

การศึกษาและออกแบบเครื่องต้นแบบสำหรับตัดมะเขือเทศอบแห้ง
รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

STUDY AND DESIGN ON THE PROTOTYPE OF
DRIED - TOMATO SQUARE CUTTING MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหม.....
เลขทะเบียน..... 45812
วัน, เดือน, ปี..... 18 ก.พ. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

hmgrounX

ปริญญาโทปีการศึกษา 2544

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาและออกแบบเครื่องต้นแบบสำหรับตัดมะเขือเทศอบแห้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

STUDY AND DESIGN ON THE PROTOTYPE OF DRIED-TOMATO SQUARE CUTTING MACHINE

ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและออกแบบเครื่องต้นแบบสำหรับตัดมะเขือเทศอบแห้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

นายกฤตย์	จันทราสาร
นายรัชชัย	โยมญาติ
นางสาวหทัยรัตน์	วิชโรภาส

อาจารย์กนกนินฐ์ ขวัญพุกษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้งสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีราคาประหยัดและใช้งานได้จริงในอุตสาหกรรม แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการออกแบบและขั้นตอนการสร้างเครื่องต้นแบบตัดมะเขือเทศอบแห้งสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยใช้แรงกดเป็นแรงสำคัญในการตัดและระบบลูกกลิ้งเป็นระบบลำเลียง จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้งโดยปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องคือความเร็วรอบของฐานรองตัดที่ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ต้นกำลังซึ่งปรับความเร็วรอบโดยการควบคุมความถี่กระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องอินเวอร์เตอร์ จึงได้ทำการทดลองโดยการหาประสิทธิภาพการตัดของเครื่องต้นแบบที่ความถี่ต่างๆ และเปรียบเทียบค่าด้วยวิธีทางสถิติ พบว่าในการทดลองสามารถตัดมะเขือเทศได้เป็นสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 1.0 ยาวระหว่าง 0.5 ถึง 1 เซนติเมตร เครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้งมีความเร็วรอบฐานรองตัดที่เหมาะสมต่อการใช้งานที่ 12 รอบต่อวินาที ประสิทธิภาพเฉลี่ยคือ 80.54 เปอร์เซ็นต์ อัตราการผลิตเฉลี่ยของเครื่องเป็น 165.4 กิโลกรัมต่อเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY AND DESIGN ON THE PROTOTYPE OF DRIED – TOMATO SQUARE CUTTING MACHIN

Mr. Krit Juntarasarn
Mr. Thawatchai Yomyart
Miss Hathairat Watcharophat

Mis. Kankanit Khwanpruk Adviser

Abstract

This project aimed to design and stimulate the dried tomato square cutting machine which was economical and efficient for food industry. There were 2 steps, *Design and Stimulate*, using Impact force and Rolling system, and *Performance Test*. The parameter was the base-roller revolution driven by moter, adjusted by current inverter. The test was to compare the cutting efficiency with base-roller revolution by statistic method. The result showed that the dried tomato square cutting machine cut the dried tomato into 1.0 centimeter in width and between 0.5 to 1.0 centimeter in length square. At the optimum base-roller revolution, 12 round per minute , performed 80.54 percent everage efficiency and 165.4 kilograms per month everage cutting rate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
รายการสัญลักษณ์	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการออกแบบ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 มะเขือเทศ	3
2.2 การลดขนาด	5
2.3 เครื่องหันชนิดต่างๆที่มีในปัจจุบัน	11
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบ	
3.1 ทฤษฎีการออกแบบ	18
3.2 การคำนวณ	23
3.3 การออกแบบเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง	28
บทที่ 4 การทดลอง	
4.1 การทดลองหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาเฉลี่ยของมะเขือเทศอบแห้ง	29
4.2 การทดลองหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบฐานรองตัดกับประสิทธิภาพ และอัตราการตัดของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง	29
บทที่ 5 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง	
5.1 ผลการทดลองหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาเฉลี่ยของมะเขือเทศอบแห้ง	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบมอเตอร์กับประสิทธิภาพ และอัตราการตัดของมะเขือเทศอบแห้ง	32
5.3 การเลือกความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการทำงาน	33
5.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน	33
บทที่ 6 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	
6.1 สรุปผลการดำเนินงาน	35
6.2 ข้อเสนอแนะ	35
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก ก แสดงผลการทดลองเพื่อหาขนาดต่าง ๆ ของมะเขือเทศอบแห้ง, อัตราการตัด และประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบสำหรับตัดมะเขือเทศอบแห้ง	38
ภาคผนวก ข ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์ และฐานรองตัดกับความถี่ของอินเตอร์	41
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ทางสถิติ	43
ภาคผนวก ง ภาพแสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบ, ขั้นตอนการทำงาน, ลักษณะมะเขือเทศที่ผ่านการตัด	51
ภาคผนวก จ แสดงตารางและรูปสำหรับการคำนวณ	59
กิตติกรรมประกาศ	67
ประวัติผู้เขียน	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางอาหารของมะเขือเทศ	4
ตารางที่ 2.2 แสดงผลผลิตของมะเขือเทศที่ผลิตได้ในประเทศไทยปี พ.ศ. 2540-2541	5
ตารางที่ 5.1 แสดงอัตราการตัดเฉลี่ยและประสิทธิภาพการตัดของเครื่องมะเขือเทศอบแห้ง ที่ความเร็วรอบฐานรองตัดที่ระดับต่างๆ	31
ตารางที่ ก1. แสดงขนาดต่างๆของมะเขือเทศอบแห้ง	39
ตารางที่ ก2. แสดงน้ำหนักมะเขือเทศอบแห้งที่ได้ ณ ความเร็วรอบลูกกลิ้งฐานรองตัด ที่ระดับต่างๆ	40
ตารางที่ ข1. เปรียบเทียบความเร็วรอบมอเตอร์และความเร็วรอบลูกกลิ้งรองตัดกับความถี่ ของอินเวอร์เตอร์	42
ตารางที่ จ1. แสดงตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส N_u สำหรับสายพานลิ่ม	60
ตารางที่ จ2. แสดงค่าความเค้นสถิตย์ใช้งานสำหรับใช้กับสมการของลูอิส	61
ตารางที่ จ3. แสดงสัณฐานในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "A" ต่อเส้น P_R (เป็น kW) สำหรับ สายพานยาว $L_p = 1732$ และส่วนสัมผัส $\alpha = 180^\circ$	62
ตารางที่ จ4. แสดงตัวประกอบการใช้งาน	63
ตารางที่ จ5. แสดงค่าตัวประกอบ k_2	63
ตารางที่ จ6. แสดงตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำที่มีแรงกระทำปานกลาง	64
ตารางที่ จ7. แสดงมวลของโซ่โรลเลอร์ต่อความยาว	66
ตารางที่ จ8. แสดงระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่, C	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพความเค้นความเครียดของอาหาร	7
รูปที่ 2.2 แสดงเครื่องมือลดขนาดแบบ Hammer mill	9
รูปที่ 2.3 แสดงเครื่องมือลดขนาดแบบ Dice mill	10
รูปที่ 2.4 แสดงเครื่องหั่นแบบ Urechel รุ่น RA-A	12
รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของเครื่องหั่นแบบ Urechel รุ่น RA-A	12
รูปที่ 2.6 แสดงเครื่องหั่นแบบ Urschel รุ่น G-A	14
รูปที่ 2.7 แสดงการทำงานของเครื่องหั่นแบบ Urschel รุ่น G-A	14
รูปที่ 2.8 แสดงเครื่องหั่นแบบ Quanti Cut Dicer	16
รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของเครื่องหั่นแบบ Quanti Cut Dicer	16
รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการทดลองหาขนาดเฉลี่ยของมะเขือเทศอบแห้ง	29
รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนการทดลองหาอัตราการตัดและประสิทธิภาพการตัด	30
รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของฐานรองตัดกับอัตราการตัดเฉลี่ย	32
รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของฐานรองตัด	32
รูปที่ 5.3 แสดงแผนภูมิวิเคราะห์จุดกึ่งทุนของเครื่องเมื่อเทียบกับแรงงานคน	34
รูปที่ ข1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และความเร็วรอบลูกกลิ้งรองตัด กับความถี่ของอินเวอร์เตอร์	42
รูปที่ ค1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของอินเวอร์เตอร์กับประสิทธิภาพ	50
รูปที่ ค2. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของอินเวอร์เตอร์กับอัตราการตัด	50
รูปที่ ง1. แสดงภาพสามมิติของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง	52
รูปที่ ง2. แสดงภาพด้านบนของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง	52
รูปที่ ง3. แสดงภาพด้านข้างของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง	53
รูปที่ ง4. ภาพด้านหน้าของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง	53
รูปที่ ง5. แสดงภาพด้านหน้าของเครื่องต้นแบบ	54
รูปที่ ง6. แสดงภาพด้านหลังของเครื่องต้นแบบ	54
รูปที่ ง7. แสดงภาพด้านข้างของเครื่องต้นแบบ	55
รูปที่ ง8. แสดงภาพด้านบนของเครื่องต้นแบบ	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ง9. แสดงภาพการตัดมะเขือเทศอบแห้งขั้นตอนที่ 1	56
รูปที่ ง10. แสดงภาพการตัดมะเขือเทศอบแห้งขั้นตอนที่ 2	56
รูปที่ ง11. แสดงภาพการตัดมะเขือเทศอบแห้งขั้นตอนที่ 3	57
รูปที่ ง12. แสดงภาพการตัดมะเขือเทศอบแห้งขั้นตอนที่ 4	57
รูปที่ ง13. แสดงภาพลักษณะมะเขือเทศอบแห้งที่ผ่านการตัด	58
รูปที่ ง14. แสดงภาพลักษณะมะเขือเทศอบแห้งที่สุญเสียม	58
รูปที่ จ1. แสดงแผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายลึ้ม	60
รูปที่ จ2. แสดงแผนภูมิที่ใช้เลือกโซโรลเลอร์แบบ B (สำหรับพีเน็ยน 19 ฟัน)	65



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

M	=	โมเมนต์, Nm
L_p	=	ความยาวพิทช์โดยประมาณของสายพาน
c	=	ระยะจากแกนสะเทิน(neutral) ถึงผิวนอก, m
r	=	รัศมีของหน้าตัดวงกลม, m
I	=	โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัด, m^4
P	=	แรงในแนวแกน, N
A	=	พื้นที่หน้าตัด, m^2
T	=	แรงบิด, Nm
J	=	โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงมุมของหน้าตัด, m^4
S_v	=	แรงเฉือนตามขวาง, Pa หรือ N/m^2
S_v	=	$\frac{VQ}{Ib}$
b	=	ความกว้างของหน้าตัดที่จุดวิกฤต, m
Q	=	โมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วนที่จุดวิกฤตเทียบกับแกนสะเทิน
$S_n(\max)$	=	ค่าความเค้นสูงสุด, N/m^2
$S_n(\min)$	=	ค่าความเค้นต่ำสุด, N/m^2
S_b	=	ความเค้นดัด(ความเค้นดึงหรืออัด), N/m^2
$\tau(\max)$	=	ค่าความเค้นเฉือนสูงสุด, N/m^2
τ_{xy}	=	ความเค้นเฉือนเนื่องจากแรงบิด, N/m^2
M_t	=	โมเมนต์บิด, Nm
M_b	=	โมเมนต์ดัด, Nm
d_o	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก, m
d_i	=	เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน, m
F_a	=	แรงในแนวแกน, N
k	=	รัศมีไจเรชั่น
K	=	$\frac{d_i}{d_o}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์ (ต่อ)

- K_b = สัมประสิทธิ์การกระแทก, แรงด้าที่มาจากโมเมนต์ดัด
 K_r = สัมประสิทธิ์การกระแทก, แรงด้าที่มาจากโมเมนต์บิด
 α = ค่ามุมที่สายพานสัมผัสกับรอก, rad



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ผลผลิตทางการเกษตรของ ไทย เช่น พืช ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และอื่นๆ ผลผลิตหลายชนิดสามารถผลิตได้ปริมาณมากเกินความ ต้องการของผู้บริโภคในประเทศ การส่งออกผลผลิตทางการเกษตรจึงเป็นทางออกหนึ่งซึ่งช่วยลด ปัญหาการราคาผลผลิตตกต่ำ และเป็นรายได้ส่วนหนึ่งที่สำคัญของประเทศ

เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรส่วนใหญ่มีอายุการเก็บรักษาสั้นและมูลค่าทางการค้าต่ำ ดังนั้น เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาและเพิ่มมูลค่าการส่งออก จึงได้พัฒนาเป็นอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร โดยใช้ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีการแปรรูปอาหารและเครื่องจักรสมัยใหม่ โดยในปัจจุบันอุตสาหกรรม การแปรรูปอาหารเพื่อการค้าและการส่งออก ได้การขยายตัวอย่างรวดเร็ว และทวีความสำคัญทาง เศรษฐกิจมากขึ้น

มะเขือเทศอบแห้งสีเหลืองจัดรัส เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารเพื่อการส่งออก แต่อัตราการผลิตในปัจจุบัน ไม่เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร เนื่องจากขั้นตอน ในการตัดเป็นสีเหลืองจัดรัสซึ่งใช้กำลังคน ทั้งนี้เพราะเครื่องจักรสมัยใหม่ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ มีราคาแพงและไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตัดมะเขือเทศอบแห้งซึ่งมีลักษณะเฉพาะได้

จึงได้มีการพัฒนาสร้างเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้งสีเหลืองจัดรัส เพื่อเป็นเครื่องต้นแบบที่มี ราคาประหยัด ซึ่งงานได้จริงในอุตสาหกรรม และเพิ่มอัตราการผลิตมะเขือเทศอบแห้งสีเหลืองให้ เพียงพอต่อความต้องการของอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารเพื่อการส่งออกได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับตัดมะเขือเทศอบแห้งเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัดรัส
- 1.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง
- 1.2.3 ศึกษาหาความเร็วรอบที่เหมาะสมของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง

1.3 ขอบเขตการออกแบบ

- 1.3.1 ออกแบบเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้งให้เหมาะสมสำหรับตัดมะเขือเทศอบแห้งเป็นรูป สี่เหลี่ยมมีความยาวแต่ละด้าน 0.5 เซนติเมตร ถึง 1 เซนติเมตร
- 1.3.2 ออกแบบเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้งที่ประหยัดค่าใช้จ่าย ปลอดภัยในการใช้งาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงในอุตสาหกรรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

- 1.3.3 สร้างเครื่องต้นแบบสำหรับวัดมะเขือเทศอบแห้งเป็นสื่อที่เยี่ยมจตุรัส สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก
- 1.3.4 ลดจำนวนแรงงานคนซึ่งนำไปสู่การลดต้นทุนการผลิต
- 1.3.5 ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องจักรที่ในการจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 มะเขือเทศ

2.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมะเขือเทศ [1]

มะเขือเทศ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lycopersicon esculentum* เป็นพืชในวงศ์ *Solanaceae* มะเขือเทศเป็นพืชล้มลุกอายุ 1 ปี เติบโตเร็ว ลำต้นสูงประมาณ 1 - 2 เมตร มีขนอ่อนนุ่มปกคลุมอยู่ทั่ว ลำต้นล้มง่าย แต่ส่วนที่ตะลงดินจะแตกรากได้ มีกลิ่นเฉพาะตัว ใบเป็นใบรวม มีใบย่อยเรียงสลับกัน เป็นรูปคล้ายขนนก ดอกใบหยักเว้าลึก ดอกสีเหลืองรูปดาว ออกเป็นช่อ ช่อหนึ่งประมาณ 3 - 7 ดอก

ผลมะเขือเทศมีลักษณะต่างกันแต่ละพันธุ์ บางพันธุ์เป็นรูปกลมรี กลมแบน หรือกลมใหญ่ ผลมีเนื้อเกลี้ยงเป็นมันผลอ่อนมีสีเขียว พอแก่ผลสุกเต็มที่จะเป็นสีเหลือง ส้ม หรือสีแดงสด ข้างในผลมีเมล็ดเป็นเมล็ดเล็กๆ

มะเขือเทศสามารถขึ้นได้ดีกับดินแทบทุกชนิด แต่ชอบดินร่วนที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในช่วง 6.0-6.8 และความชื้นของดินพอเหมาะ ต้องการแสงแดดเต็มวัน ตลอดวัน ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโต ระหว่าง 21-24 องศาเซลเซียส

2.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของมะเขือเทศ [2]

ผล ประกอบด้วย กรดอินทรีย์ น้ำตาล คาโรทีนอยด์ (*Carotenoids*) วิตามิน A, B, C, E ส่วนเหนือดิน (ลำต้นและใบ) มีพิษ เพราะมี steroidal saponins

ก. *Carotenoids*

Carotenoids เป็นสารสีธรรมชาติในมะเขือเทศที่พบมากที่สุด พบในคลอโรพลาสต์ในรูปของ chromoproteins หากอยู่นอกคลอโรพลาสต์จะพบเป็น *acyclic carotenoids* ซึ่ง *carotenoids* ที่เป็นสีของมะเขือเทศคือ *lycopene* มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเซลล์มะเร็งที่มดลูกและปอดอีกทั้งยังเป็นส่วนผสมในตำรับยา ที่ใช้ป้องกันอันตรายอันเกิดจากการผลิตอนุมูลอิสระที่ผิดปกติ

ข. *Steroidal alkaloids*

เป็นกลุ่มสารที่ออกฤทธิ์รุนแรงจัดเป็นสารพิษ Steroidal alkaloid ในมะเขือเทศคือ *a-tomatine* ซึ่งได้จากใบและส่วนเหนือดิน ในผลสีเขียวจะมี alkaloid 0.03% ในผลสุกไม่พบ alkaloid จึงไม่ควรรับประทานมะเขือเทศดิบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 คุณค่าทางอาหารของมะเขือเทศ [3]

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณค่าทางอาหารของมะเขือเทศสด 100 กรัม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ	
Protein	1.1	กรัม
Fat	0.2	กรัม
Carbohydrate	4.7	กรัม
Fiber	0.5	กรัม
Ash	0.5	กรัม
Sodium	3	กรัม
Calcium	13	มิลลิกรัม
Phosphorus	27	มิลลิกรัม
Iron	0.5	มิลลิกรัม
Potassium	244	มิลลิกรัม
Thiamin	0.06	มิลลิกรัม
Riboflavin	0.04	มิลลิกรัม
Niacin	0.7	มิลลิกรัม
Ascorbic Acid	23	มิลลิกรัม
Food Energy	22	แคลอรี
Water	93.5	%
Vitamin A	900	IU

Note: IU = international units

2.1.4 ความสำคัญทางเศรษฐกิจ [1]

มะเขือเทศ จัดเป็นพืชผักที่มีความสำคัญที่ทั้งในแง่ผักอุตสาหกรรมและบริโภคสด ปริมาณการส่งออกมะเขือเทศสดและผลผลิตกัณฑ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี มะเขือเทศที่ปลูกในปัจจุบันแบ่งได้เป็น มะเขือเทศรับประทานผลสด และมะเขือเทศอุตสาหกรรม เพื่อส่งโรงงานทำผลิตภัณฑ์มะเขือเทศแปรรูป เช่น มะเขือเทศเข้มข้น (paste) ซอสมะเขือเทศ น้ำมะเขือเทศ และมะเขือเทศอบแห้ง

พื้นที่ปลูก (พ.ศ.2540 / 2541)

มะเขือเทศอุตสาหกรรม (พันธุ์เบต้า เดต้า TW 4)	27,195 ไร่
มะเขือเทศรับประทานสด (พันธุ์สีดาทิพย์)	28,209 ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงผลผลิตของมะเขือเทศที่ผลิตได้ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2540-2541

	มะเขือเทศรับประทานสด	มะเขือเทศอุตสาหกรรม
ผลผลิตรวมทั้งประเทศ (ตัน)	57,735	107,572
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	2,047	3,956
ราคาที่เกษตรกรขายได้(บาท/กิโลกรัม)	11 – 16	1-1.6
ปริมาณที่ใช้ในประเทศ (ตัน)	40,649.64	171,815.7
ปริมาณการส่งออก (ตัน)	1,170	9,834
มูลค่าการส่งออก (ล้านบาท)	9.4	234

2.1.5 มะเขือเทศอบแห้ง

คุณสมบัติทั่วไปของมะเขือเทศอบแห้ง

มะเขือเทศอบแห้ง ได้จากการนำมะเขือเทศอุตสาหกรรม มาหั่นครึ่งตามแนวยาว แล้วเข้าเครื่องอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 14 ชั่วโมง

มะเขือเทศอบแห้งที่ได้ จะความชื้น 16% เมื่อเทียบกับน้ำหนักมะเขือเทศสดเริ่มต้น รูปร่างไม่คงที่ ความหนา ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร ไม่สม่ำเสมอ มีลักษณะเนื้อเป็นสีน้ำตาลแดงคล้ำ

ประโยชน์ของมะเขือเทศอบแห้งในอุตสาหกรรมอาหาร

1. ใช้ตกแต่งอาหารแปรรูปชนิดพร้อมรับประทาน
2. ใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารแห้งกึ่งสำเร็จรูป

2.2 ทฤษฎีการลดขนาด

การลดขนาดเป็นปฏิบัติการเฉพาะหน่วยในการลดขนาดของชิ้นอาหารซึ่งเป็นของแข็งให้เล็กลงโดยวิธีบด กดอัด หรือใช้แรงกระแทก การผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความละเอียดขนาดแป้งหรืออนุภาคเล็กๆ เรียกว่า การบดละเอียด (*Comminution*)

2.2.1 ประโยชน์ของการลดขนาดในกระบวนการแปรรูปอาหาร

1. เป็นการเพิ่มพื้นที่ต่อปริมาตรของอาหารซึ่งมีผลในการเพิ่มอัตราการทำแห้ง การให้ความร้อนหรือการทำให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การลดขนาดและการร่อนคัดแยกจะทำให้ได้อาหารซึ่งมีขนาดตามความต้องการ เช่น เครื่องเทศและแป้งข้าวโพด ซึ่งจะช่วยในเรื่องสมบัติการทำงานหรือกระบวนการทำงานหรือกระบวนการแปรรูปขั้นต่อไปอย่างมาก

3. ขนาดของอนุภาคของอาหารที่ใกล้เคียงกันจะช่วยผสมส่วนต่างๆ เช่น ซุปแห้งและส่วนผสมของขนมเค้กทำได้ดียิ่งขึ้น

การลดขนาดมีผลในการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารน้อยมาก แต่วิธีการลดขนาดเป็นวิธีที่ช่วยพัฒนาคุณภาพการบริโภคและความเหมาะสมของอาหารสำหรับกระบวนการแปรรูปขั้นต่อไป รวมทั้งช่วยเพิ่มความหลากหลายในการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ อย่างไรก็ตามกรรมวิธีการลดขนาดอาจเป็นการเร่งการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากมีเอนไซม์บางชนิดที่ถูกปล่อยออกมาจากเนื้อเยื่อที่ขาด หรือเนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาออกซิเดชันเพราะมีพื้นที่ผิวมากขึ้นทำให้เกิดการสัมผัสอากาศมากขึ้น การป้องกันการเสื่อมเสียอาจทำได้โดยการจัดการ (Treatment) บางอย่างหรือเติมสารบางชนิด

กระบวนการลดขนาดมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับขนาดของอาหารที่ต้องการผลิตดังต่อไปนี้

1. การสับ การตัด การหั่น เป็นชิ้นบางและการตัดเป็นลูกเต๋า
2. การโม่จนเป็นแป้งหรือเพส (Paste) เพื่อเพิ่มความละเอียด
3. อิมัลชันไฟเลชั่นและโฮโมจีไนเซชัน เช่น มายองเนส นม น้ำมันหอยเนย ไอศกรีมและมาการีน

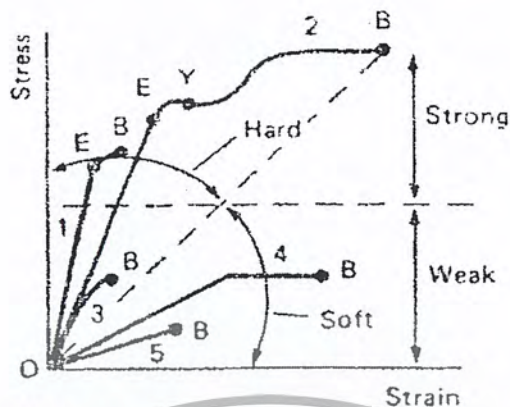
2.2.2 ทฤษฎีการลดขนาด

มีแรงอยู่ 3 ชนิดที่ใช้ในการลดขนาดของอาหาร

1. แรงอัดหรือแรงบีบ (Compression force)
2. แรงกระแทกหรือแรงทุบ (Impact force)
3. แรงเฉือนหรือแรงเสียดสี (Shearing force)

ในเครื่องลดขนาดส่วนใหญ่จะใช้ได้ทั้ง 3 แรง แต่แรงชนิดหนึ่งมักสำคัญกว่าแรงอีก 2 ชนิด เมื่ออาหารได้รับแรงเค้น อาหารจะดูดซับความตึงเครียดไว้ภายในจึงทำให้เนื้อเยื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปความเครียดนี้จะไม่เกินระดับวิกฤตที่เรียกว่า elastic stress limit (E) เมื่อแรงเค้นหมดไปเนื้อเยื่อก็จะเข้าสู่รูปปกติและปล่อยพลังงานที่เก็บไว้ในรูปของความร้อน พลังงานที่ให้แก่อาหารมีเพียง 1 % เท่านั้นที่ใช้ไปในการลดขนาด อย่างไรก็ตาม ถ้าแรงเค้น 3 แรงนี้สูงกว่า elastic stress limit อาหารจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แผนภาพความเค้นความเครียดของอาหาร

รูปที่ 2.1 ถ้ามีการให้แรงเค้นต่อไป ความเครียดนี้จะถึงจุดล่างของวัตถุ (yield point, Y) ซึ่งอาจทำให้อาหารนี้จะเริ่มไหลเมื่อเกิดจุดนี้ หรือที่เราเรียกว่า region of ductility (YB ในรูปที่ 2.1) ในที่สุดก็เลยจุดแตกหักซึ่งอาหารจะแตกออกตามรอยแนวที่เปราะบางและปล่อยพลังงานที่สะสมไว้ในรูปของเสียงและความร้อน เมื่ออาหารที่ขนาดลดลง แนวเปราะบางก็จะลดลงด้วยแรงเค้นที่ต้องใช้ทำให้วัตถุแตกอีกเพิ่มสูงขึ้น จำเป็นต้องเพิ่มแนวเปราะบางใหม่ขึ้นมาถ้าไม่มีเส้นของแนวเปราะบางเหลืออยู่แล้ว และต้องให้พลังงานเพิ่มเข้าไปถ้ายังต้องการลดขนาดของอาหารอีก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้พลังงานสูงมากในการลดขนาดของอาหารต่อไปอีก การกำหนดขนาดของผลิตภัณฑ์จึงเป็นเรื่องสำคัญเพื่อจะได้ไม่ต้องใช้พลังงานหรือเวลาในการลดขนาดมากเกินไป

ปริมาณพลังงานที่อาหารดูดซับเข้าไปก่อนการแตกหักสามารถวัดได้ด้วยการวัดความแข็งและแนวโน้มที่จะเกิดการแตกร้าว (friability) ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างของอาหาร อาหารที่แข็งกว่ามักจะดูดซับพลังงานมากกว่าอาหารที่อ่อนกว่าและต้องใช้พลังงานสูงกว่าในการทำให้แตกหัก อาหารที่มีแนวเปราะบางจะต้องการพลังงานในการทำให้อาหารแตกหักน้อย การทำให้อาหารที่เป็นผลิตภัณฑ์ต้องใช้แรงบีบอัด สำหรับอาหารเส้นใยจำเป็นต้องใช้ทั้งแรงกระแทกและแรงเฉือน การบดอาหารที่นุ่มให้แตกละเอียดต้องใช้แรงเฉือน ดังนั้นปริมาณการลดขนาด พลังงานที่ใช้และปริมาณความร้อนที่จะเกิดขึ้นในอาหารจึงขึ้นอยู่กับ ทั้งขนาดของแรงและเวลาที่ให้แรงแก่อาหารนั้นๆ

2.2.3 ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อพลังงานที่ต้องให้แก่อาหาร

ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อพลังงานที่ต้องให้แก่อาหารคือ ปริมาณความชื้นและความไวต่อความร้อนของอาหาร ความชื้นมีผลอย่างมากต่อระดับการลดขนาดและกลไกการแตกหักในอาหารบางชนิด จึงมีผลิตภัณฑ์บางอย่างที่ต้องปรับความชื้นก่อนการ ไม่ การตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 เครื่องมือลดขนาดสำหรับของแข็ง

เครื่องมือลดขนาดสำหรับของแข็งนั้น จะมีระบบการทำงานแบ่งได้เป็น 5 ระบบใหญ่ๆ แต่ละระบบจะเหมาะสมกับวัตถุดิบและกระบวนการแปรรูปที่ต่างกัน

1. ระบบเปิด ซึ่งเป็นระบบที่ง่ายที่สุด วัตถุที่ต้องการลดขนาดจะผ่านเครื่องมือลดขนาดเพียงครั้งเดียว ไม่มีการแยกเอาวัตถุที่ลดขนาดแล้วแต่ยังไม่มีความใหญ่กว่าที่ต้องการกลับมาลดขนาดใหม่ วัตถุที่ผ่านการลดขนาดด้วยเครื่องมือประเภทนี้ จะมีการกระจายของขนาดในช่วงกว้าง เครื่องมือจะมีราคาไม่แพง แต่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำ เนื่องจากวัตถุดิบบางส่วนจะถูกลดขนาดจนมีขนาดเล็กกว่าที่ต้องการ

2. ระบบป้อนในแนวตั้ง ระบบนี้คล้ายกับระบบแรก แต่การป้อนวัตถุที่ต้องการลดขนาดเข้าสู่เครื่องจะทำในแนวตั้งโดยใช้แรงโน้มถ่วง ทำให้วัตถุถูกลดขนาดในเครื่องมือในช่วงระยะสั้นกว่า การลดขนาดจนมีขนาดเล็กกว่าต้องการจะเกิดขึ้นน้อยกว่า การใช้พลังงานจะมีประสิทธิภาพดีขึ้น

3. ระบบที่มีการใช้ตะแกรงช่วยลดขนาด ในระบบนี้จะเพิ่มตะแกรงช่วยกันวัตถุดิบที่ถูกลดขนาดก่อนจะออกจากเครื่อง วัตถุจะถูกกักอยู่ในเครื่องมือจนถูกลดขนาดให้เล็กพอที่จะผ่านตะแกรงได้ ระยะเวลาที่วัตถุถูกลดขนาดจะนานขึ้น การใช้เครื่องมือที่มีกำลังมากเกินไปจึงอาจทำให้วัตถุถูกลดขนาดจนเล็กกว่าที่ต้องการ

4. ระบบปิด ในระบบนี้ระยะเวลาลดขนาดในเครื่องมือจะสั้น วัตถุที่ผ่านเครื่องลดขนาดแล้วจะถูกนำไปแยกเอาวัตถุที่ยังมีขนาดใหญ่กว่าที่ต้องการออกแล้วส่งกลับเข้าเครื่องลดขนาดใหม่อีกครั้ง วิธีแยกวัสดุที่มีขนาดใหญ่ออกจะขึ้นกับวิธีการภายในระบบ เช่น ถ้าการขนถ่ายเกิดจากแรงโน้มถ่วงหรือแรงกล นิยมแยกโดยใช้ตะแกรง หรือถ้าการขนถ่ายใช้ระบบนิวแมติกจะแยกด้วยไซโคลนเป็นต้น

5. ระบบเปียก นิยมใช้กับวัตถุที่สามารถทำให้เปียกได้ โดยไม่เกิดความเสียหายวัตถุดิบจะถูกลดขนาดในขณะที่แขวนลอยน้ำ ในระบบจะปราศจากปัญหาเรื่องฝุ่นฟุ้งกระจาย หลังจากลดขนาดแล้วจะแยกวัตถุออกจากน้ำโดยการทิ้งให้ตกตะกอนหรือโดยการแรงหมุนเหวี่ยง การลดขนาดแบบนี้จะใช้พลังงานมาก แต่จะลดขนาดได้ละเอียดกว่า ในบางครั้งจะนำมาใช้ร่วมกับการสักรีดด้วย

2.2.5 เครื่องมือสำหรับการลดขนาดอาหารที่มีลักษณะเป็นเส้นใย

ใช้กับพวกผักและผลไม้ เนื้อสัตว์ หรือวัตถุดิบสดอื่นๆ ที่มีลักษณะเป็นเส้นใย

เครื่องสไลซ์ (slicing equipment) ประกอบด้วยใบมีดหมุนได้ หรือใบมีดที่ติดกับที่ และหมุนตัววัตถุที่ต้องการตัด ใบมีดจะผ่านวัตถุเป็นชิ้นมีความหนาตามความต้องการ หลังจากผ่านแล้วอาจจะนำมาหั่นเป็นลูกบาศก์อีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องสับ (Shredding equipment) ลักษณะเครื่องมือจะดัดแปลงมาจาก Hammer mill แต่ใช้ใบมีดแทนส่วนหัวที่ไซ้บด ใบมีดจะหมุนและสับอาหารเป็นชิ้นๆ

เครื่องตีปั่น (Pulping equipment) จะใช้ในการสกัดน้ำผักผลไม้ หรือใช้ผลิตผักผลไม้ตีปั่น (puree) ในเครื่องจะมีการออกแบบให้เกิดแรงบีบและแรงเฉือน ผักหรือผลไม้ซึ่งอาจถูกให้ความร้อนเพื่อให้เนื้อนุ่มขึ้น จะถูกอัดผ่านตะแกรง ขนาดช่องการเปิดของตะแกรงจะเป็นตัวกำหนดความละเอียดหลังจาก ลดขนาด

2.2.6 เครื่องมือลดขนาดอาหารแห้ง

มักจะเรียกรวมกันว่าเครื่องบด (mill) ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายลักษณะ เช่น

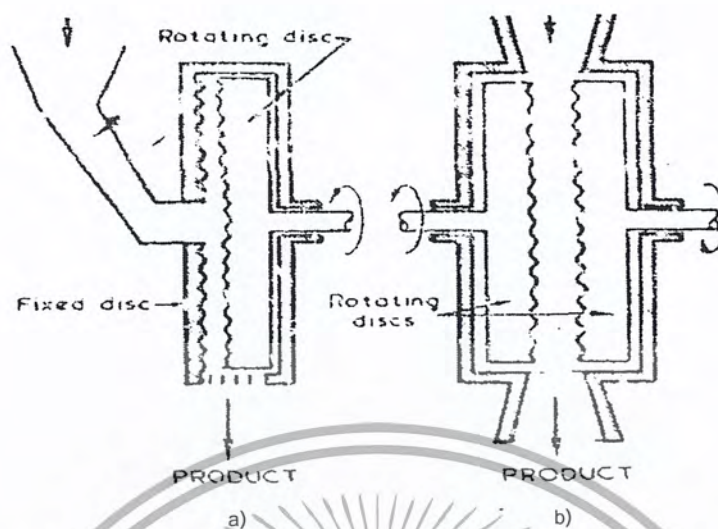
Hammer mill ลักษณะเครื่องจะเป็นดังรูป 2.2 แรงที่ทำให้เกิดการลดขนาดจะเป็นแรงกระแทกของหัวตีกับอาหาร บางครั้งอาจมีแผ่นตะแกรงกั้นด้านล่างเพื่อช่วยคัดขนาดด้วย



รูปที่ 2.2 Hammer mill

Disc mill ลักษณะภายในจะเป็นจานหมุน 1 หรือ 2 จาน วัตถุจะถูกลดขนาดที่ช่องว่างระหว่างจานทั้งสอง หรือระหว่างจานกับผนังเครื่องมือ แรงที่ทำให้เกิดการลดขนาดมักจะเป็นแรงเฉือน นิยมใช้ในการลดขนาดวัตถุให้มีขนาดเล็กมากๆ ดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 Disc mill a) Single disc b) Double disc

Buhr mill หรือที่รู้จักกันคือ ไม้หิน นิยมใช้ในการโม่แป้ง วัสดุคืบจะถูกป้อนลงทางช่องว่างด้านบนของไม้ และถูกลดขนาดในช่องว่างระหว่างไม้ชั้นบนและชั้นล่างจากแรงเฉือนที่เกิดจากการหมุนของไม้ตัวบน วัสดุที่ลดขนาดแล้วจะไหลออกมาตามขอบของไม้ตัวล่างบางครั้งจะทำได้ด้วยโลหะแทนการทำจากหิน ดังรูปที่ 2.3

Ball mill เครื่องลดขนาดนี้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกหรือกรวยวางในแนวระดับภายในบรรจุทรงกลมทำด้วยโลหะหรือหิน เส้นผ่านศูนย์กลาง 25-125 มม. ขณะใช้งานจะใส่วัสดุที่ต้องการลดขนาดภายในพร้อมกับทรงกลมในทรงกลมในทรงกระบอก วางทรงกระบอกในแนวระดับแล้วหมุน ทรงกลมในจะกลิ้งไปมาและช่วยลดขนาดวัสดุได้ ถ้าใช้ทรงกลมขนาดเล็ก แรงที่เกิดขึ้นส่วนจะเป็นแรงเฉือน แต่ถ้าทรงกลมขนาดใหญ่ขึ้นหรือการหมุนของทรงกระบอกเร็วขึ้นจะเกิดแรงกระแทกเร็วขึ้น ถ้าเพิ่มความเร็วการหมุนของทรงกระบอกขึ้นเรื่อยๆ ในที่สุดจะไม่เกิดการกระแทกของทรงกลม เนื่องจากทรงกลมจะถูกตัดขีดคั่นภายในทรงกระบอกด้วยแรงหนีศูนย์กลางที่เกิดขึ้น การลดขนาดจะสิ้นสุดลง ความเร็วในการหมุนนี้เรียกว่า ความเร็ววิกฤติ

Roller mill จะประกอบด้วยทรงกระบอกโลหะที่มีน้ำหนักสูงตั้งแต่ 2 อันขึ้นไป หมุนเข้าหากัน อาหารจะถูกบีบระหว่างช่องว่างของลูกกลิ้งนี้ บางครั้งจะออกแบบให้ความเร็วของการหมุนของทรงกระบอกทั้งสองนี้ไม่เท่ากัน ซึ่งทำให้เกิดแรงเฉือนขึ้นด้วย ความเร็วรอบของลูกกลิ้งที่ใช้ประมาณ 300-500 รอบต่อนาที อัตราส่วนการลดขนาดจะต่ำโดยทั่วไปจะต่ำกว่า 5 เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกกลิ้ง สามารถปรับให้เหมาะสมกับขนาดของวัสดุคืบก่อนลดขนาด และอัตราการลดขนาดที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เครื่องตัดชนิดต่างๆที่มีในปัจจุบัน

2.3.1 เครื่องตัดแบบ Urschel รุ่น RA-A

คุณสมบัติและการประยุกต์ใช้

The Urschel รุ่น RA-A เป็นเครื่องจักรกลที่มีความสามารถในการทำให้หมุนได้ ซึ่งใช้สำหรับกระบวนการผลิตได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพ โดยสามารถตัดผลิตภัณฑ์ที่เราใส่เข้าไปให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าได้ตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง เนื่องจากใบมีดที่ใช้ในการตัดสามารถถอดออกเพื่อเปลี่ยนขนาดได้ และยังสามารถใช้สำหรับการปอกให้เป็นแผ่นยาว วัตถุดิบที่ใส่เข้าไปจะเป็นจำพวกผักและผลไม้ เช่น พริกแดง ส้ม สับปะรด ลักษณะพิเศษของเครื่อง The Urschel รุ่น RA-A คือ จะมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง ไม่หยุดชะงักระหว่างทำการผลิต และยังถูกออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด และการบำรุงรักษา ขนาดใหญ่ที่สุดของผลิตภัณฑ์ที่สามารถใส่เข้าไปได้คือ ไม่เกิน 3 นิ้ว (88.9 มิลลิเมตร) ในทุกมิติ

ลักษณะของการตัด

แบบลูกเต๋า : ส่วนแรกใช้มีดสไลซ์ตัดให้เป็นชิ้นบาง ๆ จากนั้นใช้มีดกลมตัดให้เป็นเส้นยาว เมื่อได้เส้นยาวแล้วจะผ่านมีดอีกตัวที่วางอยู่ในลักษณะตั้งฉากเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า การเปลี่ยนขนาดสี่เหลี่ยมลูกเต๋าทำได้โดยใช้เพลลาตัดในขนาดที่ต้องการ และปรับความหนาในการตัดให้เป็นชิ้นบาง ๆ

Slice thickness : 1/16 ถึง 3/8 นิ้ว (1.6 ถึง 9.5 มิลลิเมตร)

Circular knives : 1/8 ถึง 1 นิ้ว (3.2 ถึง 25 มิลลิเมตร)

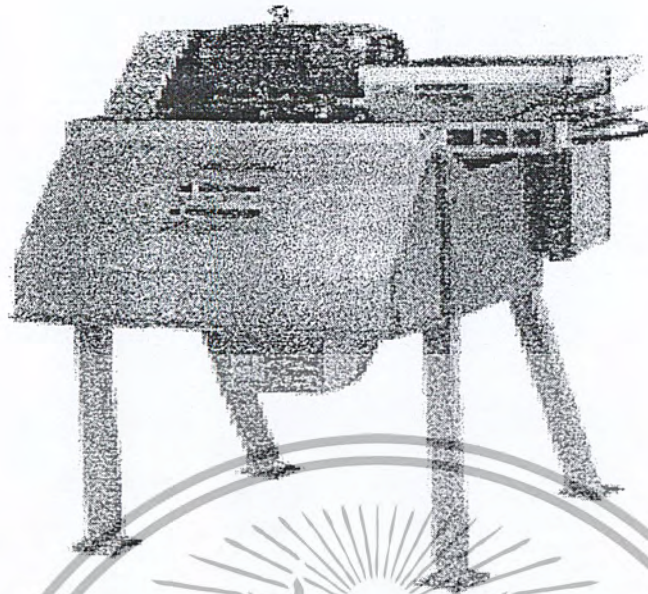
Crosscut knives : 1/16 ถึง 3 นิ้ว (1.6 ถึง 76 มิลลิเมตร)

แบบเส้นยาว : ใช้การเคลื่อนที่ของมีดตั้งฉากและเพลลา

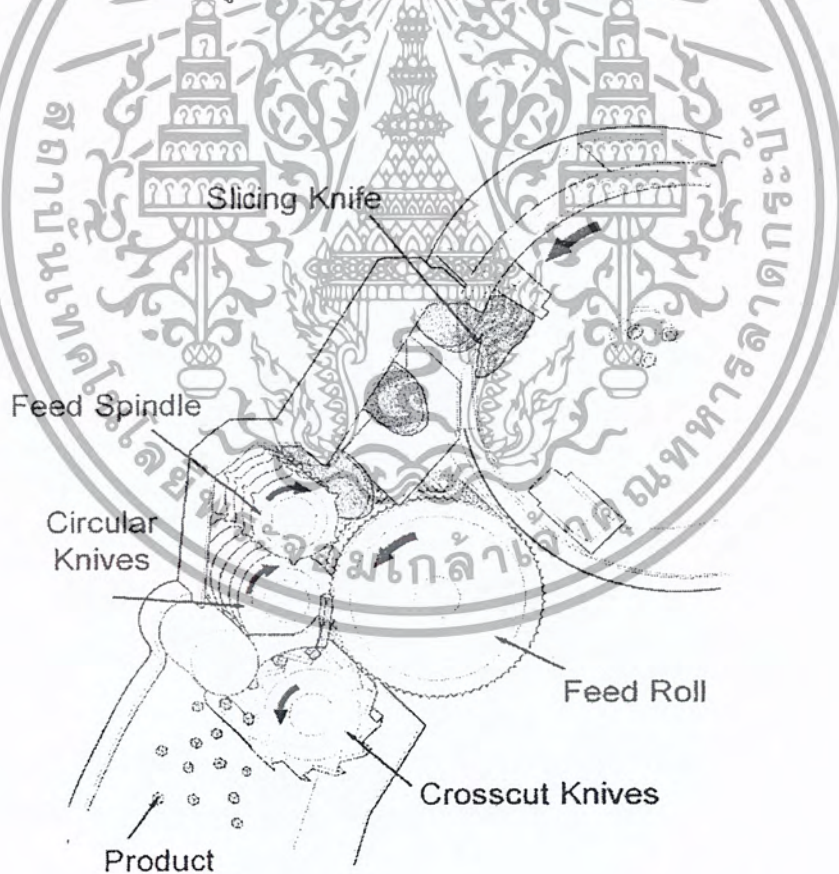
รายละเอียดเกี่ยวกับตัวเครื่อง

- ความยาว : 39.32 นิ้ว (999 มิลลิเมตร)
- ความกว้าง : 36.56 นิ้ว (929 มิลลิเมตร)
- ความสูง : 62.68 นิ้ว (1593 มิลลิเมตร)
- น้ำหนักสุทธิ : 740 ปอนด์ (3336 กิโลกรัม)
- ขนาดมอเตอร์ : 5 แรงม้า (3.7 กิโลวัตต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 เครื่องตัดแบบ Urschel รุ่น RA-A



รูปที่ 2.5 แสดงการทำงานของเครื่องตัดแบบ Urschel รุ่น RA-A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เครื่องตัดแบบ Urschel รุ่น G-A

คุณสมบัติและการประยุกต์ใช้

การหมุนของ Urschel รุ่น G-A จะทำให้เกิดการตัดแบบลูกเต๋า , แบบแผ่นตรงยาว และการตัดแบบสไลซ์ ซึ่งจะใช้สำหรับการตัดผลไม้ที่สุกและนิ่ม หรือใช้สำหรับพืชผักที่มีรากเปราะ เช่น กะหล่ำปลี ลูกแพร์ มะเขือเทศ พืช การเปลี่ยนขนาดการตัดสามารถทำได้โดยสับเปลี่ยนใบมีด ลักษณะพิเศษของเครื่อง The Urschel รุ่น G-A คือจะมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง ไม่หยุดชะงักระหว่างทำการผลิต และยังออกแบบเพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด และการบำรุงรักษาขนาดใหญ่ที่สุดของผลิตภัณฑ์ที่สามารถใส่เข้าไปได้คือ ไม่นเกิน 140 มิลลิเมตร ในทุกมิติ

ลักษณะของการตัด

แบบลูกเต๋า : โดยเริ่มแรกจะใช้มีดสไลซ์ตัดให้เป็นชิ้นบาง ๆ จากนั้นจะใช้ใบมีดตั้งฉากใช้สำหรับตัดให้เป็นเป็นเส้นยาว เมื่อได้เส้นยาวแล้วจะผ่านมีดกลมที่วางอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับใบมีดตั้งฉากที่จะให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เราใส่เข้าไปออกมาเป็นลูกเต๋า การเปลี่ยนขนาดสี่เหลี่ยมลูกเต๋าทำได้โดยใช้เพลลาในการตัดในขนาดที่ต้องการ และปรับความหนาในการตัดให้เป็นชิ้นบาง ๆ ลูกบาศก์ที่ทำได้ มีขนาด 25 มิลลิเมตร

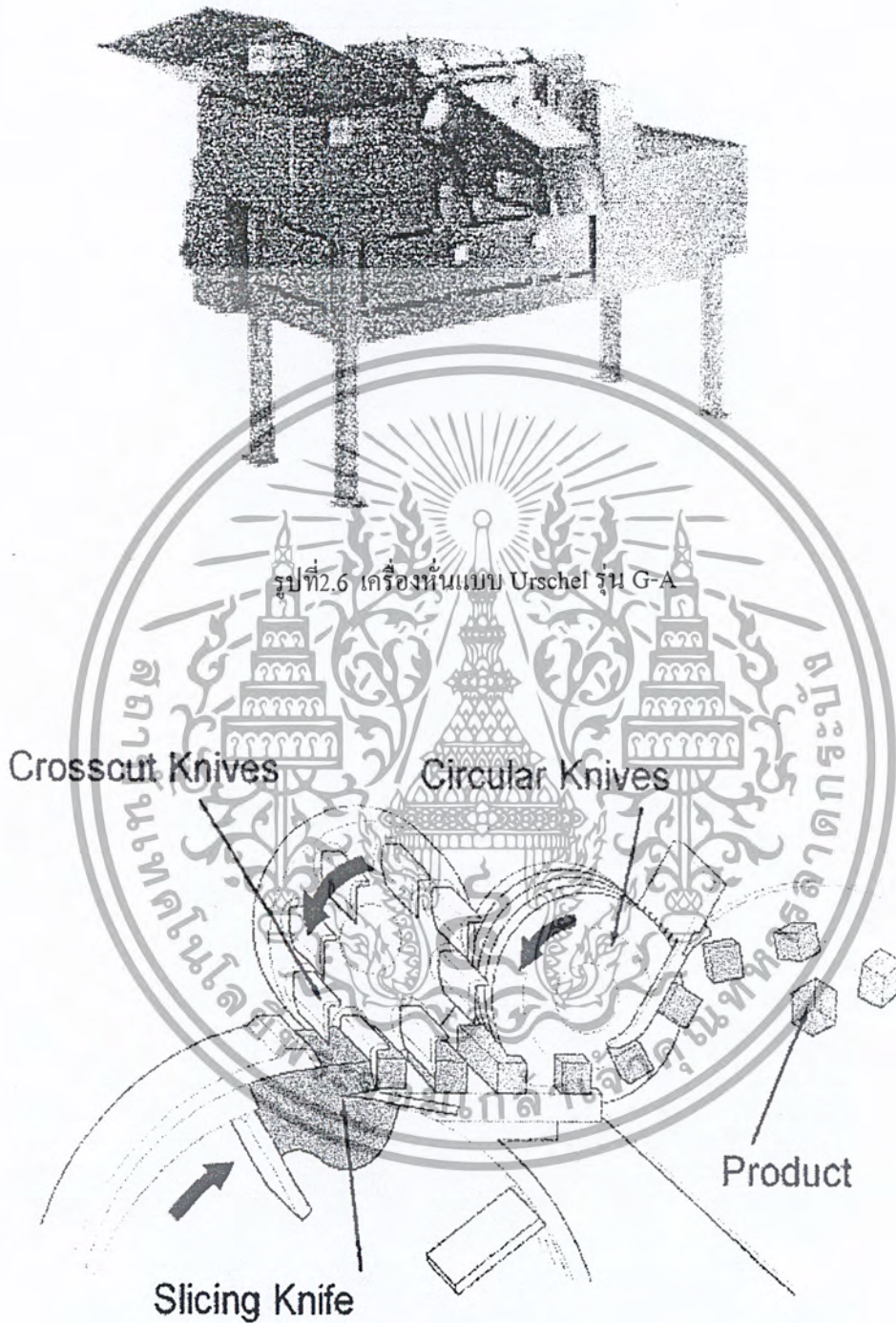
ความยาว : จะใช้เพียงใบมีดสไลซ์กับมีดตั้งฉากเท่านั้น เส้นยาวที่ทำได้มีขนาด 13.5 มิลลิเมตร

แบบตัดบาง ๆ : จะใช้การเคลื่อนที่ของมีดตั้งฉาก มีดกลมและ stripper plate โดยเครื่องนี้สามารถสไลซ์ได้ขนาด 19 มิลลิเมตร

รายละเอียดเกี่ยวกับตัวเครื่อง

- ความยาว : 73.73 นิ้ว (1873 มิลลิเมตร)
- ความกว้าง : 45.94 นิ้ว (1167 มิลลิเมตร)
- ความสูง : 49.25 นิ้ว (1251 มิลลิเมตร)
- น้ำหนักสุทธิ : 740 ปอนด์ (336 กิโลกรัม)
- ขนาดมอเตอร์ : 2 แรงม้า (1.5 กิโลวัตต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 เครื่องหั่นแบบ Urschel รุ่น G-A

รูปที่ 2.7 แสดงการทำงานของเครื่องหั่นแบบ Urschel รุ่น G-A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 เครื่องหั่นแบบ Quanti Cut Dicer

คุณสมบัติและการประยุกต์ใช้

Quanti Cut Dicer ใช้สำหรับการทำผลิตภัณฑ์ให้เป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า การหั่นในลักษณะปอกหรือ ซอยเป็นเส้นยาว และการหั่นให้เป็นแผ่นบาง ๆ ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร ได้อย่างกว้างขวางมากมายหลายชนิด เช่น มะเขือเทศ แครอท หัวผักกาด พริก สับปะรด และอื่น ๆ อีกมากมาย ต่อมาวิชาการด้านวิศวกรรมได้มีการพัฒนาคิดแปลงนำวิธีการต่าง ๆ มาประยุกต์เข้ากับเครื่อง มีการออกแบบเพิ่มเครื่องมือและได้จดสิทธิบัตรไว้ ลักษณะพิเศษของเครื่อง คือจะมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง ไม่หยุดชะงักระหว่างทำการผลิต และยังถูกออกแบบมาให้ช่วยต่อการทำความสะอาดและการบำรุงรักษา ขนาดใหญ่ที่สุดของผลิตภัณฑ์ที่สามารถใส่เข้าไปได้ คือ ไม่เกิน 10 นิ้ว (254 มิลลิเมตร) ในทุกมิติ

ลักษณะของการตัด

แบบลูกเต๋า : โดยเริ่มแรกจะใช้มีดสไลซ์หั่นให้เป็นชิ้นบาง ๆ จากนั้นจะใช้ใบมีดตั้งฉากใช้สำหรับหั่นให้เป็นเส้นยาว เมื่อได้เส้นยาวแล้วจะผ่านมีดกลมที่วางอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับใบมีดตั้งฉากที่จะให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เร็วใส่เข้าไปออกมาเป็นลูกเต๋า การเปลี่ยนขนาดสี่เหลี่ยมลูกเต๋าทำได้โดยใช้เวลาในการตัดในขนาดที่ต้องการ และปรับความหนาในการหั่นให้เป็นชิ้นบาง ๆ

แบบหั่นบาง ๆ : โดยใช้การเคลื่อนที่ของมีดตั้งฉาก มีดกลม และ stripper-plate

แบบเส้นยาว : โดยใช้การเคลื่อนที่ของมีดตั้งฉาก และมีดกลม

Slice thickness : 1/8 ถึง 1-1/8 (3.2 ถึง 28.6 มิลลิเมตร)

Circular knives : 5/32 ถึง 3 นิ้ว (4.0 ถึง 76.2 มิลลิเมตร)

Crosscut knives: 1/8 ถึง 2-5/8 นิ้ว (3.2 ถึง 66.7 มิลลิเมตร)

รายละเอียดเกี่ยวกับตัวเครื่อง

- ความยาว : 89.63 นิ้ว (2277 มิลลิเมตร)
- ความกว้าง : 80.35 นิ้ว (2041 มิลลิเมตร)
- ความสูง : 65.79 นิ้ว (1671 มิลลิเมตร)
- น้ำหนักสุทธิ : 1865 ปอนด์ (847 กิโลกรัม)
- ขนาดมอเตอร์ : 7-1/2 แรงม้า (5.6 กิโลวัตต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงการทำงานของเครื่องหั่นแบบ Quanti Cut Dicer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 เครื่องหั่น รุ่น DC Food Dicer

คุณสมบัติและการประยุกต์ใช้

เครื่อง รุ่น DC Food Dicer นี้ เป็นเครื่องหั่นผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถนำมาใช้สำหรับกระบวนการผลิตในโรงงานผักอบแห้ง ครัวขนาดใหญ่ โรงงานกระป๋อง อาหารแช่แข็ง อาหารแช่แข็ง ขนมอบต๋วย ซึ่งเครื่องนี้สามารถหั่นผลิตภัณฑ์อาหารให้เป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ และเป็นลักษณะแท่งยาว สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ผักผลไม้หลายชนิด เช่น มะเขือเทศ แครอท หัวหอม แอปเปิ้ล พืช หน่อไม้ เป็นต้น ขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหั่นทำได้หลายขนาด (3, 5, 7.5, 10, 15, 20 M/M) ขึ้นกับขนาดของใบมีดที่ใช้ อุปกรณ์ที่สำคัญในการหั่น คือ Round Knife , Cross Cutting Knife , Plain Blade ลักษณะพิเศษของเครื่องนี้ คือเครื่องนี้ถูกออกแบบมาเพื่อตัด , หั่นผลไม้และผักประเภทหัว, ราก ให้ได้ปริมาณมากในเวลาที่รวดเร็ว มีความสามารถในการผลิตเทียบเท่ากับการใช้แรงงานคนในกระบวนการผลิตถึง 30 คน

รายละเอียดเกี่ยวกับตัวเครื่อง

- ความยาว : 739 มิลลิเมตร
- ความกว้าง : 713 มิลลิเมตร
- ความสูง : 1130 มิลลิเมตร
- น้ำหนักสุทธิ : 85 กิโลกรัม
- ความสามารถในการผลิต : 1000 Kg/hr ที่ 15 M/M
- ขนาดมอเตอร์ : 380 V , 750 W , 3 Phase , 4 P



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้างเครื่องต้นแบบตัดมะเขือเทศอบแห้ง

3.1 ทฤษฎีในการออกแบบ [7,8]

แรงต้านภายในเนื้อวัสดุประกอบเป็น โครงสร้าง แรงต้านภายใน (Resistance Forces) ที่ได้กล่าวนี้ อาจแบ่งเป็น 5 ชนิดด้วยกันซึ่งมีความต่าง ๆ กันดังนี้

1. แรงดึง (Tension or Pull or Suction) ด้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุนั้นยืดออก ยาวออกหรือขาดจากกัน

2. แรงอัด (Compression or Push or Pressure) ด้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุนั้นสั้นเข้า บีบเข้า หรือแตก

3. แรงเฉือน (Shear) กระทำกับวัสดุในแนวสัมผัส Tangential กับพื้นผิวที่ต้องรับแรงนี้ วัสดุไม่จำเป็นต้องติดกันเป็นเนื้อเดียวกันทางกายภาพ เพื่อต้านแรงเฉือนนี้ก็ได้ แต่ก็มีแรงอัดกดไว้ให้พื้นผิวดังกล่าวชนกันแน่นอยู่ เมื่อแรงมีขนาดเพียงพอต้านทานแรงเฉือนดังกล่าวมิให้วัสดุเคลื่อนจากกันก็ได้

4. แรงคด (Bending) เมื่อ โครงสร้างรับแรงตัดแล้ว ผิวจากแรงสะเทิน (Neutral Axis) ขึ้นไปรับแรงอัด และผิวล่างของแกนสะเทินรับแรงดึงด้วย หรือบางกรณีเกิดกับตรงกันข้าม แรงคดก่อให้เกิดแรงต้านทานแรงคดที่มีขนาดเท่ากันขึ้นภายในเนื้อวัสดุ

5. แรงบิด (Torsion or Torque or Twisting) ตามความพยายามที่จะบิดวัสดุให้ขาดจากกัน
แนวแรงทั้ง 5 แรงนี้ แรงใน 2 ประการหลัง คือ แรงคดสามารถแยกเป็นแรงอัดได้ แรงบิดแยกเป็นแรงเฉือนได้ ดังนั้นถ้าพิจารณาแต่ละชิ้นส่วนเล็ก ๆ ในเนื้อวัสดุ โครงสร้าง จะมีแรงพิจารณาอยู่เพียงแรงดึง และแรงเฉือน เท่านั้น ซึ่งเราสามารถรู้ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นและผลต่อเนื่องจากการกระทำของแรง ก็สามารถกะขนาดหน้าตัดของวัสดุ โครงสร้างและรูปร่างได้ โดยหาขนาดของแรงและความเข้มของแรงนี้ เรียกว่า ความเค้น (Stress) มีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่

3.1.1 ระบบส่งกำลัง

การส่งกำลังด้วยสายพาน

การส่งกำลังทางกลจากเพลลาอันหนึ่งไปยังเพลลาอีกอันหนึ่ง อาจทำได้สามวิธี คือ โดยใช้เฟืองใช้สายพาน หรือใช้โซ่ การส่งกำลังโดยสายพานเป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (Flexible) มีข้อดีและข้อเสียหลายประการเมื่อเทียบกับการส่งกำลังโดยใช้เฟือง ข้อดีคือ มีราคาถูก ใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลลาที่อยู่ห่างกันมาก ๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ เป็นต้น แต่มีข้อเสียคือ อัตราทดไม่แน่นอนเนื่องมาจากการสลิป (Slip) และการครีพ (Creep) ของสายพาน และต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลลาหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับแรงตึงในสายพานระหว่างใช้งาน นอกจากนั้นยังไม่อาจใช้งานที่มีอัตราทดสูงมากได้ ซึ่งมักใช้กับอัตราทดไม่เกิน 5

ชนิดของสายพาน

สายพานแบ่งออกเป็น 4 ชนิดตามลักษณะหน้าตัดของสายพาน คือ

1. สายพานแบน (Flat Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
2. สายพานแบบลิ้ม (V-Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู
3. สายพานกลม (Ropes) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม
4. ไทม์มิงเบลต์ (Timing Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะทำเป็นร่องคล้าย

ฟันเพื่อลดความยาวของสายพาน

ลักษณะการขับด้วยสายพาน

เนื่องจากคุณสมบัติในการอ่อนตัวของสายพาน จึงอาจจัดลักษณะการขับของสายพานได้ต่างๆ กัน เมื่อต้องการขับเพลลาที่ขนานกัน และต้องการให้เพลลาทั้งสองหมุนในทิศทางเดียวกัน ก็ทำได้โดยเรียกว่า โอเพ่นไดรฟ์ (open drive) และถ้าเพลลาอยู่ห่างกันมากควรจะทำให้สายพานล่างตึง (tight) และด้านบนหย่อน (slack) แต่ถ้าต้องการให้เพลลาทั้งสองหมุนสวนทางกันทำได้โดยเรียกว่า ครอสไดรฟ์ (crossed drive) แต่การขับในลักษณะนี้จุดที่สายพานไวกันจะทำให้สายพานถูกัน ทำให้สายพานเกิดการสึกหรอมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันมิให้สายพานสึกหรอมากเกินไป จึงควรให้จุดศูนย์กลางของล้อสายพานอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า 20 เท่าของความกว้างสายพานและทำงานที่ความเร็วของสายพานไม่เกิน 15 m/s การขับแบบควอเตอร์เทอนไดรฟ์ (quarter turn drive) ใช้เมื่อเพลลาทั้งสองตั้งฉากกัน และเพื่อป้องกันไม่ให้สายพานหลุดออกจากล้อสายพานในขณะที่ใช้งาน จึงต้องใช้สายพานกว้างเพียงพอ โดยทั่วไปมักจะต้องการกว้างมากกว่าความกว้างสายพานไม่น้อยกว่า 1.4 เท่า และก่อนใช้งานจะต้องทดสอบก่อนเสมอ ส่วนการขับแบบมิวล์ไดรฟ์ (mule drive) ใช้เมื่อเพลลาทั้งสองตั้งฉากกัน แต่ไม่อาจจัดในลักษณะควอเตอร์เทอนไดรฟ์ได้ หรือเมื่อต้องการให้หมุนกลับทิศทางได้ เมื่อไม่สามารถใช้ขับในลักษณะโอเพ่นไดรฟ์ได้ เพราะส่วนโค้งสัมผัส (arc of contact) บนล้อสายพานเล็กมีค่าน้อยเกินไป (เพราะอัตราทดสูง และล้อสายพานอยู่ใกล้กันมาก) หรือเมื่อไม่อาจทำให้สายพานตึงโดยวิธีอื่น ก็อาจทำได้โดยใช้ล้อช่วย (idler) เป็นการช่วยให้สายพานสัมผัสกับล้อมากขึ้นซึ่งเพิ่มกำลังที่จะส่งได้ด้วย ส่วนการขับแบบ รีเวอร์สไดรฟ์ (reverse drive) ใช้เมื่อต้องการส่งกำลังไปยังหลาย ๆ อันพร้อมกัน

3.1.2 สายพานขับเคลื่อน

สายพานแบนราบและสายพานรูปตัววี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้นำไปใช้ในการถ่ายทอดกำลังจากเพลลาเพลลาหนึ่งไปยังอีกเพลลาหนึ่ง โดยไม่จำเป็นต้องรักษาอัตราความเร็วระหว่างเพลลาทั้งสองให้มีค่าตามที่แท้จริง (กล่าวคือ สายพานไม่สลลิป) โดยทั่วๆ ไปในการใช้งานสายพานขับเคลื่อนจะเกิดกำลังสูญเสียอันเนื่องด้วยการสลลิป และการยืดของสายพาน ซึ่งจะยืดประมาณ 3-5 % ของความยาวทั้งหมด ในการพิจารณาของบตนี้ จะสมมติให้เพลลาทั้งสองขนานกัน แต่อย่างไรก็ตาม ทั้งสายพานแบนราบและสายพานรูปตัววี อาจถูกใช้งานในลักษณะพิเศษโดยที่เพลลาวางไม่ขนานกันก็ได้ ซึ่งในกรณีเช่นนี้เพื่อให้สายสามารถล้อยบนลอกได้ รอกต้องอยู่ใกล้ระนาบที่ตั้งฉากกับแกนการหมุนของรอก

การออกแบบสายพาน

เกี่ยวข้องกับทางเลือกสายพานที่เหมาะสมกำลังที่จะส่งผ่านและเกี่ยวเนื่องกับการคำนวณกำลังที่สามารถส่งผ่านได้ของทั้งสายพานแบนราบหรือสายพานรูปตัววี โดยทั้งสองกรณีเราพิจารณาว่าทราบความหนาของสายพาน แต่ในกรณีแรกความกว้างของสายพานเราจะไม่ทราบ ส่วนในกรณีที่สองเราต้องทราบความกว้างของสายพาน กำลังที่ส่งสายพาน โดยสายพานขับเคลื่อนจะมีค่าเป็นฟังก์ชันของแรงดึงของสายพานและความเร็วของสายพาน

ความยาวพิชชี่โดยประมาณของสายพานรูปตัววี(สายพานลิ้ม) หาได้จากสมการ

$$L_p = 2C + 1.75(D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \dots\dots\dots 3.1$$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ

$$C = p + \sqrt{p^2 - q} \dots\dots\dots 3.2$$

โดยที่ $p = 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) \dots\dots\dots 3.3$

$$q = 0.125(D_p + d_p)^2 \dots\dots\dots 3.4$$

มุมสัมผัสของล้อสายพานหาได้จากสมการ

$$\alpha = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{D_p + d_p}{2C} \right] \text{rad} \dots\dots\dots 3.5$$

ความเร็วสายพานหาได้จากสมการ

$$V = \pi d_p n \dots\dots\dots 3.6$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลังได้จาก

$$F = \frac{W}{V} \dots\dots\dots 3.7$$

แรงดึงขั้นต้นในสายพานหาได้จาก

$$F_i = (K_1 F + z K_2 V^2) \sin \frac{\alpha}{2} \dots\dots\dots 3.8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ระบบมอเตอร์ต้นกำลัง

อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์เครื่องมือที่จะสามารถทำงานได้รวดเร็วมีประสิทธิภาพ ผ่อนแรงให้ผู้ใช้มาก จะต้องมีตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล นั่นคือ มอเตอร์ซึ่งจะมีการเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายใน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านจนครบวงจร โดยจะเกิดต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมอเตอร์แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

1. มอเตอร์กระแสไฟสลับ (AC.Motor)
2. มอเตอร์กระแสไฟตรง (DC.Motor)

ในการติดตั้งมอเตอร์ทั่วไปนิยมใช้มอเตอร์กระแสไฟสลับ เพราะสะดวกและสามารถใช้งานได้กว้างขวาง

3.1.4 ระบบควบคุมมอเตอร์

โดยทั่ว ๆ ไประบบควบคุมและป้องกันอันตรายมอเตอร์ใช้ระบบประสมสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้สตาร์ทมอเตอร์พร้อมคู่สายต้นกำลัง วิธีสตาร์ทมอเตอร์และหยุดการกระทำจากแผงสวิตช์บอร์ดที่อยู่ใกล้ ๆ ตำแหน่งใช้งานมอเตอร์เพื่อความปลอดภัยสวิตช์สตาร์ทที่รวมทั้งใกล้ตัวมอเตอร์นั้น ๆ เองและที่แผงวงจร

ระบบควบคุมมอเตอร์นอกจากจะใช้ควบคุมสตาร์ทและหยุดเดินมอเตอร์แล้ว ยังต้องสามารถป้องกันอันตรายอื่น ๆ ได้อีก เช่น จากการโอเวอร์โหลด แรงดันต่ำลงเกินไปจนควรรวมมอเตอร์เริ่มสะดุด ในสภาวะดังกล่าวสวิตช์จะต้องเปิดออกตัดไฟได้โดยอัตโนมัติ เพื่อป้องกันให้มอเตอร์ต้องชำรุดเสียหาย หรือในกรณีเกิดลัดวงจรขึ้นในมอเตอร์อีกด้วยเช่นเดียวกัน ระบบควบคุมมอเตอร์จะต้องยอมให้กระแสขณะสตาร์ทซึ่งเป็นกระแสจำนวนมากไหลผ่านไปไม่ได้หรือโอเวอร์มอเตอร์นาน ๆ ไม่ได้เด็ดขาด ฉะนั้นการที่จะตั้งปริมาณกระแสที่ยอมให้ผ่านไปได้จะตั้งต่ำเกิน ไปไม่ได้ มอเตอร์ก็จะสตาร์ทหมุนไม่ติด มอเตอร์ตัวใดที่ต้องสตาร์ทและหยุดเป็นอัตโนมัติ มอเตอร์ตัวนั้น ๆ จะต้องไม่กระทำอันตรายไฟฟ้าแก่บุคลากรได้เลย

อุปกรณ์ป้องกันอันตรายอื่น ๆ ที่ควรที่เพิ่ม ได้แก่ เครื่องตรวจอุณหภูมิเบร้ง และเครื่องตรวจอุณหภูมิขดลวด จำไว้ว่ามอเตอร์ที่โอเวอร์โหลดในระยะเวลาสั้น ๆ เป็นการชั่วคราวขณะใช้งานจะทำให้อายุการใช้งานลดลงมา เช่น ลดจาก 12 ปี เหลือ 10 ปี ในกรณีเช่นนี้อาจยอมให้โอเวอร์โหลดได้บ้างและคุ้มกว่าต้องหยุดงาน ซึ่งผู้ควบคุมจะต้องตัดสินใจเรื่องนี้ได้ทันการด้วยตัวเอง

การหาค่ากำลังมอเตอร์

$$\text{กำลังมอเตอร์หาได้จาก } P = \frac{2\pi RFn}{60} \dots\dots\dots 3.9$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ $746 \text{ Watt} = 1 \text{ Hp}$ 3.10

3.1.6 เพลาส่งกำลัง

วัสดุที่ใช้ทำเพลาทัวไปคือเหล็กกล้าละมุน (mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานต่อแรงกระตุกเป็นพิเศษแล้วมักใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่น ๆ ทำเพลา โดยเพลามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 มิลลิเมตร มักจะกลึงมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนซึ่งผ่านการรีดร้อน อย่งไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา

การออกแบบเพลา

ของวัสดุเหนียว ความแข็งแรงของเพลจะถูกบังคับโดยทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด จะใช้พิจารณาที่ทำจากวัสดุเหนียวและเพลากลม เพลาก็จะทำจากวัสดุเปราะ ในการออกแบบจะถูกบังคับโดยทฤษฎีความเค้นสูงสุด

โดยเราจะออกแบบเพลาเพื่อหาขนาดโดยอาศัยทฤษฎีความเสียหาย

ความต้านแรงเฉือนครากหาได้จาก $\tau_y = 0.6\sigma_y$ 3.13

ความเค้นเฉือนออกแบบหาได้จาก $\tau_n = \tau_y / N \quad \tau_n = \frac{\tau_y}{N}$ 3.14

ความเค้นเฉือนสูงสุดหาได้จาก $\tau = \frac{T r}{J} = \frac{16 T}{\pi d^3}$ 3.15

3.1.7 โซ่

การขับโซ่มีโซ่อยู่มากทางด้านงานเครื่องจักรกล เนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับการขับด้วยสายพาน โซ่จะคล้องอยู่กับล้อโซ่หรือเฟืองโซ่ (sprocket) ซึ่งติดอยู่บนเพลาดับและเพลาดำตาม อัตราทดของการขับจะขึ้นอยู่กับขนาดของเฟืองโซ่ทั้งสอง

ในทางปฏิบัติการคำนวณหาขนาดโซ่ มักจะใช้วิธีเลือกขนาดโซ่จากแคตตาล็อกของบริษัทผู้ผลิตโซ่ หลังจากทีเลือกขนาดโซ่แล้ว อาจตรวจสอบว่าโซ่ใช้งานได้หรือไม่ ด้วยสมการ

$$F = \frac{F_b}{N_b} \dots\dots\dots 3.16$$

โดยที่ F_b = แรงแตกหักน้อยที่สุดของโซ่

N_b = ค่าความปลอดภัย อยู่ในช่วง 7 ถึง 15

เมื่อทราบระยะห่างระหว่างศูนย์กลางโซ่โดยประมาณแล้วก็อาจหาจำนวนข้อโซ่ได้

จากสมการ

$$x = \frac{2C}{p} + \frac{Z+z}{2} + \left[\left(\frac{Z-z}{2\pi} \right)^2 \left(\frac{p}{C} \right) \right] \dots\dots\dots 3.17$$

โดยที่ x = จำนวนข้อโซ่หรือจำนวนพิตช์ของโซ่ (ต้องเป็นเลขคู่)

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางโซ่

p = ระยะพิตช์โซ่

z = จำนวนฟันบนพีเนียน

Z = จำนวนฟันบนของฟันโซ่

หลังจากทราบจำนวนข้อโซ่ที่แน่นอนแล้วจึงคำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ที่แท้จริงได้จากสมการ

$$C = \frac{p}{4} \left[x - \left(\frac{Z+z}{2} \right) + \sqrt{\left(x - \frac{Z+z}{2} \right)^2 - \left(\frac{Z-z}{\pi} \right)^2} \right] \dots\dots\dots 3.18$$

3.2 การคำนวณ

3.2.1 การคำนวณอัตราการผลิตที่ต้องการ

ต้องการตัดมะเขือเทศอบแห้ง 500 กิโลกรัม/เดือน ซึ่ง 1 เดือนทำงานประมาณ 25 วัน

$$\text{จะได้ } \frac{500}{25} = 20 \text{ กิโลกรัมต่อวัน}$$

$$\text{ใน 1 วัน ทำงาน 8 ชั่วโมง จะได้ } \frac{20}{8} = 2.5 \text{ กิโลกรัมต่อชั่วโมง}$$

$$\text{หรือ } \frac{2.5}{60} = 0.0415 \text{ กิโลกรัมต่อนาที}$$

ดังนั้นอัตราการผลิตที่ต้องการประมาณ 0.05 กิโลกรัมต่อนาที หรือ 50 กรัม ต่อนาที

3.2.2 การคำนวณความเร็วการหมุนของฐานรองทางทฤษฎี

กำหนดให้เส้นผ่านศูนย์กลางของฐานรองมีขนาด 4 นิ้ว

$$\text{เพราะฉะนั้น 1 รอบจะหมุนได้ } \pi(4 \times 2.54) = 31.92 \text{ เซนติเมตร}$$

สมมติให้เส้นผ่านศูนย์กลางของมะเขือเทศอบแห้งยาว 3.5 เซนติเมตรโดยเฉลี่ย

$$\text{ดังนั้นต้องหมุนป้อนมะเขือเทศอบแห้ง เท่ากับ } \frac{31.92}{3.5} = 9.12 \approx 9 \text{ ชั้น}$$

และมะเขือเทศ 50 ชั้น หนักประมาณ 50 กรัม

ถ้า 9 ชั้น ของการป้อน ใบมีดจะหมุนได้ 1 รอบ

$$\text{ดังนั้น 50 ชั้น ของการป้อน ใบมีดจะหมุนได้ } \frac{50}{9} = 55.55 \text{ รอบ}$$

ความเร็วการหมุนใบมีดทางทฤษฎี คือ 55.55 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การคำนวณระบบส่งกำลัง

เนื่องจากว่าต้องการตัดมะเขือเทศให้มีขนาด 1 เซนติเมตร x 1 เซนติเมตร โดยใช้ตัวฐานลูกกลิ้งรองตัดเท่ากับ 4 นิ้วได้ เส้นรอบวง $= \pi(2.54 \times 4) = 31.92 \approx 32$ เซนติเมตร

ใน 1 รอบ ใบมีดตัดตามแนวขวางจะต้องทำการตัด 32 ครั้งต่อ 1 รอบ ของฐานรองตัด สำหรับลูกเบี้ยว 1 รอบ จะสามารถกลใบมีดตัดตามขวางได้ 4 ครั้ง

เพลลาของลูกเบี้ยวจะต้องหมุนได้ $\frac{32}{4} = 8$ รอบต่อ 1 รอบของฐานรองตัด

เพราะฉะนั้น ต้องทำการทดรอบจากฐานรองตัดมาเพลลาของลูกเบี้ยวในอัตรา $\frac{1}{8}$

จึงทำการทดรอบ 2 ครั้งคือ

ครั้งที่ 1 ทำการทดรอบให้มีเลขตัวใหญ่ซึ่งอยู่บนเพลลาฐานรองตัดมีขนาดใหญ่เป็น 4 เท่าของมุมเล็บบนเพลลาที่ใช้ในการทดรอบ ดังนั้นเพลลาที่ใช้ในการทดรอบจึงมีความเร็วรอบจึงเป็น 4 เท่าของเพลลาฐานรองตัด

ครั้งที่ 2 ทำการทดรอบใช้เฟืองโซ่เนื่องจากจะได้มีแรงขับที่มากขึ้น ซึ่งเฟืองโซ่ตัวใหญ่จะติดตั้งอยู่บนเพลลาทดรอบมีขนาดเป็น 2 เท่าของเฟืองโซ่ที่อยู่บนเพลลาของลูกเบี้ยว ดังนั้นจึงทำการทดรอบจาก 4 ไปเป็น 8 ได้

3.2.4 การคำนวณหาสายพาน

ใช้มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้ามี $W_p = 746$ วัตต์

ตัวประกอบการใช้งาน $N_s = 1.1$ (งานปานกลาง 8 ชม./วัน)

ดังนั้น $W_p N_s = 746(1.1) = 820.6$ วัตต์

จากสูตร $\frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$

เมื่อ $D_1 = 6.5$ เซนติเมตร

$D_2 = 18$ เซนติเมตร

$n_1 = 159$ รอบต่อนาที

จะได้ $n_2 = \frac{6.5}{18} \times 159 = 57.42$

จากรูปที่ 1. (ภาคผนวก จ) เลือกสายพานขนาดหน้าตัด A และทำการปรับรอบมาที่ 159 รอบต่อนาที

เลือก $d_p = 65$ มิลลิเมตร

อัตราทด $m_w = \frac{n_1}{n_2} = \frac{159}{57.42} = 2.769$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $D_p = m_w d_p = 2.769(65) = 179.985 \approx 180$ มิลลิเมตร

เลือก $D_p = 180$ มิลลิเมตร และ เลือก $C = 420$

$$C_{\max} = 2(d_p + D_p) = 2(65 + 180) = 490$$

$$C_{\min} = 0.7(d_p + D_p) = 0.7(65 + 180) = 171.5$$

ทดลองใช้ $C = 380$ มิลลิเมตร

ความยาวพิทซ์โดยประมาณคำนวณได้จากสมการ 3.1

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + \left[\frac{(D_p - d_p)^2}{4C} \right]$$

$$= 2(380) + 1.57(180 + 65) + \left[\frac{(180 - 65)^2}{4(380)} \right] = 1153.35$$

จากตารางที่ จ3. (ภาคผนวก จ) เลือกใช้สายพาน ได้ $L_i = 1168$ มิลลิเมตร

$$L_p = L_i + 30 = 1198 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$\text{เทียบได้เป็นนิ้ว} \quad 25.4 \text{ มิลลิเมตร} = 1 \text{ นิ้ว}$$

$$1198 \text{ มิลลิเมตร} = 47.16 \text{ นิ้ว}$$

จึงเลือกใช้สายพานมัลติขนาด A-47 นิ้ว

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคำนวณได้

จากสมการ 3.2 $C = p + \sqrt{p^2 + q}$

จากสมการ 3.3 $p = 0.25L_p = 0.393(D_p + d_p)$

$$p = 0.25(1198) = 0.393(180 + 65)$$

$$p = 203.215$$

จากสมการ 3.4 $q = 0.125(D_p - d_p)^2 = 0.125(180 - 65)^2 = 1653.125$

$$C = 203.29 + \sqrt{203.29^2 + 1653.125} = 402.32 \approx 40 \text{ มิลลิเมตร}$$

มุมสัมผัสของล้อสายพาน

จากสมการ 3.5 $\alpha = 180^\circ - \left[2 \sin^{-1} \left(\frac{D_p - d_p}{2C} \right) \right] \text{rad}$

$$= 180^\circ - \left[2 \sin^{-1} \left(\frac{180 - 65}{2(380)} \right) \right] \text{rad} = 163.47^\circ$$

ความเร็วสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{จากสมการ 3.6 } V = \pi d_p n = \pi \left(\frac{65}{1000} \right) \left(\frac{159}{60} \right) = 0.54 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง

$$\text{จากสมการ 3.7 } F = \frac{W_p}{V} = \frac{820.6}{0.54} = 1519.63 N$$

$$\text{จากตารางที่ จ4. และ จ5. (ภาคผนวก จ) } K_1 = 1.5, K_2 = 0.127$$

$$\sin^{-1} \frac{\alpha}{2} = 0.98961$$

$$V^2 = 0.54^2 = 0.2916$$

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ 3.8 } F_i &= (K_1 F + z K_2 V^2) \sin^{-1} \frac{\alpha}{2} \\ &= [1.5(1519.3) + 1(0.217)(0.2916)] 0.98961 \\ &= 2255.84 \end{aligned}$$

3.2.5 การคำนวณหาขนาดของเฟืองโซ่

$$\text{จากสูตร } \frac{n_2}{n_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$n_1 = 57.42 \text{ รอบต่อนาที}$$

$$D_1 = 14 \text{ เซนติเมตร}$$

$$D_2 = 7.5 \text{ เซนติเมตร}$$

$$n_2 = \frac{14}{7.5} \times 57.42 = 112.926 \text{ รอบต่อนาที}$$

$$\text{เพราะฉะนั้น } m_w = \frac{n_2}{n_1} = \frac{112.926}{57.42} = 1.97$$

$$\text{ฟันบนที่เขียน } Z = 35 \text{ ฟัน}$$

$$\text{จากสูตร } z = \frac{Z}{m_w}$$

$$\text{จำนวนฟันบนเฟืองโซ่ } z = \frac{35}{1.97} = 17.76 \text{ ฟัน}$$

ดังนั้นเลือกเฟืองโซ่ขนาด 17 ฟัน

ตรงกับลักษณะการใช้งานกลุ่มที่ 2 จากตารางที่ จ6. (ภาคผนวก จ) เมื่อนำมาประกอบกับแผน
ภูมิรูปที่ จ2. (ภาคผนวก จ)

$$\text{ได้ } N_s = 1.69$$

$$\text{จากสมการ } P = W_p \times N_s$$

$$P = 746 \times 1.69 = 1260.74 \text{ วัตต์}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภูมิมุมที่ จ2. (ภาคผนวก จ) เลือกลูกโซ่ 1 ชั้น ระยะพิทช์เท่ากับ 15.875 มิลลิเมตร โซ่
โรลเลอร์ ISO/R606 10B แรงแตกหักเท่ากับ 22.27 กิโลนิวตัน

ตรวจสอบความสามารถในการรับแรงโซ่

$$\text{ความเร็วโซ่ } V = pzn = 0.015875 \times 17 \times \frac{112.926}{60} = 0.51 \text{ เมตรต่อวินาที}$$

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } F_t &= \frac{W_p}{V} \\ &= \frac{746}{0.51} = 1462.75 \text{ นิวตัน} \end{aligned}$$

$$\text{จากสมการ } F_a = \frac{W}{g} \times V^2$$

$$\text{จากตารางที่ จ7. (ภาคผนวก จ) ได้ } \frac{W}{g} = 0.85 \text{ กิโลกรัมต่อเมตร}$$

$$\text{เพราะฉะนั้น } F_a = 0.85 \times 0.51^2 = 0.221 \text{ นิวตัน}$$

$$\begin{aligned} \text{แรงดึงในโซ่ } F &= F_t + F_a \\ &= 1462.75 + 0.221 = 1462.971 \text{ นิวตัน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } N_b &= \frac{F_B}{F} \\ &= \frac{22.27}{1.462971} = 15.22 \end{aligned}$$

ค่าที่ได้ในช่วงความปลอดภัยเพราะฉะนั้นจึงสามารถใช้งานได้

จากตารางที่ จ8. (ภาคผนวก จ) โซ่ระยะพิทช์ 15.875 มิลลิเมตร ควรใช้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางประมาณ 750 มิลลิเมตร

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ } x &= \frac{2C}{p} + \frac{Z+z}{2} + \left[\left(\frac{Z-z}{2\pi} \right)^2 \left(\frac{p}{C} \right) \right] \\ &= \frac{2 \times 750}{15.875} + \frac{35+17}{2} + \left[\left(\frac{35-17}{2\pi} \right)^2 \left(\frac{15.875}{750} \right) \right] \\ &= 120.66 \text{ ซี่ } \text{ จึงเลือกใช้ } x = 121 \text{ ซี่} \end{aligned}$$

หาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางที่แท้จริง

$$\text{จากสมการ 3.17 } C = \frac{p}{4} \left[x - \left(\frac{Z+z}{2} \right) + \sqrt{\left(x - \frac{Z+z}{2} \right)^2 - \left(\frac{Z-z}{\pi} \right)^2} \right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{15.875}{4} \left[121 - \left(\frac{35+17}{2} \right) + \sqrt{\left(121 - \frac{35+17}{2} \right)^2 - \left(\frac{35-17}{\pi} \right)^2} \right]$$

$$= 753.39 \text{ มิลลิเมตร}$$

3.2.6 การคำนวณกำลังของมอเตอร์

กำลังของมอเตอร์คำนวณได้จาก สมการ 3.8

$$P = \frac{2\pi RFn}{60} \dots\dots\dots 3.8$$

เมื่อ R คือ รัศมีของแกนเพลลาของมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 0.0254
 n ความเร็วรอบของมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 159 รอบต่อนาที
 และแรงที่กระทำต่อมู่เล่ในมอเตอร์มีค่าเท่ากับ 100 N

จะได้จากสมการ 3.8

$$P = \frac{2\pi(0.0254)(1519.63)(159)}{60} = 642.68 \text{ วัตต์}$$

เนื่องจาก 746 วัตต์ = 1 แรงม้า
 ดังนั้นมอเตอร์ที่นำมาใช้ใน โรงงานนี้มีกำลังของมอเตอร์เท่ากับ 1 แรงม้า

3.3 การออกแบบเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง

3.3.1 หลักการทำงานของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง

เริ่มจากกำหนดและปรับอัตราเร็วของมอเตอร์ให้ได้ความเร็วรอบที่เราต้องการ หลังจากนั้นก็ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 2-3 นาที จึงนำมะเขือเทศที่ผ่านกรอบแห้งมาลือออกพอประมาณแล้ววางเข้าไปช่องทางเข้า มะเขือเทศอบแห้งผ่านเข้ามาลูกกลิ้งลูกที่ 1 ซึ่งจะมีใบมีดเรียงตัวห่างกัน 1 เซนติเมตรอยู่บนแกนเพลลา ทำการกดตัดมะเขือเทศอบแห้งในแนวตามยาว โดยมีลูกกลิ้งตัวใหญ่คอยรองการกดตัด หลังจากนั้นก็จะถูกส่งไปยังลูกกลิ้งตัวที่ 2 ซึ่งเป็นตัวครีคให้มะเขือเทศอบแห้ง และรับมะเขือเทศอบแห้งที่ผ่านการตัดในขั้นตอนแรกส่งไปยังการตัดในขั้นตอนที่ 2 โดยจะมีใบมีดกดตัดแนวขวางตามจังหวะของลูกเบี้ยวที่หมุนทดแทน ใบมีด ซึ่งตัวรองรับการกดของใบมีดจะเป็นลูกกลิ้งตัวเดียวกันกับการตัดในขั้นตอนที่ 1 หลังจากผ่านลูกกลิ้งตัวนี้ก็จะได้มะเขือเทศอบแห้งที่มีขนาดตามต้องการคือ 1 x 1 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดลอง

4.1 การทดลองหาขนาดเฉลี่ยของมะเขือเทศอบแห้ง

เพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยและความหนาเฉลี่ยเพื่อใช้อัตราการผลิตและระยะห่างระหว่างลูกยางป้อนกันฐานรองตัดโดยทำการทดลองดังนี้

— สุ่มมะเขือเทศอบแห้งมา 20 ชิ้น มาวัดหาเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาโดยการสุ่มวัดที่จุดต่าง ๆ แล้วนำมาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทดลองหาขนาดเฉลี่ยของมะเขือเทศอบแห้ง

4.2 การทดลองหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบของฐานรองตัดกับประสิทธิภาพการตัดและอัตราการของตัดมะเขือเทศอบแห้ง

เพื่อหาความเร็วรอบเหมาะสมที่มีผลทำให้เครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้งมีอัตราการตัดและประสิทธิภาพที่เหมาะสมที่สุด โดยทำการทดลองดังนี้

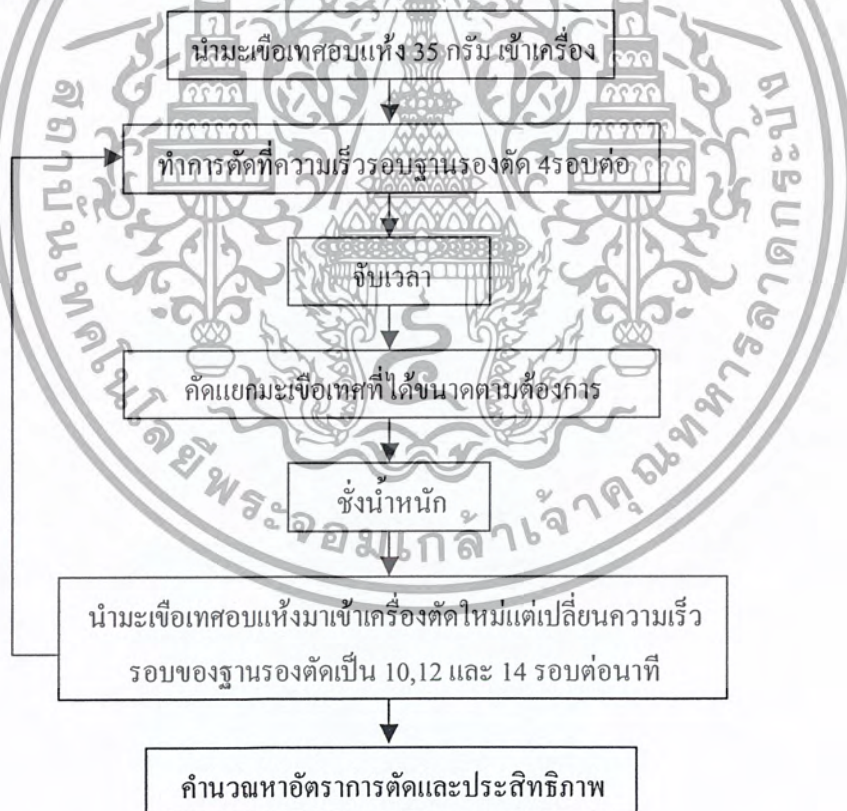
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศึกษาความเร็วรอบของฐานรองตัดที่ 4 ระดับ คือ 8,10,11 และ 12 รอบต่อนาที ชั่งน้ำหนักมะเขือเทศอบแห้งประมาณ 35 กรัม นำเข้าเครื่องตัดตามระดับความเร็วรอบข้างต้นพร้อมจับเวลา ทำการทดลอง 3 ครั้ง ในแต่ละความเร็วรอบ คัดแยกมะเขือเทศที่ได้ตามขนาดที่ต้องการไปชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณหาอัตราการตัดและประสิทธิภาพการตัด

$$\text{อัตราการตัด} = \frac{\text{น้ำหนักที่ใช้ได้}}{\text{เวลา(วินาที)}} \times \frac{3600}{1000} \text{ kg/hr}$$

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{น้ำหนักที่ใช้ได้}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100 \%$$

จากผลการทดลองที่ได้นำมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ค่าความแตกต่างทางนัยสำคัญที่น้อยที่สุด (Least Significant Difference , LSD)



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการทดลองหาอัตราการตัดและประสิทธิภาพการตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดลองการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาเฉลี่ยของมะเขือเทศอบแห้ง

จากการทดลองพบว่า ขนาดของมะเขือเทศอบแห้งมีรูปร่างลักษณะที่ไม่แน่นอน ขนาดความยาวเฉลี่ยที่ยาวที่สุดของมะเขือเทศอบแห้งเท่ากับ 34.785 มิลลิเมตร และขนาดความหนาเฉลี่ยที่หนาที่สุดของมะเขือเทศอบแห้งเท่ากับ 2.545 มิลลิเมตร

ดังนั้นจึงพิจารณานำมะเขือเทศขนาดความยาวเฉลี่ยประมาณ 35 มิลลิเมตร และความหนาประมาณ 2.6 มิลลิเมตร ไปใช้ในการออกแบบ

5.2 ผลการทดลองการหาความสัมพันธ์ของความเร็วรอบฐานรองตัดกับประสิทธิภาพและอัตราการตัดของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง

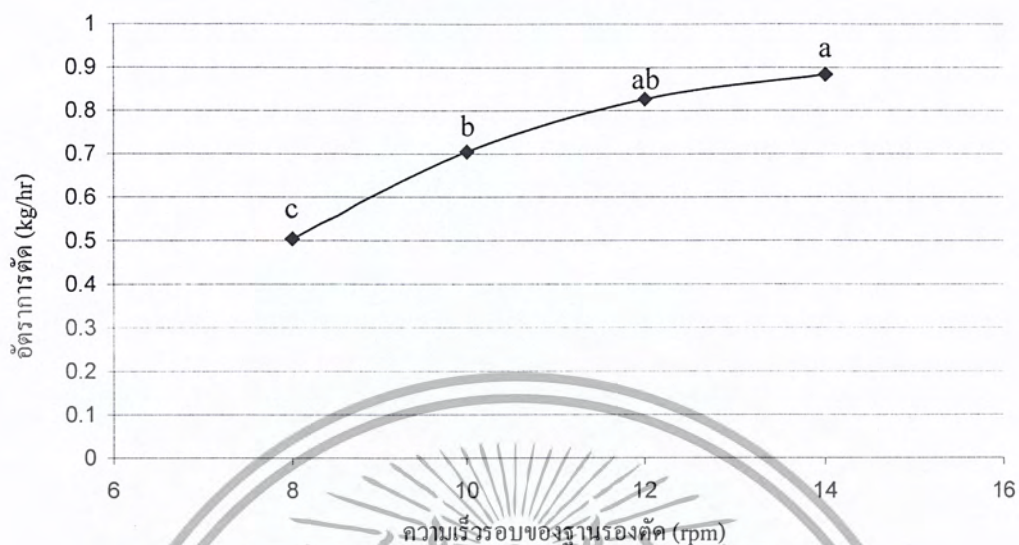
จากการทดลองเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้งสามารถตัดมะเขือเทศอบแห้งเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 1.0 เซนติเมตร ยาวระหว่าง 0.5-1.0 เซนติเมตร และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาอัตราการตัดและประสิทธิภาพการตัดของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 อัตราการตัดเฉลี่ยและประสิทธิภาพการตัดของเครื่องมะเขือเทศอบแห้งที่ความเร็วรอบฐานรองตัดที่ระดับต่างๆ

ความเร็วรอบฐานรองตัด (รอบต่อนาที)	อัตราการตัดเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ประสิทธิภาพเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
8	0.504 c	74.51 bc
10	0.705 b	82.93 a
12	0.827 ab	80.54 ab
14	0.884 a	70.67 c

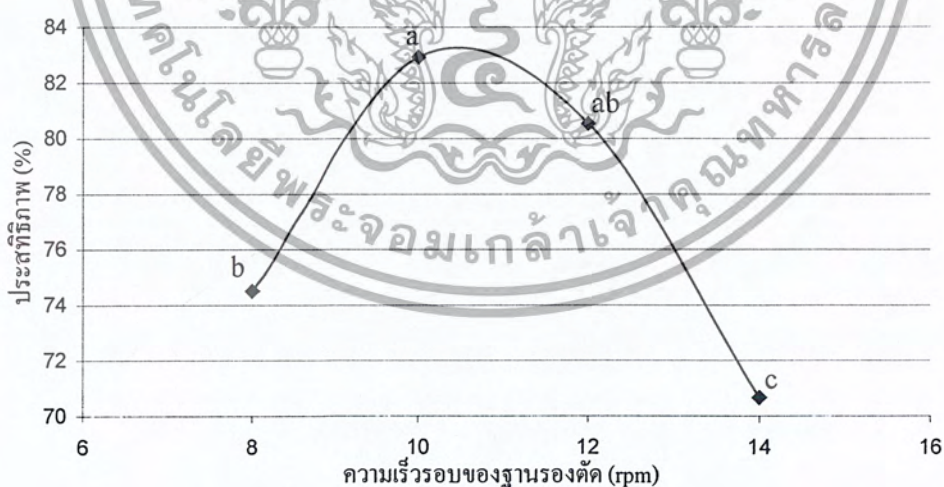
หมายเหตุ ค่าใดๆที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันแสดงความไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของฐานรองตัดกับอัตราการตัดเฉลี่ย

จากรูปที่ 5.1 เมื่อความเร็วของฐานรองตัดเพิ่มขึ้น อัตราการตัดจะเพิ่มขึ้นเป็นลักษณะเส้นตรง เนื่องจากความเร็วรอบฐานรองตัดควบคุมความเร็วการทำงานของเครื่อง เมื่อความเร็วรอบฐานรองตัดเพิ่มขึ้น ความเร็วการทำงานของเครื่องก็เพิ่มขึ้น มีผลทำให้อัตราการตัดเพิ่มขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่าความเร็วรอบฐานรองตัดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการตัด



รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของฐานรองตัดกับประสิทธิภาพของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.2 จะเห็นว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบของฐานรองตัด จาก 8 รอบต่อนาที เป็น 10 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพของเครื่องจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบของฐานรองตัด จาก 10 รอบต่อนาที เป็น 12,14 รอบต่อนาที ประสิทธิภาพจะลดลงตามลำดับ เนื่องจากเมื่อความเร็วรอบฐานรองตัดเพิ่มขึ้น แรงหนีศูนย์กลางจะมากขึ้น เมื่อแรงหนีศูนย์กลางมากกว่าแรงเสียดทานที่ผิวฐานรองตัดกระทำต่อมะเขือเทศอบแห้ง มะเขือเทศอบแห้งจึงกระเด็นออกจากระบบการตัด ประสิทธิภาพของเครื่องที่คำนวณได้จึงลดลง

5.3 การเลือกสภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของเครื่อง

จากผลการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าที่ความเร็วรอบฐานรองตัด 12 รอบต่อนาที มีประสิทธิภาพของเครื่องและอัตราการผลิตจัดอยู่ในกลุ่มที่ดีที่สุด

ดังนั้น ที่ความเร็วรอบฐานรองตัด 12 รอบต่อนาที จึงเป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการทำงาน โดยมี ประสิทธิภาพของเครื่องเป็น 80.54 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการผลิตเท่ากับ 0.827 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

5.4 การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

เปรียบเทียบจากวิธีการตัดมะเขือเทศอบแห้งด้วยเครื่องกับวิธีการตัดมะเขือเทศอบแห้ง ด้วยวิธีใช้แรงงานคน ในอัตราการผลิต 500 กิโลกรัมต่อเดือน

จากผลการทดลองที่ได้ เลือกใช้เครื่องตัดมะเขือเทศที่ความเร็วรอบฐานรองตัด 12 รอบต่อนาที สามารถตัดมะเขือเทศได้ $= 0.827 \times 8 \times 25 = 165.4$ กิโลกรัม/เดือน

มะเขือเทศอบแห้งที่ต้องการตัดปริมาณประมาณ 500 kg/เดือน

ดังนั้นต้องใช้เครื่องตัดมะเขือเทศจำนวน $= 500 / 165.4 = 3.02$ เครื่อง

หรือประมาณ 3 เครื่อง แทนการตัดด้วยแรงงานคน ซึ่งต้องใช้จำนวนคนในการตัด 10 คน

จุดคุ้มทุน $N =$ จำนวนวันที่ใช้ในการผลิต

ต้นทุนเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง

ต้นทุนคงที่

ค่าเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง 12,000 บาท x 3 เครื่อง = 36,000 บาท

ต้นทุนแปรผัน

ค่าไฟฟ้า 1.5 บาท/เครื่อง/วัน x 3 เครื่อง x N วัน = 4.5 N บาท

ค่าซ่อมบำรุง 10 % ของราคาเครื่อง

$[(24600/10) \text{บาท/เครื่อง/ปี} / (12 \text{เดือน} \times 25 \text{วัน})] \times 3 \text{เครื่อง} \times N \text{วัน} = 24.6N$ บาท

ค่าแรงงาน 165 บาท/คน/วัน x 3 คน x N วัน = 495N บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นทุนการตัดมะเขือเทศอบแห้งโดยใช้แรงงานคน

ต้นทุนคงที่

ค่าเครื่องมือ 2500 บาท

ต้นทุนแปรผัน

ค่าแรงงาน 165 บาท/คน/วัน x 10 คน x N วัน = 1650 N บาท

ค่าซ่อมบำรุง [1000 บาท/ปี / (12 เดือน x 25 วัน)] x N วัน = 3.33 N บาท

ต้นทุนของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง = ต้นทุนการตัดมะเขือเทศอบแห้งโดยใช้แรงงานคน

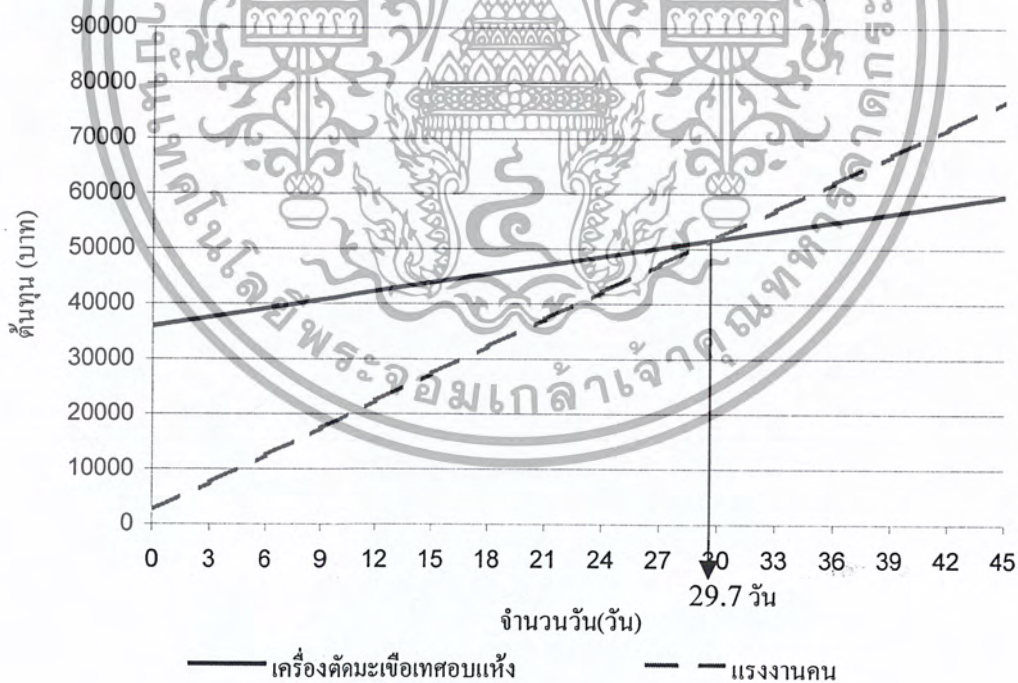
$$36000 + 4.5N + 24.6N + 495N = 2500 + 1650N + 3.33N$$

$$36000 + 524.1N = 2500 + 1653.33N$$

$$1129.23N = 33500$$

$$N = 29.66 \text{ วัน} \approx 30 \text{ วัน}$$

จากการคำนวณจุดคุ้มทุน ถ้าใช้เครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้งจะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 30 วัน หรือหมายถึง เมื่อใช้เครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้งไป 30 วัน จะมีต้นทุนเท่ากับการตัดมะเขือเทศอบแห้งโดยใช้แรงงานคน



รูปที่ 5.3 แสดงแผนภูมิวิเคราะห์จุดคุ้มทุนของเครื่องมือเทียบกับแรงงานคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผล

1. สามารถสร้างเครื่องต้นแบบโดยใช้วิธีการตัด 2 แนว คือ แนวแรกใช้ทำการตัดตามยาว และแนวที่สองใช้การตัดตามขวางบนลูกกลิ้งรูปเปอร์รีลิน โดยมีชุดลูกยางลำเดียวระหว่างใบมีด 2 แนว เครื่องต้นแบบสามารถตัดมะเขือเทศอบแห้งเป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาดความกว้าง 1.0 เซนติเมตร ความยาวระหว่าง 0.5-1.0 เซนติเมตร

2. เครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้งสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ได้มีความถี่ที่เหมาะสมต่อการทำงานที่ความเร็วรอบ 12 รอบต่อวินาที มีประสิทธิภาพ 80.54 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราการตัด 0.285 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

6.2 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาและปรับปรุงเครื่อง

1. อุปกรณ์ที่เป็นชิ้นส่วนของเครื่องควรเป็นวัสดุที่ปลอดภัยกับผลิตภัณฑ์อาหาร ในการสร้างเครื่องต้นแบบ เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายจึงเลือกใช้เหล็กฉาก เป็นวัสดุสำหรับโครงสร้างเครื่อง และลูกยางสีดำเป็นวัสดุที่ใช้ในระบบการตัด ซึ่งไม่ปลอดภัยต่ออาหาร ดังนั้นในการสร้างเครื่องสำหรับอุตสาหกรรม จึงควรเลือกใช้เหล็กปลอดสนิม (Stainless Steel) และลูกยางพลาสติกแข็งชนิดรูปเปอร์รีลิน ซึ่งมีคุณสมบัติแข็ง ผิวหนาแน่น และทนต่อแรงเสียดทาน

2. เพิ่มขนาดของเครื่อง เพื่อเพิ่มอัตราการผลิต และสะดวกต่อการติดตั้ง ทำความสะอาด และซ่อมบำรุง โดยเพิ่มขนาดของฐานรองตัด ทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวของลูกกลิ้ง แต่ไม่เปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดชุดที่ 1 และชุดลูกยางตัวป้อน

เนื่องจากเครื่องต้นแบบมีขนาดเล็ก จึงมีช่องว่างระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ น้อย ยากต่อการติดตั้ง ทำความสะอาดและซ่อมบำรุง และเครื่องต้นแบบสามารถตัดมะเขือเทศอบแห้งได้เพียงครั้งละ 1 ชิ้น การเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางฐานรองตัดจะช่วยทำให้ระยะห่างระหว่างแต่ละอุปกรณ์มากขึ้น และการเพิ่มความยาวฐานรองตัดจะทำให้สามารถตัดมะเขือเทศอบแห้งได้มากกว่า 1 ชิ้นต่อครั้ง

3. เพิ่มการส่งกำลังด้วยเฟืองโซ่ให้กับชุดลูกยาง เพื่อเพิ่มแรงในเชิงมุมที่ชุดลูกยางใช้ดึงมะเขือเทศอบแห้งให้ได้เพียงพอดตามระยะที่คำนวณ ได้ของการตัดในแนวที่ 2

4. เพิ่มชุดลูกยางตัวป้อน ทั้งก่อนการตัด และหลังการ เพื่อป้อนมะเขือเทศอบแห้งเข้าสู่ใบมีดที่ 1 อย่างต่อเนื่อง และช่วยดึงมะเขือเทศอบแห้งที่ตัดแล้วออกจากใบมีดที่ 2 ไม่ให้เกิดการตัดซ้ำโดยไม่ไ้ระยะ จะสามารถลดการสูญเสียในการตัด และเพิ่มประสิทธิภาพได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปรับปรุงระบบส่งกำลังของเครื่อง

เครื่องต้นแบบใช้อินเวอร์เตอร์ปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้า ในการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ ช่วงความถี่ที่ใช้คือ 4–7 เฮิรซ์ ซึ่งคิดประสิทธิภาพของมอเตอร์ได้เพียง 0.06–0.11 เท่านั้น จึงขาดแรงในเชิงมุมจากมอเตอร์ในการขับเคลื่อนระบบ ทำให้ระบบเกิดการติดขัด เกิดการกระชากของกระแสบ่อย และไม่สามารถทำงานที่ความเร็วรอบต่างๆได้ สามารถปรับปรุงได้โดยการ

5.1 เพิ่มขนาดมูเลย์ต์ตัวขับเคลื่อน บนเพลาทดกำลัง เพื่อลดแรงที่ระบบต้องการ

5.2 ใช้ Gear Box ทดรอบมอเตอร์ เพื่อลดความเร็วรอบมอเตอร์ และเพิ่มแรงในเชิงมุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. วิณา จิรัจฉริยากุล, *อุตสาหกรรมข้อมูลสมุนไพร*, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2543.
2. Spinu K. et.al., Antiviral activity of tomato side from *Lycopersicon esculentum*.
Adv. Exp. Med. Biol. 1996.
3. J. Benton Jones, Jr. *Tomato Plant Culture* CRC Press LLC 1999.
4. เอกสารการสอนชุด การถนอมและการแปรรูปอาหาร หน่วยที่1-7, สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2543 .
5. เอกสารการสอนชุด การถนอมและการแปรรูปอาหาร หน่วยที่ 8-15, สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2543 .
6. ผศ.ดร.วิไล รังสาดทอง, *เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร*, พิมพ์ครั้งที่ 1 , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. พ.ศ. 2543.
7. วรพงษ์ ศรีวงษ์คง .*การออกแบบเครื่องจักรกล 1*, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. พ.ศ. 2531.
8. ดร.วิวิธ อึ้งภากรณ์ และ ชาญณัดงาน, *การออกแบบเครื่องจักรกล 1* , บ.ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด, พิมพ์ครั้งที่10, พ.ศ. 2537.
9. ดร.วิวิธ อึ้งภากรณ์ และ ชาญณัดงาน, *การออกแบบเครื่องจักรกล 2* , บ.ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด, พิมพ์ครั้งที่10, พ.ศ. 2541.
10. กรมมนต์ สุประเสริฐ, *ทฤษฎีและตัวอย่างโจทย์การออกแบบเครื่องจักรกล* ,
Mc Graw Hill International Enterprise Inc. พ.ศ. 2539.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
แสดงผลการทดลองเพื่อหาขนาดต่างๆ ของมะเขือเทศอบแห้ง, อัตราการตัดและประสิทธิภาพของเครื่อง
ต้นแบบสำหรับตัดมะเขือเทศอบแห้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก1. แสดงขนาดต่างๆของมะเขือเทศอบแห้ง

ชั้นที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)		ความหนา มะเขือเทศ (มม.)		
	แกนเอก	แกนโท	1	2	3
1	31.0	20.5	3.1	3.2	1.8
2	39.1	35.1	0.5	2.1	1.8
3	41.0	42.6	3.3	4.1	2.8
4	33.2	28.9	3.2	1.9	1.6
5	35.4	26.2	1.1	2.9	0.9
6	37.2	24.3	3.7	2.5	1.0
7	32.8	28.7	2.1	1.5	2.5
8	23.6	27.5	1.2	2.3	3.4
9	37.1	31.8	2.9	1.6	1.9
10	36.5	23.7	2.3	1.8	1.3
11	39.1	25.4	0.9	1.8	1.2
12	31.6	28.0	3.6	2.8	3.0
13	32.2	37.8	2.9	3.0	1.1
14	42.5	38.6	2.7	2.4	1.2
15	43.0	31.9	1.9	2.2	2.3
16	39.7	27.4	3.2	2.3	2.5
17	41.9	29.21	2.6	2.0	3.5
18	37.8	28.6	1.9	3.1	2.7
19	35.8	28.3	3.2	3.5	3.1
20	37.4	31.5	2.35	3.9	2.2
เฉลี่ย	34.785	29.8005	2.4325	2.545	2.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก2. แสดงน้ำหนักมะเขือเทศอบแห้งที่ได้ ณ ความเร็วรอบลูกถึงฐานรองตัดที่ระดับต่างๆ

ความเร็วรอบ ฐานรองตัด (rpm)	ครั้งที่	น้ำหนัก (กรัม)			เวลา (วินาที)	อัตราการตัด (Kg /hr)	ประสิทธิภาพ (%)
		ก่อนตัด	ที่ใช้ได้	สูญเสีย			
4	1	35.48	26.47	9.01	184	0.518	74.61
	2	35.23	26.74	8.49	189	0.509	75.90
	3	35.67	26.05	9.62	193	0.486	73.03
เฉลี่ย		35.46	26.42	9.04	189	0.504	74.51
5	1	35.06	30.30	4.76	140	0.682	86.42
	2	35.17	29.41	5.76	147	0.720	83.62
	3	35.20	27.72	7.48	140	0.713	78.75
เฉลี่ย		35.41	29.143	6.093	149	0.705	82.93
6	1	35.63	27.60	8.03	135	0.736	77.46
	2	35.35	29.79	5.54	121	0.886	84.27
	3	35.50	28.36	7.14	119	0.858	79.89
เฉลี่ย		35.49	28.583	6.093	170	0.827	80.54
7	1	35.87	25.47	10.40	97	0.945	71.01
	2	35.62	24.68	10.94	103	0.863	69.29
	3	35.29	25.31	9.98	108	0.844	71.72
เฉลี่ย		35.59	35.53	10.44	103	0.884	70.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

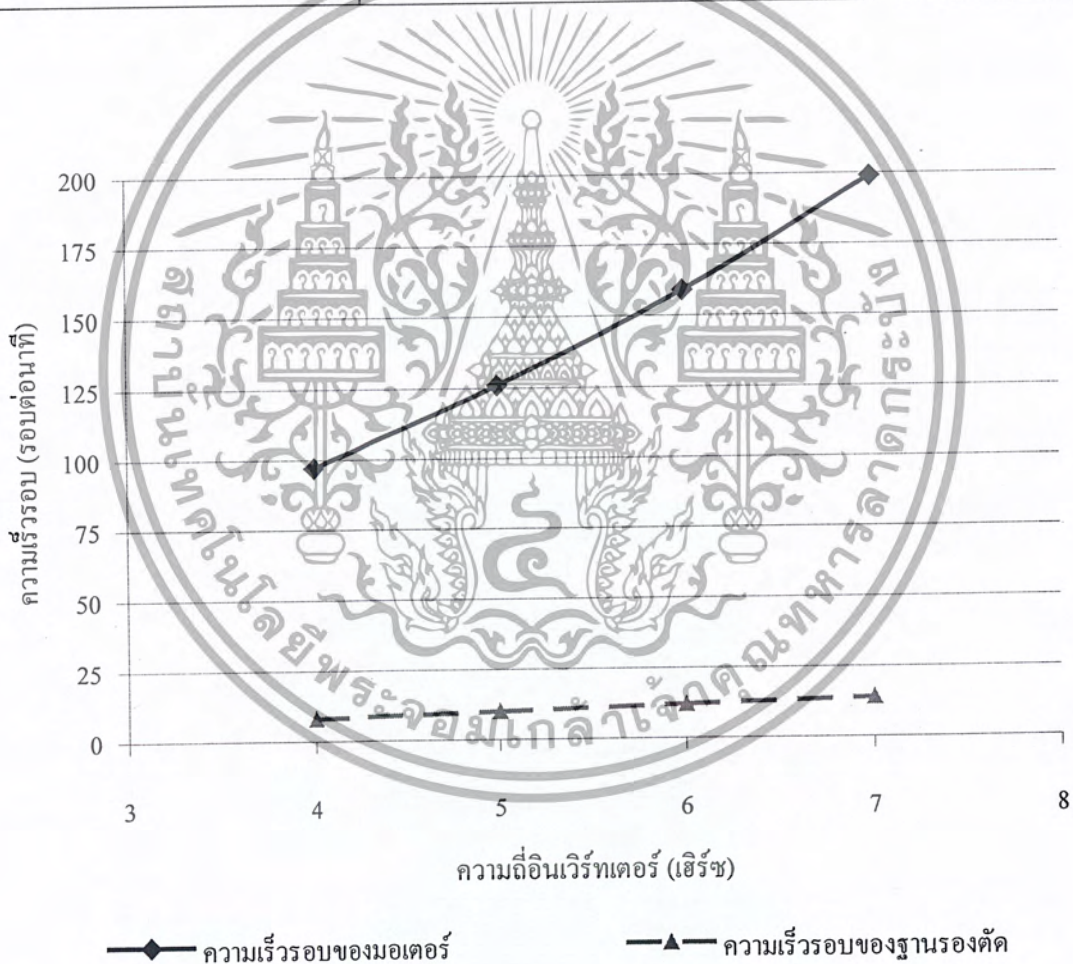
ภาคผนวก ข
ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์และฐานรองตัดกับความถี่ของอินเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข1. เปรียบเทียบความเร็วรอบมอเตอร์และความเร็วรอบลูกกิ้งรอตกับความเร็วของอินเวอร์เตอร์

ความเร็วของอินเวอร์เตอร์ (Hz)	ความเร็วรอบมอเตอร์ (rpm)	ความเร็วรอบลูกกิ้งรอต (rpm)
4	97	8
5	126	10
6	159	12
7	199	14



รูปที่ ข1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์และความเร็วรอบลูกกิ้งรอตกับความเร็วของอินเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการวิเคราะห์ทางสถิติ

ความเร็วรอบเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการตัดและอัตราการตัด จึงแยกการวิเคราะห์ทางสถิติออกเป็นการวิเคราะห์ระหว่างความเร็วรอบกับประสิทธิภาพ และการวิเคราะห์ระหว่างความเร็วรอบกับอัตราการตัด โดย

1. วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว (One-way Analysis of Variance: ANOVA)
2. เปรียบเทียบข้อมูลค่าเฉลี่ยโดยการทดสอบแบบคู่ ใช้เกณฑ์ค่าความแตกต่างทางนัยสำคัญที่น้อยที่สุด (Least significant difference , LSD)

การวิเคราะห์ระหว่างความเร็วรอบฐานรองตัดกับประสิทธิภาพเฉลี่ย

จากภาคผนวก ก. สามารถนำมาคำนวณความแตกต่างของประสิทธิภาพเฉลี่ยโดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน จำแนกทางเดียว โดยมีความเร็วรอบฐานรองตัดเป็นตัวแปรต้นและประสิทธิภาพเป็นตัวแปรตาม ใช้โปรแกรม EXCEL ในการคำนวณ ได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้
กำหนดให้ ค่า $\alpha = 0.05$

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
8 rpm	3	223.54	74.51333	2.066233		
10 rpm	3	248.79	82.93	15.0643		
12 rpm	3	241.62	80.54	11.9109		
14 rpm	3	212.02	70.67333	1.561233		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	281.3968	3	93.79892	12.26023	0.00232	4.06618
Within Groups	61.20533	8	7.650667			
Total	342.6021	11				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าสถิติ F ที่โปรแกรมคำนวณมาได้มีค่ามากกว่า ค่า F_{crit} สามารถสรุปได้ว่า มีอย่างน้อย 2 ความเร็วรอบฐานรองตัด ที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ไม่สามารถบอกได้ว่า ความเร็วรอบฐานรองตัดคู่ใดที่มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบแบบคู่ โดยกระทำดังนี้

	8 rpm	10 rpm	12 rpm	14 rpm
ประสิทธิภาพรวมของแต่ละความเร็วรอบฐานรองตัด	223.54	248.79	241.62	212.02
ประสิทธิภาพเฉลี่ย	$223.54 / 3$ = 74.51	$248.79 / 3$ = 82.93	$241.62 / 3$ = 80.54	$212.02 / 3$ = 70.67

เรียงลำดับค่าประสิทธิภาพเฉลี่ยตามลำดับจากมากไปน้อย

	10 rpm	12 rpm	8 rpm	14 rpm
ประสิทธิภาพเฉลี่ย	82.93	80.54	74.51	70.67

หาค่า standard error, SE ของค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย โดยถอดรากที่สองของค่า MS ความคลาดเคลื่อนที่หารด้วยจำนวนการทดลอง

$$SE = \sqrt{\frac{71.65}{3}}$$

$$= 1.6$$

หาค่าแตกต่างน้อยสุดที่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (Least significant difference, LSD) โดยใช้ ตารางที่ ง.4 ในกรณีนี้ 4 ทริทเมนต์ df ของความคลาดเคลื่อนเป็น 8 ดังนั้นจึงได้ค่าจากตารางเป็น 4.53 ค่า LSD ได้จากผลคูณค่าจากตารางด้วยค่า SE

$$LSD = 1.6 \times 4.53$$

$$= 7.248$$

ความเร็วรอบฐานรองตัด 2 ความเร็วรอบฐานรองตัดใด ๆ ที่ต่างกันเท่ากับหรือมากกว่า 7.248 แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 5 %

คำนวณความแตกต่างระหว่างความเร็วรอบฐานรองตัด โดยเปรียบเทียบความเร็วรอบฐานรองตัดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดกับความเร็วรอบฐานรองตัดอื่น โดยเริ่มจากความเร็วรอบฐานรองตัดที่มีค่าประสิทธิภาพน้อยที่สุด จนกว่าไม่พบความแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 rpm กับ 14 rpm = $82.93 - 70.67 = 12.26 > 7.248$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 5 %

10 rpm กับ 8 rpm = $82.93 - 74.51 = 8.42 > 7.248$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 5 %

10 rpm กับ 12 rpm = $82.93 - 80.54 = 2.39 < 7.248$ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 5 %

สรุปว่าความเร็วรอบฐานรองตัด 10 rpm มีประสิทธิภาพมากกว่า ความเร็วรอบฐานรองตัด 14 rpm และ 8 rpm อย่างมีนัยสำคัญ

ทดสอบต่อไปว่าความเร็วรอบฐานรองตัดที่มีประสิทธิภาพเฉลี่ยเป็นอันดับ 2 คือความเร็วรอบฐานรองตัดที่ 12 rpm แตกต่างจากความเร็วรอบฐานรองตัดใด

12 rpm กับ 14 rpm = $80.54 - 70.67 = 9.87 > 7.248$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 5 %

12 rpm กับ 8 rpm = $80.54 - 74.51 = 6.03 < 7.248$ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 5 %

ความเร็วรอบฐานรองตัด 12 rpm มีประสิทธิภาพมากกว่า ความเร็วรอบฐานรองตัด 14 rpm อย่างมีนัยสำคัญ

สุดท้ายทดสอบต่อไปอีกว่าความเร็วรอบฐานรองตัด 8 rpm แตกต่างจากความเร็วรอบฐานรองตัด 14 rpm หรือไม่

8 rpm กับ 14 rpm = $74.51 - 70.67 = 3.84 < 7.248$ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 5 %

สามารถแสดงผลการทดสอบ โดยการใช้ตัวอักษรท้ายตัวเลขเฉลี่ย เพื่อแสดงความแตกต่าง

	10 rpm	12 rpm	8 rpm	14 rpm
ประสิทธิภาพเฉลี่ย	82.93a	80.54ab	74.51bc	70.67c

ค่าเฉลี่ย 2 ค่าใด ๆ ที่ไม่ได้ตามด้วยอักษรเดียวกันมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 %

การทดสอบนี้สามารถสรุปได้ว่า ความเร็วรอบฐานรองตัด 10 rpm จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่ก็ไม่ได้แตกต่างอย่างชัดเจนกว่าความเร็วรอบฐานรองตัด 12 rpm

การวิเคราะห์ระหว่างความเร็วรอบกับอัตราการตัดเฉลี่ย

จากภาคผนวก ก. สามารถนำมาคำนวณความแตกต่างของอัตราการตัด โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนกทางเดียว โดยมีความเร็วรอบฐานรองตัดเป็นตัวแปรต้นและอัตราการตัดเฉลี่ยเป็น ตัวแปรตาม ใช้โปรแกรม EXCEL ในการคำนวณ ได้ค่าต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ ค่า $\alpha = 0.05$

Anova: Single Factor				
SUMMARY				
Groups	Count	Sum	Average	Variance
8 rpm	3	1.513	0.504333	0.000272
10 rpm	3	2.115	0.705	0.000409
12 rpm	3	2.480	0.826667	0.006361
14 rpm	3	2.652	0.884	0.002881

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0.253833	3	0.084611	34.10469	6.61E-05	4.06618
Within Groups	0.019847	8	0.002481			
Total	0.27368	11				

จากค่าสถิติ F ที่โปรแกรมคำนวณมาได้มีค่ามากกว่า ค่า F crit สามารถสรุปได้ว่า มีอย่างน้อย 2 ความเร็วรอบฐานรองตัด ที่มีอัตราการตัดเฉลี่ยแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ไม่สามารถบอกได้ว่า ความเร็วรอบฐานรองตัดคู่ใดที่มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบแบบคู่ โดยกระทำดังนี้

	8 rpm	10 rpm	12 rpm	14 rpm
อัตราการตัดรวมของแต่ละ ความเร็วรอบฐานรองตัด	1.513	2.115	2.48	2.652
อัตราการตัดเฉลี่ย	1.513/ 3 = 0.504333	2.115/ 3 = 0.705	2.48/ 3 = 0.826667	2.652/ 3 = 0.884

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียงลำดับค่าอัตราการตัดเฉลี่ยตามลำดับจากมากไปน้อย

	14 rpm	12 rpm	10 rpm	8 rpm
อัตราการตัดเฉลี่ย	0.884	0.826667	0.705	0.504333

หาค่า standard error , SE ของค่าประสิทธิภาพเฉลี่ย โดยถอดรากที่สองของค่า MS ความคลาดเคลื่อนที่หารด้วยจำนวนการทดลอง

$$SE = \sqrt{\frac{0.002481}{3}}$$

$$= 0.0288$$

หาค่าแตกต่างน้อยสุดที่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (Least significant difference , LSD) โดยใช้ ตารางที่ ง4 ในกรณีนี้ 4 ทริทเมนต์ df ของความคลาดเคลื่อนเป็น 8 ดังนั้นจึงได้ค่าจากตารางเป็น 4.53 ค่า LSD ได้จากผลคูณค่าจากตารางด้วยค่า SE

$$LSD = 0.0288 \times 4.53$$

$$= 0.12384$$

ความเร็วรอบฐานรองตัด 2 ความเร็วรอบฐานรองตัดใด ๆ ที่ต่างกันเท่ากับหรือมากกว่า 0.12384 แสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 5 %

คำนวณความแตกต่างระหว่างความเร็วรอบฐานรองตัด โดยเปรียบเทียบความเร็วรอบฐานรองตัดที่อัตราการตัดสูงสุดกับความเร็วยุทธฐานรองตัดอื่น โดยเริ่มจากความเร็วยุทธฐานรองตัดที่มีค่าอัตราการตัดน้อยที่สุด จนกว่าไม่พบความแตกต่าง

$$14 \text{ rpm กับ } 8 \text{ rpm} = 0.884 - 0.504333 = 0.37966 > 0.12384 \text{ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ } 5\%$$

$$14 \text{ rpm กับ } 10 \text{ rpm} = 0.884 - 0.705 = 0.179 > 0.12384 \text{ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ } 5\%$$

$$14 \text{ rpm กับ } 12 \text{ rpm} = 0.884 - 0.826667 = 0.057333 < 0.12384 \text{ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ } 5\%$$

สรุปว่าความเร็วรอบฐานรองตัด 14 rpm มีอัตราการตัดเฉลี่ยมากกว่า ความเร็วรอบฐานรองตัด 10 rpm และ 8 rpm อย่างมีนัยสำคัญ

ทดสอบต่อไปว่าความเร็วรอบฐานรองตัดที่มีอัตราการตัดเฉลี่ยเป็นอันดับ 2 คือความเร็วรอบฐานรองตัดที่ 12 rpm แตกต่างจากความเร็วรอบฐานรองตัดใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 rpm กับ 8 rpm = $0.826667 - 0.504333 = 0.322334 > 0.12384$ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
ที่ระดับ 5 %

12 rpm กับ 10 rpm = $0.826667 - 0.705 = 0.121667 < 0.12384$ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ที่ระดับ 5 %

สุดท้ายสอบต่อไปอีกว่าความเร็วรอบฐานรองตัด 10 rpm แตกต่างจากความเร็วรอบฐานรองตัด 8 rpm หรือไม่

10 rpm กับ 8 rpm = $0.705 - 0.504333 = 0.200667 > 0.12384$ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
ที่ระดับ 5 %

ความเร็วรอบฐานรองตัด 10 rpm มีอัตราการตัดเฉลี่ยมากกว่า ความเร็วรอบฐานรองตัด 8 rpm
อย่างมีนัยสำคัญ

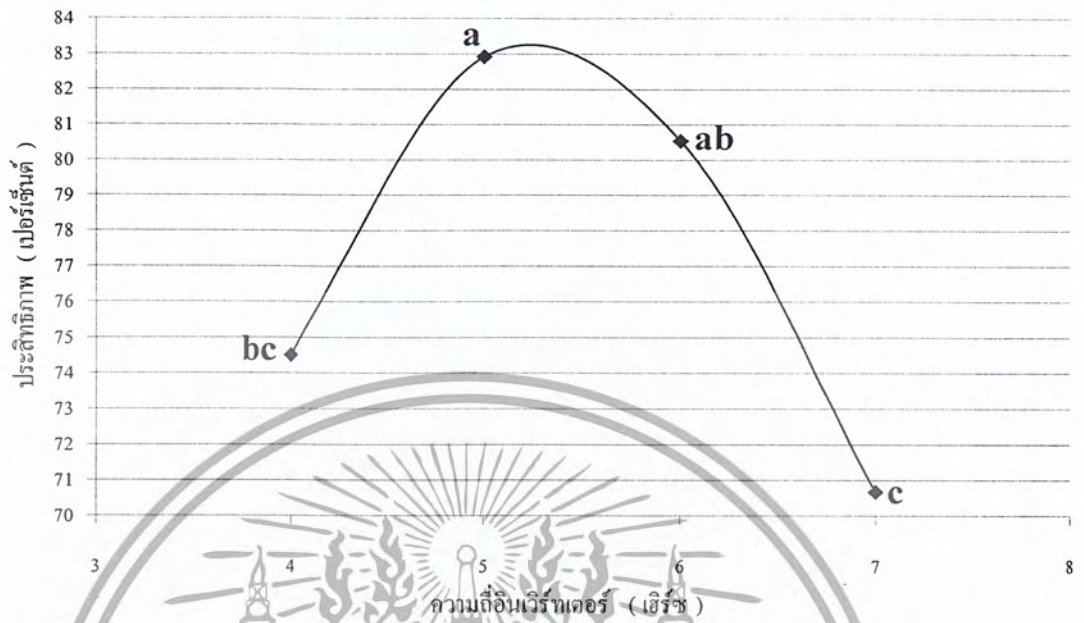
สามารถแสดงผลการทดสอบ โดยการใช้ตัวอักษรท้ายตัวเลขเฉลี่ย เพื่อแสดงความแตกต่าง

	14 rpm	12 rpm	10 rpm	8 rpm
อัตราการตัดเฉลี่ย	0.884a	0.826667ab	0.705b	0.504333c

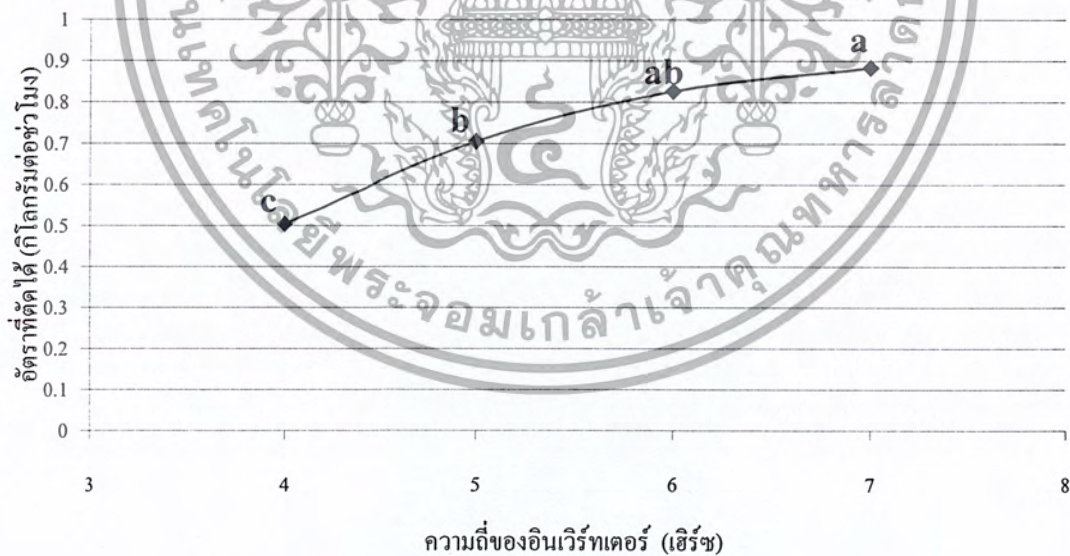
ค่าเฉลี่ย 2 ค่าใด ๆ ที่ไม่ได้ตามด้วยอักษรเดียวกันมีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 5 %

การทดสอบนี้สามารถสรุปได้ว่า ความเร็วรอบฐานรองตัด 14 rpm และ 12 rpm จะมีอัตราการตัด
เฉลี่ยจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันและอยู่ในกลุ่มที่สูงที่สุดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของอินเวอร์ทเตอร์กับประสิทธิภาพ



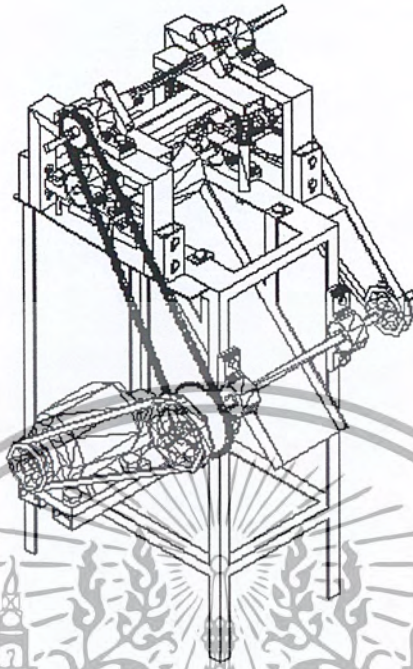
รูปที่ ค2. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของอินเวอร์ทเตอร์กับอัตราการตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

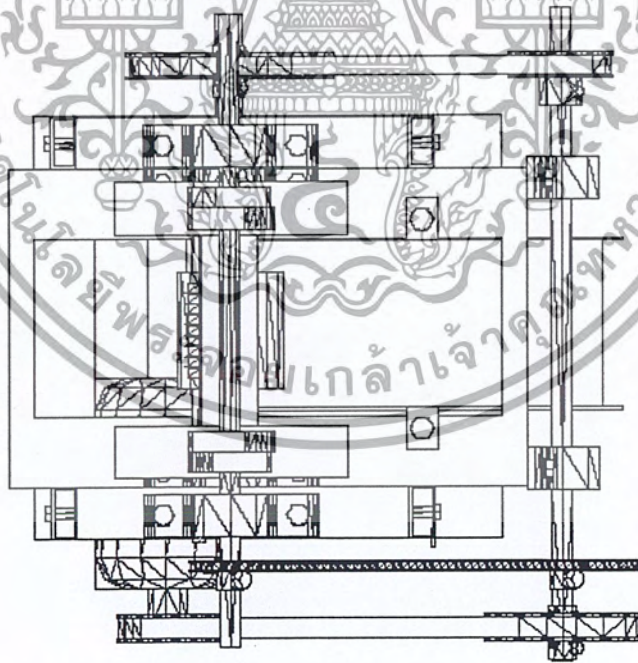
ภาคผนวก ง
ภาพแสดงส่วนต่างๆ ของเครื่องต้นแบบ, ขั้นตอนการทำงาน, ลักษณะมะเขือเทศที่ผ่านการตัด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

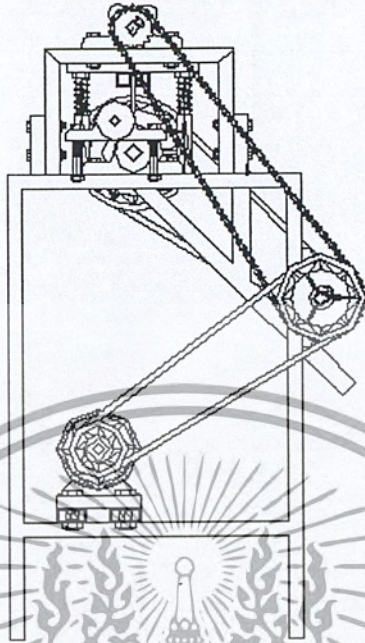


รูปที่ ๑1. ภาพสามมิติของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง

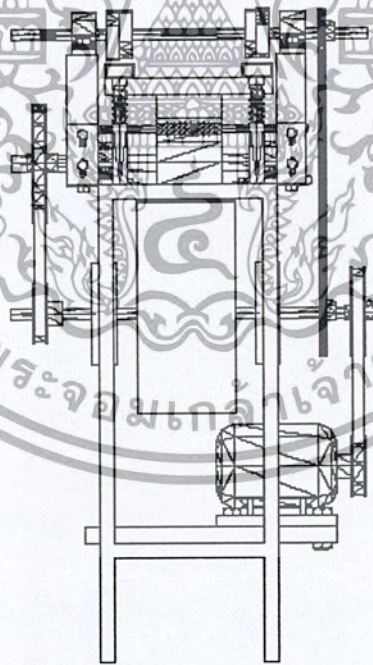


รูปที่ ๑2. ภาพด้านบนของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

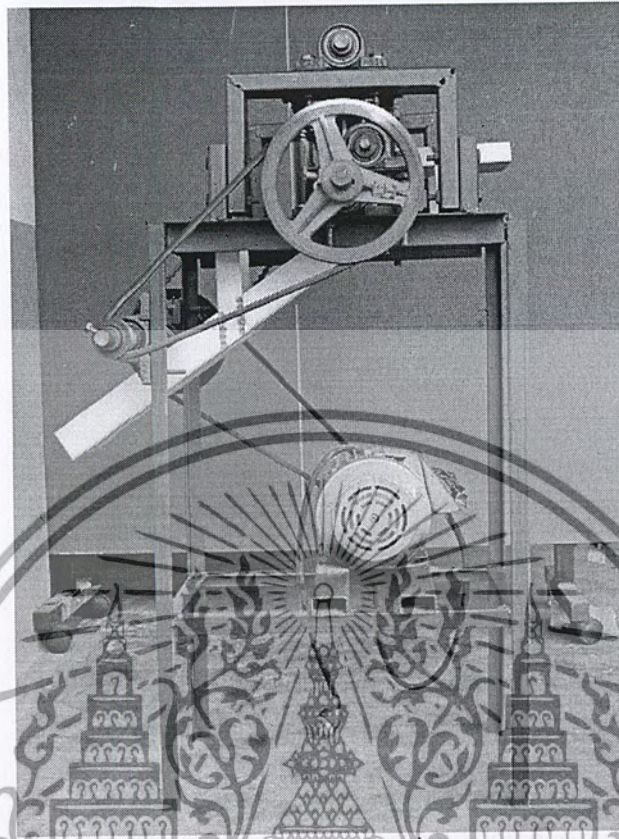


รูปที่ 3. ภาพด้านข้างของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง

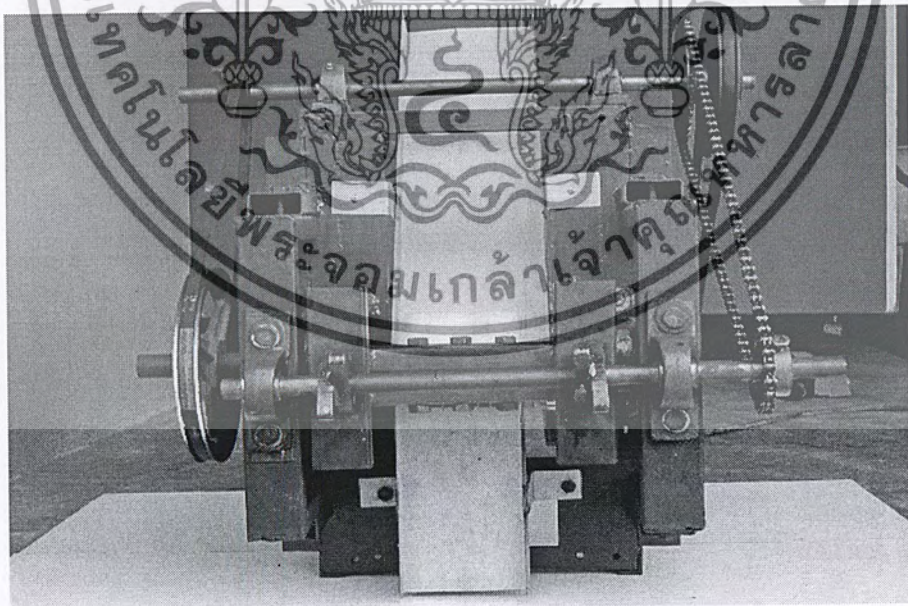


รูปที่ 4. ภาพด้านหน้าของเครื่องตัดมะเขือเทศอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

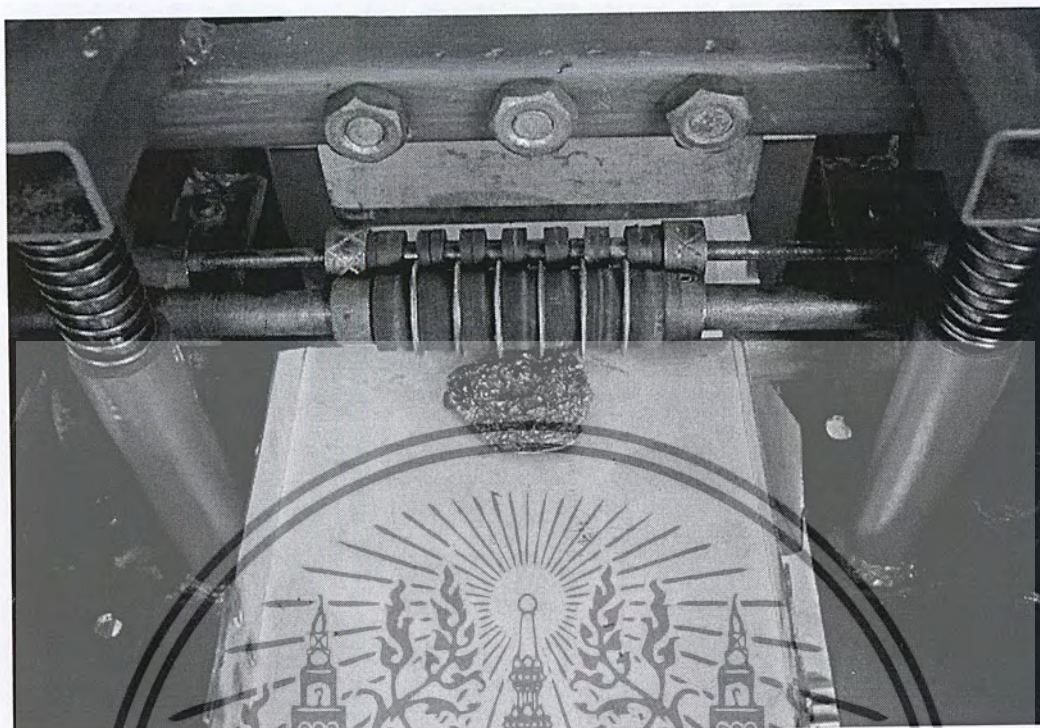


รูปที่ 7. ภาพด้านข้างของเครื่องต้นแบบ

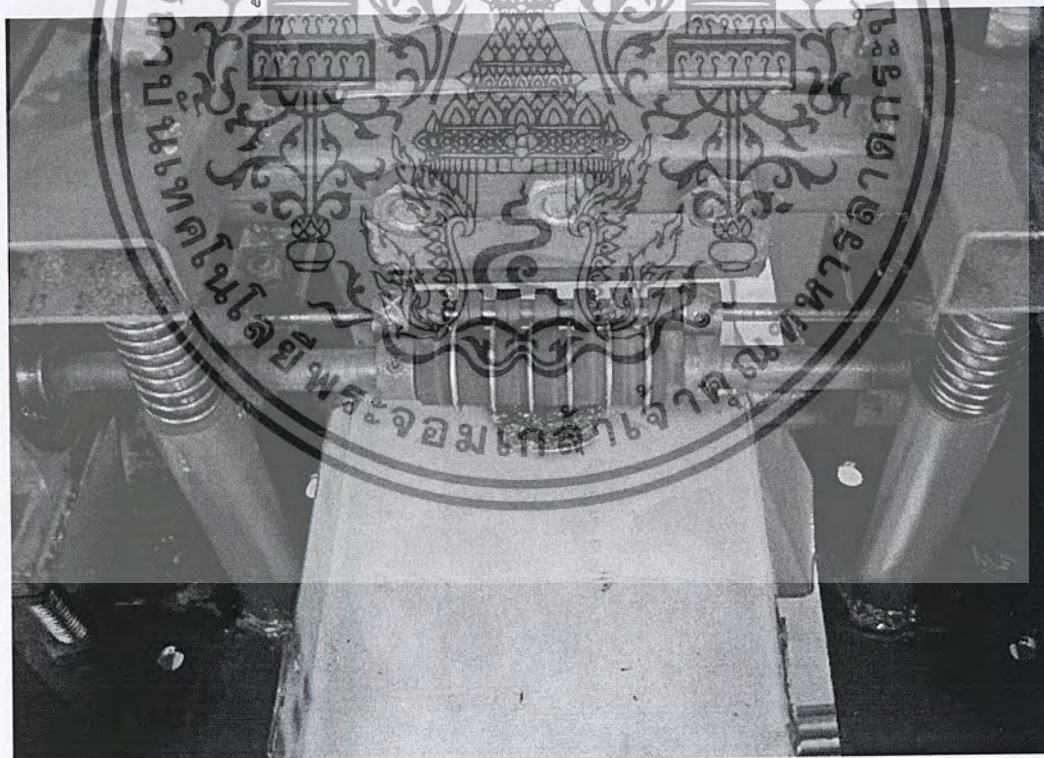


รูปที่ 8. ภาพด้านบนของเครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

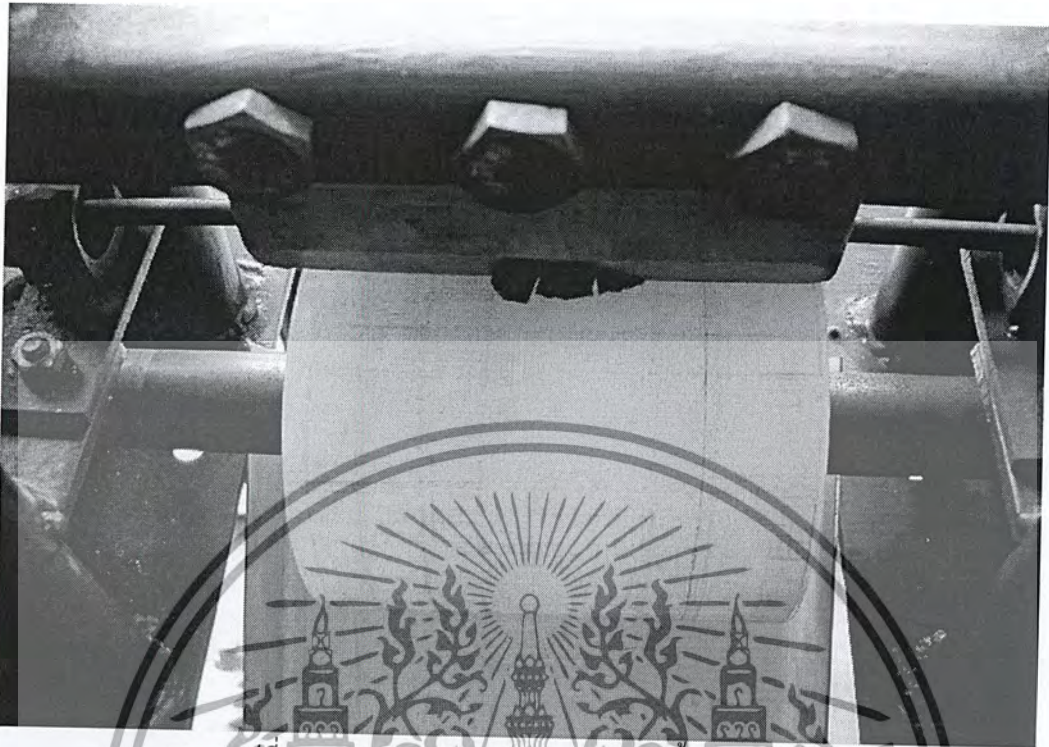


รูปที่ 9. ภาพการตัดมะเขือเทศอบแห้งขั้นตอนที่ 1

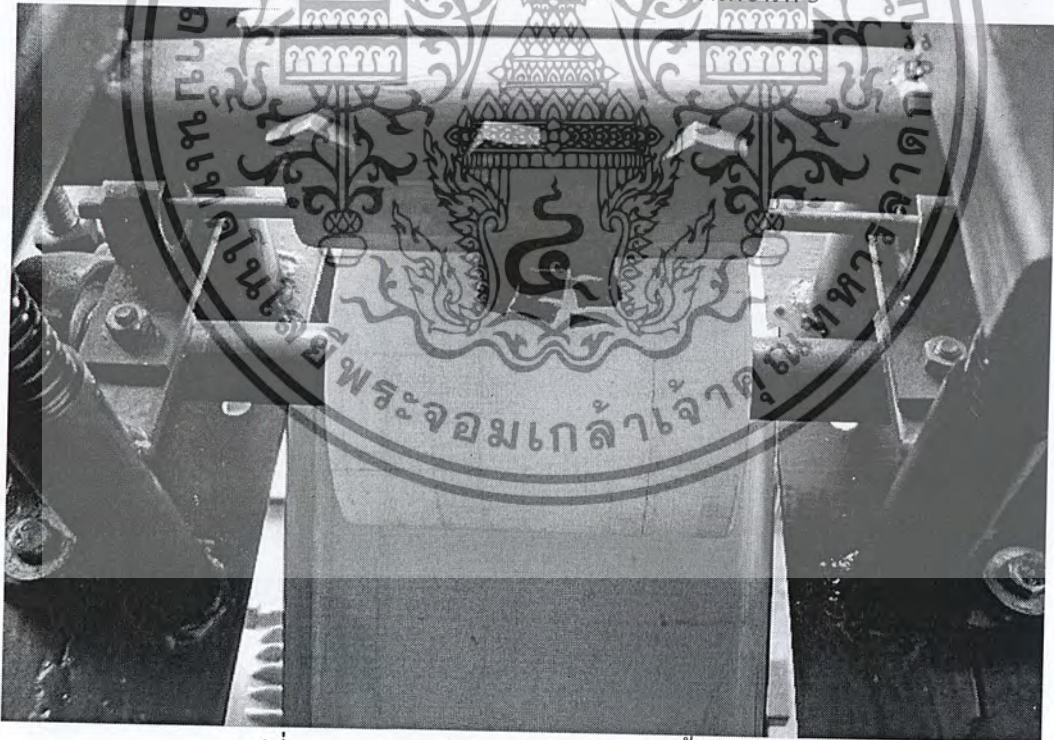


รูปที่ 10. ภาพการตัดมะเขือเทศอบแห้งขั้นตอนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

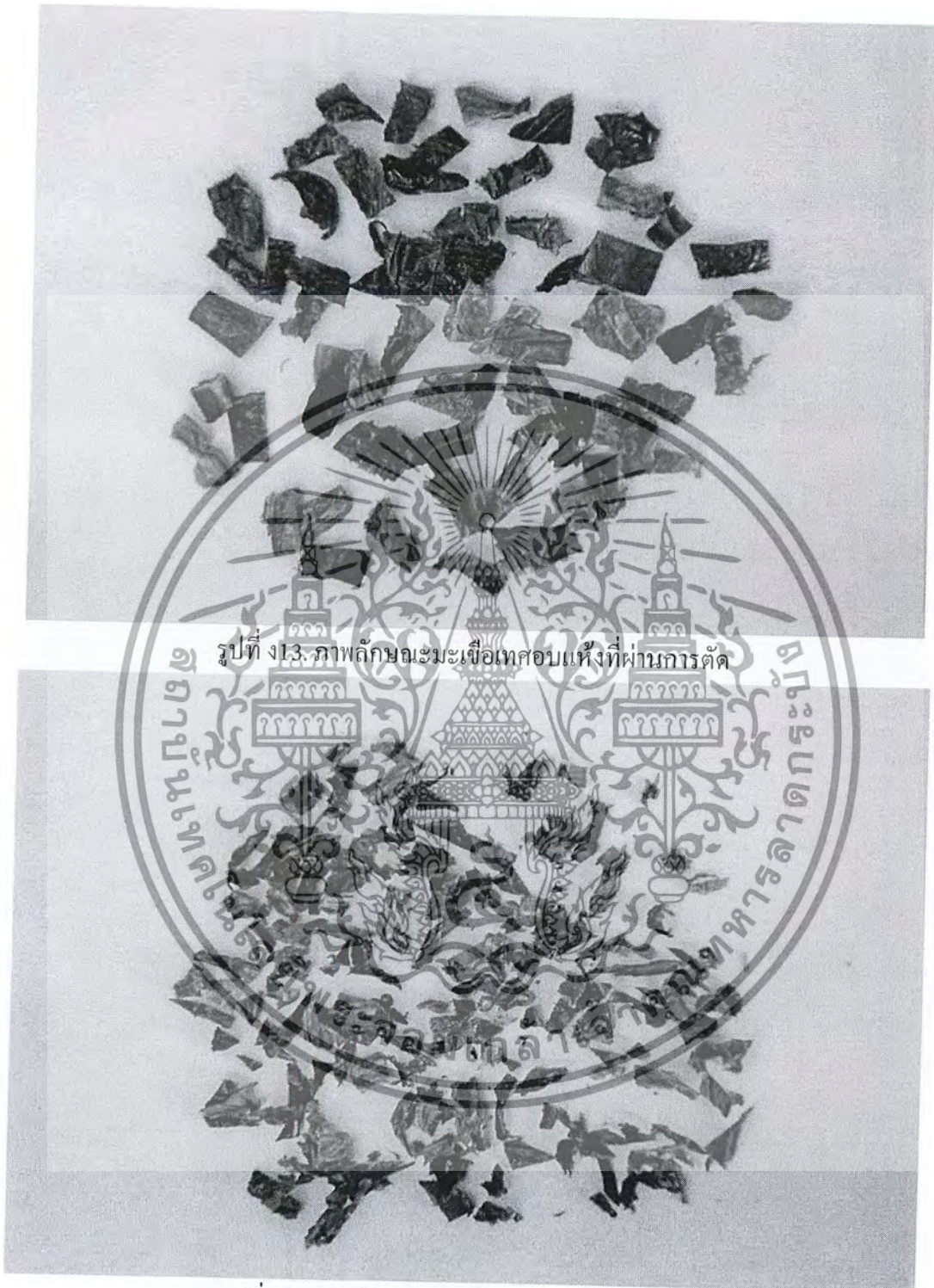


รูปที่ 11. ภาพการตัดมะเขือเทศอบแห้งขั้นตอนที่ 3



รูปที่ 12. ภาพการตัดมะเขือเทศอบแห้งขั้นตอนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13. ภาพลักษณะมะเขือเทศอบแห้งที่ผ่านการตัด

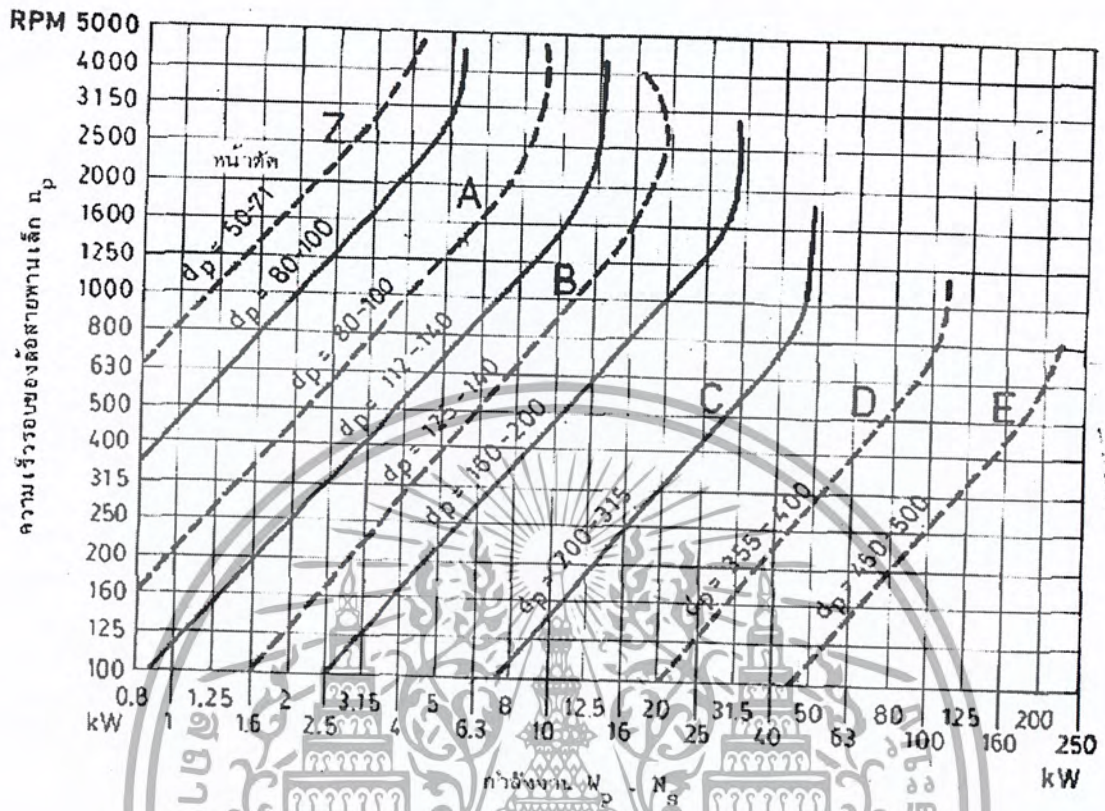
รูปที่ 14. ภาพลักษณะมะเขือเทศอบแห้งที่สูญเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก จ
แสดงตารางและรูปสำหรับการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข1. แสดงแผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายลิ้ม

ตารางที่ ข1. แสดงตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมพันธ์ N_a สำหรับสายลิ้ม

$D_p - d_p$	ส่วนโค้งสัมพันธ์ $\alpha \approx$	N_a
c		
0	180	1
0.15	170	0.98
0.35	160	0.95
0.5	150	0.92
0.7	140	0.89
0.85	130	0.86
1.0	120	0.82
1.15	110	0.78
1.3	100	0.73
1.45	90	0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ2. แสดงค่าความเค้นสถิตยใช้งานสำหรับใช้กับสมการของคูอิส

วัสดุ	σ		HB
	ksi	N/mm ²	
เหล็กหล่อสีเทา			
ASTM 25	8	55	174
ASTM 35	12	82	212
ASTM 50	15	103	223
เหล็กกล้าหล่อ (คาร์บอนต่ำ)			
0.2 % C ไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน	20	138	180
0.2 % C WQT	25	172	250
เหล็กกล้าคาร์บอนตีอัด (forged)			
SEA 1020 case hardened และ WQT	18	124	156
SEA 1030 ไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน	20	138	180
SEA 1035 ไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน	23	159	190
SEA 1040 ไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน	25	172	202
SEA 1045 ไม่ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน	30	207	215
SEA 1045 ชุบแข็งโดย WQT	32	220	205
SEA 1050 ชุบแข็งโดย OQT	35	241	223
เหล็กกล้าผสม			
SEA 2320 case hardened และ WQT	50	345	225
SEA 2345 ชุบแข็งโดย OQT	50	345	475
SEA 3115 case hardened และ OQT	37	255	212
SEA 3145 ชุบแข็งโดย OQT	53	365	475
SEA 3245 ชุบแข็งโดย OQT	65	448	475
SEA 4340 ชุบแข็งโดย OQT	65	448	475
SEA 4640 ชุบแข็งโดย OQT	55	379	475

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑3. แสดงสมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "A" ต่อเส้น P_R (เป็น kW)
สำหรับ สายพานยาว $L_p = 1732$ และส่วนสัมผัส $\alpha = 180^\circ$

d_p (mm)	m_w	ความเร็วรอบของล้อสายพาน n (rpm)										
		400	700	800	950	1200	1450	1800	2400	2850	3200	3600
		สมรรถนะในการส่งกำลังต่อเส้น P_R (kW)										
71	1.00	0.29	0.45	0.50	0.56	0.67	0.76	0.88	1.05	1.16	1.22	1.28
	1.05	0.30	0.46	0.51	0.59	0.69	0.80	0.92	1.11	1.22	1.30	1.36
	1.20	0.32	0.50	0.55	0.63	0.75	0.86	1.00	1.22	1.35	1.44	1.52
	1.50	0.33	0.52	0.58	0.66	0.79	0.91	1.07	1.30	1.45	1.55	1.65
	3.00	0.34	0.54	0.60	0.69	0.82	0.95	1.11	1.37	1.53	1.64	1.74
80	1.00	0.37	0.59	0.65	0.74	0.89	1.02	1.20	1.45	1.61	1.71	1.81
	1.05	0.38	0.60	0.67	0.77	0.92	1.06	1.24	1.51	1.68	1.79	1.89
	1.20	0.40	0.63	0.71	0.81	0.97	1.12	1.32	1.62	1.81	1.93	2.05
	1.50	0.42	0.66	0.73	0.84	1.01	1.17	1.38	1.70	1.91	2.05	2.10
	3.00	0.43	0.68	0.75	0.87	1.04	1.21	1.43	1.76	1.98	2.13	2.27
90	1.00	0.47	0.74	0.82	0.94	1.13	1.31	1.54	1.88	2.10	2.24	2.36
	1.05	0.47	0.75	0.84	0.96	1.16	1.34	1.58	1.94	2.16	2.31	2.45
	1.20	0.49	0.78	0.87	1.01	1.21	1.41	1.66	2.05	2.29	2.45	2.61
	1.50	0.51	0.81	0.90	1.04	1.26	1.46	1.73	2.13	2.39	2.57	2.74
	3.00	0.52	0.83	0.92	1.06	1.29	1.50	1.77	2.19	2.47	2.65	2.83
100	1.00	0.56	0.88	0.99	1.14	1.37	1.59	1.88	2.30	2.56	2.73	2.88
	1.05	0.56	0.90	1.01	1.16	1.40	1.62	1.92	2.36	2.63	2.80	2.97
	1.20	0.58	0.93	1.04	1.20	1.45	1.69	2.00	2.46	2.76	2.95	3.13
	1.50	0.60	0.96	1.07	1.24	1.50	1.74	2.06	2.55	2.86	3.06	3.26
	3.00	0.61	0.98	1.09	1.26	1.53	1.78	2.11	2.61	2.93	3.14	3.35
112	1.00	0.66	1.06	1.19	1.37	1.65	1.92	2.27	2.78	3.09	3.29	3.46
	1.05	0.67	1.08	1.20	1.39	1.68	1.96	2.31	2.84	3.16	3.36	3.54
	1.20	0.69	1.11	1.24	1.43	1.74	2.02	2.39	2.95	3.29	3.51	3.70
	1.50	0.70	1.13	1.27	1.47	1.78	2.07	2.46	3.03	3.39	3.62	3.83
	3.00	0.71	1.15	1.29	1.49	1.81	2.11	2.50	3.09	3.46	3.70	3.92
125	1.00	0.78	1.25	1.40	1.61	1.95	2.27	2.68	3.28	3.63	3.84	4.01
	1.05	0.79	1.27	1.42	1.64	1.98	2.31	2.73	3.34	3.70	3.92	4.09
	1.20	0.80	1.30	1.45	1.68	2.04	2.37	2.81	3.44	3.83	4.06	4.26
	1.50	0.82	1.32	1.48	1.71	2.08	2.42	2.87	3.53	3.93	4.18	4.39
	3.00	0.83	1.34	1.50	1.74	2.11	2.46	2.92	3.59	4.00	4.26	4.48
140	1.00	0.91	1.47	1.64	1.89	2.30	2.67	3.15	3.83	4.21	4.42	4.56
	1.05	0.92	1.48	1.66	1.92	2.32	2.70	3.19	3.88	4.27	4.49	4.64
	1.20	0.93	1.51	1.69	1.96	2.38	2.77	3.27	3.99	4.40	4.64	4.80
	1.50	0.95	1.54	1.72	1.99	2.42	2.82	3.33	4.08	4.50	4.75	4.93
	3.00	0.96	1.56	1.74	2.02	2.45	2.86	3.38	4.14	4.58	4.83	5.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑4. แสดงตัวประกอบการใช้งาน

หน้าตัดสายพาน	k_2
Y	0.049
Z	0.126
A	0.217
B	0.385
C	0.637
D	1.332

ตารางที่ ๑5. ค่าตัวประกอบ k_2

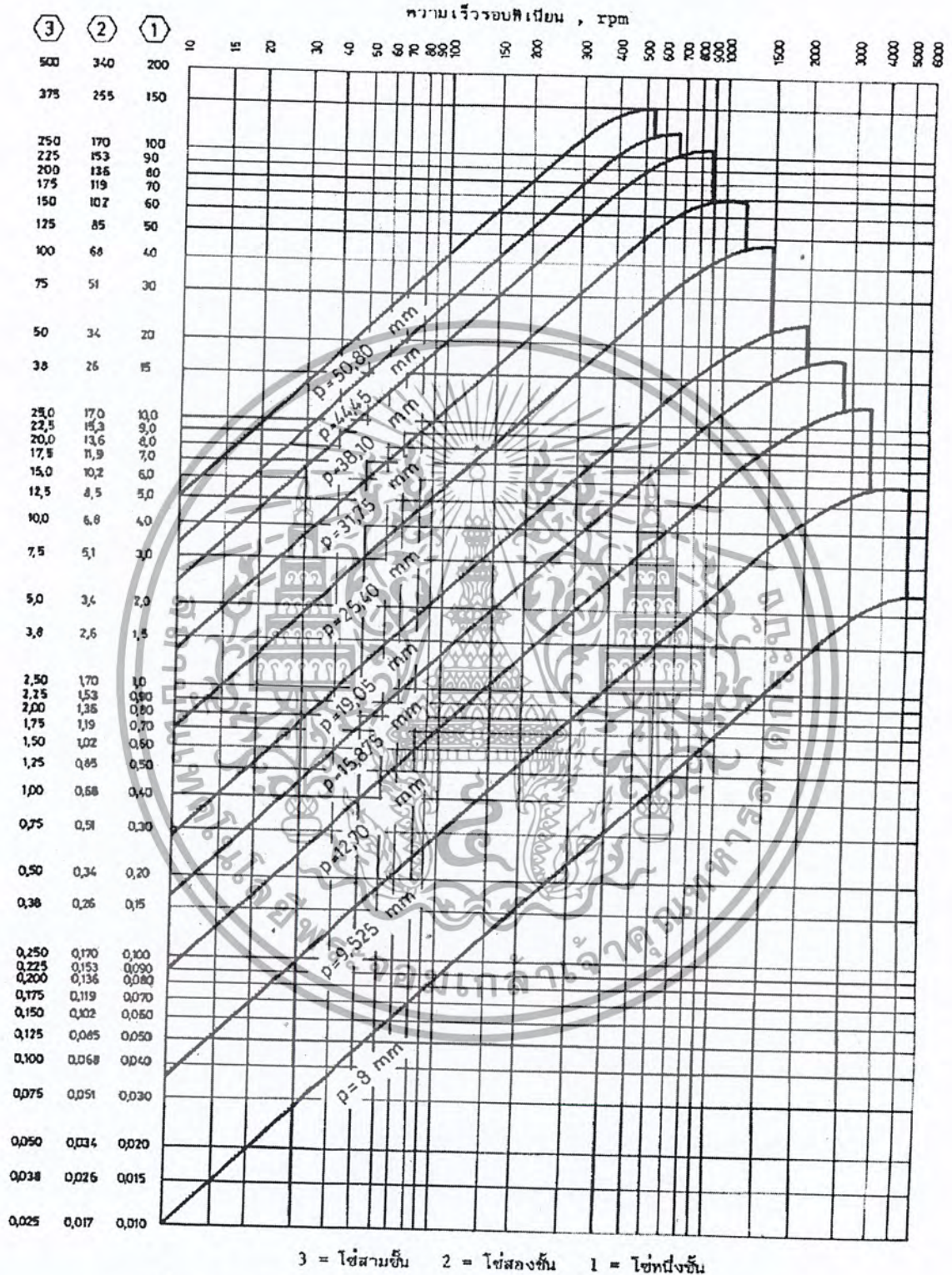
K_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๖6. ตัวประกอบใช้งานสำหรับแรงกระทำที่มีแรงกระตุกปานกลาง

โซ่โรลเลอร์แบบ B				โซ่โรลเลอร์แบบ A			
จำนวน บนพื้น ที่เนียน	อุปกรณ์ขับ			จำนวน บนพื้น ที่เนียน	อุปกรณ์ขับ		
	สม้ เสมอ	กระตุก ปานกลาง	กระตุก มาก		สม้ เสมอ	กระตุก ปานกลาง	กระตุก มาก
15	1.58	1.90	2.22	15	1.20	1.30	1.40
16	1.49	1.79	2.08	16	1.11	1.20	1.30
17	1.40	1.69	1.97	17	1.03	1.12	1.21
18	1.32	1.58	1.84	18	0.98	1.06	1.14
19	1.25	1.50	1.75	ใช้แผนภูมิรูป 11.20			
20	1.19	1.43	1.67	19	1.20	1.30	1.40
21	1.14	1.36	1.59	20	1.12	1.21	1.31
22	1.08	1.29	1.51	21	1.06	1.15	1.24
23	1.03	1.24	1.45	22	1.01	1.09	1.18
24	0.99	1.19	1.39	23	0.96	1.04	1.12
25	0.95	1.14	1.33	24	0.93	1.01	1.09
				25	0.90	0.97	1.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๒. แผนภูมิที่ใช้เลือกโซ่โรลเลอร์แบบ B (สำหรับพีเนียน 19 ฟัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗. มวลของโซ่โรลเลอร์ต่อความยาว

โซ่ ISO	มวลของโซ่ ,kg/m			โซ่ ISO	มวลของโซ่ ,kg/m			
	หนึ่งชั้น	สองชั้น	สามชั้น		หนึ่งชั้น	สองชั้น	สามชั้น	สี่ชั้น
06A	0.39	0.74	1.10	06A	0.33	0.65	0.98	
08A	0.68	1.34	1.99	08A	0.61	1.22	1.83	2.44
10A	0.85	1.70	2.55	10A	0.98	1.96	2.95	3.93
12A	1.16	2.31	3.45	12A	1.59	3.05	4.54	6.10
16A	2.71	5.42	8.13	16A	2.50	5.00	7.50	10.00
20A	3.70	7.40	11.10	20A	3.68	7.35	11.03	14.70
24A	6.70	13.75	20.75	24A	5.54	11.07	16.61	22.14
28A	8.25	16.80	25.40	28A	7.52	15.00	22.60	30.10
32A	9.22	18.45	27.67	32A	9.67	19.34	29.02	38.69
40A	15.48	31.55	47.62	40A	15.48	30.95	46.43	61.90
48A	24.71	50.00	75.45	48A				
56A	33.20	67.60		56A				
64A	44.64	89.29		64A				
72A	59.60			72A				

ตารางที่ ๘. ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่, C

ระยะพิตช์ mm	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง mm	ระยะพิตช์ mm	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง mm
9.525	450	38.10	1350
12.70	600	44.45	1500
15.875	750	50.80	1700
19.05	900	63.50	1800
25.40	1000	76.20	2000
31.75	1200		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์กัมศักดิ์กนิษฐ ขวัญพฤกษ์ อาจารย์ประจำวิชาภาควิชาวิศวกรรมอาหาร ที่ปรึกษาโครงการ และอาจารย์สมเกียรติ ขวัญพฤกษ์อาจารย์ประจำวิชาภาควิชาวิศวกรรมโยธา ที่ให้ความอนุเคราะห์คำแนะนำตลอดการทำโครงการ

อาจารย์ เกียรติศักดิ์ รุ่นพระแสงที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์คำแนะนำ แนวคิดโครงสร้างของเครื่อง และ การปฏิบัติ

คุณอำนาจ กุตะคุ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์คำแนะนำทางเทคนิค และช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการสร้างเครื่อง

คุณปฎิญา ตีสสุกศล บริษัทสวาท คอเปอร์เรชั่น ที่กรุณาให้ที่มาของโครงการและสนับสนุนมะเขือเทศอบแห้งในการทดลอง

วันที่ 25 มีนาคม 2545

คณะผู้จัดทำ

นายกฤษย์ จันทรสาร

นายรัชชัย โยมญาติ

นางสาวหทัยรัตน์ วัชรโรภาส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายฤกษ์ จันทรรสาร เกิดวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2523 เป็นบุตรคนที่ 1 ของนายบริบูรณ์ จันทรรสาร และนางเพ็ญศรี จันทรรสาร มีพี่น้อง 2 คน ภูมิลำเนาเดิมอยู่ที่บ้านเลขที่ 65 หมู่ 3 ตำบล โนนโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดอำนาจเจริญ จบการศึกษาชั้นประถมจากโรงเรียนเจริญวิทยาในปีพ.ศ. 2535 ชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนอำนาจเจริญในปีพ.ศ.2541 และระดับปริญญาตรีจากสถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหารในปีพ.ศ. 2545 ในระหว่างศึกษาได้เข้าร่วมกิจกรรมกับชมรมศิลปวัฒนธรรมอีสานในปีการศึกษา 2543 ได้รับเลือกตั้ง เป็นประธานชมรมศิลปวัฒนธรรมอีสาน

นายรัชชัย โยมญาติ เกิดวันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2522 เป็นบุตรคนที่ 1 ของนายทวี โยมญาติ และนางบุญธรรม โยมญาติ มีพี่น้อง 2 คน ภูมิลำเนาเดิมอยู่ที่บ้านเลขที่ 12 หมู่ 3 ตำบลหนองบัว อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี จบการศึกษาชั้นประถมจากโรงเรียนสฤณีเดช จันทบุรีในปีพ.ศ. 2535 ชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดจันทบุรีในปีพ.ศ. 2541 และระดับปริญญาตรี จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมอาหารในปีพ.ศ. 2545

นางสาวหทัยรัตน์ วิชโรภาส เกิดเมื่อวันที่ 4 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2523 เป็นบุตรคนที่ 1 ของ นางกาญจนา วิชโรภาส และนายธรรวรรษ วิชโรภาส มีพี่น้อง 3 คน ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ 19/13 หมู่ 5 แขวงบางแคเหนือ เขตบางแค กรุงเทพมหานคร 10160 จบการศึกษาชั้นประถมจากโรงเรียนวัดจันทร์ ประดิษฐ์ธารามในปีพ.ศ. 2535 ชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสตรีวิทยาในปีพ.ศ. 2541 และระดับ ปริญญาตรีจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหารในปีพ.ศ. 2545 ในระหว่างศึกษาได้เข้าร่วมกิจกรรมกับชมรมศิลปะการแสดง และวรรณกรรม, สภา นักศึกษา (ปีพ.ศ.2541-2542) , องค์ก ารนักศึกษา (ปีพ.ศ.2542-2543) และ สโมสรนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ (ปีพ.ศ. 2541-2545) โดยในปีการศึกษา 2544 ได้รับเลือกตั้ง เป็นนายกสโมสรนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้