลงมากดผลมะพร้าวอ่อนผ่านใบมีดสแตนเลสจนกระทั่งผลมะพร้าวอ่อนได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ น้ำมะพร้าวอ่อนจะไหลผ่านรูตะแกรงลงสู่ที่รองรับน้ำมะพร้าวอ่อนหลังการผ่า และผลมะพร้าวอ่อนที่ผ่าซีกแล้วจะเข้าสู่ที่รองรับผลมะพร้าวอ่อนหลังการผ่า พร้อมทั้งกระทบกลมนิวแมติกจะเคลื่อนตัวกลับไปยังตำแหน่งเตรียมพร้อมสำหรับการทำงานครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 เครื่องมือวัดขนาดภายนอกผลมะพร้าวอ่อน



รูปที่ 3.2 เครื่องทดสอบแรงกด Universal Testing Machine

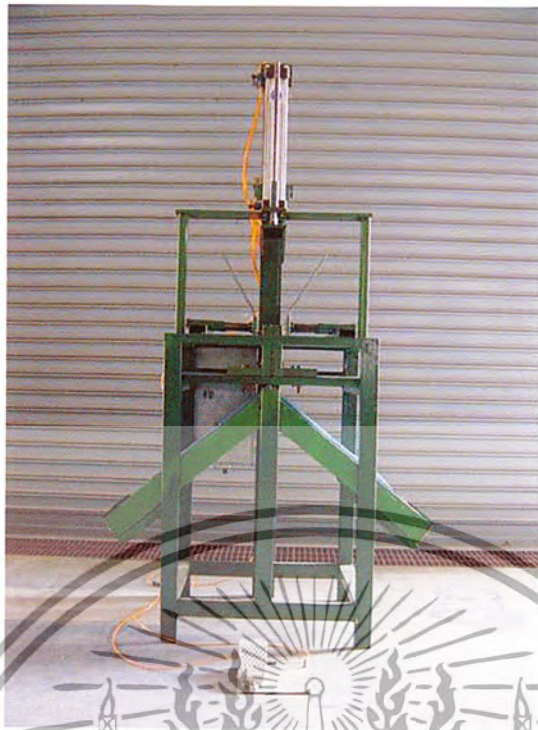
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ



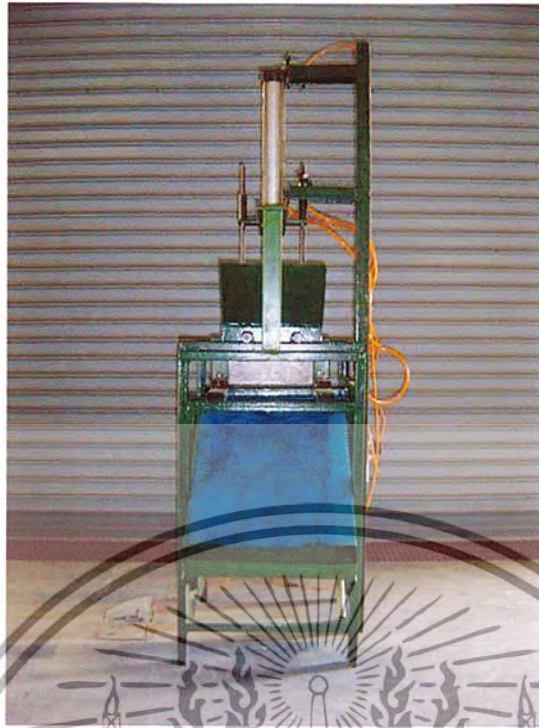
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 มุมมองด้านหน้า



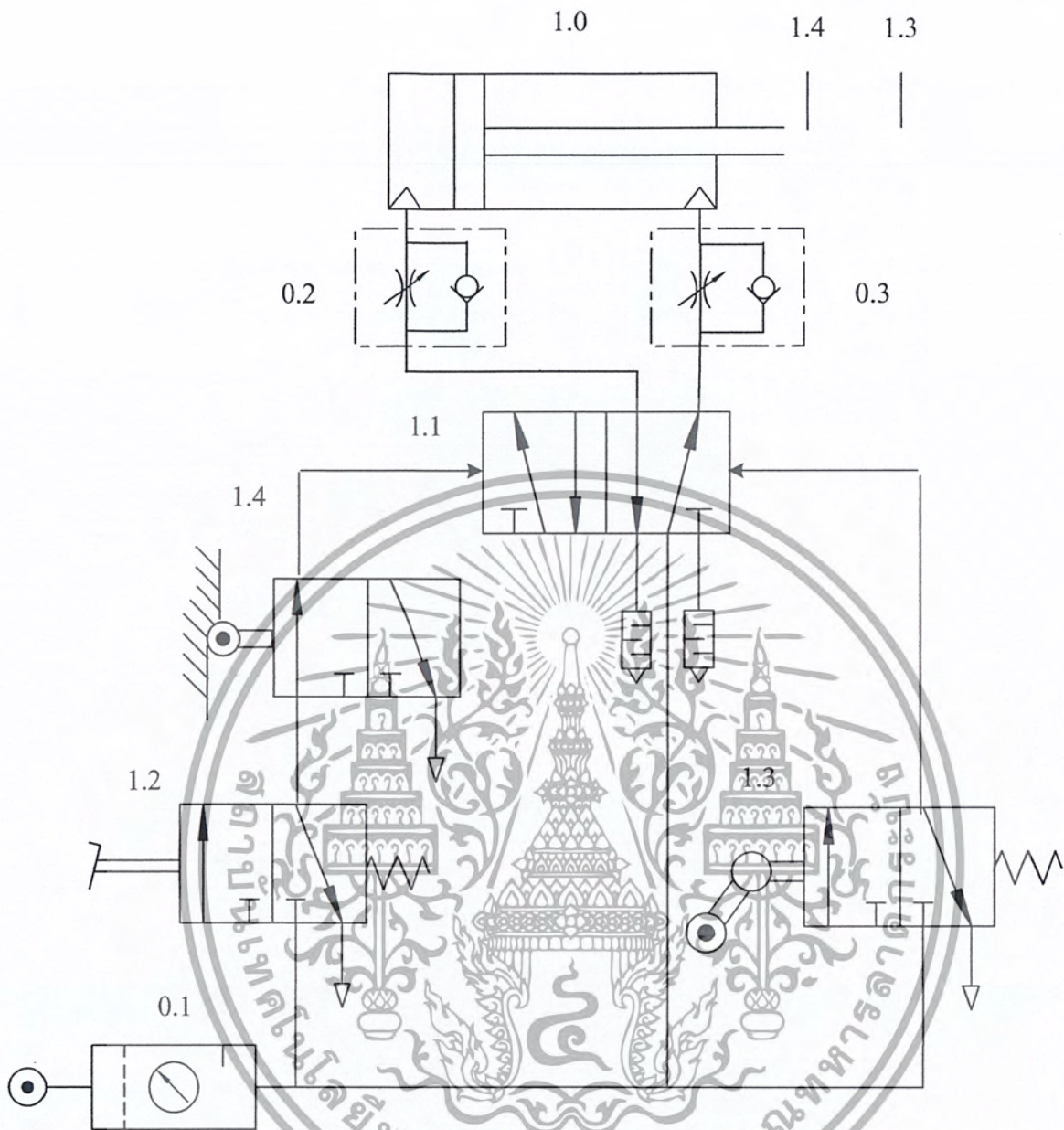
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 มุมมองด้านข้าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรนิวแมติกสำหรับควบคุมเครื่องผ่านผลมะพร้าวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการทดลอง และวิธีการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติที่สร้างขึ้นนี้ ได้มีการวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ ความสามารถ และอัตราการผลิตของเครื่องดังนี้

### 4.1 การทดลองหาประสิทธิภาพสูงสุด และความสามารถของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน

การทดลองหาประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน คือการหาปริมาณผลมะพร้าวอ่อนที่เครื่องผ่ามะพร้าวอ่อนสามารถผ่าได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ที่ความเร็วก้านลูกสูบค่าต่าง ๆ ลักษณะการผ่าได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ หมายถึง เปลือกมะพร้าวทั้งสองซีกแยกออกจากกัน โดยไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของผลมะพร้าวติดกัน และลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเปลือก กะลา และเนื้อมะพร้าวอ่อนอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้

วัสดุ และอุปกรณ์

1. เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน พร้อมชุดนิวแมติก
2. ผลมะพร้าวอ่อนพันธุ์น้ำหอม 40 ผล
3. นาฬิกาจับเวลา
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
5. เครื่องมือวัดขนาดผลมะพร้าวอ่อน

วิธีการทดลอง

1. วัดขนาดผลมะพร้าวอ่อนด้าน a, b และ c
2. ชั่งน้ำหนักผลมะพร้าวอ่อน
3. ปรับความดันเครื่องอัดลมที่ 8.5 บาร์
4. ปรับวาล์วควบคุมความเร็วลมของกระบอกสูบนิวแมติกให้ก้านลูกสูบเคลื่อนด้วยความเร็ว 15 เซนติเมตร/วินาที
5. ทดลองผ่าผลมะพร้าวอ่อน 10 ผล พร้อมทั้งจับเวลาที่ใช้ผ่ามะพร้าวอ่อนแต่ละผลเริ่มจับเวลาเมื่อกสวิตช์ให้ระบบนิวแมติกทำงานจนกระทั่งผ่ามะพร้าวอ่อนเป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์จึงหยุดจับเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. สังเกตสภาพรอยผ่าผลมะพร้าวอ่อนหลังการผ่า และตรวจนับจำนวนมะพร้าวอ่อนที่สามารถผ่าได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ และบันทึกผลการทดลอง
7. ทำซ้ำข้อ 1 ถึงข้อ 6 อีกครั้ง โดยปรับวาล์วควบคุมความเร็วลมให้ก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 25, 35 และ 45 เซนติเมตร/วินาที
8. นำข้อมูลที่ได้มาหาประสิทธิภาพ ,ความสามารถ และอัตราการผลิตของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติที่ความเร็วก้านลูกสูบค่าต่าง ๆ

## 4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน( $\eta_i$ ) ที่ความดันลมของเครื่องอัดลมเท่ากับ 8.5 บาร์ โดยใช้วิธีการหาค่าเปอร์เซ็นต์การผ่าได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์เมื่อก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15, 25, 35 และ 45 เซนติเมตร/วินาที

$$\eta_i = \frac{\text{จำนวนผลมะพร้าวที่ผ่าได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์}}{\text{จำนวนผลมะพร้าวทั้งหมดที่ผ่า}} \times 100 \quad (4.1)$$

4.2.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาความสามารถของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ

การทดลองหาความสามารถของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็วก้านลูกสูบค่าต่าง ๆ (วินาที/ผล) คือการหาเวลาเฉลี่ย ( $t_{เฉลี่ย}$ ) ที่ใช้ในกระบวนการผ่าผลมะพร้าวอ่อน 1 ผล ได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ด้วยเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อน เป็นการจับเวลาทั้งหมดของกระบวนการผ่าผลมะพร้าวอ่อนเริ่มตั้งแต่การกดสวิทซ์ให้ระบบนิวแมติกทำงานจนกระทั่งผ่าผลมะพร้าวอ่อนได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ จากการทดลองหาประสิทธิภาพสูงสุด และความสามารถของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ ที่ความดันลมของเครื่องอัดลมเท่ากับ 8.5 บาร์

$$t_{เฉลี่ย} = \frac{\text{ผลรวมเวลาที่ใช้ผ่ามะพร้าวอ่อนแต่ละผลได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์}}{\text{จำนวนมะพร้าวอ่อนที่ผ่าได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์}} \quad (4.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาอัตราการผลิตของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ

การวิเคราะห์หาอัตราการผลิตของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ คือจำนวนผลมะพร้าวอ่อนที่ผ่าได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ภายในเวลา 1 นาที ที่ความดันลม 8.5 บาร์ โดยการปรับวาล์วควบคุมความเร็วลมให้ก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15, 25, 35 และ 45 เซนติเมตร/วินาที

$$\text{อัตราการผลิตทางทฤษฎี} = \frac{60}{\text{เวลาเฉลี่ย (วินาที/ผล)}} \quad (4.3)$$

$$\text{อัตราการผลิตจริง} = \text{อัตราการผลิตทางทฤษฎี} \times \text{ประสิทธิภาพการป้อนผลมะพร้าว} \quad (4.4)$$

กำหนดให้มีประสิทธิภาพการป้อนผลมะพร้าวอ่อนเท่ากับ 50% ลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเปลือก กะลา และเนื้อมะพร้าวหลังการผ่า เช่น การแตกหักของกะลา การฉีกขาดของเส้นใยที่เปลือกไม่เรียบร้อย การผ่าไม่ได้ถึงกลาง และการผ่าได้ไม่เป็นสองซีกสมบูรณ์ สามารถบ่งบอกถึงข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบได้

## บทที่ 5

### ผลการทดลอง

#### 5.1 ผลการทดลองหาประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ

การทดลองหาประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติที่ความดันลม 8.5 บาร์ โดยการปรับวาล์วควบคุมความเร็วลมให้ก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15, 25, 35 และ 45 เซนติเมตร/วินาที พร้อมทั้งจับเวลาที่ใช้ในการผ่าผลมะพร้าวอ่อนได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ และสังเกตสภาพผลมะพร้าวอ่อนบริเวณรอยผ่า

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็วก้านลูกสูบ 15 เซนติเมตร/วินาที

มะพร้าว ผลที่	a (cm)	b (cm)	c (cm)	น้ำหนัก (kg)	สภาพผลมะพร้าวอ่อนบริเวณรอย ผ่า	เวลาที่ใช้ผ่า (วินาที)
1	17.5	13.6	13.4	1.282	เส้นใยฉีก และกะลาแตกเล็กน้อย	3.93
2	18.5	15.0	14.6	1.672	ผ่าไม่ได้	-
3	17.5	15.5	14.7	1.755	เรียบร้อย	3.51
4	17.2	14.6	13.5	1.194	เรียบร้อย	6.88
5	14.7	14.9	14.5	1.209	เรียบร้อย	3.82
6	18.0	13.7	13.5	1.289	เส้นใยฉีกเล็กน้อย	4.55
7	17.1	15.1	14.9	1.286	ผ่าไม่ได้	-
8	16.0	14.5	14.7	1.242	เรียบร้อย	3.56
9	16.4	14.2	13.7	1.303	ผ่าไม่ได้	-
10	16.0	15.5	15.0	1.604	เส้นใยฉีก และกะลาแตกเล็กน้อย	4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็วก้านลูกสูบ 15

เซนติเมตร/วินาที

มะพร้าว ผลที่	a (cm)	b (cm)	c (cm)	น้ำหนัก (kg)	สภาพผลมะพร้าวอ่อนบริเวณรอย ผ่า	เวลาที่ใช้ผ่า (วินาที)
1	18.1	15.0	14.9	1.714	เรียบร้อย	2.58
2	16.5	15.6	14.8	1.041	เรียบร้อย	3.27
3	15.5	14.4	14.0	1.260	เส้นใยฉีก และกะลาแตกเล็กน้อย	3.08
4	16.5	15.6	15.3	1.598	เรียบร้อย	2.74
5	17.0	16.1	15.3	1.649	เรียบร้อย	3.30
6	16.4	14.5	13.9	1.498	เส้นใยฉีก และกะลาแตกเล็กน้อย	2.24
7	17.1	14.9	14.0	1.262	เส้นใยฉีกเล็กน้อย	3.97
8	16.1	14.5	13.0	1.345	เรียบร้อย	2.87
9	17.0	13.7	12.9	1.394	เส้นใยฉีกเล็กน้อย	2.27
10	17.5	16.0	15.1	1.760	ผ่าไม่ได้	-

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็วก้านลูกสูบ 15

เซนติเมตร/วินาที

มะพร้าว ผลที่	a (cm)	b (cm)	c (cm)	น้ำหนัก (kg)	สภาพผลมะพร้าวอ่อนบริเวณรอย ผ่า	เวลาที่ใช้ผ่า (วินาที)
1	16.8	14.9	13.5	1.375	เรียบร้อย	2.66
2	16.7	15.4	14.6	1.527	เส้นใยฉีก และกะลาแตกเล็กน้อย	1.99
3	16.2	13.5	13.3	1.405	เรียบร้อย	1.40
4	17.8	14.5	14.3	1.559	เรียบร้อย	2.10
5	15.8	14.0	13.5	1.289	เส้นใยฉีก และกะลาแตกเล็กน้อย	1.45
6	16.2	15.1	14.2	1.391	เรียบร้อย	1.40
7	18.3	14.2	13.5	1.646	เรียบร้อย	1.52
8	17.4	13.9	13.7	1.501	เรียบร้อย	1.58
9	17.0	14.6	14.0	1.562	เส้นใยฉีกเล็กน้อย	1.42
10	16.2	15.4	14.5	1.442	เรียบร้อย	2.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองประสิทธิภาพของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็วก้านลูกสูบ 15 เซนติเมตร/วินาที

มะพร้าว ผลที่	a (cm)	b (cm)	c (cm)	น้ำหนัก (kg)	สภาพผลมะพร้าวอ่อนบริเวณรอย ผ่า	เวลาที่ใช้ผ่า (วินาที)
1	17.1	14.3	13.0	1.416	เรียบร้อย	1.41
2	16.3	15.6	14.2	1.488	เรียบร้อย	1.45
3	17.2	14.8	13.8	1.287	เส้นใยฉีกเล็กน้อย	2.09
4	14.5	15.0	13.6	1.135	เรียบร้อย	1.47
5	15.4	15.3	14.3	1.241	เรียบร้อย	1.30
6	16.0	13.7	13.3	1.108	เส้นใยฉีก และกะลาแตกเล็กน้อย	1.60
7	17.1	14.3	13.8	1.489	เรียบร้อย	2.16
8	16.1	13.6	13.4	1.183	เรียบร้อย	1.38
9	17.8	14.8	13.6	1.577	เส้นใยฉีก และกะลาแตกเล็กน้อย	1.83
10	17.0	13.9	13.3	1.426	เรียบร้อย	1.31

## 5.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และความสามารถในการผ่าของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติที่ความดันลม 8.5 บาร์ โดยการปรับวาล์วควบคุมความเร็วลมให้ก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15, 25, 35 และ 45 เซนติเมตร/วินาที และคำนวณโดยใช้สมการที่ 4.1 และ 4.2 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนเป็นสองซีก สมบูรณ์ที่ความเร็วก้านลูกสูบค่าต่าง ๆ

ความเร็วก้านลูกสูบ (เซนติเมตร/วินาที)	ประสิทธิภาพของ เครื่องผ่าผลมะพร้าว อ่อน(η)	ผลรวมเวลาที่ใช้ผ่า มะพร้าวอ่อนแต่ละผล เป็นสองซีก (วินาที)	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ผ่า มะพร้าวอ่อนเป็นสอง ซีกสมบูรณ์ (วินาที/ผล)
15	70%	30.35	4.34
25	90%	27.32	3.04
35	100%	18.47	1.85
45	100%	16.00	1.60

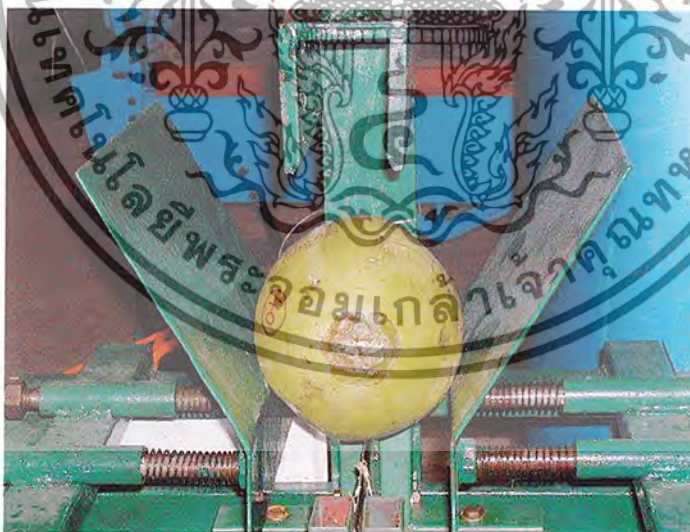
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการตารางที่ 5.5 พบว่าความเร็วของก้านลูกสูบมีผลต่อประสิทธิภาพการผ่าผลมะพร้าวอ่อน กล่าวคือ ที่ความเร็วก้านลูกสูบ 15 เซนติเมตร/วินาที ให้ประสิทธิภาพการผ่า 70% ที่ความเร็วก้านลูกสูบ 25 เซนติเมตร/วินาที ให้ประสิทธิภาพการผ่า 90% และเมื่อเพิ่มความเร็วเป็น 35 ถึง 45 เซนติเมตร/วินาที ให้ประสิทธิภาพ 100%

การวิเคราะห์หาอัตราการผลิตของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ คือจำนวนผลมะพร้าวอ่อนที่ผ่าได้เป็นสองซีกอย่างสมบูรณ์ภายในเวลา 1 นาที ที่ความดันลม 8.5 บาร์ โดยการปรับวาล์วควบคุมความเร็วลมให้ก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 15, 25, 35 และ 45 เซนติเมตร/วินาที และคำนวณโดยใช้สมการที่ 4.3 และ 4.4 ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตารางที่ 5.6 อัตราการผลิตของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติที่ความเร็วก้านลูกสูบค่าต่าง ๆ

ความเร็วก้านลูกสูบ (เซนติเมตร/วินาที)	อัตราการผลิตทางทฤษฎี (ผล/นาที)	อัตราการผลิตจริง (ผล/นาที)
15	13.82	6.91
25	19.74	9.87
35	32.43	16.22
45	37.50	18.75

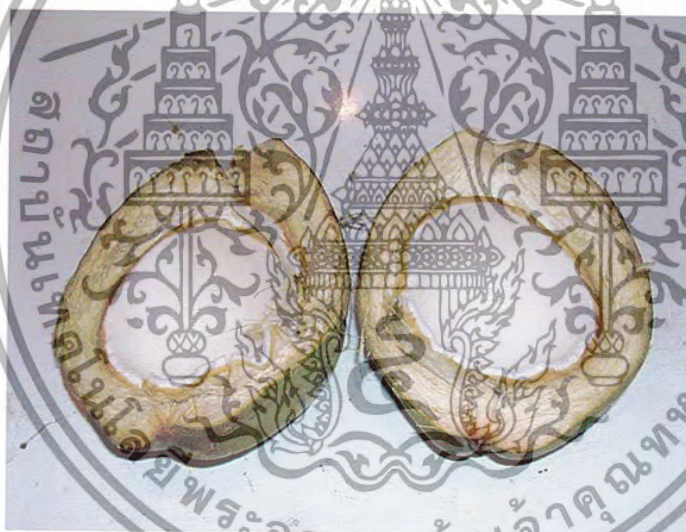


รูปที่ 5.1 วางผลมะพร้าวอ่อนบนชุดรองรับผลมะพร้าวอ่อนก่อนการผ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 สภาพบริเวณรอยผ่าผลมะพร้าวอ่อนด้วยความเร็ว 15 เซนติเมตร/วินาที

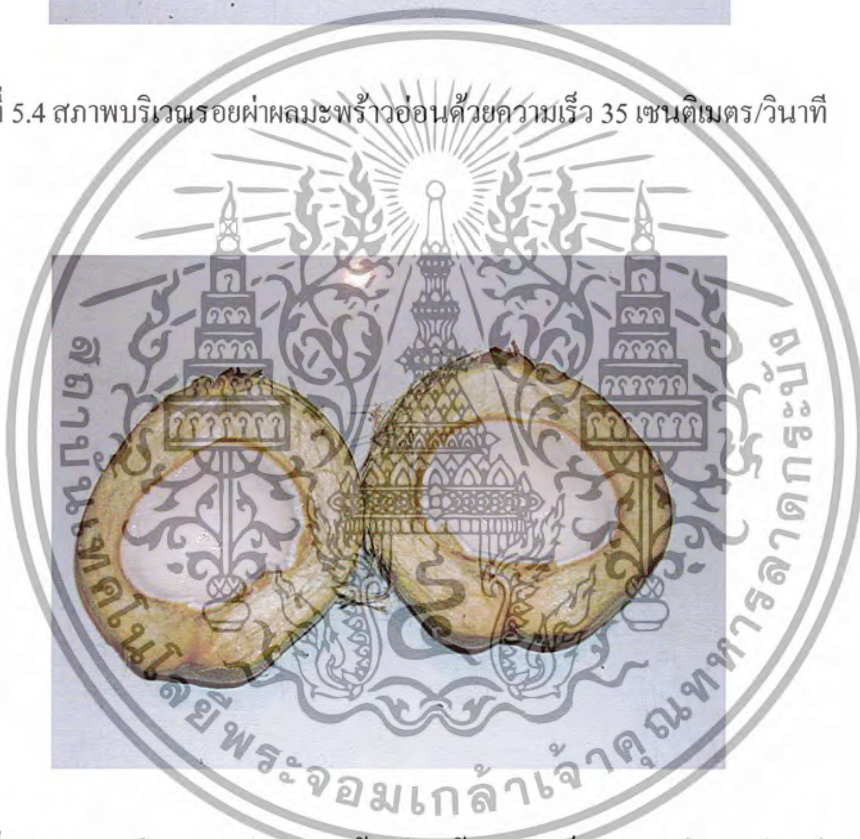


รูปที่ 5.3 สภาพบริเวณรอยผ่าผลมะพร้าวอ่อนด้วยความเร็ว 25 เซนติเมตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 สภาพบริเวณรอยผ่าผลมะพร้าวอ่อนด้วยความเร็ว 35 เซนติเมตร/วินาที



รูปที่ 5.5 สภาพบริเวณรอยผ่าผลมะพร้าวอ่อนด้วยความเร็ว 45 เซนติเมตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

### 6.1 สรุปผลการทดลองเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ

1. กระทบกลมนิวแมติกมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 63 มิลลิเมตร ใช้แรงดันลม 8.5 บาร์ ปรับวาล์วควบคุมความเร็วลมให้ก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่าต่าง ๆ พบว่าเมื่อก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่าต่าง ๆ มีผลต่อการต่อประสิทธิภาพของเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ คือเมื่อก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 35 ถึง 45 เซนติเมตร/วินาที มีประสิทธิภาพการผ่าผลมะพร้าวอ่อนได้เป็นสองซีกสมบูรณ์ 100%

2. เมื่อก้านลูกสูบเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 35 ถึง 45 เซนติเมตร/วินาที เครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ จะใช้เวลาเฉลี่ยในการผ่าผลมะพร้าวอ่อนให้เป็นสองซีกสมบูรณ์ 1.60 ถึง 1.85 วินาที และมีอัตราการผลิตจริงเท่ากับ 16 ถึง 18 ผล/นาที เมื่อกำหนดให้มีประสิทธิภาพในการป้อนผลมะพร้าวอ่อนเท่ากับ 50%

3. สภาพผลมะพร้าวอ่อนบริเวณรอยผ่ามีเส้นใยสีขาวหรือกะลาแตก เกิดจากสภาพความแก่อ่อน และลักษณะภายนอกของผลมะพร้าวอ่อนที่ไม่สมมาตร

### 6.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองเบื้องต้นการทดลองหาค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้ผ่าผลมะพร้าวอ่อนด้วยเครื่องทดสอบแรงกด Universal Testing Machine พบว่าค่าแรงกดสูงสุดที่ใช้ในการผ่าผลมะพร้าวอ่อนเท่ากับ 2.535 กิโลนิวตัน เมื่อคูณด้วยตัวประกอบความปลอดภัยเท่ากับ 3 และคำนวณด้วยสมการ 3.1 และ 3.2 ควรเลือกใช้กระทบกลมนิวแมติกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 120.34 เซนติเมตร ที่ความดันลม 7 บาร์ ไม่ควรใช้ความดันลมเกิน 7 บาร์ เพราะจะทำให้เครื่องอัดลมทำงานหนักเกินไป

2. เมื่อใช้กระทบกลมนิวแมติกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 120.34 เซนติเมตร ที่ความดันลม 7 บาร์ ควรทดลองผ่าผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็วก้านลูกสูบค่าต่ำ ๆ เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน

3. ควรติดตั้งอุปกรณ์เชิงกลที่มีลักษณะเป็นสปริงใช้กดวาล์วหมายเลข 1.3 ที่ทำหน้าที่ทำให้กระทบกลมนิวแมติกเคลื่อนที่กลับสภาวะปกติ เพื่อป้องกันวาล์วเสียหายจากการกระแทกอย่างรุนแรง

4. เครื่องต้นแบบเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ ออกแบบมาเพื่อผ่าผลมะพร้าวอ่อนเท่านั้นไม่ควรนำไปผ่าผลมะพร้าวแก่ หรือผลมะพร้าวแห้ง เพื่อป้องกันความเสียหายจากการใช้งาน

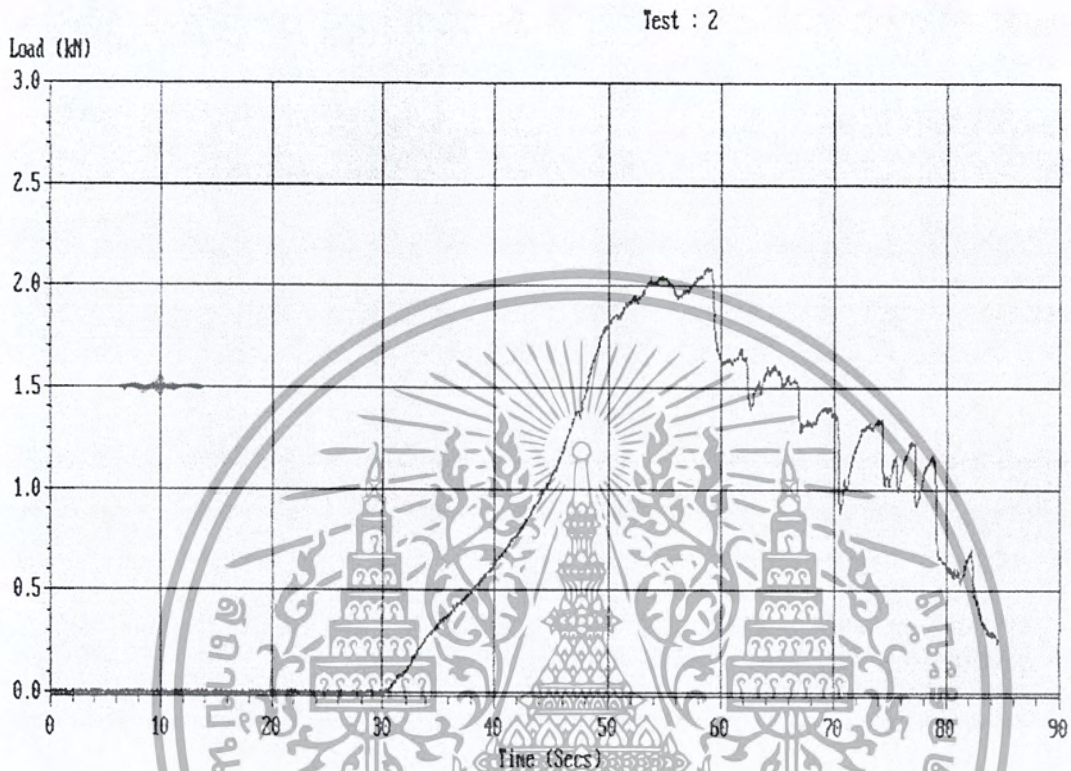
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

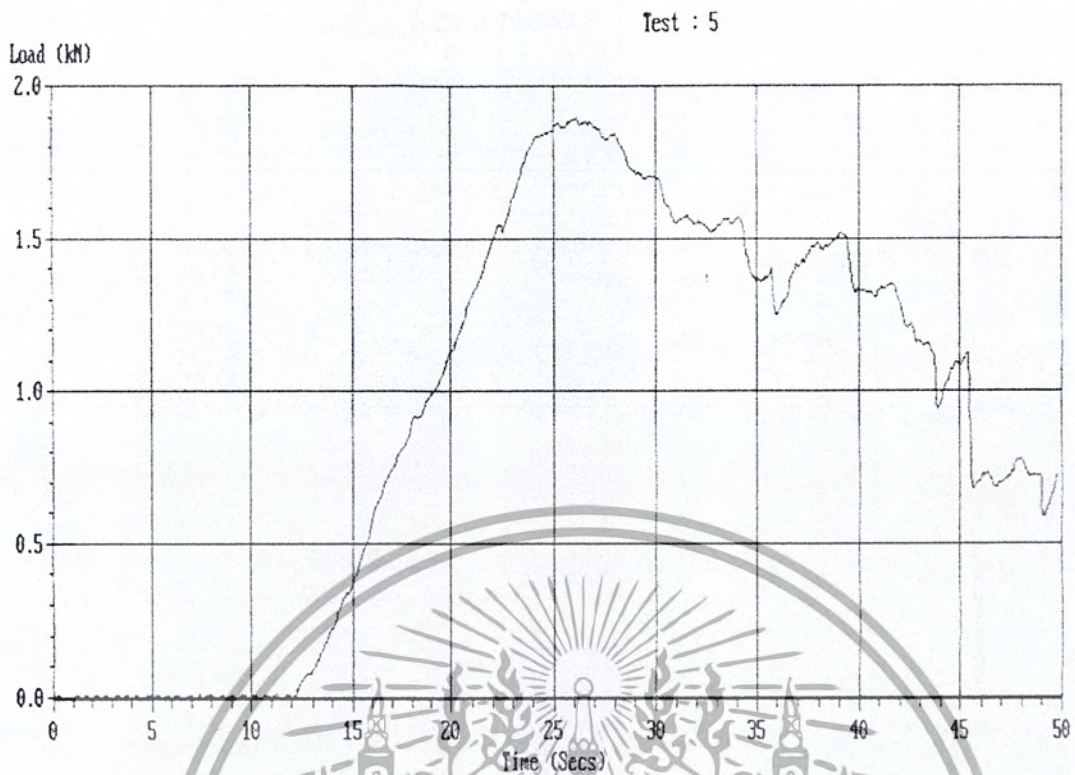
## ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างรูปภาพแสดงค่าการทดสอบแรงกดที่ใช้ผ้าผสมมะพร้าวอ่อนจากเครื่องทดสอบแรงกด  
Universal Testing Machine ที่ความเร็วค่าต่าง ๆ



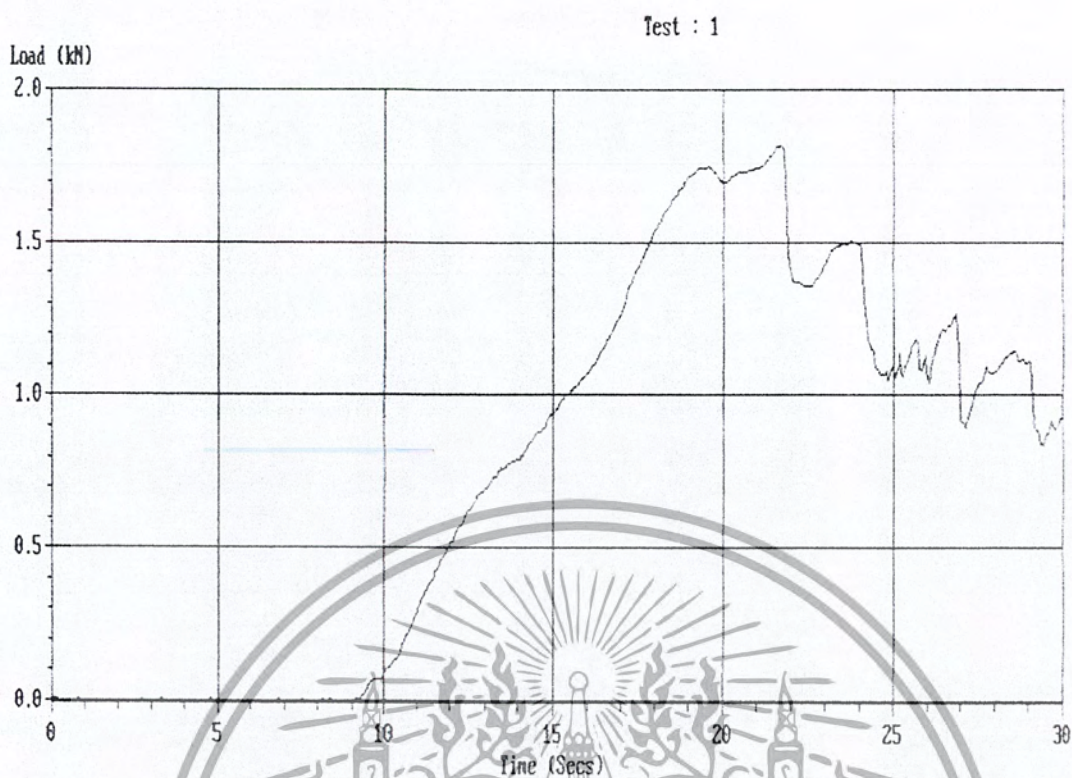
รูปที่ ก.1 ตัวอย่างแรงกดที่ใช้ผ้าผสมมะพร้าวอ่อนที่ความเร็ว 10 เซนติเมตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



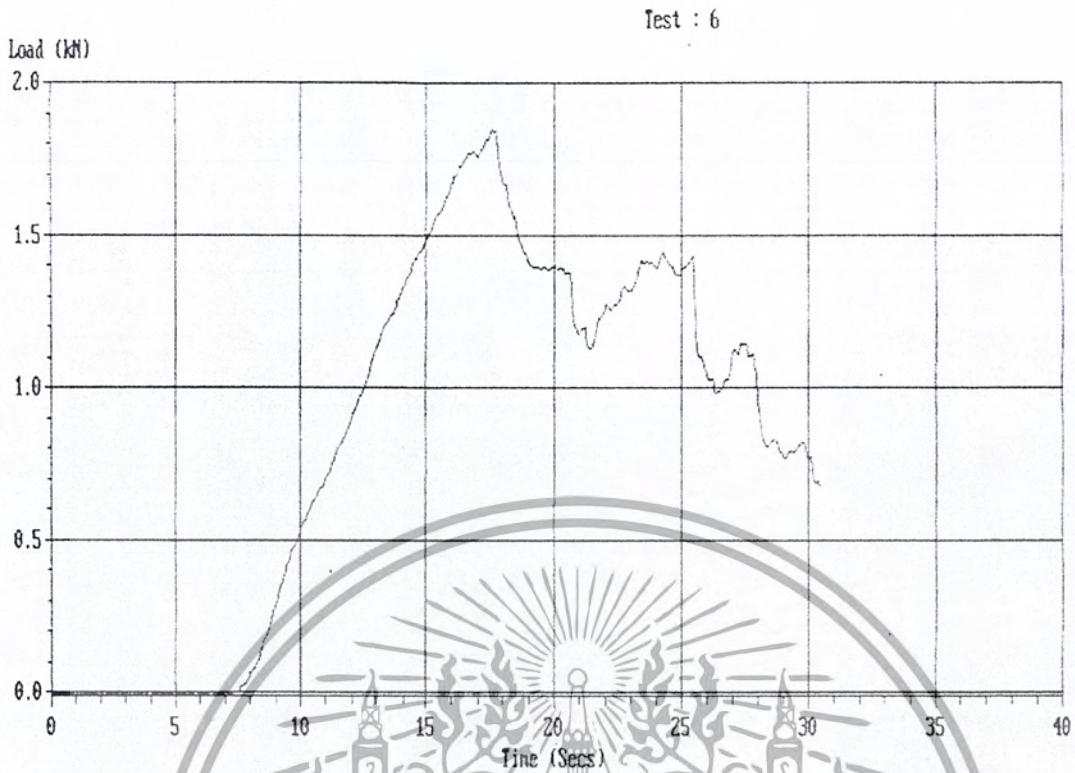
รูปที่ ก.2 ตัวอย่างแรงกดที่ใช้ผ้ผสมะพร้าวอ่อนที่ความเร็ว 15 เซนติเมตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ตัวอย่างแรงกดที่ใช้ผ่านผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็ว 20 เซนติเมตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.4 ตัวอย่างแรงกดที่ใช้ฝาผลมะพร้าวอ่อนที่ความเร็ว 25 เซนติเมตร/นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

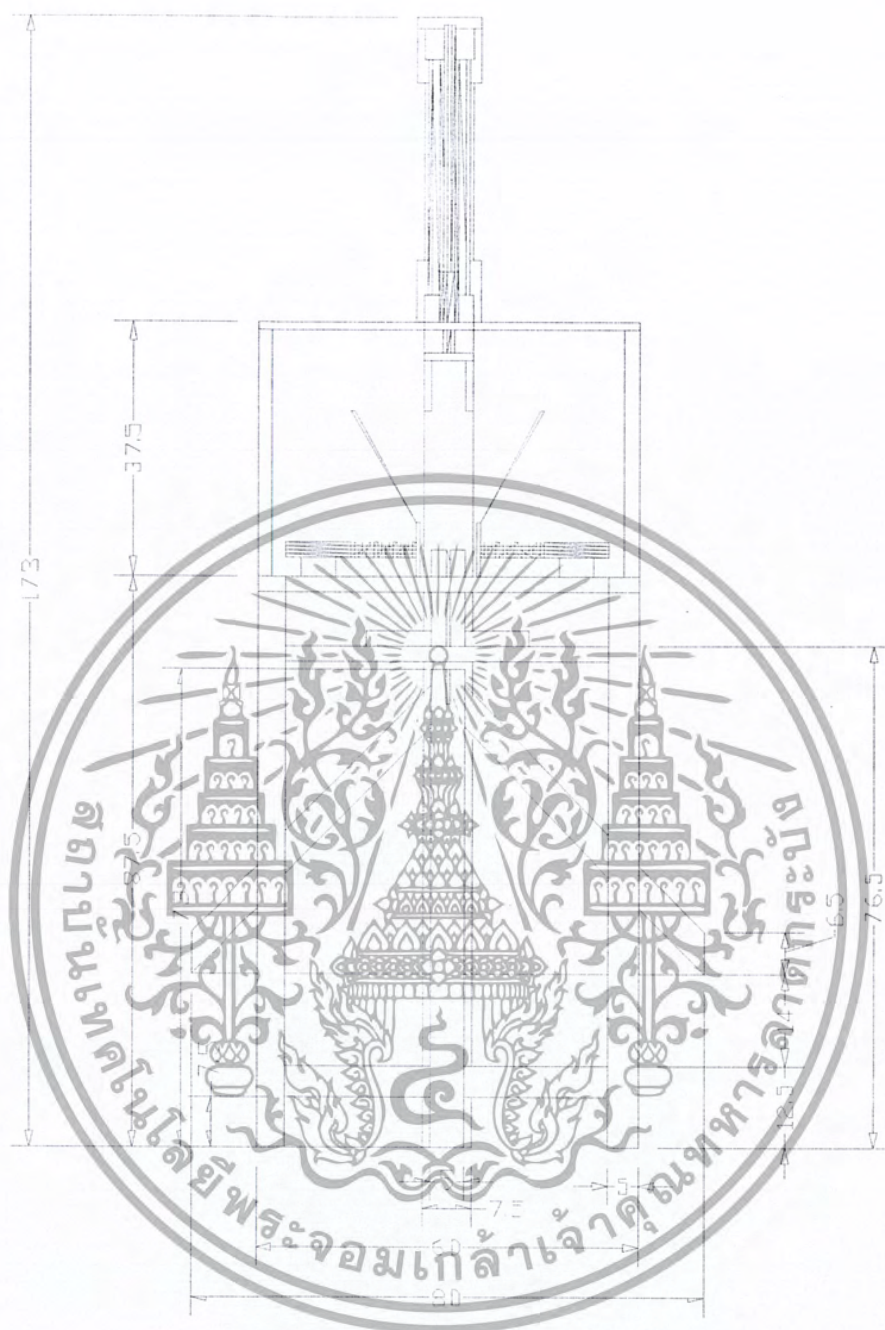
## ภาคผนวก ข.

## แบบเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ



รูปที่ ข.1 มุมมองไอโซเมตริกเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 มุมมองด้านหน้าเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



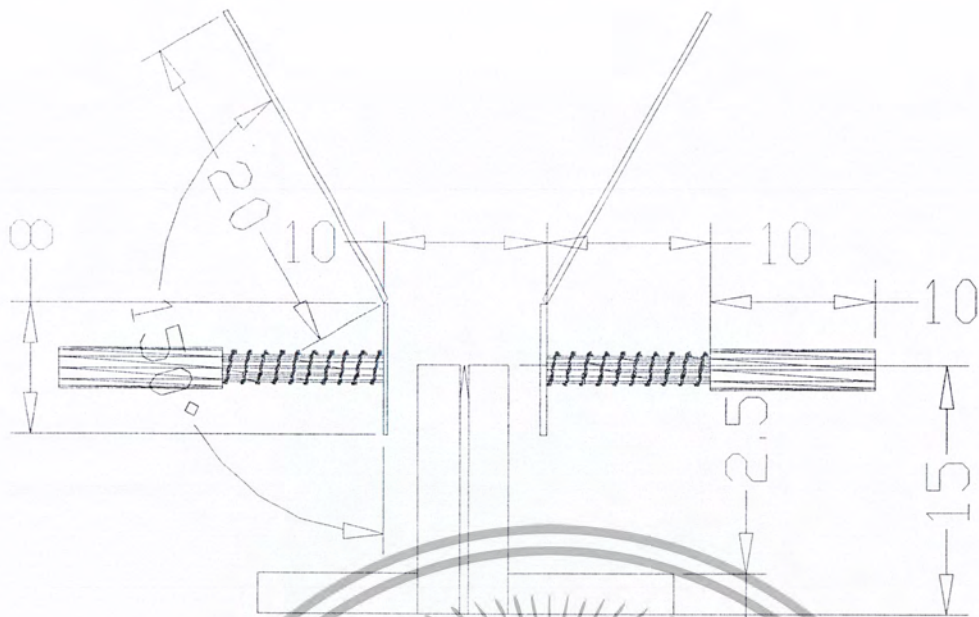
รูปที่ ข.3 มุมมองด้านข้างเครื่องผ่าผลมะพร้าวอ่อนกึ่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.4 มุมมองไอโซเมตริกด้านร่องผลมะพร้าวอ่อนก่อนการผ่าและไปมัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 มุมมองด้านหน้าส่วนรองรับผลมะพร้าวอ่อนและใบมด

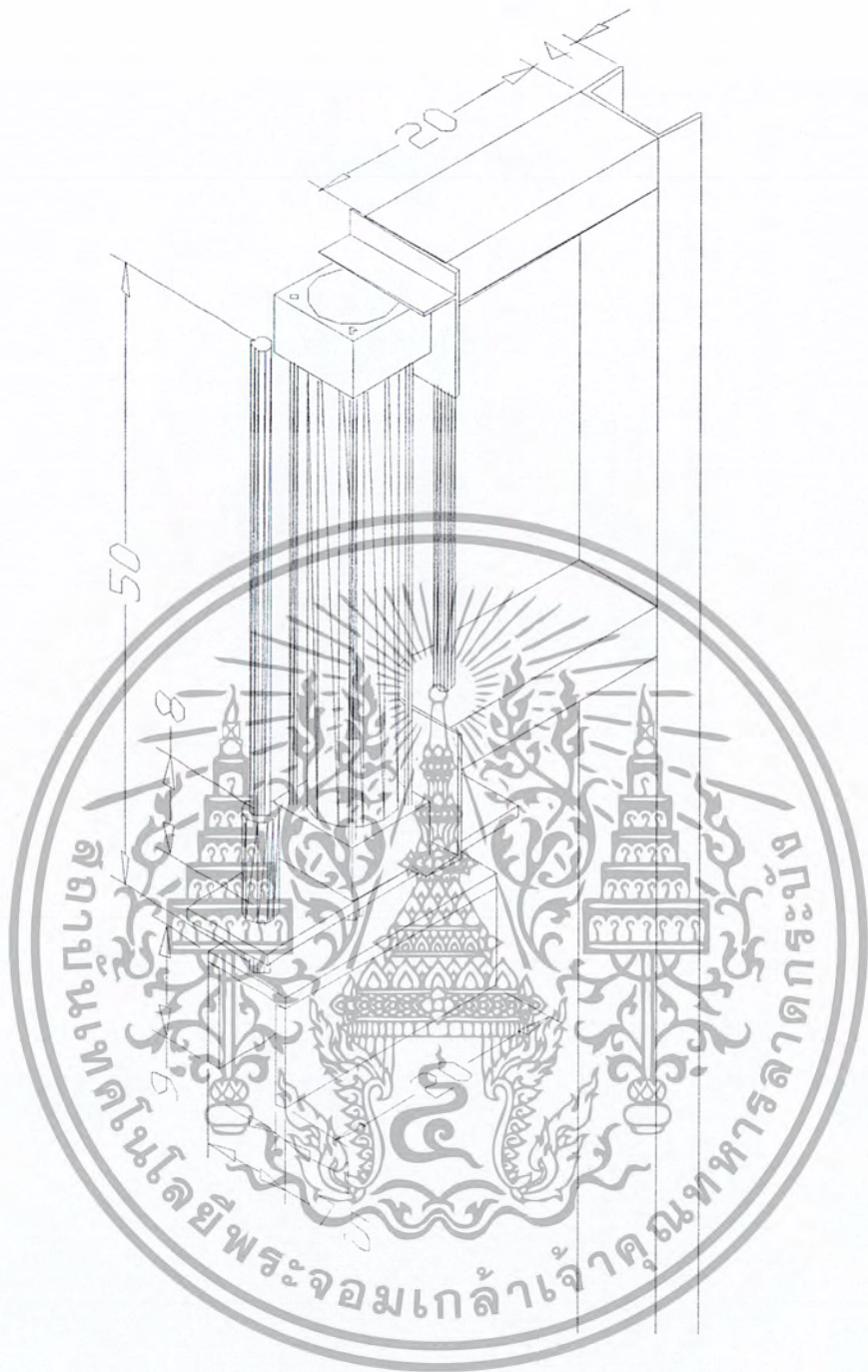


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.6 มุมมองด้านข้างส่วนรองรับผลมะพร้าวอ่อนและใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 การติดตั้งกระบอกลมนิวแมติกกับตัวกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จขึ้นมาได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลาย ๆ ท่านดังนี้  
 ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร และอาจารย์เกียรติศักดิ์ รุ่งพระแสง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่  
 ปรีชาโครงการ สำหรับคำแนะนำ, คำปรึกษาทางด้านทฤษฎี และการปฏิบัติ รวมถึงความสะดวก  
 ในการจัดทำโครงการทั้งในและนอกเวลาราชการ

ดร. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และอาจารย์กนต์กนิษฐ ฐนศิริวัฒนา สำหรับความห่วงใยที่ถาม  
 ถึงความคืบหน้าของโครงการอยู่เสมอ

คุณอำนาจ คุณตะคุ สำหรับความช่วยเหลือทางการปฏิบัติ, เทคนิค และวิธีการต่าง ๆ ทาง  
 ด้านช่าง

คุณบุญนำ ผลโพธิ์ สำหรับความช่วยเหลือในการทำหนังสือขออนุญาตใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ  
 คุณพ่อ และคุณแม่ ของผู้จัดทำโครงการทุกท่าน สำหรับโอกาสในการศึกษาเล่าเรียน ความ  
 ห่วงใย กำลังทรัพย์ และกำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนด้วยดีเสมอมา และตลอดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. จุลพันธ์ เพ็ชรพิรุณ, 2538, “มะพร้าวผลอ่อน,” เอกสารประกอบการฝึกอบรม, กรุงเทพมหานคร.
2. ชัยวัฒน์ แก่นโท และ สมควร บุญรินทร์, 2532, “เครื่องเป็ดมะพร้าวอ่อน,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
3. ไชยรงค์ ทาราช, 2536, “เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อน,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
4. ณรงค์ โคมเจลา, 2530, “เชื้อพันธุ์มะพร้าว,” กรุงเทพมหานคร, ผู้แต่งจัดพิมพ์เอง.
5. ณรงค์ศักดิ์ พุ่มทอง, ทรงยศ จันทวีชรากร และขนิษฐา สะบายแท้, 2540, “เครื่องลอกเปลือกอ่อนมะพร้าว,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
6. ธวัชชัย รัตน์เลิศ และ ศิวาพร ธรรมดี, 2542, “พันธุ์ไม้ผลการค้าในประเทศไทย: คู่มือเลือกพันธุ์สำหรับปลูก,” กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์ริ้วเขียว.
7. นิรนาม, 2529, “การทำมิดและเครื่องมือต่างๆ,” กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์รุ่งวิทยา.
8. นิรนาม, 2533, “เครื่องปอกมะพร้าวอ่อน,” ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรศาสตร์ บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการเกษตรกลวิธาน.
9. นิรนาม, 2540, “มะพร้าวอ่อน,” สำนักงานพาณิชย์จังหวัดสมุทรปราการ, กรุงเทพมหานคร.
10. นิรนาม, 2544, “ข้อมูลการส่งออกมะพร้าวผลดิบ,” หน้ากระดานอิเล็กทรอนิกส์, กรมเศรษฐกิจและการพาณิชย์, กระทรวงพาณิชย์ ประจำเดือนพฤษภาคม, กรุงเทพมหานคร.
11. บัณฑิต จริโมภาส กิตติเดช โพธิ์นิยม และ ศุภชาติ สุขารมณ, 2532, “เครื่องเป็ดผลมะพร้าวอ่อน,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
12. ประชา บุญขวนิชกุล และ ศิริศักดิ์ เนตรรัตนะ, 2539, “เครื่องลอกเปลือกอ่อนมะพร้าว,” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
13. ประทีป กุณาผล, 2535, “มะพร้าวน้ำหอมปลูกง่ายกำไรงาม,” วารสารอาชีพชาวเกษตร ปีที่ 11 ฉบับ 127.
14. ปานเพชร ชินินทร และขวัญชัย สันทิพย์สมบูรณ์, 2541, “นิวมแมติกอุตสาหกรรม,” กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.
15. มงคล กวางวโรภาส, 2533, “เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวแก่ชนิดทำงานด้วยมือโยกและชนิดใช้กำลังจากระบบไฮดรอลิก,” ในรายงานผลการวิจัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. รัชนีวรรณ สุขชี และ บุญสม พรหมเจริญ, 2537, “เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวผลอ่อน,”  
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
17. ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย, 2536, “การปลุกมะพร้าว,” โครงการเกษตรชุมชน, กรุงเทพมหานคร.
18. สมศักดิ์ ทองเสมอ, 2530, “เครื่องปอกมะพร้าวชนิดใช้มือโยก,” วิทยานิพนธ์ปริญญา  
วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
19. สุพจน์ ตั้งจตุพร, 2543, “มะพร้าวน้ำหอม,” วิทยาลัยเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยีชลบุรี,  
กรุงเทพมหานคร
20. เอกชัย ชัยพร และ สรวุฑ ไพโรไพศาล, 2540, “เครื่องปอกเปลือกมะพร้าวอ่อน,” วิทยา  
นิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้