สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาและออกแบบเครื่องต้นแบบสำหรับหั่นแครอทแบบแท่ง

STUDY AND DESIGN ON THE PROTOTYPE OF STICK - CARROT CUTTING MACHINE

T042384

โดย

นายจตุพล อุปศักดิ์

นางสาวดวงพร บุตรนาค

นางสาวสุพรรณี พัฒนะวัฒนวงศ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42384
วัน, เดือน, ปี 20 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาและออกแบบเครื่องต้นแบบสำหรับหั่นแครอทแบบแท่ง
ผู้จัดทำ	1. นายจตุพล อุปศักดิ์
	2. นางสาวดวงพร บุตรนาค
	3. นางสาวสุพรรณี พัฒนะวัฒนวงศ์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอาหาร
คณะวิศวกรรมศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.	2543

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เอกสิทธิ์ ศรีธรรม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและออกแบบเครื่องต้นแบบสำหรับหั่นแครอทแบบแท่ง

นายจตุพล อุปศักดิ์
นางสาวดวงพร บุตรนาค
นางสาวสุพรรณี พัฒนะวัฒนวงศ์
อาจารย์เอกสิทธิ์ ศรีธรรม อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

เครื่องต้นแบบสำหรับหั่นแครอทแบบแท่งได้รับการออกแบบและสร้างขึ้น เพื่อลดการนำเข้าเครื่องมือที่มีราคาแพงจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เครื่องดังกล่าวประกอบด้วย ใบมีดตัด 2 ชุด ใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำเป็นต้นกำลังส่งกำลังด้วยสายพานและโซ่ จากการทดลองโดยใช้แครอท 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ออสเตรเลีย และ พันธุ์ดอยคำ ความเร็วรอบของมอเตอร์ใบมีดหั่นตามขวางเป็น 960, 1080 และ 1200 รอบต่อนาที ความเร็วรอบของมอเตอร์ใบมีดตัดให้เป็นแท่ง ที่ความเร็ว 480, 720 และ 960 รอบต่อนาที พบว่าแครอทพันธุ์ออสเตรเลียสามารถหั่นได้ง่ายกว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมของมอเตอร์หั่นตามขวางเป็น 1200 รอบต่อนาที และสำหรับมอเตอร์หั่นแบบแท่งเป็น 480 รอบต่อนาที โดยเครื่องมือมีประสิทธิภาพโดยรวม 60.06 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY AND DESIGN ON THE PROTOTYPE OF STICK – CARROT CUTTING MACHINE

MR. Jatuphol Aupasak
MISS Duangporn Budnak
MISS Supannee Pattanavattanavong
MR. Eakasit Sritham (Adviser)
2000

Abstract

The prototype of stick-carrot cutter machine was designed and constructed to decrease the number of high cost imported machine which was an important problem for small industries. This machine has two cutting knives, crosscut knife and circular knives. Two induction motors were used as driving element and the power was transmitted by belts and chains. From experiments which two varieties of carrot, Australian and Doicum , were used, the speeds of a crosscut knife motor of 960, 1080 and 1200 rpm, the speeds of circular knives motor of 480, 720 and 960 rpm indicated that the Australian is more easily to cut than the Doicum and the appropriate speeds of a crosscut knife motor was 1200 rpm and 480 rpm for circular knives motor. The efficiency of this machine is 60.06 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY AND DESIGN ON THE PROTOTYPE OF STICK – CARROT CUTTING MACHINE

MR. Jatuphol Aupasak
MISS Duangporn Budnak
MISS Supannee Pattanavattanavong
MR. Eakasit Sritham (Adviser)
2000

Abstract

The prototype of stick-carrot cutter machine was designed and constructed to decrease the number of high cost imported machine which was an important problem for small industries. This machine has two cutting knives, a crosscutt knife and circular knives. Two induction motors were used as driving element and the power was transmitted by belts and chains. From experiments which two varieties of carrot, Australian and Doicum , were used, the speeds of a crosscut knife motor of 960, 1080 and 1200 rpm, the speeds of circular knives motor of 480, 720 and 960 rpm indicated that the Australian is more easily to cut than the Doicum and the appropriate speeds of a crosscut knife motor is 1200 rpm and 480 rpm for circular knives motor. The efficiency of this machine is 60.06 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นแครอทแบบแท่งนี้สำเร็จด้วยดี ผู้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นแครอทแบบแท่ง ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์เอกสิทธ์ ศรีธรรม ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นแครอทแบบแท่ง ที่กรุณาให้แนวคิด และคำแนะนำในการออกแบบและสร้าง ตลอดจนแนวทางการแก้ไขปัญหา อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการออกแบบและสร้างเครื่อง รวมถึงผู้ช่วยศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร , อาจารย์ พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์ และอาจารย์กันต์กนิษฐ์ ธนศิริวัฒนา ที่กรุณาให้คำแนะนำในการดำเนินงานในครั้งนี้

ผู้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นแครอทแบบแท่งขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องสมุดทุกท่านของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เจ้าหน้าที่หอสมุดแห่งชาติ เจ้าหน้าที่ห้องสมุดมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการค้นคว้าข้อมูล อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือเป็นอย่างดี และขอขอบคุณคุณอำนาจ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมอาหาร ที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำเป็นอย่างดีในการออกแบบและสร้างเครื่อง

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากการออกแบบและสร้างเครื่องหั่นแครอทแบบแท่งนี้ ย่อมเป็นผลมาจาก ความกรุณาของทุกท่านทั้งหลายดังกล่าวข้างต้น ผู้ออกแบบและสร้างเครื่องหั่นแครอทแบบแท่งรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงใคร่ขอขอบพระคุณอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ซ
รายการสัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตการศึกษาข้อมูล	2
1.4 ขอบเขตการออกแบบ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 แครอท	3
2.2 การลดขนาด	6
2.3 เครื่องหั่นแบบแท่งชนิดต่างๆ	9
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ	20
3.1 ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของเครื่อง	20
3.2 ระบบส่งกำลัง	21
3.3 ระบบมอเตอร์ต้นกำลัง	22
3.4 สายพานขับเคลื่อน	24
3.5 โรลลิ่งแบริ่ง	25
3.6 เพลาส่งกำลัง	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 โซ่ 26
3.8 เฟือง 27

บทที่ 4 การคำนวณและการออกแบบ 29
4.1 การหากำลังมอเตอร์ 29
4.2 การคำนวณสายพาน 29
4.3 การคำนวณแบริ่ง 32
4.4 การคำนวณขนาดเพลา 33
4.5 การคำนวณโซ่ 33
4.6 การคำนวณเฟือง 34
4.7 โครงสร้างของเครื่องหั่นแครอท 35

บทที่ 5 การวางแผนและวิธีการทดลอง 40
5.1 การวางแผนการทดลอง 40
5.2 แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ 41
5.3 การทดลองเครื่องหั่นแครอท 41

บทที่ 6 ผลการทดลองและการวิเคราะห์การทดลอง 48
6.1 ผลการทดลองเพื่อศึกษาพันธุ์แครอทและหาความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการทดลอง 48
6.2 ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องหั่นแครอทแบบแท่ง 50
6.3 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม 50
6.4 งบประมาณการสร้างเครื่อง 51

บทที่ 7 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง 53
7.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง 53
7.2 ข้อเสนอแนะ 53

เอกสารอ้างอิง 54

ภาคผนวก
ก. ตารางบันทึกผลการทดลอง 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.ตารางวิเคราะห์ผลการทดลอง 62
ค. ตารางที่ใช้คำนวณค่าต่างๆของเครื่องหั่นแครอทแบบแท่ง 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
6.1	ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของพันธุ์แครอท และความเร็วรอบของมอเตอร์ 1 โดยวิธี DMRT (จากการทดลอง 3 ซ้ำ)	48
6.2	ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของพันธุ์แครอท และความเร็วรอบของมอเตอร์ 2 โดยวิธี DMRT (จากการทดลอง 3 ซ้ำ)	49
6.3	แสดงค่าใช้จ่ายโดยรวมและค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการใช้เครื่องหั่นแครอท 250 วันต่อปี	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 เครื่องหั่นแบบ Urschel รุ่น RA-A	11
2.2 โครงสร้างภายในและกระบวนการผลิตของ Urschel รุ่น RA-A	12
2.3 เครื่องหั่นแบบ Urschel รุ่น G-A	14
2.4 โครงสร้างภายในและกระบวนการผลิตของ Urschel รุ่น G-A	15
2.5 เครื่องหั่นแบบ Quanti Cut Dicer	17
2.6 โครงสร้างภายในและกระบวนการผลิตของ Quanti Cut Dicer	18
4.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องหั่นแครอทที่ออกแบบ	36
4.2 ภาพด้านข้างของเครื่องหั่นแครอทที่ออกแบบ	37
4.3 ภาพ 3 มิติของเครื่องหั่นแครอทที่ออกแบบ	38
4.4 ภาพเครื่องหั่นแครอทที่สร้างขึ้น	39
5.1 ภาพแครอทพันธุ์ออสเตรเลียหลังผ่านกระบวนการหั่น	43
5.2 ภาพแครอทพันธุ์ดอยคำหลังผ่านกระบวนการหั่น	44
5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์ กับน้ำหนักแครอทที่หั่นได้(พันธุ์ออสเตรเลีย)	45
5.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์ 1 กับน้ำหนักแครอทที่หั่นได้	46
5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์ 2 กับน้ำหนักแครอทที่หั่นได้	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

M = โมเมนต์ดัด, N.m

c = ระยะจากแกนสะเทิน(neutral) ถึงผิวนอก , m

r = รัศมีของหน้าตัดวงกลม , m

I = โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัด, m^4

P = แรงในแนวแกน, N

A = พื้นที่หน้าตัด, m^2

T = แรงบิด, N.m

J = โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงมุมของหน้าตัด, m^4

S_v = แรงเฉือนตามขวาง, Pa หรือ N/m^2

S_v = $VQ/(Ib)$

V = แรงเฉือนตามขวางบนหน้าตัด , N

b = ความกว้างของหน้าตัดที่จุดวิกฤต , m

Q = โมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัดของชิ้นส่วนที่จุดวิกฤตที่เลวร้ายที่สุดเทียบกับแกนสะเทิน , m^2

S_n (max) = ค่าความเค้นสูงสุด , N/m^2

S_n (min) = ค่าความเค้นต่ำสุด , N/m^2

τ(max) = ค่าความเค้นเฉือนต่ำสุด , N/m^2

τ_{xy} = ความเค้นเฉือนเนื่องจากแรงบิด , N/m^2

M_t = โมเมนต์บิด ,Nm

M_b = โมเมนต์ดัด ,Nm

d_0 = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก ,m

d_i = เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน ,m

F_a = แรงในแนวแกน ,N

K = d_i / d_0

K_b = สัมประสิทธิ์ของการกระแทก,แรงล้าที่มาจากโมเมนต์ดัด

K_t = สัมประสิทธิ์ของการกระแทก,แรงล้าที่มาจากโมเมนต์บิด

S_b = ความเค้นดัด(ความเค้นดึงหรืออัด), N/m^2

S_b = ความเค้นตามแนวแกน(ความเค้นดึงหรืออัด) , N/m^2

k = รัศมีไจเรชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I = โมเมนต์ความเฉื่อย , m^4

A = พื้นที่หน้าตัดของเพลา , m^2

S_y = ขีดจำกัดความยืดหยุ่นในความเค้นอัด , N/m^2

θ = มุมบิด , deg

L = ความยาวของเพลา , m

M_t = โมเมนต์บิด , Nm

G = ค่ายังโมดูลัสความยืดหยุ่น , N/m^2

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง , m

M_b = โมเมนต์ดัด ,Nm

E = ค่ายังโมดูลัส ,N/m^2

I = โมเมนต์ความเฉื่อย , m^4

T_1 = แรงด้านที่ตึงของสายพาน , N

T_2 = แรงด้านที่หย่อนของสายพาน ,N

R = รัศมีของมูลเล่ , m

F_t = แรงในแนวสัมผัสที่รัศมีพิตช์ ,N

R = รัศมีพิตช์ , m

T_1 = แรงดึงในสายพานด้านตึง, หน่วยเป็น N

T_2 = แรงดึงในสายพานด้านหย่อน,หน่วยเป็น N

v = ความเร็วของสายพาน,หน่วยเป็น m/s

s_1 = ความเค้นที่ยอมให้ได้มากที่สุด,หน่วยเป็น N/m^2

s_2 = ความเค้นด้านหย่อนของสายพาน,หน่วยเป็นN/m^2

m = มวลของสายพานที่ยาว 1 m. และมีพื้นที่หน้าตัด 1 m^2

v = ความเร็วของสายพาน,หน่วยเป็น m/s

f = สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างสายพานกับรอก

α = ค่ามุมที่สายพานสัมผัสกับรอก,หน่วยเป็น rad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยถือเป็นประเทศเกษตรกรรมที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก มีการประกอบอาชีพทางการเกษตรมากมาย เช่น การทำไร่ ทำนา ปลูกพืช ปลูกผัก เลี้ยงสัตว์ และอื่นๆ ในปัจจุบันนี้อารยธรรมต่างประเทศเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากกับการประกอบอาชีพและการดำเนินชีวิตของคนไทย อีกทั้งยังได้นำความเจริญก้าวหน้าทางวิชาการและเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาสู่ประเทศไทยของเราอีกด้วย สำหรับทางด้านการเกษตร ในยุคนี้ถือได้ว่าเป็นยุคของการเร่งพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมการเกษตรเพื่อการค้าและการส่งออก ซึ่งอุตสาหกรรมการเกษตรได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร ได้มีการนำเอาความรู้ทางด้านวิชาการ เทคโนโลยี เครื่องจักรอุปกรณ์ สมัยใหม่เข้ามาทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น เครื่องหั่นแครอทก็ถือได้ว่า เป็นเครื่องจักรอีกชนิดหนึ่งที่ถูกนำเข้ามาในประเทศไทย เพื่อเป็นประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร ลดขนาดก่อนการอบแห้งเพื่อยืดอายุการเก็บอาหาร เพราะแครอทเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่เน่าเสียได้ง่าย ลดค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง ลดปัญหาราคาตกต่ำในฤดูเก็บเกี่ยวที่มีปริมาณมาก และเพิ่มความรวดเร็วในการปฏิบัติงานและประหยัดแรงงานมนุษย์ แต่เนื่องจากเครื่องหั่นแครอทที่นำเข้าจากต่างประเทศ มีราคาสูงมาก ซึ่งอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรืออุตสาหกรรมในครัวเรือนไม่มีกำลังพอที่จะสั่งซื้อได้ จึงได้มีการคิดค้นเครื่องหั่นแครอทเพื่อเป็นเครื่องต้นแบบที่มีราคาไม่สูงนักเหมาะสำหรับภาวะเศรษฐกิจขณะนี้และเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และอุตสาหกรรมในครัวเรือน ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษาทฤษฎีและวิธีการลดขนาดของแครอท

1.2.2 ศึกษาเครื่องหั่นผัก และผลไม้ ที่ให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเส้นที่มีขนาดสม่ำเสมอ

1.2.3 ออกแบบและสร้างเครื่องหั่นแครอทที่มีราคาถูกและมีประสิทธิภาพ

1.2.4 สรุปและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากเครื่องหั่นแครอทที่ทำการออกแบบและสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการศึกษาข้อมูล

1.3.1 ศึกษาลักษณะและคุณสมบัติทั่วไปของแครอท

1.3.2 ศึกษาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการลดขนาดของผักและผลไม้

1.3.3 ศึกษาผลกระทบที่มีผลต่อการหั่นแครอทในเชิงกายภาพ

1.3.4 ศึกษาขั้นตอนการทำงานของเครื่องหั่นแครอท

1.4 ขอบเขตการออกแบบ

1.4.1 ออกแบบให้เหมาะสมสำหรับการหั่นแครอทให้เป็นรูปแท่งตามขนาดที่ต้องการ

1.4.2 ออกแบบให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและมีประสิทธิภาพ

1.4.4 ออกแบบให้มีความปลอดภัยในการใช้เครื่องหั่น

1.4.5 ออกแบบให้ใช้สำหรับการหั่นแครอทเท่านั้น

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เครื่องต้นแบบสำหรับหั่นแครอทแบบแท่ง เพื่อการใช้งานในระดับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก โดยมุ่งเน้นในด้านการเพิ่มความสามารถในการผลิตและความประหยัดในด้านเวลาแรงงาน และค่าใช้จ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพกำลังได้รับความนิยมอย่างสูงในสังคมเมือง ผักและผลไม้จึงถูกนำมาบริโภคในรูปแบบต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น แครอทก็เป็นพืชผักอีกชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหาร จึงมีการศึกษาเกี่ยวกับแครอทในหลาย ๆ ด้าน เช่น คุณลักษณะและสมบัติทั่วไปของแครอท เครื่องจักร และอุปกรณ์ ในการลดขนาดของแครอท เป็นต้น

2.1 แครอท (สุรชัย มัจฉาชีพ, 2535:275)

2.1.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแครอท

มีชื่อเรียกทั่วๆ ไปว่า	แครอทผักกาด, หัวผักชี
ชื่อสามัญ	Beesnest Plant, Bird s-nest root, Queen Anne lace Umbelliferae
ชื่อวิทยาศาสตร์	Daucucarota Linn วงศ์ Umbelliferae
วงศ์	Umbelliferae
ลักษณะทั่วไป	เป็นพันธุ์ไม้ล้มลุก จะมีอายุนานประมาณ 1-2 ปี ใบจะมีลักษณะเป็นฝอย เป็นแบบขนนก ก้านใบยาว ลำต้นมีเนื้อแน่น หัวและรากยาวและเรียว จะเป็นสีส้มทั้งผิวและเนื้อ ดอกมีสีขาว ออกเป็นช่อแบบอัมเบล เป็นพืชผสมข้าม
การขยายพันธุ์	โดยการใช้เมล็ดเพาะ
ลักษณะพฤกษาศาสตร์	สำหรับการเจริญเติบโตของแครอทในช่วงปีแรก จะเจริญด้านหัวใบ และลำต้น หลังจากนั้นในปีที่สอง แครอทจึงออกดอกและติดผล ความสูงของแครอทประมาณ 60-90 มิลลิเมตร ลำต้นแน่น (solid stem) รากเป็นระบบรากแก้ว (swollen tap root) ดอกโดยปกติมีสีขาว
พันธุ์	พันธุ์แครอทที่นิยมปลูก ได้แก่พันธุ์ Imperator, Gold Pak เป็นต้น เหล่านี้มีหัวยาว และผิวเรียบ สีของหัวสดใส นอกจากนี้มีพันธุ์ Red cored chanteny ซึ่งนิยมนำมาแปรรูปได้ดี ส่วนพันธุ์ที่นิยมนำมาปลูกเป็นพืชสวนครัว ได้แก่ พันธุ์ Nantes ซึ่งหัวจะยาว รูปทรงกระบอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถิ่นกำเนิด แครอทเป็นผักพื้นเมืองในแถบยุโรป เอเชีย แอฟริกาเหนือและใต้ เป็นพืชผักที่รู้จักกันมานาน แต่ไม่เป็นพืชอาหารหลัก ปัจจุบันมีการแพร่หลายทั่วโลกเฉพาะเขตยุโรปและอเมริกา

สรรพคุณ หัวแครอทจะมีสารสีส้มอยู่เป็นจำนวนมาก เมื่อเรากินสารนี้เข้าไปในร่างกาย สารสีส้มจะเปลี่ยนเป็นวิตามินที่มีประโยชน์ต่อสายตาสำหรับผู้เป็นโลกตาฟาง น้ำคั้นที่ได้จากหัวแครอทใช้ผสมมะนาว ใช้ทาบริเวณผิวหน้าเป็นยาบำรุง ลบรอยเหี่ยวย่นบนใบหน้า นอกจากนี้แล้วหัวแครอทยังมีปริมาณแกลือโปรแตสเซียมสูง ซึ่งทำให้มีฤทธิ์ในทางขับปัสสาวะ ส่วนน้ำมันหอมระเหยที่มีอยู่ในหัวแครอทจะมีฤทธิ์ในการถ่ายพยาธิไส้เดือนได้

2.1.2 คุณค่าทางอาหาร

ความชื้น	85.1	กรัม
พลังงาน	55	แคลอรี่
ไขมัน	0.4	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	12.4	กรัม
เส้นใย	0.9	กรัม
โปรตีน	1.8	กรัม
แคลเซียม	60	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	28	มิลลิกรัม
เหล็ก	1.7	มิลลิกรัม
วิตามินเอ	18,520	หน่วยสากล
วิตามินบี 1	0.04	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.04	มิลลิกรัม
ไนอาซิน	0.6	มิลลิกรัม
วิตามินซี	9	มิลลิกรัม

แครอทเป็นพืชที่ใช้บริโภคส่วนหัว (root) เช่นเดียวกับผักกาดหัวแรดิช เป็นพืชผักที่สำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะพวกแคโรทีน (carotene) ซึ่งเป็นสารตั้งต้น (precursor) ของวิตามินเอ นอกจากนี้ยังมีพวกไทอามีน ไรโปฟลาวิน และน้ำตาลสูงอีกด้วย ดังนั้นแครอทจึงเป็นที่รู้จักกันทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบต้าแคโรทีนที่ร่างกายสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ มักพบในมะละกอ แครอท ผักขม และผักกาดหอม เพราะเบต้าแคโรทีนสามารถช่วยลดอัตราความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งในปอด และยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ อีกทั้งผักยังมีเส้นใยอาหาร หรือไฟเบอร์ที่ทำให้รู้สึกอิ่มเร็วขึ้น ป้องกันท้องผูกและดูดซับคลอเลสเตอรอลบางส่วนในร่างกายออกไป จากการค้นคว้าพบว่า สารแคโรทีนอยด์เป็นสารโปรวิตามินเอ มีประโยชน์ในการบำรุงสายตา เพื่อป้องกันแสงแดด เนื่องจากมีสารเบต้าแคโรทีน (β - carotene) เมื่อนำน้ำจากหัวแครอทมาผสมกับน้ำมะนาว สามารถใช้เป็นตัวบำรุงผิว ใช้ทาหน้าเพื่อลบความเหี่ยวย่นบนใบหน้า บางคนใช้หัวแครอท แช่ในน้ำมันพืช แล้วนำน้ำมันที่ได้ทาบำรุงผิวอีกต่อหนึ่ง จากการวิจัยศึกษาเพื่อค้นหาตัวยาและวิธีการในการรักษาโรคมะเร็งจากสถาบันมะเร็งในหลาย ๆ ประเทศ พบว่า ผักและผลไม้ที่มีเบต้าแคโรทีน เป็นแหล่งของสารประเภทแอนตี้ออกซีแดนท์ (antioxidant) ซึ่งมีหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระที่อยู่ในร่างกายก่อนที่จะทำปฏิกิริยาทำลายส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ หรือทำให้เซลล์มีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ จนเกิดเป็นโรคมะเร็งบางชนิด เช่น มะเร็งในตับ ลำไส้ใหญ่ กระเพาะอาหาร ปอด คอ กล่องเสียง และช่องปากเป็นต้น นอกจากนี้สารแอนตี้ออกซิแดนท์ ยังช่วยลดการเกิดโรคต้อกระจกในผู้สูงอายุอีกด้วย

ประไพภัทร คลังทรัพย์ (2536:74) กล่าวว่า รากของแครอทมี carotenes ในปริมาณสูง นิยมนำมาแต่งสีอาหารเพื่อให้มีสีส้มอมเหลือง ในเมล็ดมีน้ำมันหลายชนิด เช่น β -pinene , carotol, daucol,limonene, β-bi sabolene, -elemene, cis-β -bergamotene, geraniol, gearnylacetate ซึ่งนิยมนำน้ำแครอทใช้แต่งกลิ่นอาหาร เครื่องดื่มที่มีหรือไม่มีแอลกอฮอล์ และอาหารแช่แข็งด้วย ปัจจุบันการผลิตเครื่องดื่ม (soft drink) ที่มีสีต่างๆ ทำได้ง่ายโดยอาศัยสีสังเคราะห์ (artificial colors) สภาวะใช้สารได้เริ่มเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการ ประการแรก สีสังเคราะห์หลายชนิดถูกระงับการใช้อย่างเด็ดขาด ประการที่ 2 นั้น สีสังเคราะห์ขาดความนิยม เนื่องจากผู้บริโภคต้องการสิ่งที่มีคุณค่าทางอาหารมาก จึงหันไปนิยมเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ หนทางหนึ่งที่สามารถตอบสนองความต้องการอันนี้ คือ การเติมวิตามินซี รวมทั้งสารโปรวิตามิน (provitamins) เช่น เบต้า – คาโรทีน (beta – carotene) อย่างไรก็ตามสีสังเคราะห์สร้างปัญหาด้านเทคนิคเมื่อใช้กับวิตามินซี เนื่องจากสีของเครื่องดื่มจะซีดจางลง

2.1.3 โรคหลังการเก็บเกี่ยวของแครอท

แครอทที่ปลูกเชิงการค้าในปัจจุบันจะเป็นแครอทในตระกูล Daucas carota L. พบว่ามีปลูกกระจายโดยทั่วไปในเขตหนาว เนื่องจากแครอทเป็นพืชสองฤดู กล่าวคือ มันจะพักตัวในช่วงฤดูหนาวเพื่อสะสมอาหารและให้ผลผลิตในฤดูถัดไป นอกจากนี้แครอทยังสามารถปลูกได้หลายสภาพอากาศรวมทั้งสภาพอากาศแบบ Sub-tropic แต่ปกติจะปลูกกันมากในเขตหนาวเพราะสามารถเก็บผลผลิตไว้ได้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวนานของช่วงเวลาระหว่างการเก็บเกี่ยวและการขนส่งออกสู่ตลาดนั้นจะมีความแตกต่างกันไป แต่ส่วนใหญ่แล้วเวลาจะหมดไปในระหว่างการขนส่งออกสู่ตลาด หรือ หมดไปในช่วงการแปรรูปบรรจุกระป๋องมากกว่าเวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวฉะนั้นช่วงเวลาที่จะเก็บรักษาแครอทจึงมีเพียงช่วงเวลาสั้นๆ ปัญหาเกี่ยวกับโรคหลังการเก็บเกี่ยวจึงพบไม่มากนัก โดยมากมักจะพบกับแครอทที่ต้องนำไปบรรจุลงในถุงพลาสติกจะมีความชื้นและอุณหภูมิสูงทำให้เหมาะแก่การเข้าทำลายของเชื้อโรค ตัวอย่างเช่น โรคที่เกิดจากเชื้อ Erwinia carotovara และ Chalaropsis thielaviodes ซึ่งสามารถเข้าทำลายได้อย่างรวดเร็ว

ประเทศไทยในเขตหนาวทั้งหมดที่ผลิตแครอทมักจะเก็บรักษาแครอทไว้ด้วยวิธีการควบคุมอุณหภมิให้อยู่ในระดับที่สูงกว่าจุดเยือกแข็งและในระดับที่ความชื้นใกล้จุดอิ่มตัวมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพราะสภาพดังกล่าวนับว่าได้ผลดีที่สุดในการเก็บรักษา ด้วยวิธีการเก็บรักษาดังกล่าวจะสามารถเก็บรักษาแครอทไว้ได้นาน 8 เดือน ในการเก็บรักษาแครอทที่ทำกันเป็นการค้านั้นจะเก็บไว้ในที่เย็น ซึ่งสามารถระบายอากาศได้และมีระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่อิ่มตัว ระดับอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง $0.6 \pm 0.1^{0}C$ และบางครั้งจะใช้ต่ำกว่านี้อีก $2^{0}C$

2.2 การลดขนาด (ไพศาล พงศ์พจน์เกษม, 2536)

การลดขนาดของวัตถุดิบที่จะนำมาทำการแปรรูปเพื่อการผลิต จุดประสงค์ที่จะทำให้วัตถุดิบเหล่านั้นแยกหรือแตกตัวออกจากลักษณะเดิมของมัน ทำให้เกิดสภาพอิสระ มีขนาดพอเหมาะกับความต้องการ ที่จะนำมาใช้ในการผลิตต่อไป

หลักการสำคัญของการลดขนาด ก็เพื่อใช้พลังงานในการทำลายแรงยึดเหนี่ยวของสารหรือวัตถุดิบ ที่เกิดการยึดเหนี่ยวในตัวของมันเองตามธรรมชาติ อันประกอบด้วยสารที่มีขนาดเล็กที่สุด อย่างไรก็ดีการลดขนาดก็ยังเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุนั้น ๆ ด้วย เช่น ขนาดของแรงที่ยึดเหนี่ยวกันภายใน รอยแตกตามธรรมชาติ ขนาดของวัตถุดิบเป็นต้น

การลดขนาดจำเป็นต้องอาศัยพลังงานที่พอเหมาะ และเครื่องมือตลอดจนอุปกรณ์ที่ถูกต้องและเหมาะสมกับความต้องการของการลดขนาดที่ต้องการใช้งาน จึงจะเกิดผลดีและทุ่นค่าใช้จ่ายในการผลิตทำให้คุ้มค่ากับการลงทุน

ในการนี้ได้มีผู้พยายามตั้งทฤษฎีเกี่ยวกับการลดขนาดไว้หลายทฤษฎีด้วยกัน เพื่อประโยชน์ในการคำนวณหาพลังงานและขนาดของเครื่องมือที่เหมาะสม แต่ก็ยังไม่มีทฤษฎีใดได้รับการยอมรับนับถือว่าเป็นทฤษฎีการลดขนาดที่แท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ทฤษฎีการลดขนาดที่สำคัญ

ทฤษฎีของ Rittinger ซึ่งกล่าวว่า พลังงานที่นำมาใช้เกี่ยวกับการลดขนาดเป็นปฏิภาคโดยตรงกับเนื้อที่ผิวที่เกิดขึ้นใหม่หรือปฏิภาคกับขนาดเมล็ดวัตถุที่เกิดขึ้น

ทฤษฎีของ Kick กล่าวว่ากำลังงานที่ใช้ในการลดขนาดเป็นปฏิภาคกับการลดของปริมาตรของสารนั้น

ทฤษฎีของ Bond กล่าวว่า พลังงานที่ใช้ในการลดขนาด เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความยาวรวมของรอยแยกที่เกิดขึ้นใหม่ นั้นคือปฏิภาคกันกับกำลังสองของขนาดของสารที่ได้

2.2.2 วิธีการลดขนาด

ในทางทฤษฎีการลดขนาดของอนุภาคของสารทำได้หลายวิธี

1. ถ้าวัตถุเปราะอาจทำให้แตกด้วยแรงกด (Compression) ธรรมดา

2 .ใช้แรงกดกระทบ (Compression Impact)

3. ใช้แรงกระทบชนิดพลังงานต่ำ (Impact) ทำลายให้แตก โดยเฉพาะให้มีกำลังพอที่จะทำลายตรงมุม

4. การใช้อนุภาคความเร็วสูงอีกอนุภาคหนึ่งความเร็วต่ำ(Striking)

5 ใช้การบดสีให้เล็กลง (Abrasion)

6 ใช้แรงเฉือน (Shearing Action) วัสดุที่อ่อน (Soft Material) เมื่อใช้ Cutting Toothจะเลื่อยออกเป็นชั้นๆ

การลดขนาดสำหรับอุปกรณ์และเครื่องจักรที่นำมาใช้ในการแปรรูปอาหารนั้นได้แก่ เครื่องลดขนาดเครื่องหั่นผักและผลไม้ เป็นต้น

ในอุตสาหกรรมอาหารได้รับประโยชน์อย่างมากมายจากอุปกรณ์ที่ช่วยในการบด เพื่อที่จะย่อยหรือลดขนาดของส่วนประกอบต่างๆ ของวัตถุดิบที่จะนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่นโรงงานผลิตแป้ง เป็นต้น

การบดย่อยนั้นสามารถจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การบดแบบแห้ง

2. การบดแบบเปียก

โดยปกติการบดหรือย่อยจะต้องมีจุดประสงค์ตามข้อใดข้อหนึ่งดังนี้ คือ

1. เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ย่อยได้ง่ายขึ้น

2. เพื่อให้สะดวกต่อการบริโภค

3. เพื่อทำให้ผสมกันได้ง่ายขึ้น

4. เพื่อพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ให้แปลกใหม่ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เพื่อสะดวกในการควบคุมระบบลม

ซึ่งสามารถทำให้สำเร็จโดยวิธีต่างๆ 3 วิธี อาจจะใช้เพียงวิธีใดวิธีหนึ่งหรือนำมาใช้รวมกันก็ได้

1. การตัด (Cutting) คือการใช้ของมีคม เช่น มีด ตัดผ่านไปบนวัตถุนั้นๆ ผลที่ได้ก็คือลักษณะหน้าตัดของการถูกแบ่งออกยังมีลักษณะเหมือนเดิม วิธีนี้ใช้กับการลดขนาดของผักผลไม้และเนื้อเป็นต้น

2. การบด (Crushing) คือการทำให้เกิดการแตกของส่วนเล็กๆ ในลักษณะรูปร่างที่ไม่เหมาะสม่ำเสมอเช่น แป้ง ผลไม้ และผักที่ถูกเคี่ยวจนเปื่อย มีลักษณะเช่นเดียวกับหลักอันนี้ แรงในการบดนี้ก็ได้มาจากการบดแบบลูกกลิ้ง เช่น เครื่องบดน้ำอ้อย เป็นต้น หรือแรงของปากกา ค้อน แฮมเมอร์มิล ก็เป็นตัวอย่างของการใช้ประโยชน์ของแรงจากค้อนในการบด

3. การตัด (Sherring) เป็นองค์ประกอบของปฏิกริยาการรวมตัวเป็นส่วนเดียวกันกับของเหลวโดยปกติการตัดแบบนี้เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของใบมีด ถ้าเป็นใบมีดที่คมมากๆ ปฏิกริยานี้ก็คือการตัดธรรมดา (Cutting) แต่ถ้าใบมีดไม่คมเลยก็คือการบด (Crushing) นั่นเอง อย่างไรก็ตามในปฏิกริยาการรวมตัวเป็นส่วนเดียวกันความจริงแล้วเป็นการเคลื่อนตัวสวนกันด้วยอัตราเร็วที่ต่างกันของวัตถุ ซึ่งทำให้เกิดการตัดแบบนี้ การเคลื่อนตัวด้วยอัตราความเร็วสูงย่อยทำให้แรงการตัดสูงขึ้นด้วย

เครื่องบดย่อย (Grinder)

การลดขนาดนั้นโดยหลักของรูปแบบแล้วสามารถแบ่งได้ 4 ชนิด คือ

- เบอร์มิล (Burr Mill)
- แฮมเมอร์มิล (Hammer Mill)
- โรลเลอร์มิล (Roller Mill)
- คอมบิเนชั่นมิล (Combination Mill)

แฮมเมอร์มิล มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ค้อนที่หมุนอิสระติดอยู่กับแกนเพลา ตะแกรง และตัวเป่าลม ส่วนค้อนนั้นจะถูกเหวี่ยงด้วยความเร็ว 2,500-4,000 รอบ/นาที และโดยปกติแล้วค้อนนี้จะหมุนรอบตัวเองให้ได้ระยะทาง 15,000-20,000 ฟุต/นาที กล่าวคือขนาดของเส้นรอบวงต้องสัมผัสกับความเร็วรอบด้วย ส่วนตะแกรงจะติดอยู่ใต้ค้อนและเมื่อค้อนหมุนจะไม่สัมผัสถูกตะแกรง เมื่อวัตถุดิบถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลงแล้ว ส่วนที่เล็กจนสามารถลอดตะแกรงได้ ก็จะถูกลมที่เป่าออกมาด้านล่างพาออกไปยังส่วนกักเก็บไว้ และส่วนที่มีขนาดใหญ่จะถูกย่อยต่อไป สามารถผ่านตะแกรงได้หมด ค้อนนี้สามารถถอดเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้ด้วย อัตราการป้อนก็ควบคุมด้วยช่องที่เลื่อนเปิดปิด

แฮมเมอร์เหมาะสำหรับการบดละเอียดหรือละเอียดปานกลาง และมีข้อได้เปรียบแบบอื่นๆ คือสมารถต่อตรงกับมอเตอร์ได้เลยและก็ใช้กำลังน้อย เช่น การบดวัสดุจำนวน 100 ปอนด์ ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละเอียดปานกลางในเวลา 1 ชั่วโมง ใช้พลังงานเพียงหนึ่งแรงม้า ความละเอียดในการบดขึ้นอยู่กับขนาดของตะแกรงและอัตราการป้อนวัสดุ

เบอร์มิล บางทีเรียกว่า 'Attrition' หรือ 'Disc Mill' โดยปกติแล้วจะประกอบด้วยจานบด 2 ชั้นเป็นตัวขัดสีกัน ซึ่งมีทั้งแกนนอนและแกนตั้ง การทำงานนั้น จานหนึ่งจะอยู่กับที่ ส่วนอีกจานหนึ่งจะหมุน หรือจะหมุนสวนทางกันทั้ง 2 จานก็ได้ เบอร์มิลนั้นพัฒนามาจาก โม่หินแบบโบราณซึ่งหมุนในแนวนอน เบอร์มิลเหมาะสำหรับการบดหยาบและละเอียดปานกลางและหมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 400-1,800 รอบ/นาที ความละเอียดที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับความถี่ที่ยื่นออกมาจากจาน อัตราการป้อนและความชื้นของวัสดุที่นำมาบด ชนิดของวัตถุและกำลังเครื่อง

คอมบิเนชั่นมิล โดยหลักการทำงานแล้ว ก็เหมือนกับแบบแฮมเบอร์มิลทุกประการ เพียงแต่ตัวค้อนที่ใช้ตีนั้นจะติดแบบตายตัวอยู่กับแกนเพลาทำให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบแรก

โรลเลอร์มิล ประกอบด้วยตัวบดที่มีลักษณะเป็นแท่งทรงกระบอกกลมหลาย ๆ ตัว เพื่อความละเอียดในการบด ถ้าจำนวนลูกบดยิ่งมากความละเอียดก็มากขึ้นด้วย เพราะทำให้เกิดการบดมากขึ้นนั้นเอง การทำงาน วัตถุดิบจะถูกป้อนและเคลื่อนที่ไปยังช่องว่างระหว่างลูกบด ซึ่งมีระยะห่างแตกต่างกันไป จนได้ส่วนที่บดละเอียดตามความต้องการ

2.3 เครื่องหั่นแบบแท่งชนิดต่าง ๆ (http://www.urschel/dicer.com)

2.3.1 เครื่องหั่นแบบ Urschel รุ่น RA-A (Uniformly Dice , Strip Cut or Slice)

คุณสมบัติและการประยุกต์ใช้

The Urschel รุ่น RA-A จะเป็นเครื่องจักรกลที่มีความสามารถในการทำให้หมุนได้ ซึ่งใช้สำหรับกระบวนการผลิตได้อย่างกว้างขวางและมีประสิทธิภาพ โดยสามารถหั่นผลิตภัณฑ์ที่เราใส่เข้าไปให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าได้ตั้งแต่ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง เนื่องจากใบมีดที่ใช้ในการหั่นสามารถถอดออกเพื่อเปลี่ยนขนาดได้ และยังสามารถใช้สำหรับการปอกให้เป็นแผ่นยาว วัตถุดิบที่ใส่เข้าไปจะเป็นจำพวกผักและผลไม้ เช่น พวกผักดอง ส้ม สับปะรด ลักษณะพิเศษของเครื่อง The Urschel รุ่น RA-A คือจะมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง ไม่หยุดชะงักระหว่างทำการผลิต และยังถูกออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด และการบำรุงรักษา ขนาดใหญ่ที่สุดของผลิตภัณฑ์ที่สามารถใส่เข้าไปได้ คือ ไม่เกิน 3 ½ นิ้ว (88.9 มิลลิเมตร) ในทุกมิติ

ลักษณะของการตัด

แบบลูกเต๋า : ส่วนแรกใช้มีดสไลซ์หั่นให้เป็นชิ้นบาง ๆ จากนั้นใช้มีดกลมหั่นให้เป็นเส้นยาว เมื่อได้เส้นยาวแล้วจะผ่านมีดอีกตัวที่วางอยู่ในลักษณะตั้งฉากเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า การเปลี่ยนขนาดสี่เหลี่ยมลูกเต๋าทำได้โดยใช้เพลาตัดในขนาดที่ต้องการ และปรับความหนาในการหั่นให้เป็นชิ้นบาง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)

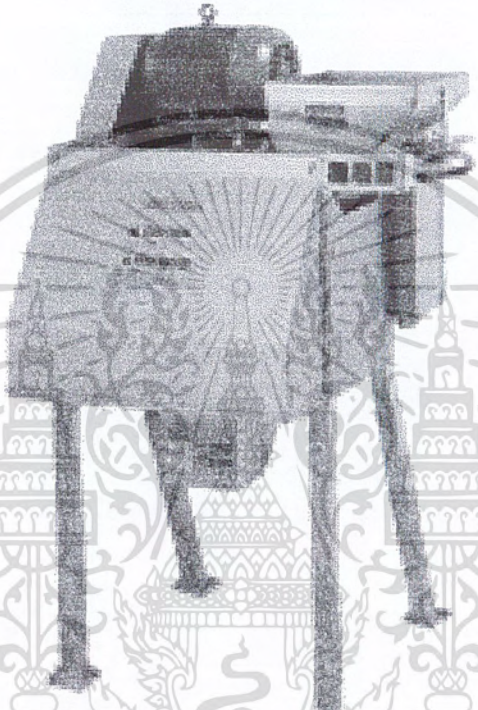
แบบเส้นยาว : ใช้การเคลื่อนที่ของมีดตั้งฉากและเพลา

รายละเอียดเกี่ยวกับตัวเครื่อง

- ความยาว : 39.32 นิ้ว (999 มิลลิเมตร)
- ความกว้าง : 36.56 นิ้ว (929 มิลลิเมตร)
- ความสูง : 62.68 นิ้ว (1592 มิลลิเมตร)
- น้ำหนักสุทธิ : 740 ปอนด์ (336 กิโลกรัม)
- ขนาดมอเตอร์ : 5 แรงม้า (3.7 กิโลวัตต์)

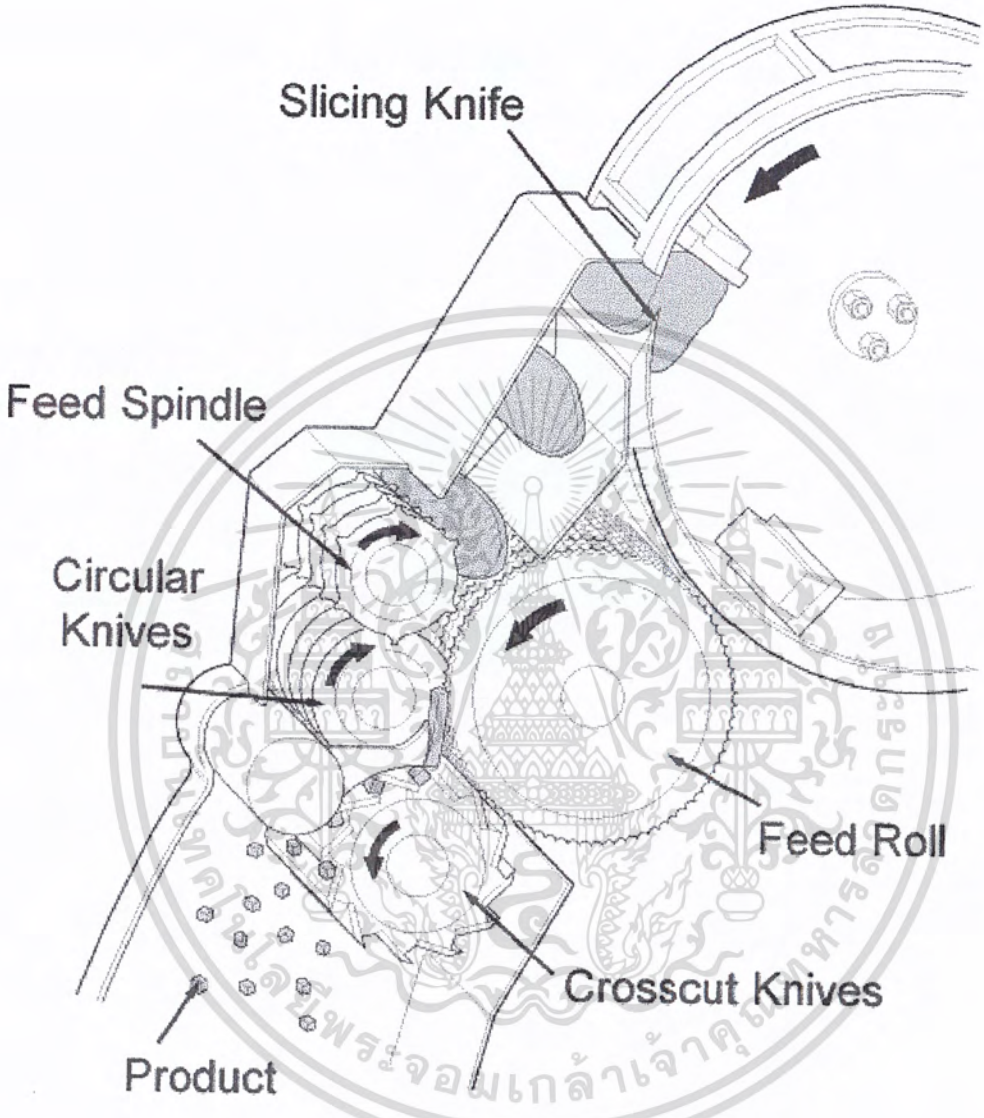
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 เครื่องหั่นแบบ Urschel รุ่น RA-A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในและกระบวนการผลิตของ Urschel รุ่น RA-A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เครื่องหั่นแบบ Urschel รุ่น G-A (Versatile Slicer , Strip Cutter & Dicer)

คุณสมบัติและการประยุกต์ใช้

การหมุนของ Urschel รุ่น G-A จะทำให้เกิดการหั่นแบบลูกเต๋า , แบบแผ่นตรงยาว และการหั่นแบบสไลซ์ ซึ่งจะใช้สำหรับการหั่นผลไม้ที่สุกและนิ่ม หรือใช้สำหรับพืชผักที่มีรากเปราะ เช่น พืช กะหล่ำปลี ลูกแพร มะเขือเทศ การเปลี่ยนขนาดการหั่นสามารถทำได้โดยสับเปลี่ยนใบมีด ลักษณะพิเศษของเครื่อง The Urschel รุ่น G-A คือจะมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง ไม่หยุดชะงักระหว่างทำการผลิต และยังถูกออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาด และการบำรุงรักษา ขนาดใหญ่ที่สุดของผลิตภัณฑ์ที่สามารถใส่เข้าไปได้ คือ ไม่เกิน 5 ½ นิ้ว (140 มิลลิเมตร) ในทุกมิติ

ลักษณะของการตัด

แบบลูกเต๋า : โดยเริ่มแรกจะใช้มีดสไลซ์หั่นให้เป็นชิ้นบาง ๆ จากนั้นจะใช้มีดตั้งฉากใช้สำหรับหั่นให้เป็นเส้นยาว เมื่อได้เส้นยาวแล้วจะผ่านมีดกลมที่วางอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับมีดตั้งฉากเพื่อที่จะให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เราใส่เข้าไปออกมาเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า การเปลี่ยนขนาดสี่เหลี่ยมลูกเต๋าทำได้โดยใช้เพลาในการตัดในขนาดที่ต้องการ และปรับความหนาในการหั่นให้เป็นชิ้นบางๆ ลูกบาศก์ที่ทำได้ มีขนาด ½ นิ้ว (25 มิลลิเมตร)

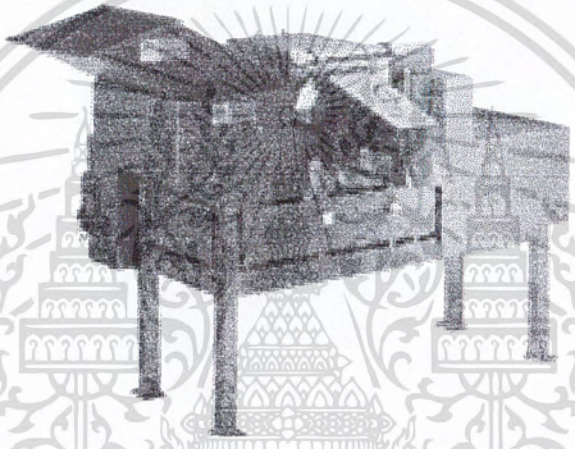
แบบเส้นยาว : จะใช้เพียงใบมีดสไลซ์กับมีดตั้งฉากเท่านั้น เส้นยาวที่ทำได้มีขนาด 17/32 นิ้ว (13.5 มิลลิเมตร)

แบบหั่นบางๆ : จะใช้การเคลื่อนที่ของมีดตั้งฉาก มีดกลมและ stripper plate โดยเครื่องนี้สามารถสไลซ์ได้ขนาด ¾ นิ้ว (19 มิลลิเมตร)

รายละเอียดเกี่ยวกับตัวเครื่อง

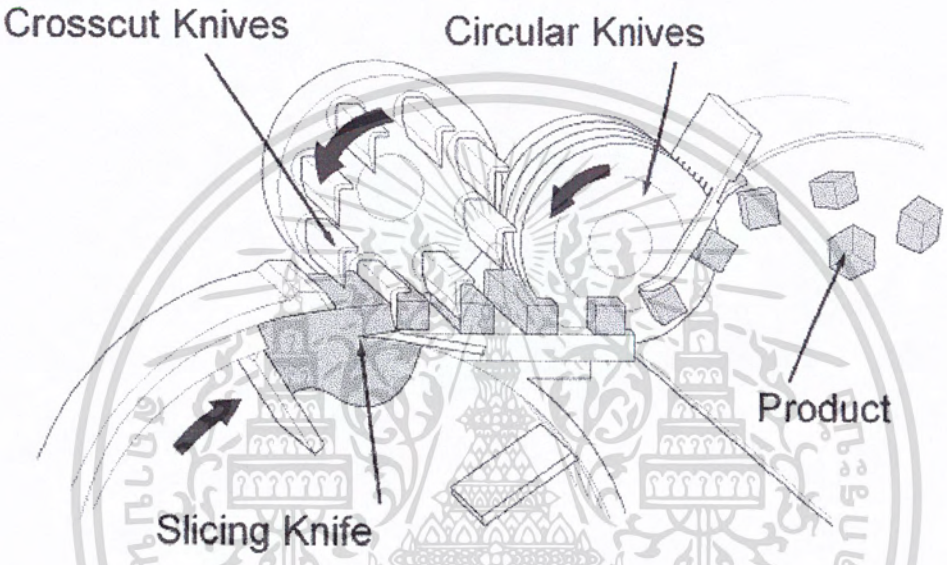
- ความยาว : 73.73 นิ้ว (1873 มิลลิเมตร)
- ความกว้าง : 45.94 นิ้ว (1167 มิลลิเมตร)
- ความสูง : 49.25 นิ้ว (1251 มิลลิเมตร)
- น้ำหนักสุทธิ : 740 ปอนด์ (336 กิโลกรัม)
- ขนาดมอเตอร์ : 2 แรงม้า (1.5 กิโลวัตต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 เครื่องหั่นแบบ Urschel รุ่น G-A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในและกระบวนการผลิตของ Urschel รุ่น G -A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 เครื่องหั่นแบบ Quanti Cut Dicer (Large Product , High Capacity Slicer / Dicer / Strip Cutter)

คุณสมบัติและการประยุกต์ใช้

Quanti Cut Dicer ใช้สำหรับการทำผลิตภัณฑ์ให้เป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า การหั่นในลักษณะปอกหรือ ซอยเป็นเส้นยาว และ การหั่นให้เป็นแผ่นบาง ๆ ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างกว้างขวางมากมายหลายชนิด เช่น มะเขือเทศ แครอท หัวผักกาด พริก สับปะรด และอื่น ๆ อีกมากมาย ต่อมาวิชาการด้านวิศวกรรมได้มีการพัฒนาดัดแปลงนำวิธีการต่างๆมาประยุกต์เข้ากับเครื่อง มีการออกแบบเพิ่มเครื่องมือและได้จดสิทธิบัตรไว้ ลักษณะพิเศษของเครื่อง คือจะมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง ไม่หยุดชะงักระหว่างทำการผลิต และยังถูกออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการทำความสะอาดและการบำรุงรักษา ขนาดใหญ่ที่สุดของผลิตภัณฑ์ที่สามารถใส่เข้าไปได้ คือ ไม่เกิน 10 นิ้ว (254 มิลลิเมตร) ในทุกมิติ

ลักษณะของการตัด

แบบลูกเต๋า : โดยเริ่มแรกจะใช้มีดสไลซ์หั่นให้เป็นชิ้นบาง ๆ จากนั้นจะใช้มีดตั้งฉากใช้สำหรับหั่นให้เป็นเส้นยาว เมื่อได้เส้นยาวแล้วจะผ่านมีดกลมที่วางอยู่ในลักษณะตั้งฉากกับมีดตั้งฉากเพื่อที่จะให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เราใส่เข้าไปออกมาเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋า การเปลี่ยนขนาดสี่เหลี่ยมลูกเต๋าทำได้โดยใช้เพลาในการตัดในขนาดที่ต้องการ และปรับความหนาในการหั่นให้เป็นชิ้นบาง ๆ

แบบหั่นบางๆ : โดยใช้การเคลื่อนที่ของมีดตั้งฉาก มีดกลม และ stripper plate

แบบเส้นยาว : โดยใช้การเคลื่อนที่ของมีดตั้งฉาก และมีดกลม

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

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

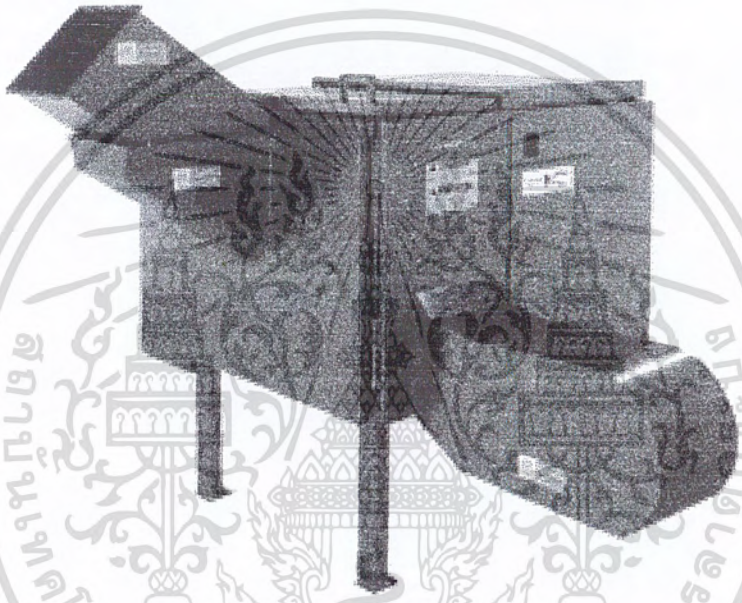
Crosscut knives : 1/8 ถึง 2-5/8 นิ้ว (3.2 ถึง 66.7 มิลลิเมตร)

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 : 7-1/2แรงม้า (5.6 กิโลวัตต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

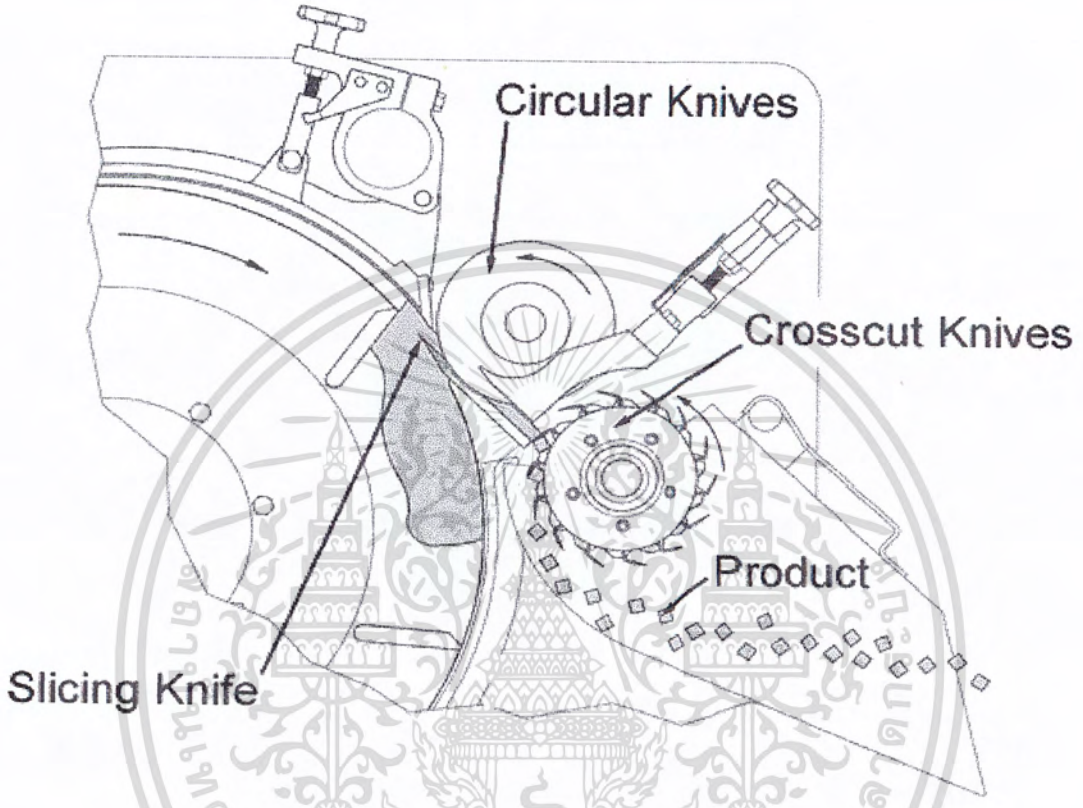
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.5 เครื่องหั่นแบบ Quanti Cut Dicer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42384



รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในและกระบวนการผลิตของ Quanti Cut Dicer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 เครื่องหั่น รุ่น DC Food Dicer

คุณสมบัติและการประยุกต์ใช้

เครื่อง รุ่น DC Food Dicer นี้เป็นเครื่องหั่นผลิตภัณฑ์อาหารที่สามารถนำใช้สำหรับกระบวนการผลิตในโรงงานผักอบแห้ง ครัวขนาดใหญ่ โรงงานกระป๋อง อาหารฆ่าเชื้อ อาหารแช่แข็ง ขนมขบเคี้ยว ซึ่งเครื่องนี้สามารถหั่นผลิตภัณฑ์อาหารให้เป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ และ เป็นลักษณะแท่งยาว สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์ผักผลไม้ได้หลายชนิด เช่น มะเขือเทศ แครอท หัวหอม แอ๊ปเปิ้ล พีช หน่อไม้ เป็นต้น ขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ได้จาการหั่นทำได้หลายขนาด (3 , 5 , 7.5 , 10 , 15 , 20 M/M) ขึ้นกับขนาดของใบมีดที่ใช้ อุปกรณ์ที่สำคัญในการหั่น คือ Round Knife , Cross Cutting Knife , Plain Blade ลักษณะพิเศษของเครื่องนี้ คือ เครื่องนี้ถูกออกแบบมาเพื่อตัด , หั่นผลไม้และผักประเภทหัว, ราก ให้ได้ความปริมาณมากในเวลาที่รวดเร็ว มีความสามารถในการผลิตเทียบเท่ากับการใช้แรงงานคนในขบวนการผลิตถึง 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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ

3.1 ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของเครื่อง (วรพงษ์ ศรีวงษ์คง, 2531)

โครงสร้าง คือ สิ่งที่จัดสร้างขึ้นโดยต่อรวมหน่วยต่าง ๆ เข้าด้วยกันทำหน้าที่อย่างหนึ่งหรือหลายหลายอย่าง ซึ่งต้องการมาตรการความมั่นคงบางประการหน้าที่ของโครงสร้าง อาคารที่ก่อสร้างขึ้นมาจะมีโครงสร้างเปรียบเสมือนกระดูกโครงหลัก และมีส่วนประกอบอื่น ๆ (Members) ซึ่งทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน เช่น ปิดหุ้มทับ ปกปิดตกแต่ง เพื่อให้การใช้เนื้อที่ภายในอาคารนั้นสะดวกและเหมาะสมกับประเภทของอาคาร โครงสร้างอาจแยกเป็นหลายส่วนหลายตอนประกอบรวมกันจนสำเร็จเป็นตัวอาคารขึ้นมา โครงสร้างย่อยอาจแยกออกเป็นหลายตอน เช่น ตัวอย่างโครงสร้างรับเรื่องมุงหลังคา โครงสร้างพื้น โครงสร้างบันได โครงคานต่อ โครงสร้างฐานราก ดังนี้เป็นโครงย่อยต่าง ๆ ดังกล่าว เมื่อประกอบกันเข้ากันทั้งหมดก็เป็นตัวอาคารในที่สุด จะเห็นว่ารูปร่างโครงสร้างแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะ เนื่องจากมีแรงหรือน้ำหนักบรรทุก เป็นตัวการจัดระเบียบหรือบังคับ ให้เกิดเป็นรูปร่างต่าง ๆ กันไป เมื่อแรงที่ถ่ายทอดต่อเนื่องถูกตามกฎเกณฑ์แล้ว โครงสร้างนั้นจะตั้งอยู่ได้มั่นคง และก่อให้เกิดความรู้สึกพึงพอใจเมื่อมองดู ฉะนั้นเมื่อต้องใช้วัสดุต่าง ๆ กันก็ต้องใช้ให้เหมาะสมกับความสามารถของการรับแรงนั้นด้วยอย่างดี

แรงต้านภายในเนื้อวัสดุประกอบเป็นโครงสร้าง แรงต้านทานภายใน (Resistance Forces) ที่ได้กล่าวนี้ อาจแบ่งเป็น 5 ชนิดด้วยกันซึ่งมีความแตกต่างกันดังนี้

1. แรงดึง (Tension or Pull or Suction) ต้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุ นั้นยืดออก ยาวออก หรือ ขาดจากกัน

2. แรงอัด (Compression or Push or Pressure) ต้านความพยายามที่จะทำให้วัสดุสั้นเข้า บีบเข้า หรือ แตก

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

4. แรงดัด (Bending) เมื่อโครงสร้างรับแรงดัดแล้ว ผิวบนจากแรงสะเทิน (Neutral Axis) ขึ้นไปรับแรงอัด และผิวล่างของแกนสะเทินรับแรงดึงด้วย หรือบางกรณีเกิดกับตรงกันข้าม แรงดัดก่อให้เกิดแรงต้านทานแรงดัดที่มีขนาดเท่ากันขึ้นภายในเนื้อวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. แรงบิด (Torsion or Torque or Twisting) ตามความพยายามที่จะบิดวัสดุให้ขาดจากจากกัน

ในแรงทั้ง 5 แรงนี้ แรงใน 2 ประการหลัง คือ แรงดัดสามารถแยกเป็นแรงดึงแรงอัดได้ แรงบิดแยกเป็นแรงเฉือนได้ ดังนั้นถ้าพิจารณาแต่ละชิ้นส่วนเล็ก ๆ ในเนื้อวัสดุโครงสร้าง จะมีแรงพิจารณาอยู่เพียงแรงดึง และแรงเฉือน เท่านั้น ซึ่งเราสามารถรู้ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นและผลเนื่องจากการกระทำของแรง ก็สามารถกะขนาดหน้าตัดของวัสดุ โครงสร้างและรูปร่างได้ โดยหาขนาดของแรงและความเข้มของแรงนี้ เรียกว่า ความเค้น (Stress) มีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่

3.2 ระบบส่งกำลัง (วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ฉนัดงาน, 2541)

สำหรับงานเครื่องจักรกลที่ต้องใช้มอเตอร์เป็นตัวต้นกำลังนั้น การเลือกชนิดของมอเตอร์ การกำหนดระบบส่งกำลัง การกำหนดความเร็วรอบ จะมีการเจาะจงโดยเฉพาะกับเครื่องนั้น ๆ ซึ่งเพื่อความเหมาะสมของแต่ละเครื่องแต่ละขั้นตอน เป็นการแน่นอนที่ผู้ออกแบบจะต้องศึกษาถึงระบบต่าง ๆ เพื่อช่วยในการออกแบบให้เครื่องนั้นมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ระบบส่งกำลัง คือ การชักนำ การถ่ายกำลังจากตัวต้นกำลังจากแกนหนึ่งไปอีกแกนหนึ่ง ซึ่งการส่งกำลังที่ทำนี้มีทิศทางการทำงานทั้งทิศทางเดียวกัน และทิศทางสวนกัน เป็นการช่วยเพิ่มความเร็วรอบของต้นกำลังให้มากขึ้น หรือลดความเร็วรอบต้นกำลังให้ช้าลง เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้ เป็นระบบส่งกำลังที่ยกตัวอย่าง ทั้งนี้เพราะระบบส่งกำลังมีอยู่หลายวิธีด้วยกัน วิธีต่อไปนี้เป็นระบบส่งกำลังที่ใช้กันมาก

การส่งกำลังด้วยสายพาน

การส่งกำลังทางกลจากเพลาอันหนึ่งไปยังเพลาอีกอันหนึ่ง อาจทำได้หลายวิธีคือ โดยใช้เฟือง ใช้สายพาน หรือใช้โซ่ การส่งกำลังโดยการใช้สายพาน เป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ (Flexible) ซึ่งมีข้อดีหรือข้อเสียหลายประการ เมื่อเปรียบเทียบกับการส่งกำลังโดยใช้เฟือง ข้อดีก็คือ มีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง เหมาะสำหรับการส่งกำลังระหว่างเพลาที่อยู่ห่างกันมาก ๆ และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ เป็นต้น แต่มีข้อเสียคือ อัตราทดไม่แน่นอนนัก เนื่องจากการสลิป (Slip) และการครีบ (Creep) ของสายพาน และต้องมีการปรับระยะห่างระหว่างเพลาหรือปรับแรงดึงในสายพานระหว่างใช้งาน นอกจากนั้นยังไม่อาจใช้งานที่ มีอัตราทดสูงมากได้ ซึ่งมักใช้กับอัตราทดไม่เกิน 5

ชนิดของสายพาน

สายพานแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะหน้าตัดของสายพาน คือ

1. สายพานแบน (Flat Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
2. สายพานลิ่ม (V-Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สายพานกลม (Ropes) มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม

4. ไทม์มิงเบ็ลท์ (Timing Belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเฟืองตลอดความยาวของสายพาน

ลักษณะการขับด้วยสายพาน

เนื่องจากคุณสมบัติในการอ่อนตัวของสายพาน จึงอาจจัดลักษณะการขับของสายพานได้ต่าง ๆ กัน ลักษณะทั่วไปที่นิยมใช้ในการขับด้วยสายพาน เมื่อต้องการขับเพลาที่ขนานกัน และต้องการให้เพลาทั้งสองหมุนในทิศทางเดียวกัน ก็จะทำได้ในซึ่งเรียกว่าโอเพ่นไดรว์ (Open Drive) และถ้าเพลาอยู่ห่างกันมากควรจะใช้สายพานที่ด้านล่างตึง (Tight) และด้านบนหย่อน (Slack) ต้องการให้เพลาทั้งสองหมุนสวนทางกันก็จะทำได้โดยใช้วิธี ซึ่งเรียกว่าคลอสไดรว์ (Crossed Drive) แต่การขับในลักษณะนี้จุดที่สายพานไขว้กันจะทำให้สายพานถูกันทำให้สายพานเกิดการสึกหรอมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันมิให้สายพานสึกหรอมากเกินไปจึงควรจะให้จุดศูนย์กลางของล้อสายพานอยู่ห่างกันไม่น้อยกว่า 40 เท่าของความกว้างสายพาน และความเร็วสายพานไม่เกิน 15 เมตร/วินาที การขับแบบควอเตอร์เทอนไดรว์ (Quarter Tunr Drive) ใช้เมื่อเพลาทั้ง 2 ตั้งฉากกัน และเพื่อป้องกันไม่ให้สายพานหลุดออกจากล้อสายพานขณะใช้งาน จึงต้องใช้ล้อสายพานที่กว้างเพียงพอ โดยทั่วไปมักจะต้องกว้างมากกว่าความกว้างสายพานไม่น้อยกว่า 1.4 เท่า และก่อนใช้งานจะต้องทดสอบเสมอ ส่วนการขับแบบมูวล์ไดรว์ (Mule Drive) ใช้เมื่อเพลาทั้ง 2 ตั้งฉากกัน แต่ไม่อาจจัดในลักษณะควอเตอร์ไดรว์ได้ หรือเมื่อต้องการให้หมุนกลับทิศทางได้ เมื่อไม่สามารถขับในลักษณะโอเพนไดรว์ได้ เพราะส่วนโค้งสัมผัส (Arc of Contact) บนล้อสายพานเล็กมีค่าน้อยเกินไป (เพราะอัตราทดสูงและล้อสายพานอยู่ใกล้กันมาก) หรือไม่อาจทำให้ล้อสายพานตึงได้โดยวิธีอื่น ก็อาจทำได้โดยการใช้ล้อช่วย เป็นการช่วยให้สายพานสัมผัสกับล้อมากขึ้นซึ่งเพิ่มกำลังที่ส่งได้ด้วย ส่วนการขับแบบริเวอร์ไดรว์ (Reverse Drive) ใช้เมื่อต้องการส่งกำลังไปยังเพลาหลาย ๆ อันพร้อมกัน

3.3 ระบบมอเตอร์ต้นกำลัง (วรพงษ์ ศรีวงษ์คง, 2531)

อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์เครื่องมือที่จะสามารถทำงานได้รวดเร็วมีประสิทธิภาพ ผ่อนแรงให้ผู้ใช้ได้มาก จะต้องมีตัวเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล นั่นคือ มอเตอร์ซึ่งจะมีการเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นภายใน เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านจนครบวงจร โดยจะเกิดต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

มอเตอร์แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆได้ 2 ประเภท คือ

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการติดตั้งมอเตอร์ทั่วไปนิยมใช้มอเตอร์กระแสไฟฟ้าสลับ เพราะสะดวกและสามารถใช้งานได้กว้างขวาง

3.3.1 ระบบควบคุมมอเตอร์

โดยทั่วๆไประบบควบคุมและป้องกันอันตรายมอเตอร์ใช้ระบบประสมแม่เหล็กไฟฟ้าให้สตาร์ทมอเตอร์คร่อมคู่สายต้นกำลัง วิธีสตาร์ทมอเตอร์และหยุดควรกระทำจากแผงสวิตท์บอร์ดที่อยู่ใกล้ ๆ ตำแหน่งใช้งานมอเตอร์เพื่อความปลอดภัย สวิตซ์สตาร์ทควรมีทั้งที่ใกล้ตัวมอเตอร์นั้น ๆ เองและที่แผงคอนโทรล

ระบบควบคุมมอเตอร์นอกจากจะใช้ควบคุมสตาร์ทและหยุดเดินมอเตอร์แล้ว ยังต้องสามารถป้องกันอันตรายอื่นๆได้อีก เช่น จากการโอเวอร์โหลด แรงดันต่ำลงไปเกินควรหรือมอเตอร์เริ่มเดินสะดุด ในสภาวะดังกล่าวสวิตซ์จะต้องเปิดออกตัดไฟได้โดยอัตโนมัติ เพื่อกันมิให้มอเตอร์ต้องชำรุดเสียหาย หรือในกรณีเกิดลัดวงจรขึ้นในมอเตอร์อีกด้วยเช่นกัน ระบบควบคุมมอเตอร์จะต้องยอมให้กระแสขณะสตาร์ทซึ่งเป็นกระแสจำนวนสูงไหลผ่านไปไม่ได้หรือโอเวอร์มอเตอร์นาน ๆ ไม่ได้โดยเด็ดขาด ฉะนั้นการที่จะตั้งปริมาณกระแสที่ยอมให้ผ่านไปได้จะตั้งต่ำเกินไปนักไม่ได้ มอเตอร์ก็จะสตาร์ทหมุนไม่ติด มอเตอร์ตัวใดที่ต้องสตาร์ทและหยุดเป็นอัตโนมัติ มอเตอร์ตัวนั้น ๆ จะต้องไม่กระทำอันตรายไฟฟ้าแก่บุคลากรได้เลย

อุปกรณ์ป้องกันอันตรายอื่น ๆ ที่ควรมีเพิ่ม ได้แก่ เครื่องตรวจอุณหภูมิแบริ่ง และเครื่องตรวจอุณหภูมิขดลวด จำไว้ว่ามอเตอร์ที่โอเวอร์โหลดในระยะเวลาสั้น ๆ เป็นการชั่วคราวขณะใช้งาน จะทำให้อายุการใช้งานลดลงมา เช่น ลดจาก 12 ปี เหลือ 10 ปี ในกรณีเช่นนี้อาจยอมให้โอเวอร์โหลดได้บ้างและคุ้มกว่าต้องหยุดงาน ซึ่งผู้ควบคุมงานจะต้องตัดสินใจเรื่องนี้ได้ทันการด้วยตัวเอง

3.3.2 งานติดตั้งมอเตอร์

ขั้นตอนในการติดตั้งมอเตอร์ที่สำคัญมี 3 ขั้นตอนคือ

3.3.2.1 งานติดตั้งฐานรองรับเครื่องจักรให้เข้าที่

3.3.2.2 งานติดตั้งแผ่นรองรับ

3.3.2.3 งานปรับศูนย์

การออกแบบที่ไม่ดีหรือการวางตำแหน่งของปุ่มควบคุมเครื่องจักรไม่ถูกต้องจะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย แต่ไหนแต่ไรมาแม้กระทั่งในปัจจุบันนี้เมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้นเป็นผลให้ผู้ปฏิบัติงานต้องนิ้วด้วน แขนขาด หรือกึ่งตายก็มักจะโทษว่าเกิดเนื่องจากความสะเพร่าไม่ระมัดระวังของผู้ปฏิบัติงาน ทั้ง ๆ ที่มีอยู่หลายกรณีทีเดียวที่ต้นเหตุเกิดเนื่องมาจากความผิดพลาดของผู้ออกแบบวางตำแหน่งของปุ่มควบคุมไม่ดี ก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย การออกแบบที่ดีจะต้องคำนึงว่าจะทำอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไรจึงจะลดโอกาสที่เกิดอุบัติเหตุน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ สิ่งสำคัญก็คือส่วนประกอบของปุ่มควบคุมต้องถูกต้องและวางไว้ในตำแหน่งที่ปลอดภัยที่สุด

3.4 สายพานขับเคลื่อน (วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน,2541)

3.4.1 สายพานแบนราบและสายพานรูปตัววี

ได้นำมาถ่ายทอดกำลังจากเพลาเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่ง โดยไม่จำเป็นต้องรักษาอัตราความเร็วระหว่างเพลาทั้งสองให้มีค่าตามที่แท้จริง (กล่าวคือสายพานไม่สลิป) โดยทั่ว ๆ ไปในการใช้งานสายพานขับเคลื่อนจะเกิดกำลังสูญเสียเนื่องจากสลิป และการยืดของสายพาน ซึ่งจะยืดประมาณ 3-5 % ของความยาวทั้งหมด ในการพิจารณาของบทนี้ จะสมมติให้เพลาทั้งสองขนานกัน แต่อย่างไรก็ตาม ทั้งสายพานแบบแบนและรูปตัววี อาจใช้งานในลักษณะพิเศษโดยที่เพลาไม่วางขนานกันก็ได้ ซึ่งในกรณีเช่นนี้เพื่อให้สายสามารถคล้องบนรอกได้ รอกต้องอยู่ใกล้ระนาบที่ตั้งฉากกับแกนการหมุนของรอก

3.4.2 การออกแบบสายพาน

เกี่ยวข้องกับการเลือกสายพานที่เหมาะสมกับกำลังที่จะส่งผ่านและเกี่ยวกับการคำนวณหากำลังที่สามารถส่งผ่านได้ของทั้งสายพานแบบแบนราบหรือสายพานรูปตัววี โดยทั้งสองกรณีเราพิจารณาว่าทราบความหนาของสายพาน แต่ในกรณีแรกความกว้างของสายพานเราจะไม่ทราบ ส่วนกรณีที่สองเราต้องทราบความกว้างของสายพาน กำลังที่ส่งผ่านสายพาน โดยสายพานขับเคลื่อนจะมีค่าเป็นฟังก์ชั่นของแรงดึงของสายพานและความเร็วของสายพาน

ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพานลิ่มหาค่าได้จากสมการ

$$L_p = 2C + 1.57(D_p + d_p) + [(D_p + d_p)^2 / 4C] \quad (3.1)$$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ

$$C = p + \sqrt{(p^2 - q)} \quad (3.2)$$

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

$q = 0.125(D_p - d_p)^2$

มุมสัมผัสของล้อสายพานหาได้จากสมการ

$$\alpha = 180^0 - [2\sin^{-1}(D_p - d_p)/2C] \text{ rad} \quad (3.3)$$

ความเร็วสายพานหาได้จากสมการ

$$v = \pi d_p n \quad (3.4)$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลังหาได้จาก

$$F = W / v \quad (3.5)$$

แรงดึงชั้นต้นในสายพานหาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F_i = (k_1 F + z k_2 v^2) \sin \alpha / 2 \quad (3.6)$$

3.5 โรลลิ่งแบริ่ง

โรลลิ่งแบริ่ง สามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แอนติฟิกชันแบริ่ง (Anti-Friction Bearing) แรงเสียดทานในแบริ่งจะไม่ต่างกันมากจากเจอร์นัลแบริ่ง (Journal Bearing) ที่ถูกออกแบบอย่างดีภายใต้การทำฟิล์มน้ำมัน ดังนั้นในการตัดสินใจเลือกใช้โรลลิ่งแบริ่ง สามารถพิจารณาได้จากองค์ประกอบหลายประการดังนี้

3.5.1 โรลลิ่งแบริ่งจะมีข้อได้เปรียบตรงแรงบิดเริ่มต้นของเพลาจะสูงกว่า เนื่องจากแรงปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นบนลูกเหล็กหรือโรลเลอร์อิสระ

3.5.2 ในการใช้งานที่มีความเร็วรอบของเพลาสูง เจอร์นัลแบริ่งจะเงียบกว่าโรลลิ่งแบริ่ง

3.5.3 ในกรณีที่ช่องว่างสำหรับแบริ่งจำกัดโรลลิ่งแบริ่งจะเหมาะสำหรับช่องว่างตามแนวแกนเพลามีจำกัด ส่วนเจอร์นัลแบริ่งจะเหมาะสำหรับช่องว่างตามแนวรัศมีของเพลามีจำกัด

3.5.4 ในการใช้งานที่มีกระแสไฟฟ้ามาเกี่ยวข้องและต้องการฉนวนเพื่อความปลอดภัย เจอร์นัลแบริ่งจะเหมาะสมกว่าเพราะมีฟิล์มน้ำมันซึ่งป้องกันการนำไฟฟ้าได้

3.5.5 โรลลิ่งแบริ่งจะมีสัญญาณเหตุเมื่อเริ่มมีความผิดปกติขึ้น เช่น เริ่มจะมีเสียงดัง ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ทันก่อนที่จะเสียหายมากขึ้น ส่วนเจอร์นอลแบริ่งจะไม่มีสัญญาณบ่งบอกความผิดปกติ

3.5.6 โรลลิ่งแบริ่งสามารถรับแรงได้ทั้งแนวรัศมีเพลาและแนวแกนเพลาพร้อมๆกัน (ยกเว้นแบริ่งชนิดโรลเลอร์แบริ่งทรงกระบอกกลม)

3.5.7 ก่อนใช้งานโรลลิ่งแบริ่ง โรลลิ่งแบริ่งจะถูกอัดจากแรงกระทำก่อน (Preload) เพื่อที่จะลดช่องว่างเล็กๆในแบริ่งเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในกรณีที่ใช้อุปกรณ์สำหรับเครื่องจักร (Machine Tool)

3.5.8 ระยะห่าง (Clearance) ในโรลลิ่งแบริ่งจะน้อยกว่าในเจอร์นัลแบริ่ง เพราะว่าจะต้องใช้อุปกรณ์ที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น เฟือง เป็นต้น

3.5.9 ในการหล่อลื่นของโรลลิ่งแบริ่งจะไม่ยุ่งยากเท่าเจอร์นัลแบริ่ง ดังนั้นความเสียหายที่เกิดจากเจอร์นัลแบริ่งรุนแรงกว่าโรลลิ่งแบริ่ง

3.5.10 โรลลิ่งแบริ่งสามารถรับแรงที่มากกว่าปกติได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ

3.5.11 ค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน

แรงสมมูล หมายถึง แรงในแนวรัศมีซึ่งถ้าให้กระทำต่อโรลลิ่งแบริ่ง โดยที่วงแหวนในหมุนและวงแหวนนอกอยู่นิ่งแล้วจะทำให้แบริ่งมีอายุการใช้งานเท่ากับอายุใช้งานของแบริ่งที่รับแรงจริง (ซึ่งอาจจะมีทั้งแรงในแนวรัศมีและแนวแกนพร้อมกัน) คำนวณได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = N_s (XVF_r + YF_a) \quad (3.7)$$

โดยที่ P = แรงสมมูล

F_r = แรงในแนวรัศมี

F_a = แรงในแนวแกนหรือแรงรุน

V = ตัวประกอบการหมุนมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงแหวนในหมุน และ 1.2 เมื่อวงแหวนนอกหมุน ถ้าเป็นบอลแบริ่งชนิด self – aligning ให้ใช้ค่าเท่ากับ 1 เสมอ

X = ตัวประกอบแรงในแนวรัศมี

Y = ตัวประกอบแรงรุน

แรงพลวัตประเมินหาได้จากสมการ

$$C = P (L_{10})^{1/k} \quad (3.8)$$

โดยที่ค่าคงที่ k = 3 สำหรับบอลแบริ่ง

k = 3.33 สำหรับโรลเลอร์แบริ่ง

3.6 เพลาส่งกำลัง

วัสดุที่ใช้ทำเพลาคือ เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) แต่เมื่อคำนึงถึงในแง่ของความประหยัดเพื่อทำให้เพลามีราคาถูกที่สุด ดั้งนั้นเราจะทำการออกแบบวัสดุที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา

การออกแบบเพลา

ของวัสดุเหนียว ความแข็งแรงของเพลาจะถูกบังคับโดยทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด จะใช้พิจารณาที่ทำจากวัสดุเหนียวและเป็นเพลากลม เพลาที่จะทำจากวัสดุเปราะ ในการออกแบบจะถูกบังคับโดยทฤษฎีความเค้นปกติสูงสุด

โดยเราจะออกแบบเพลาเพื่อหาขนาดโดยอาศัยทฤษฎีความเสียหาย

ความต้านแรงเฉือนครากหาได้จาก $\tau_y = 0.6 \sigma_y$ (3.9)

ความเค้นเฉือนออกแบบหาได้จาก $\tau_n = \tau_y / N$ (3.10)

ความเค้นเฉือนสูงสุดหาได้จาก $\tau = Tr / J = 16T / \pi d^3$ (3.11)

3.7 โซ่ (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน, 2541)

ในทางปฏิบัติการคำนวณหาขนาดโซ่ มักจะใช้วิธีเลือกขนาดโซ่จากแค็ตตาล็อก ของบริษัทผู้ผลิตโซ่ หลังจากที่เลือกขนาดโซ่ได้แล้ว อาจตรวจสอบว่าโซ่ใช้งานได้หรือไม่ ด้วยสมาการ

$$F = F_b / N_b \quad (3.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ F_b = แรงแตกหักน้อยที่สุดของโซ่

N_b = ค่าความปลอดภัย

เมื่อทราบระยะห่างระหว่างศูนย์กลางโซ่โดยประมาณแล้ว ก็อาจหาจำนวนข้อโซ่ได้จากสมการ

$$x = (2C / p) + [(Z + z) / 2] + \{[(Z - z) / 2\P] p / c\} \quad (3.13)$$

โดยที่ x = จำนวนข้อโซ่หรือจำนานพิตช์ของโซ่ (ต้องเป็นเลขคู่)

C = ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางโซ่

p = ระยะพิตช์โซ่

z = จำนวนฟันบนพิเนียน

Z = จำนวนฟันบนของฟันโซ่

หลังจากทราบจำนวนข้อโซ่ที่แน่นอนแล้วจึงคำนวณหาระยะห่างระหว่างศูนย์กลางเฟืองโซ่ที่แท้จริงได้จากสมการ

$$C = p / 4 \{ x - [(Z + z) / 2] + [X - (Z + z) / 2]^2 - 2[(Z - z) / \P]^2 \} \quad (3.14)$$

3.8 เฟือง

เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งใช้ทำหน้าที่ส่งกำลังและการหมุนจากเพลาหนึ่งไปยังอีกเพลาหนึ่งที่ขนานกัน

แรงที่ส่งมายังฟันเฟืองคำนวณได้จาก

$$F_t = W / V \quad (3.15)$$

โดยที่ F_t = แรงเป็น N

W = กำลังงานที่ส่งผ่าน เป็น W

V = ความเร็วพิตช์ เป็น m / s

ตามปกติแล้วแรงที่ส่งผ่าน จะมีค่ามากกว่าแรงที่หาค่าได้จากสมการ (3.15) ทั้งนี้เนื่องมาจากตัวประกอบต่าง ๆ เช่น ความผิดพลาดในการตัดรูปร่างของฟันเฟือง ค่าแบ็คแล็ชทำให้เกิดการกระแทก เป็นต้น แรงที่ส่งผ่านมาที่แท้จริงขึ้นอยู่ความเร็วพิตช์ เรียกว่าตัวประกอบความเร็ว K_v ดังนั้นแรงที่กระทำต่อฟันเฟืองในขณะที่ใช้งานควรจะเป็น

$$F_d = K_v F_t \quad (3.16)$$

ค่า F_d นี้เรียกว่าแรงพลวัต ส่วน K_v สำหรับระบบหน่วย SI จะหาได้จากสมการ

$K_v = (3 + V) / 3$ สำหรับเฟืองทั่วไป $V \leq 10$ m / s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการคำนวณหาขนาดของฟันเฟือง จะต้องตรวจสอบว่า แรงพลวัตนี้มากกว่าแรงที่ฟันเฟืองจะรับได้หรือไม่ และถือว่าฟันเฟืองแข็งแรงพอเมื่อ $F_b \geq F_d$

$$F_b = (\sigma_p b Y_p m) / K_f \quad (3.17)$$

$$F_b / F_d = N_s \quad (3.18)$$

โดยที่ N_s เรียกว่าตัวประกอบใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การคำนวณและการออกแบบ

4.1 การหากำลังมอเตอร์

กำลังมอเตอร์คำนวณได้จาก $P = 2\pi R*F*N / 60$

กำลังมอเตอร์ตัวที่ 1 (หั่นเป็นแว่น) $P = 2\pi*0.0245*45*1400 / 60$

$= 161.63$ Watt

จาก 746 Watt = 1 Hp

161.63 Watt = 0.216 Hp

กำลังมอเตอร์ตัวที่ 2 (หั่นเป็นแท่ง) $P = 2\pi*0.0245*90*1400 / 60$

$= 323.27$ Watt

จาก 746 Watt = 1 Hp

323.27 Watt = 0.433 Hp

ดังนั้นใช้มอเตอร์กำลัง 1 / 4 แรงม้า สำหรับมอเตอร์ตัวที่ 1 และ ใช้มอเตอร์กำลัง 1 / 2 แรงม้า สำหรับมอเตอร์ตัวที่ 2 แต่มอเตอร์ที่นำมาใช้ในโครงงานนี้มีกำลังมอเตอร์เป็น 0.5 แรงม้า และ 1 แรงม้า เนื่องจากมอเตอร์มีราคาสูงจึงนำมอเตอร์ที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้ เพื่อลดต้นทุนในการสร้างเครื่อง

4.2 การคำนวณสายพาน

- มอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,410 rpm โดยมี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพาน d_p 49 mm. ซึ่งมีอัตราทด $m_w = 4.29$

กำลังงานที่ต้องการส่ง $W = 0.373$ kW

ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1.1$ (งานปานกลาง)

ดังนั้น $W * N_s = 0.373 * 1.1 = 0.4103$ kW

$D_p = d_p * m_w = 49\ (4.29) = 210$ mm.

จากตารางเลือกใช้ $D_p = 212$ mm. เลือกใช้ $C = 450$ mm.

ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพาน จากสมการ (3.1)

$$L_p = 2C + 1.57\ (D_p + d_p) + [(D_p + d_p)^2 / 4C]$$

$$= 2\ (450) + 1.57\ (212 + 49) + [(212 + 49)^2 / 450]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= 1{,}324.53$ mm.

จากตารางเลือกใช้สายพาน $L_p = 1{,}322$ mm.

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ (3.2)

$$C = p + \sqrt{(p^2 - q)}$$

$$p = 0.25\, L_p - 0.393\,(D_p + d_p)$$

$$= 0.25(1{,}322) - 0.393\,(212 + 49) = 227.927$$

$$q = 0.125(D_p - d_p)^2$$

$$= 0.125(212 - 49)^2 = 3{,}321.125$$

$$C = 227.927 + \sqrt{(227.927^2 - 3{,}321.125)} = 448.45 \text{ mm.}$$

ส่วนโค้งสัมผัส $(D_p - d_p) / C = (212 - 49) / 448.45 = 0.363$

จากตาราง ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส $N_a = 0.934$ และตัวประกอบแก้ไขสายพาน $N_1 = 1.10$ และมีค่า $P_R = 0.42$ kW / เส้น

มุมสัมผัสของล้อสายพาน จากสมการ (3.3)

$$\alpha = 180^0 - [2\sin^{-1}(D_p - d_p) / 2C] \text{ rad}$$

$$= 180^0 - [2\sin^{-1}(212 - 49) / 2(450)] \text{ rad}$$

$$= 159.06^0$$

ความเร็วสายพาน จากสมการ (3.4)

$$v = \pi d_p n$$

$$= \pi\,(49 / 1{,}000)\,(1{,}410 / 60) = 3.61 \text{ m / s}$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง จากสมการ (3.5)

$$F = W / v = 0.373 * 1{,}000 / 60 = 103.32 \text{ m / s}$$

จากตารางได้ค่า $k_1 = 1.5$, $k_2 = 0.126$

$$\sin \alpha / 2 = 0.98$$

$$v^2 = 13.0321$$

แรงดึงชั้นต้นในสายพาน จากสมการ (3.6)

$$F_i = (k_1 F + z k_2 v^2) \sin \alpha / 2$$

$$= [1.5\,(103.32) + 0.126\,(13.0321)](0.98)$$

$$= 156.59 \text{ N}$$

- มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ความเร็วรอบ 1,410 rpm โดยมี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางล้อสายพาน d_p 52.8 mm. ซึ่งมีอัตราทด $m_w = 4.29$

กำลังงานที่ต้องการส่ง $W = 0.746$ kW

ตัวประกอบใช้งาน $N_s = 1.1$ (งานปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น $W * N_s = 0.746 * 1.1 = 0.8206\ kW$

จาก $D_p = d_p * m_w = 52.8\ (1.39) = 73.4\ mm.$

จากตารางเลือกใช้ $D_p = 75\ mm.$ เลือกใช้ $C = 335\ mm.$

ความยาวพิตช์โดยประมาณของสายพาน จากสมการ (3.1)

$$L_p = 2C + 1.57\ (D_p + d_p) + [(D_p + d_p)^2 / 4C]$$
$$= 2\ (335) + 1.57\ (75 + 52.8) + [(75 + 52.8)^2 / 335]$$
$$= 871.01\ mm.$$

จากตารางเลือกใช้สายพาน $L_p = 872\ mm.$

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางคำนวณได้จากสมการ (3.2)

$$C = p + \sqrt{(p^2 - q)}$$
$$p = 0.25\ L_p - 0.393\ (D_p + d_p)$$
$$= 0.25(872) - 0.393\ (75 + 52.8) = 167.77$$
$$q = 0.125(D_p - d_p)^2$$
$$= 0.125(75 - 52.8)^2 = 61.605$$
$$C = 167.77 + \sqrt{(167.77^2 - 61.605)} = 335.36\ mm.$$

ส่วนโค้งสัมผัส $(D_p - d_p) / C = (75 - 52.8) / 335.36 = 0.066$

จากตาราง ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส $N_a = 1$ และตัวประกอบแก้ไขสายพาน $N_I = 1.0144$ และมีค่า $P_R = 0.46\ kW/$ เส้น

มุมสัมผัสของล้อสายพาน จากสมการ (3.3)

$$\alpha = 180^0 - [2\sin^{-1}(D_p - d_p) / 2C]\ rad$$
$$= 180^0 - [2\sin^{-1}(75 - 52.8) / 2(335.36)]\ rad$$
$$= 176.21^0$$

ความเร็วสายพาน จากสมการ (3.4)

$$v = \pi d_p n$$
$$= \pi\ (52.8 / 1{,}000)\ (1410 / 60) = 3.9\ m/s$$

แรงดึงในสายพานขณะส่งกำลัง จากสมการ (3.5)

$$F = W / v = 0.373 * 1{,}000 / 60 = 103.32\ m/s$$

จากตารางได้ค่า $k_1 = 1.5$, $k_2 = 0.126$

$$\sin \alpha / 2 = 0.9995$$
$$v^2 = 15.21$$

แรงดึงชั้นต้นในสายพาน จากสมการ (3.6)

$$F_i = (k_1 F + z k_2 v^2) \sin \alpha / 2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= [\ 1.5\ (\ 103.32\ ) + 0.126\ (\ 15.21\ )\ ](\ 0.9995\ )$

$= 288.69$ N

4.3 การคำนวณแบริ่ง

การเลือกบอลแบริ่งใช้ชนิด deep groove ซึ่งใช้สำหรับเพลาขนาด 30 mm. หมุนด้วยความเร็วรอบ 1,410 rpm โดยเลือกแบริ่งเพื่อรับแรงในแนวรัศมี 600 N และแรงรุน 450 N เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ โดยมีอายุการใช้งาน L_{10} อย่างน้อย 20,000 ชั่วโมง (ประมาณ 10 ปี)

อายุการใช้งาน $L_{10} = 20{,}000 \times 1{,}410 \times 60 \times 10^{-6} = 1{,}692$ mr

สมมุติค่า $Y = 1.9$ และค่า $N_s = 1.2$ (ใช้สำหรับเฟืองทั่วไป)

แรงสมมูล จากสมการ (3.7)

$$P = N_s\ (\ XVF_r + YF_a\ )$$

$$= 1.2\ [\ (\ 0.56 \times 1 \times 0.6\ ) + (\ 1.9 \times 0.45\ )$$

$$= 1.43\ \text{kN}$$

แรงพลวัตประเมิน จากสมการ (3.8)

$$C = P\ (\ L_{10}\ )^{1/k}$$

$$= 1.43\ (\ 1692\ )^{1/3}$$

$$= 17.68\ \text{kN}$$

จากการเปิดตารางพบว่าบอลแบริ่งชนิด deep groove แบบ single-row ขนาดสวม 30 mm. ในอนุกรม03 มีค่า

$C_0 = 14.86$ kN $\quad C = 21.58$ kN

$iF_a / C_0 = 1\ (\ 0.45\ ) / 14.86 = 0.0302$

$F_a / VFr = 0.45 / (1 \times 0.6\ ) = 0.75$

จากตารางพบว่าค่า e อยู่ระหว่าง 0.22 ถึง 0.26 ดังนั้น $F_a / VFr > e$

$X = 0.56$

$Y = 1.71 - [(\ 1.71 - 1.55\ )(\ 0.0302 - 0.056\ ) / (\ 0.084 - 0.056\ )] = 1.8574$

แรงสมมูล $P = N_s\ (\ XVF_r + YF_a\ )$

$= 1.2\ [\ (\ 0.56 \times 1 \times 0.6\ ) + (\ 1.8574 \times 0.45\ )$

$= 1.406$ kN

แรงพลวัตประเมิน $C = P\ (\ L_{10}\ )^{1/k}$

$= 1.406\ (\ 1692\ )^{1/3}$

$= 17.38$ kN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีค่าน้อยกว่าแรงพลวัตประเมิน (21.58 kN) ดังนั้นแบริ่งที่เลือกมาจึงใช้งานได้

4.4 การคำนวณขนาดเพลา

-กำหนด Motor 0.746 kw หมุนด้วยความเร็วรอบ 1,410 rpm. หาขนาดของเพลาเมื่อเพลาเป็นเพลาตันทำจากเหล็กกล้าธรรมดา (AISI type 1118 CD)

σ_y = 75 ksi

= 75 x 6.895 = 517.125 N / mm^2

E = 207 x 10^9 Pa

G = 79.3 x 10^9 Pa

safety factor N = 3

ความต้านแรงเฉือนคราก จากสมการ (3.9)

$\tau_y = 0.6 \sigma_y$ = 0.6 x 517.125 = 310.28 N / mm^2

ความเค้นเฉือนออกแบบ จากสมการ (3.10)

$\tau_n = \tau_y / N$ = 0.6 x 310.28 / 3 = 62.056 N / mm^2

กำลังงานที่เพลา W = 2¶nT

746 = 2 x ¶ x (1,410/60) x T

T = 5.052 Nm

ความเค้นเฉือนสูงสุด จากสมการ (3.11)

$\tau = Tr / J = 16T / \pi d^3$

$62.056 = 16 \times 5.052 \times 1{,}000 / \pi d^3$

d = 16.07 mm.

ขนาดของเพลาที่ใช้ควรมีค่าอย่างน้อย 16.07 mm. แต่เพื่อให้ได้ขนาดมาตรฐานและความเหมาะสมจึงควรใช้เพลาขนาด 20 mm. ขึ้นไป ซึ่งในที่นี้ใช้เพลาขนาด 20 และ 30 mm.

4.5 การคำนวณโซ่

- มอเตอร์ที่ใช้ 0.746 kW ความเร็วรอบ 1,410 rpm มีอัตราทดเท่ากับ1

เลือกจำนวนฟันบนพีเนียน z = 18 ฟัน

เครื่องหั่นแครอทจัดว่าใช้แรงกระทำสม่ำเสมอ จึงใช้ N_s = 1.05

จำนวนฟันบนเฟืองโซ่ Z = 18(1) = 18 ฟัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้โซ่ที่มีจำนวนฟัน Z = 18 ฟัน

กำลังงานที่ใช้เลือกโซ่ $P = W * N_a$

$= 0.746 * 1.05 = 0.783$ kW

เลือกใช้โซ่หนึ่งชั้นที่มีระยะพิตช์ 12.70 mm. ซึ่งให้ชื่อเป็นมาตรฐานว่า โซ่โรลเล่อร์ ISO/R606 08B-1 ซึ่งมีแรงแตกหัก 17.85 kN

ตรวจสอบความสามารถในการรับแรงของโซ่

ความเร็วโซ่ $v = pzn = 0.0127 (18) (1,410 / 60) = 5.37$ m /s

$F_t = W_p / v = 0.746 / 5.37 = 0.139$ kN

$F_{ct} = (w / g) v^2$

จากตาราง $w / g = 0.68$ kg / m

ดังนั้น $F_{ct} = (0.68 / 1,000) 5.37^2 = 0.0196$ kN

แรงดึงในโซ่ $F = F_t + F_{ct} = 0.139 + 0.1096 = 0.1586$ kN

จากสมการ (3.12)

$N_b = F_b / F = 17.85 / 0.1586 = 112.55$

ซึ่งถือว่าสามารถใช้งานได้

จากตารางโซ่ระยะพิตช์ 12.7 mm. ควรใช้ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางประมาณ 600 mm. ดังนั้นจำนวนข้อโซ่ จากสมการ (3.13)

$x = (2 * 600 / 12.7) + [(18 + 18) / 2] + \{[(18 - 18)^2 / 2¶](12.7 / 600\}$

$= 112.49$ ข้อ

เลือกใช้ $x = 114$ ข้อ

ระยะห่างระหว่างศูนย์กลางที่แท้จริงคำนวณได้จากสมการ (3.14)

$$C = (12.7 / 4)\{114 - [(18+18) / 2] + \sqrt{\{114 - [(18 + 18) / 2]\}^2 - 2 [(18-18) / ¶]^2 \}}$$

$= 400.8$ mm.

ดังนั้นเลือกใช้โซ่โรลเลอร์ ISO/R606 08B-1 จำนวน 114 ข้อ

4.6 การคำนวณเฟือง

สมมติให้ พิเนียน มี 19 ฟัน อัตราทดเท่ากับ 1 ใช้ส่งกำลัง 746 W

ฉะนั้นเฟืองจะมีฟัน $N_g = 19*1 = 19$ ฟัน

สมมติให้แรงกระทำที่ปลายฟัน จากตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$Y_p = 0.534$, $Y_g = 0.534$

$\sigma_p = 103\ N/mm.^2$, $\sigma_g = 103\ N/mm.^2$

$\sigma_p Y_p = 103\ (0.534) = 55.002\ N/mm.^2$

$\sigma_g Y_g = 103\ (0.534) = 55.002\ N/mm.^2$

ความเร็วพิตช์ $V = \P dn = \P * 58.7 * 1410 / 60 = 4.33\ m/s$

จากสมการ (3.15) $F_t = W / V = 746 / 4.33 = 172.28\ N$

ความเร็วพิตช์ V น้อยกว่า 10 m / s ดังนั้น

$K_v = (3 + V) / 3 = (3 + 4.33) / 3 = 2.44$

จากสมการ (3.16) $F_d = K_v F_t = 2.44 * 172.28 = 420.94\ N$

สมมติให้ $K_f = 1.5$ และ b = 10 mm. และแทนค่าในสมการ (3.17)

$F_b = \sigma b Y_p m / K_f$

$= 103 * 10 * 3 * 0.534 * 3 / 1.5 = 3,300$

จากสมการ (3.18) $N_s = F_b / F_d = 3,300 / 420.94 = 7.84$

แสดงว่าการออกแบบเฟืองนี้สามารถใช้ในงานหนักได้

4.7 โครงสร้างของเครื่องหั่นแครอท

ส่วนประกอบของเครื่องหั่นแครอทที่ทำการออกแบบและสร้างขึ้นนั้นสามารถแยกเป็นส่วนๆได้ดังนี้

4.7.1 ชุดโครงเหล็ก ส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- เหล็กกล่อง เป็นส่วนของโครงเครื่องใช้ยึดอุปกรณ์ทดกำลัง สายพาน มอเตอร์ รางและแบริ่ง การต่อเหล็กกล่องใช้การเชื่อมด้วยเครื่องเชื่อมไฟฟ้าเนื่องจากมีความสะดวกและมีความแข็งแรงพอสมควร

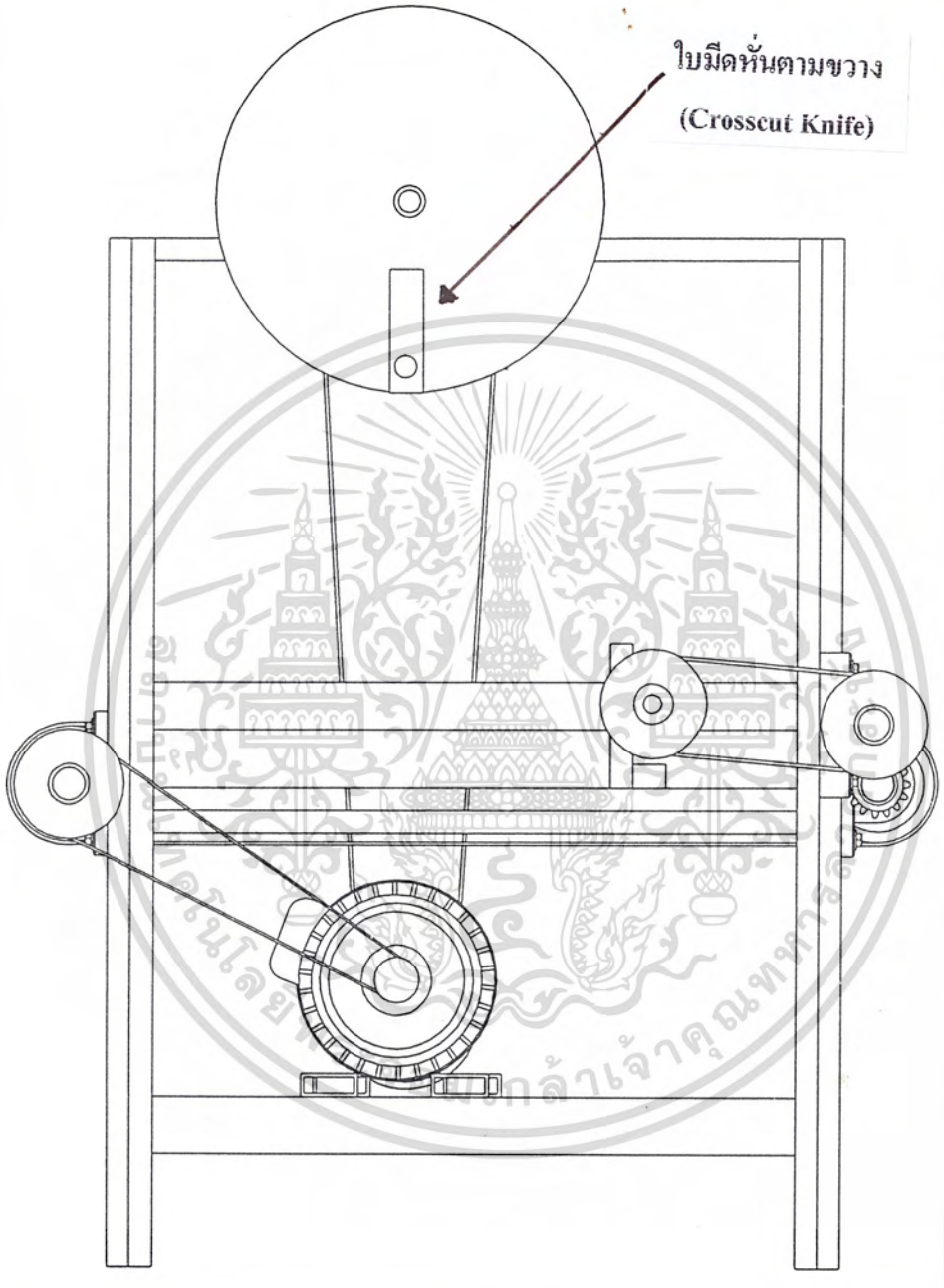
4.7.2 ชุดหั่นแครอทเพื่อเฉือนให้เป็นแว่น ประกอบไปด้วย

- มอเตอร์และสายพาน
- เพลา ตัวยึดใบมีด และใบมีดสแตนเลส

4.7.3 ชุดหั่นแครอทแนวยาว ประกอบไปด้วย

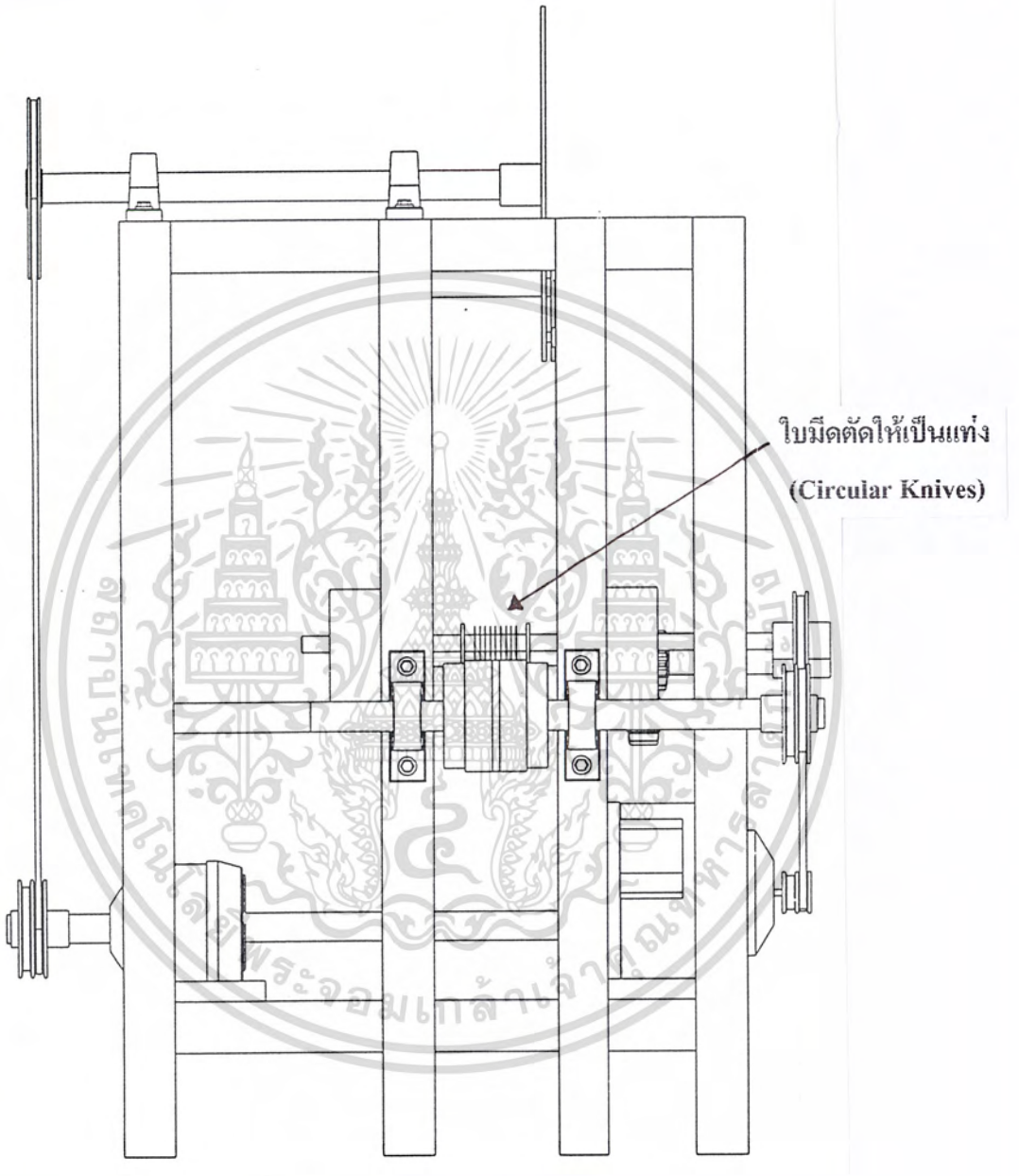
- มอเตอร์ มูเล่ย์ สายพานลิ่มและสายพานแบน
- ชุดใบมีดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 38 มิลลิเมตร จำนวน 6 ใบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



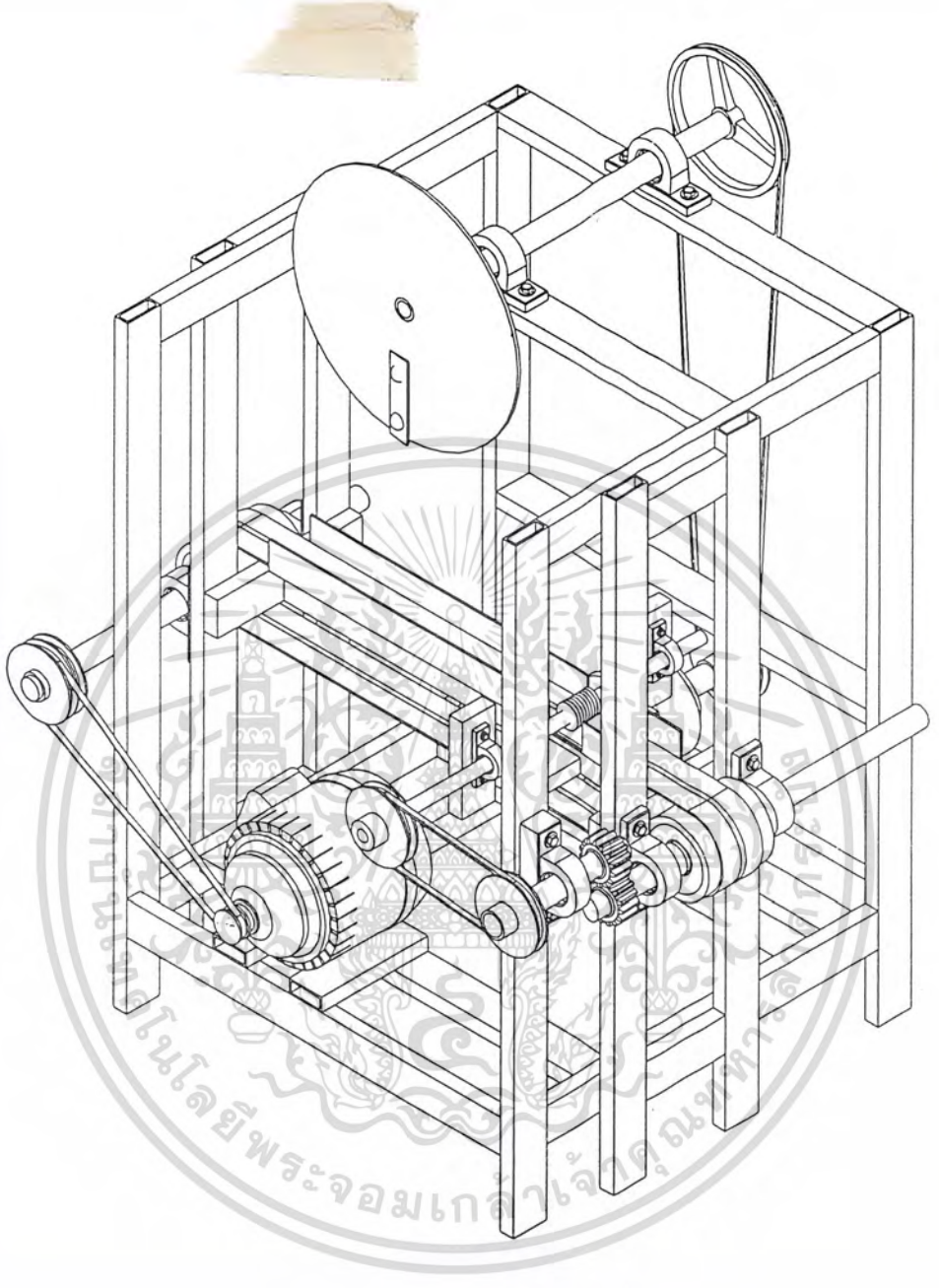
รูปที่ 4.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องหั่นแครอทที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



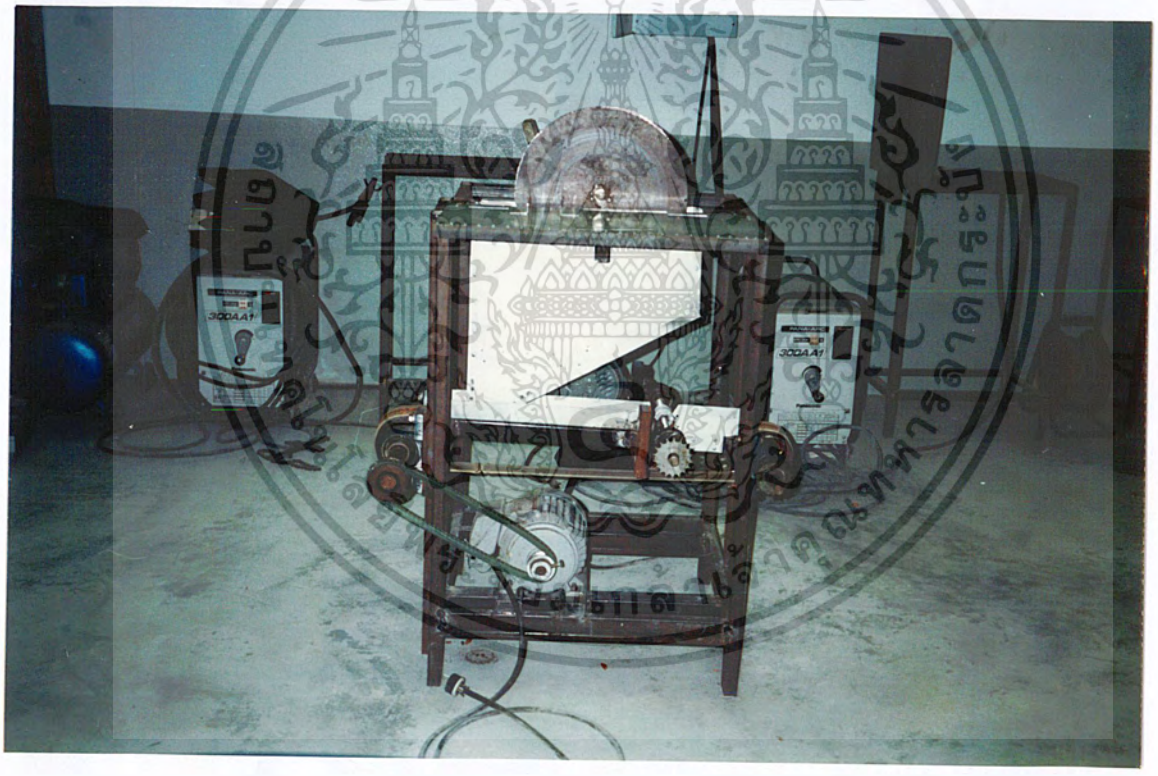
รูปที่ 4.2 ภาพด้านข้างของเครื่องหั่นแครอทที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ภาพ 3 มิติของเครื่องหั่นแครอทที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เครื่องหั่นแครอทที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวางแผนและวิธีการทดลอง

5.1 การวางแผนการทดลอง (สุทธีราภรณ์ สิริสิงห์ และ สุนันทา ศรีสุข, 253?:75 –170)

ขั้นตอนในการวางแผนการทดลอง

1. ตั้งวัตถุประสงค์ในการทดลองให้ชัดเจน โดยไม่ควรตั้งเป้าหมายกว้างเกินไปหรือมากเกินไป

2. การเลือกสิ่งทดลองเพื่อใช้ในการทดลอง สิ่งที่นำมาเพื่อศึกษาวัดผล ในที่นี้คือ พันธุ์แครอท

3. ขนาดการทดลอง มีหลักง่าย ๆ ในการตัดสินใจ เช่น ในการปฏิบัติจริง ๆ สามารถทำได้สะดวกแค่ไหน คุณสมบัติของแครอทที่ใช้ในการทดลอง จำนวนสิ่งทดลองที่จะใช้ เงินทุนที่ใช้

4. การเลือกวัสดุหรือสิ่งที่ใช้ในการทดลอง ต้องเลือกให้เหมาะสม สามารถนำไปใช้ในสภาพปฏิบัติที่แท้จริงได้

5. การเลือกแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับสภาพหรือชนิดของความแปรปรวนของวัสดุหรือสิ่งที่ใช้ในการทดลอง คำนึงถึงค่าคลาดเคลื่อนของการทดลอง พยายามเลือกแผนการทดลองที่ง่ายที่สุดทั้งการวางแผน การปฏิบัติ และการวิเคราะห์ผลทางสถิติ

6. พิจารณาถึงการปฏิบัติที่ผู้ทดลองสามารถทำได้จริง ๆ

7. การปฏิบัติงานในการทดลอง

8. ความละเอียดลออในการทดลอง

9. การเก็บข้อมูลหรือวัดผล

10. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

11. การสรุปผลการทดลอง

การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้จะใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CRD) โดยจัดการทดลองแบบ factorial แล้วทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้โปรแกรม IRRI STAT โดยมีปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ

1. พันธุ์ของแครอท
2. ความเร็วรอบของมอเตอร์

ระดับความละเอียดแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 แครอทเป็นเส้นที่ได้มาตรฐาน

ระดับที่ 2 แครอทเป็นเส้นที่พอยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับที่ 3 แครอทไม่เป็นเส้นที่ยอมรับไม่ได้

5.2 แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design , CRD)

แผนการทดลองแบบนี้เป็นแบบง่ายที่สุด โดยที่แต่สะสิ่งทดลองจะถูกจัดลงในหน่วยการทดลองอย่างสุ่มโดยตลอด CRD สามารถใช้กับการทดลองที่มีสิ่งทดลอง จำนวนมาก ๆ ได้ และแต่ละสิ่งทดลองไม่จำเป็นที่จะต้องใช้จำนวนหน่วยการทดลองเท่ากันหรือทำซ้ำเท่ากัน (แต่ปกตินิยมใช้ให้เท่ากันเพื่อสะดวกในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ) ดังนั้นในการทดลองที่ผู้ทดลองมีวัตถุในการทดลองตลอดจนสิ่งทดลองจำนวนจำกัด ก็จะสามารถใช้ประโยชน์ข้อนี้จาก CRD ได้อย่างมาก

ข้อดีและข้อเสียของ CRD

ข้อดี CRD นั้นมีความยืดหยุ่นมากทั้งจำนวนสิ่งทดลองและหน่วยการทดลองที่ใช้ในแต่ละสิ่งทดลอง การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลทางสถิติทำได้ง่าย

ข้อเสีย CRD จะใช้ได้เฉพาะในกรณีที่วัตถุหรือวัสดุในการทดลอง ตลอดหน่วยการทดลองต่าง ๆ มีความสม่ำเสมอ

5.3 การทดลองเครื่องหั่นแครอท

5.3.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

1) เพื่อหาความสามารถของเครื่องหั่นแครอท
2) เพื่อหาปริมาณแครอทที่หั่นได้ ณ ความเร็วรอบต่าง ๆ
3) เพื่อหาประสิทธิภาพในการตัดที่ความเร็วรอบรอบที่ใช้งานได้

5.3.2 อุปกรณ์การทดลอง

1) แครอทพันธุ์ออสเตรเลียและพันธุ์ดอยคำ
2) เครื่องหั่นแครอท
3) มอเตอร์
4) นาฬิกาจับเวลา
5) เครื่องชั่งน้ำหนัก
6) สายพานส่งกำลัง
7) เครื่องวัดความเร็วรอบ

5.3.3 วิธีการทดลอง

1. นำแครอทพันธุ์ออสเตรเลียใส่ลงในเครื่องหั่นแครอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตั้งความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 480 รอบ / นาที ทิ้งไว้ให้เดินเครื่องโดยไม่มี Load สักครู่ (2-3 นาที) จากนั้นนำแครอท 1/2 กิโลกรัมใส่ลงในเครื่อง จับเวลาที่เครื่องหั่นแครอทได้หมด นำแครอทที่หั่นได้เป็นแว่นไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นบันทึกผล
3. ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ 1 (หั่นเป็นแว่น) ให้เป็น 600, 720, 840, 960, 1080, 1200, 1400 รอบต่อนาที ตามลำดับ จากนั้นแล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 2 จากนั้นบันทึกผล
4. ตั้งความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 480 รอบ / นาที ทิ้งไว้ให้เดินเครื่องโดยไม่มี Load สักครู่ (2-3 นาที) จากนั้นนำแครอท 1/2 กิโลกรัมใส่ลงในเครื่อง จับเวลาที่เครื่องหั่นแครอทได้หมด นำแครอทที่หั่นได้เป็นเส้นไปชั่งน้ำหนัก บันทึกลงผล
5. ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ 2 (หั่นเป็นแท่ง) ให้เป็น 600, 720, 840, 960, 1080, 1200 และ 1400 รอบต่อนาที ตามลำดับ จากนั้นแล้วทำการทดลองซ้ำตามข้อ 2 บันทึกผล
6. นำผลที่ได้คำนวณหาความสามารถในแต่ละรอบ โดยคิดเทียบเป็น Kg / hr จากนั้นนำค่าที่ได้มาพลอตกราฟระหว่างความเร็วรอบ (แกน X) หน่วยเป็นรอบ / นาที กับ ความสามารถในการตัด (แกน Y) หน่วยเป็น Kg / hr
7. เมื่อทราบช่วงความเร็วรอบที่เหมาะสมแล้ว ทำการทดลองตามข้อ 2 และทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง แล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึกผล จากนั้นนำผลที่ได้มาพลอตกราฟตามข้อ 4
8. เปลี่ยนพันธุ์แครอทจากพันธุ์ออสเตรเลียเป็นพันธุ์ดอยคำ ทดลองตามข้อ 2 และทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้ง บันทึกผลลงในตารางบันทึก จากนั้นพลอตกราฟตามข้อ4 เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการทดลอง
9. เมื่อทราบความเร็วรอบมอเตอร์ 1 และมอเตอร์ 2 ที่เหมาะสม ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง บันทึกน้ำหนักก่อนเข้าเครื่องและหลังออกจากเครื่องโดยใช้พันธุ์ออสเตรเลียลงในตารางบันทึกผล เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่อง

*หมายเหตุ ในการหาประสิทธิภาพของเครื่อง ใช้แครอทพันธุ์ออสเตรเลียเนื่องจากราคาไม่สูงและหั่นได้ง่ายกว่าพันธุ์ดอยคำ

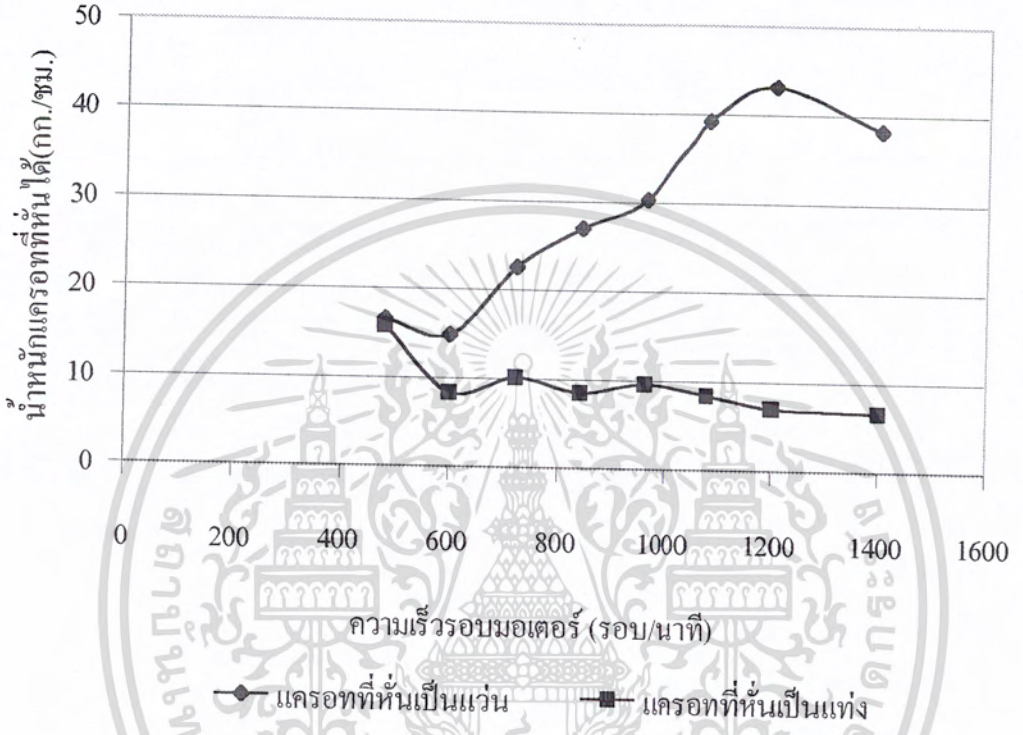
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1 ภาพแครอทพันธุ์ออสเตรเลียหลังผ่านกระบวนการหั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

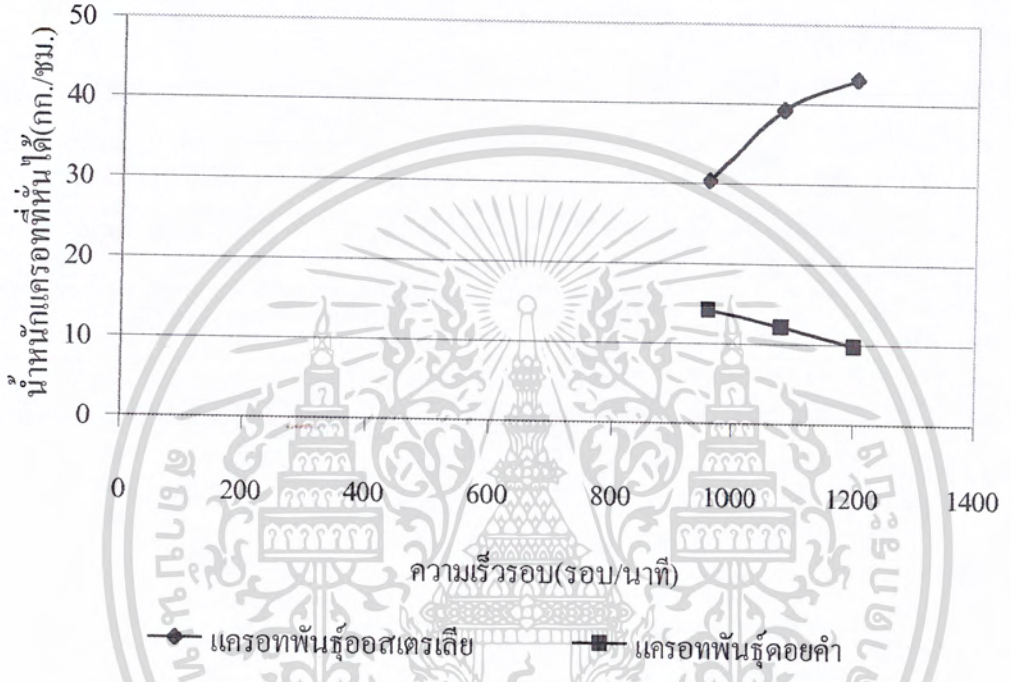
รูปที่ 5.2 ภาพแครอทพันธุ์ดอยคำหลังผ่านกระบวนการหั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



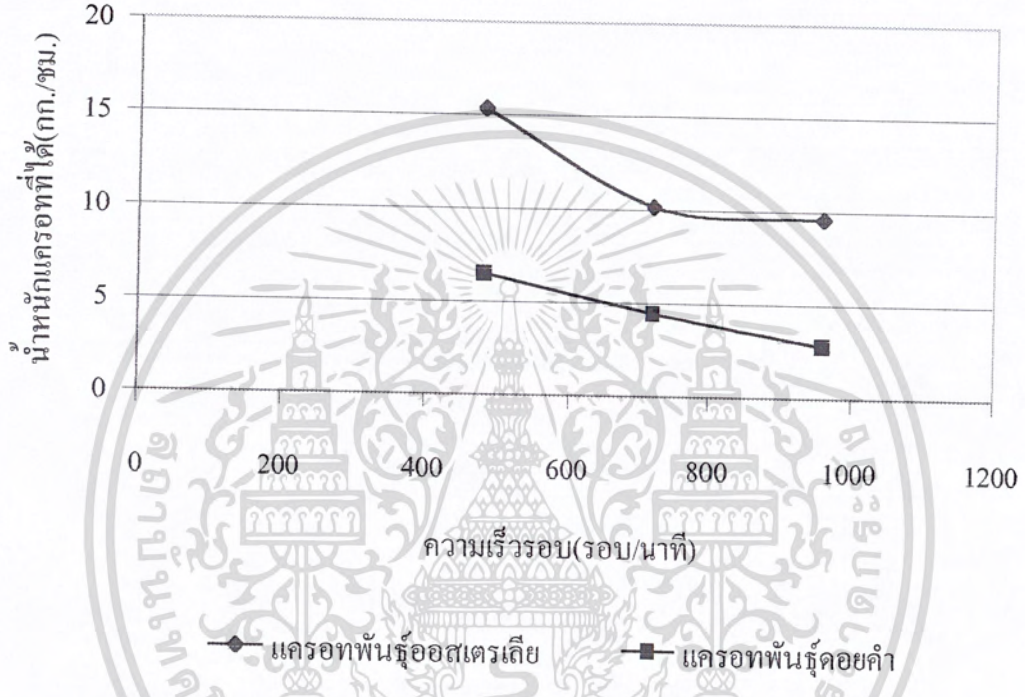
รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์กับน้ำหนักแครอทที่หั่นได้ (พันธุ์ออสเตรเลีย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์ 1 กับน้ำหนักแครอทที่หั่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์ 2 กับน้ำหนักแครอทที่หั่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่6

ผลการทดลองและการวิเคราะห์การทดลอง

6.1 ผลการทดลองเพื่อศึกษาพันธุ์แครอทและหาความเร็วรอบที่เหมาะสมต่อการทดลอง

จากการทดลองแบบแฟคทอเรียล และแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แล้วทำการวิเคราะห์ทางสถิติ IRRI STAT ได้ผลดังนี้

6.1.1 ผลของพันธุ์แครอท และความเร็วรอบของมอเตอร์ 1 (หั่นเป็นแว่น)

ตารางที่ 6.1 ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของพันธุ์แครอทและความเร็วรอบของมอเตอร์ 1 โดยวิธี DMRT (จากการทดลอง 3 ซ้ำ)

ความเร็วรอบ (rpm)	พันธุ์แครอท		น้ำหนักเฉลี่ยที่ความเร็วรอบต่างๆ	ค่าความแตกต่าง
	ออสเตรเลีย	ดอยคำ		
960	30.357 c	14.267 a	22.312	16.090 **
1080	39.313 b	12.183 b	25.748	27.130 **
1200	43.167 a	9.770 c	26.468	33.397 **
น้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์	37.612	12.073	24.843	25.539

*หมายเหตุ 1. สัญลักษณ์ตัวอักษรเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างในเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 %

2.** หมายถึง มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 1 %

6.1.1.1 ผลของความเร็วรอบมอเตอร์ที่มีต่อน้ำหนักแครอทที่หั่นได้

จากการวิเคราะห์พบว่า สามารถจำแนกผลการทดลองในเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 % ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 960 และ 1200 รอบต่อนาที แครอทพันธุ์ออสเตรเลีย และพันธุ์ดอยคำ ให้ค่าน้ำหนักแครอทที่หั่นได้แตกต่างกัน

- ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 1080 รอบต่อนาที แครอทพันธุ์ออสเตรเลียและพันธุ์ดอยคำ ให้ค่าน้ำหนักแครอทที่หั่นได้ไม่แตกต่างกัน

6.1.1.2 ผลของพันธุ์แครอทที่มีผลต่อน้ำหนักแครอทที่หั่นได้

จากการวิเคราะห์ ในเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 % พบว่าพันธุ์แครอทที่ทำการทดลอง มีผลต่อน้ำหนักแครอทที่หั่นได้แตกต่างกันในทุก ๆ ความเร็วรอบของการหั่น

6.1.2 ผลของพันธุ์แครอท และความเร็วรอบของมอเตอร์ 2 (หั่นเป็นแท่ง)

ตารางที่ 6.2 ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของพันธุ์แครอทและความเร็วรอบของมอเตอร์ 2 โดยวิธี DMRT (จากการทดลอง 3 ซ้ำ)

ความเร็วรอบ (rpm)	พันธุ์แครอท		น้ำหนักเฉลี่ยที่ความเร็วรอบต่างๆ	ค่าความแตกต่าง
	ออสเตรเลีย	ดอยคำ		
480	15.637 a	6.500 a	11.068	9.137 **
720	10.160 b	4.450 b	7.305	5.710 **
960	9.600 b	2.800 c	6.200	6.800 **
น้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์	11.799	4.583	8.191	7.216

*หมายเหตุ 1. สัญลักษณ์ตัวอักษรเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างในเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 %

2.** หมายถึง มีความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 1 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2.1 ผลของความเร็วรอบมอเตอร์ ที่มีต่อน้ำหนักแครอทที่หั่นได้

จากการวิเคราะห์พบว่า สามารถจำแนกผลการทดลองในเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 % ดังนี้

- ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 480 และ 720 รอบต่อนาที แครอทพันธุ์ออสเตรเลีย และพันธุ์ดอยคำ ให้ค่าน้ำหนักแครอทที่หั่นได้ไม่แตกต่างกัน
- ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 960 รอบต่อนาที แครอทพันธุ์ออสเตรเลีย และพันธุ์ดอยคำ ให้ค่าน้ำหนักแครอทที่หั่นได้แตกต่างกัน

6.1.2.2 ผลของพันธุ์แครอทที่มีผลต่อน้ำหนักแครอทที่หั่นได้

จากการวิเคราะห์พบว่า สามารถจำแนกผลการทดลองในเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 % ดังนี้

- แครอทพันธุ์ออสเตรเลีย ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 720 และ960 รอบต่อนาที ให้ค่าน้ำหนักแครอทที่หั่นได้ไม่แตกต่างกัน
- แครอทพันธุ์ออสเตรเลีย ที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 480 รอบต่อนาที ให้ค่าน้ำหนักแครอทที่หั่นได้แตกต่างจากที่ความเร็วรอบมอเตอร์ 720 และ 960 รอบต่อนาที
- แครอทพันธุ์ดอยคำมีผลต่อน้ำหนักแครอทที่หั่นได้แตกต่างกันในทุก ๆ ความเร็วรอบของการหั่น

6.2 ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องหั่นแครอทแบบแท่ง

จากการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องที่ความเร็วรอบมอเตอร์ที่เหมาะสม (ความเร็วรอบมอเตอร์ 1 : 1200 รอบต่อนาที ความเร็วรอบมอเตอร์ 2 : 480 รอบต่อนาที) ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง พบว่าได้เปอร์เซ็นต์แครอท (พันธุ์ออสเตรเลีย) ที่หั่นได้เฉลี่ย 60.06 %

6.3 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (วันชัย ริจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า, 254121]

จากการทดสอบการหั่นแครอทโดยใช้เครื่องหั่นแครอทที่ออกแบบและสร้างขึ้นนั้นพบว่าอัตราการหั่นแครอทที่มีประสิทธิภาพสูงสุด คือ 15.81 กิโลกรัมต่อชั่งโมง โดยมีอัตราการกินไฟเฉลี่ย 1.5 บาทต่อชั่วโมง และใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ซึ่งค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องหั่นแครอทจะประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายในส่วนที่เป็นต้นทุนคงที่ (fixed cost) ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาของเครื่องหั่นแครอท และค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน ซึ่งค่าใช้จ่ายนี้จะไม่แปรเปลี่ยนตามปริมาณแครอทที่หั่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่าใช้จ่ายในส่วนที่เป็นต้นทุนผันแปร (variable cost) อันได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน ค่าไฟฟ้า ค่าบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนตามปริมาณแครอทที่หั่นได้

6.4 งบประมาณการสร้างเครื่อง

1. มอเตอร์ 2 ตัว (0.25 แรงม้า และ 0.5 แรงม้า)	ราคา 3,500 บาท
2. มูเล่ย์ 4 ตัว	ราคา 500 บาท
3. สายพาน 1 เส้น	ราคา 150 บาท
4. เหล็กกล่อง	ราคา 300 บาท
5. น๊อตและแหวนรอง	ราคา 50 บาท
6. สังกะสีแผ่น	ราคา 100 บาท
7. แบริ่ง 6 ตัว	ราคา 600 บาท
8. ใบมีด	ราคา 40 บาท
9. อื่นๆ	ราคา 100 บาท
รวม	ราคา 5,340 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 แสดงค่าใช้จ่ายโดยรวมและค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยในการใช้เครื่องหั่นแครอท 250 วันต่อปี

รายการ	ปีที่ใช้เครื่อง				
	1	2	3	4	5
1. ต้นทุนคงที่					
1.1ค่าเสื่อมราคา	534	534	534	534	534
1.2 ค่าเสียโอกาส	640.8	576.7	512.6	448.5	384.4
1.3 รวม	1174.8	1110.7	1046.6	982.5	918.4
2. ต้นทุนผันแปร					
2.1 ค่าจ้างแรงงาน	62500	62500	62500	62500	62500
2.2 ค่าไฟฟ้า	2100	2100	2100	2100	2100
2.3 ค่าบำรุงรักษา	900	900	900	900	900
2.4 รวม	65500	65500	65500	65500	65500
3. รวมต้นทุนทั้งหมด	66674.8	66610.7	66546.6	66482.5	66418.4
4. แครอทที่หั่นได้ (kg)	31620	31620	31620	31620	31620
5. ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยบาทต่อกิโลกรัม	2.1086	2.1066	2.1046	2.1025	2.1005

* หมายเหตุ 1. ค่าเสื่อมราคา = มูลค่าของเครื่องต่ออายุการใช้งาน (10 ปี)

2. ค่าเสียโอกาสของเงินทุน = อัตราดอกเบี้ย (12%) * มูลค่าที่เหลือของเครื่อง

3. ค่าจ้างแรงงาน = จำนวนแรงงาน * ค่าจ้างแรงงาน * จำนวนวัน

4. ค่าไฟฟ้า = ปริมาณกิโลวัตต์ที่ใช้ต่อ 8 ชั่วโมง * จำนวนวันทำงาน * ราคา

5. ค่าบำรุงรักษา = กำหนดให้ 5 บาทต่อวัน

6. แครอทที่หั่นได้ = อัตราการหั่น * 8 ชั่วโมง * จำนวนวัน

7. ค่าใช้จ่ายต่อกิโลกรัม = ต้นทุนรวมทั้งหมดต่อปริมาณแครอทที่หั่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

7.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า ความเร็วรอบที่เหมาะสมสำหรับเครื่องหั่นแครอทให้เป็นเส้นนี้ ควรมีความเร็วรอบมอเตอร์ 1 เป็น 1200 รอบต่อนาที ความเร็วรอบมอเตอร์ 2 เป็น 480 รอบต่อนาที และแครอทพันธุ์ออสเตรเลียสามารถหั่นได้ง่ายกว่า เมื่อทดลองกับเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น เนื่องจากเนื้อสัมผัสมีความแข็งไม่มาก ใบมีดสามารถหั่นได้ดี และเนื้อแครอทไม่ติดค้างอยู่ที่ใบมีด โดยประสิทธิภาพของเครื่องหั่นแครอทนี้มีค่าประมาณ 60 %

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเคลื่อนที่ของสายพานขณะทดลองบางช่วงติดขัดเล็กน้อย เนื่องจากโดนใบมีดที่ใช้สำหรับหั่นเป็นเส้นเกิดการขัดสีกับรอยต่อสายพาน ทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนไปบ้าง
2. การป้อนแครอทเข้าเครื่องผู้ทดลองควรเป็นคนเดียวกันตลอดการทดลอง เพื่อความเที่ยงตรงของข้อมูล
3. ความแก่-อ่อนตามอายุของแครอท มีผลต่อข้อมูลการทดลองซึ่งกำหนดไม่ได้

7.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองควรมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องทดลองดังนี้

1. วัสดุที่ใช้สำหรับทำเครื่องหั่นแครอทนี้ ควรมีความแข็งแรงและไม่เป็นสนิม เพื่อความสะอาดและปลอดภัย
2. ควรทำการทดลองหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น
3. ศึกษาข้อมูลประยุกต์ใช้กับพืชหัวที่มีลักษณะคล้ายกันได้
4. ควรใช้สายพานลำเลียงที่เชื่อมต่อด้วยกาวยางสำหรับสายพาน เพื่อป้องกันการติดขัดของใบมีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ณรงค์ วรงค์เกรียงไกร, "การเลือกใช้ตลับลูกปืน ", ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ., วิศวกรรมสาร เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2526.

2. ปิยรัตน์ จินดาธนสาร, ปริญญานิพนธ์เรื่อง "การศึกษาโยเกิร์ตพร้อมดื่มเพื่อสุขภาพรสแครอท ", สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล., 2541, หน้า 120 – 122 .

3. สุภาวดี แสงประเสริฐกุล, ปริญญานิพนธ์เรื่อง " โครงการออกแบบปรับปรุงเครื่องหั่นเนื้อ ", สาขาวิชาศิลปอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์ศิลปอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล., 2539, หน้า 79 – 92 .

4. ไพศาล พงศ์พจน์เกษม, " การออกแบบพัฒนาโม่ไฟฟ้าสำหรับอุตสาหกรรมในครอบครัว ", สจล, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชาศิลปอุตสาหกรรม, 2536.

5. วรพงษ์ ศรีวงษ์คง, " การออกแบบเครื่องจักรกล 1 ", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2531 .

6. สุระเชษฐ์ รุ่งวัฒนพงษ์, " เฉลยแบบฝึกหัดการออกแบบเครื่องจักรกล 1 ", วิทยลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา, 2538 .

7. สุระเชษฐ์ รุ่งวัฒนพงษ์, " เฉลยแบบฝึกหัดการออกแบบเครื่องจักรกล 2 ", วิทยลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา, 2538 .

8. สุรชัย มัจฉาชีพ, " พืชเศรษฐกิจในประเทศไทย ", กรุงเทพฯ แพร่วิทยา, 2535, หน้า 275 .

9. อัลเกน เอส, " ทฤษฎีและตัวอย่างโจทย์การออกแบบเครื่องจักรกล ", สำนักพิมพ์โอเดียนส์ฮอลล์, 2540 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. วันชัย ริจิรวนิช และ ชอุ่ม พลอยมีค่า, " เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ", โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541, หน้า 21.

11. วรวิทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, " การออกแบบเครื่องจักรกล 1 ", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541.

12. วรวิทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน, " การออกแบบเครื่องจักรกล 2 ", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541.

13.สุทธีธาภรณ์ สิริสิงห์ และ สุนันทา ศรีสุข, "โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ", กรมวิชาการเกษตร, 2537,หน้า 75 -170

14. " เครื่องหั่นแครอทแบบแท่งชนิดต่างๆ ", http://www.urschel/dicer.com,1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตารางบันทึกผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 แสดงผลการทดลองเพื่อหาช่วงความเร็วรอบของมอเตอร์ 1 ที่เหมาะสมของเครื่องหั่นแครอท

ความเร็วรอบมอเตอร์ 1 (rpm)	น้ำหนักแครอทที่หั่นแล้วเป็นแว่นคิดเทียบเป็น (Kg/ hr)
480	16.62
600	14.85
720	22.58
840	27.00
960	30.37
1080	39.24
1200	43.20
1400	38.32

*หมายเหตุ 1. ความเร็วรอบมอเตอร์1 คือ ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ใช้หั่นแครอทให้เป็นแว่น
2. พันธุ์แครอทที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นพันธุ์ออสเตรเลีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 แสดงผลการทดลองเพื่อหาช่วงความเร็วรอบของมอเตอร์ 2 ที่เหมาะสมของเครื่องหั่นแครอท

. ความเร็วรอบมอเตอร์2 (rpm)	น้ำหนักแครอทที่หั่นแล้วเป็นแท่งคิดเทียบเป็น (Kg / hr)
480	15.81
600	8.39
720	10.18
840	8.53
960	9.60
1080	8.40
1200	7.07
1400	6.62

*หมายเหตุ 1. ความเร็วรอบมอเตอร์2 คือ ความเร็วรอบมอเตอร์ที่ใช้หั่นแครอทให้เป็นแท่ง
2. พันธุ์แครอทที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นพันธุ์ออสเตรเลีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 แสดงผลการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยของแครอทพันธุ์ออสเตรเลียที่มีผลต่อการทดลอง

ความเร็วรอบมอเตอร์ 1 (rpm)	น้ำหนักเฉลี่ยแครอทที่หั่นแล้วเป็นแว่นคิดเป็น (Kg / hr)			
	1	2	3	เฉลี่ย
960	30.37	29.50	31.20	30.36
1080	39.24	38.50	40.20	39.31
1200	43.20	42.80	43.50	43.17

ตาราง ก.4 แสดงผลการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยของแครอทพันธุ์ออสเตรเลียที่มีผลต่อการทดลอง

ความเร็วรอบมอเตอร์ 2 (rpm)	น้ำหนักเฉลี่ยแครอทที่หั่นแล้วเป็นแท่งคิดเป็น (Kg / hr)			
	1	2	3	เฉลี่ย
480	15.81	14.90	16.20	15.64
720	10.18	9.80	10.50	10.16
960	9.60	9.40	9.80	9.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.5 แสดงผลการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยของแครอทพันธุ์ดอยคำที่มีผลต่อการทดลอง

ความเร็วรอบมอเตอร์1 (rpm)	น้ำหนักเฉลี่ยแครอทที่หั่นแล้วเป็นแว่นคิดเป็น (Kg / hr)			
	1	2	3	เฉลี่ย
960	14.30	13.80	14.70	14.27
1080	12.05	11.80	12.70	12.18
1200	9.81	9.50	10.00	9.77

ตาราง ก.6 แสดงผลการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยของแครอทพันธุ์ดอยคำที่มีผลต่อการทดลอง

ความเร็วรอบมอเตอร์ 2 (rpm)	น้ำหนักเฉลี่ยแครอทที่หั่นแล้วเป็นแท่งคิดเป็น (Kg / hr)			
	1	2	3	เฉลี่ย
480	6.50	6.30	6.70	9.50
720	4.35	4.30	4.70	4.45
960	2.80	2.70	2.90	2.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.7 แสดงผลการทดลองซ้ำ 10 ครั้งที่ความเร็วรอบที่เหมาะสมของมอเตอร์ทั้งสอง (ความเร็วรอบมอเตอร์ 1 : 1200 รอบต่อนาที ความเร็วรอบมอเตอร์ 2 : 480 รอบต่อนาที)

ครั้งที่	น้ำหนักก่อนเข้า(kg)	น้ำหนักหลังออก (kg)	% แครอทที่หั่นได้
1	0.50	0.293	58.60
2	0.50	0.302	60.40
3	0.50	0.298	59.60
4	0.50	0.309	61.80
5	0.50	0.310	62.00
6	0.50	0.288	57.60
7	0.50	0.298	58.00
8	0.50	0.293	58.60
9	0.50	0.312	62.40
10	0.50	0.308	61.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตารางการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.1 ANALYSIS OF VARIANCE FOR WEIGHT

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	5	321.65	64.33	547.24 **
TYPE (T)	1	234.29	234.29	1993.01 **
CIRCLE (C)	2	78.17	39.08	332.48 **
TxC	2	9.20	4.60	39.11 **
ERROR	12	1.41	0.12	
TOTAL	17	323.06		

CV = 4.2 %

** = significant at 1 % level

ตาราง ข.2 ANALYSIS OF VARIANCE FOR WEIGHT

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	5	3224.61	644.92	1882.65 **
TYPE (T)	1	2935.06	2935.06	8567.98 **
CIRCLE(C)	2	59.21	29.61	86.43 **
TxC	2	230.34	115.17	336.20 **
ERROR	12	4.11	0.34	
TOTAL	17	3228.72		

CV = 2.4 %

** = significant at 1 % level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางที่ใช้คำนวณค่าต่าง ๆ ของเครื่องหั่นแครอทแบบแท่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์พิตช์ d_p ของล้อสายพานลิ่มตามมาตรฐาน ISO/R 52-1975 (E) และ ISO/R 253-1962(E)

ขนาดเป็น mm

25	60	100	170	280	500	900	1900
28	63	106	180	300	530	1000	2000
31.5	67	112	190	315	560	1060	2240
35.5	71	118	200	355	600	1120	2500
40	75	125	212	375	630	1250	
45	80	132	224	400	670	1400	
50	85	140	236	425	710	1500	
53	90	150	250	450	750	1600	
56	95	160	265	475	800	1800	

ตาราง ค.2 ตัวประกอบใช้งาน

k_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.4	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.3 ค่าตัวประกอบ k_2

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้