สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน

DESIGNED AND DEVELOPMENT OF THE BABY CORN GRADING MACHINE

T058555

โดย

นางสาว กนกพร ประทุมสุวรรณ

นาย ขัตติยา ชาเวียง

นางสาว ฐิติพร สุขศรีนวล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 58555
วัน,เดือน,ปี 25 ส.ค. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชา วิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน

ผู้จัดทำ

นางสาว กนกพร ประทุมสุวรรณ

นาย ขัตติยา ชาเวียง

นางสาว ฐิติพร สุขศรีนวล

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์เจษฎา ชัยโฉม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน

นางสาว กนกพร ประทุมสุวรรณ
นาย ขัตติยา ชาเวียง
นางสาว ฐิติพร สุขศรีนวล

อาจารย์ เจษฎา ชัยโฉม อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนตามความยาวของฝักข้าวโพด โดยใช้ระยะห่างของสายพาน 2 เส้น เส้นหนึ่งวางตัวในแนวระดับ และอีกเส้นหนึ่งลาดเอียงลงทำมุมกับเส้นแรก สายพานทั้ง 2 เส้นจะเคลื่อนที่ไปทางเดียวกันด้วยความเร็วเท่ากัน เมื่อเคลื่อนที่ไปจะมีระยะห่างมากขึ้นตามแนวดิ่ง และข้าวโพดฝักอ่อนก็จะตกลงถาดรองรับ เครื่องคัดขนาดที่ทำการสร้างนี้สามารถคัดข้าวโพดได้ 4 ขนาด คือ ขนาด A ยาว 0 – 5.5 cm, ขนาด B ยาว 5.5 – 7.0 cm, ขนาด C ยาว 7.0 – 9.0 cm และขนาด D ยาว 9.0 – 13.0 cm ซึ่งหลังจากทำการทดสอบประสิทธิภาพเชิงความถูกต้องของการคัดขนาดพบว่า ที่ความเร็วรอบของสายพานคัดขนาด 65 rpm มีประสิทธิภาพเชิงความถูกต้องสูงสุดคือ 86.66 % ที่อัตราการคัด 40 Kg/hr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGNED AND DEVELOPMENT OF THE BABY CORN GRADING MACHINE

KANOKPORN PRATOOMSUWAN

KHUTTIYA CHAWIENG

THITIPORN SUKSRINUAL

JEDSADA CHAISHOME ADVISOR

2003

Abstract

The objective of this study is to design and develop the baby corn grading machine. The design concept is based on the length of the baby corn. This machine is constructed and operated by adjusting the distance between two belt conveyors which are rotated in the same direction. After testing, the results show that the machine is able to grade baby corn into groups based on its length - group A is ranging from 0 to 5.5 cm. , group B is ranging from 5.5 to 7.0 cm. , group C is ranging from 7.0 to 9.0 cm. and group D is from 9.0 to 13.0 cm. The grading efficiency is found to be 86.66% at 65 rpm of the belt speed and 40 kg/hr of the feed rate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญรูปภาพ	ข
สารบัญตาราง	ง
รายการสัญลักษณ์	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสารและแหล่งข้อมูล	3
บทที่ 3 ทฤษฎีรายการคำนวณ	18
บทที่ 4 การคำนวณและออกแบบ	22
บทที่ 5 วิธีการทดลองและผลการทดลอง	44
บทที่ 6 บทวิจารณ์และสรุปผล	55
ภาคผนวก ก	62
กิตติกรรมประกาศ	73
หนังสืออ้างอิง	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋อง	14
รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนด้วยขบวนการถ่ายภาพ	15
รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนแบบใช้ถ้วยคัดขนาด	16
รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนตามความยาว แบบถาดคัดขนาดทำมุม ϕ	17
รูปที่ 3.1 แสดงเพลาโก่งเนื่องจากน้ำหนัก	19
รูปที่ 3.2 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน	21
รูปที่ 4.1 free body diagram ของเพลา	23
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ตามรายการชิ้นส่วน	28
รูปที่ 4.3 แสดงขั้นตอนป้อนข้าวโพดและลำเลียงลงสู่สายพาน	29
รูปที่ 4.4 แสดงการลำเลียงของข้าวโพดในช่วงสายพานคัดขนาดก่อนที่จะตกในถาดรองรับข้าวโพดขนาด B, C และ D	30
รูปที่ 4.5 แสดงการตกของข้าวโพดในช่วงถาดรองรับ B, C และ D	31
รูปที่ 4.6 แสดงการตกของข้าวโพดในช่วงถาดรองรับ A และ E	32
รูปที่ 4.7 แสดงภาพด้านข้างของล้อสายพาน	33
รูปที่ 4.8 แสดงภาพถาดรองรับข้าวโพดฝักอ่อน	34
รูปที่ 4.9 แสดงภาพโครงสร้างด้านข้างของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน	35
รูปที่ 4.10 แสดงภาพโครงสร้างด้านข้างของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน	36
รูปที่ 4.11 แสดงภาพทางด้านบนของเครื่องคัดขนาดข้าวโพด	37
รูปที่ 4.12 แสดงภาพด้านบนของถาดรองรับข้าวโพด	38
รูปที่ 4.13 แสดงภาพด้านบนของสายพานที่ใช้คัดขนาด	39
รูปที่ 4.14 แสดงภาพด้านข้างของสายพานที่ใช้คัดขนาด	39
รูปที่ 4.15 แสดงภาพด้านบนของสายพานที่ใช้คัดขนาด	40
รูปที่ 4.16 แสดงภาพด้านข้างของลิ่มที่ติดอยู่บนสายพานที่ใช้คัดขนาด	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.17 ภาพจริงด้านหน้าของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน 41
รูปที่ 4.18 ภาพจริงด้านมุมของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน 41
รูปที่ 4.19 ภาพจริงของถาดรับข้าวโพดขนาด A และ E 42
รูปที่ 4.20 ภาพจริงของถาดรับข้าวโพดขนาด B, C และ D 42
รูปที่ 4.21 ภาพจริงด้านข้างของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน 43
รูปที่ 4.22 ภาพจริงโดยรวมของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน 43
รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR/VB กับประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง 53
รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR/VB กับเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 54
รูปที่ 6.1 กราฟเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนระหว่างการคัดด้วยเครื่องและการคัดด้วยคน 60
รูป ก.5 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดฝักอ่อน	3
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบพันธุ์ข้าวโพดต่างๆ ในการปลูกเป็นข้าวโพดฝักอ่อน	5
ตารางที่ 2.3 แสดงพื้นที่เพาะปลูกผลผลิตจำแนกตามภาคและจังหวัดที่ปลูกมากที่สุด สามจังหวัดแรกของแต่ละภาค ปี2539/2540-2 41/2542	6
ตารางที่ 2.4 พื้นที่ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนทั้งประเทศในแต่ละภาค ปี 2539/2540-2541/2542	7
ตารางที่ 2.5 แสดงพันธ์เข้าโพดและน้ำหนักก่อนและหลังปอกเปลือก	7
ตารางที่ 2.6 ปริมาณและมูลค่า การส่งข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋องและส่งสดจำหน่ายต่างประเทศ ปี 2528-2543	9
ตารางที่ 2.7 ปริมาณและมูลค่าส่งออกข้าวโพดอ่อนบรรจุกระป๋องแยกตามประเทศผู้นำเข้า ปี 2542- 2543	10
ตารางที่ 4.1 แสดงรายการชิ้นส่วน (Part of List)	27
ตารางที่ 5.1 ตารางบันทึกผลการทดลองคัดข้าวโพดฝักอ่อนขนาด B	46
ตารางที่ 5.2 ตารางบันทึกผลการทดลองคัดข้าวโพดฝักอ่อนขนาด C	47
ตารางที่ 5.3 แสดงการตกของข้าวโพดฝักอ่อน ขนาด A, B, C และ D ที่ความเร็วรอบสายพานต่างๆ	49
ตารางที่ 5.4 แสดงการตกของข้าวโพดฝักอ่อน ขนาด A, B, C และ D ที่ตกผิดขนาด	50
ตารางที่ 5.5 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง (W_JP_{GJ}) , เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ในการคัดของเครื่อง (W_JC_J) เมื่อ V_R / V_B เท่ากับ 0.36	50
ตารางที่ 5.6 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง (W_JP_{GJ}) , เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ในการคัดของเครื่อง (W_JC_J) เมื่อ V_R / V_B เท่ากับ 0.38	51
ตารางที่ 5.7 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง (W_JP_{GJ}) , เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ในการคัดของเครื่อง (W_JC_J) เมื่อ V_R / V_B เท่ากับ 0.39	51
ตารางที่ 5.8 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง (W_JP_{GJ}) , เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ในการคัดของเครื่อง (W_JC_J) เมื่อ V_R / V_B เท่ากับ 0.40	51
ตารางที่ 5.9 แสดงการสรุปค่าที่ได้จากการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง (W_JP_{GJ}) , เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคัดของเครื่อง (W_JC_J) เมื่อ V_R / V_B มีค่าต่างๆดังนี้	52
ตาราง ก.1 มิติมาตรฐานและแรงประเมิณของโรลลิ่งแบริ่ง (C_0, C เป็น kN)	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 แนวทางในการเลือกอายุใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลชนิดต่างๆ 63

ตาราง ก.3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสม (mechanical properties of plain carbon and alloy steels) (ชิ้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 mm) 64

ตาราง ก.4 ตัวประกอบใช้งานสำหรับสายพานลิ่ม 65

ตาราง ก.6 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "A" ต่อเส้น P_R (เป็นkW) สำหรับสายพานยาว L_p = 1732 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180°C 67

ตาราง ก.7 ตัวประกอบส่วนโค้งสัมผัส Na สำหรับสายพานลิ่ม 68

ตาราง ก.8 ตัวประกอบใช้งาน 69

ตาราง ก.9 ตัวประกอบk_2 69

ตาราง ก.10 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม ตาม 256-1962 มาตรฐาน ISO/R 52-1957 (E)และ ISO/R(E) 70

ตาราง ก.11 ตารางคำนวณสูตรดอกเบี้ย 71

ตาราง ก.12 Gradient to Uniform Series Conversion Factor (GUSF) 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการสัญลักษณ์

เพลา

N	ค่าความปลอดภัย
σ_m	ความเค้นเฉลี่ย (mean stress)
σ_y	ความต้านทานแรงดึง(yield amplitude)
σ_a	ความเค้นส่วนเปลี่ยน (stress amplitude)
σ_n	ค่าความต้านแรงทนทานสำหรับการดึง
τ_m	ความเค้นเฉือนเฉลี่ย (shear stress mean)
τ_y	ความต้านทานแรงเฉือนคราก (yield strength in shear)
τ_a	ความเค้นเฉือนส่วนเปลี่ยน(shear stress amplitude)
τ_n	ค่าความต้านแรงทนทานสำหรับการเฉือน
τ	ค่าความเค้นเฉือน
K_f	ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นจริง
K_{fs}	ตัวประกอบความเค้นหนาแน่นของความเค้นเฉือน
K	ตัวประกอบความเค้นหนาแน่น
M_m	โมเมนต์ดัดเฉลี่ย
T_m	โมเมนต์ดัดเฉลี่ย
n_c	ความเร็ววิกฤตของเพลา
ρ	ความหนาแน่นของเหล็กกล้าคาร์บอน
V	ปริมาตรของเพลาตัน
m	มวลของเพลา

แบริ่ง

F_a	แรงที่กระทำกับแบริ่งในแนวแกน (แรงรุน)
F_e	แรงเสมือนในแนวรัศมี
F_r	แรงที่กระทำกับแบริ่งในแนวรัศมี
V_{ro}	ตัวประกอบการหมุน
X	ตัวประกอบแรงในแนวรัศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Y	ตัวประกอบแรงรุน
L	อายุใช้งาน
L_{10}	อายุใช้งานจริง
C	แรงพลวัตประเมิน
a, k	ค่าคงที่ มีค่า = 3 สำหรับบอลแบริ่ง และ 10/3 สำหรับ โรล เลอร์แบริ่ง
P	แรงสมมูล

สายพานลิ่ม

z	จำนวนเส้นของสายพานลิ่ม
W_p	กำลังงานที่ต้องการส่ง
N_s	ตัวประกอบใช้งาน
N_a	ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส
N_1	ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน
P_r	กำลังที่สายพานลิ่มเส้นหนึ่งส่งได้
d_p	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ของล้อสายพานลิ่ม
D_p	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์
n_2	ความเร็วรอบของสายพาน
C_p	ระยะห่างระหว่างศูนย์กลาง
L_p	ความยาวพิตช์
v	ความเร็วของสายพาน
m_ω	อัตราทด
k_1	ตัวประกอบใช้งาน
k_2	ค่าตัวประกอบ
α	มุมสัมผัสของล้อสายพาน
F_i	แรงดึงชั้นต้นในสายพาน
F	แรงดึงสายพานขณะส่งกำลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตข้าวโพดฝักอ่อนส่งออกจำหน่ายต่างประเทศมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ของโลก ทั้งในรูปแบบข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋องและข้าวโพดสด โดยมีแนวโน้มการส่งออกที่เพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ในอุตสาหกรรมการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋องนั้น ต้องใช้ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนก่อนจะเข้าสู่ขบวนการบรรจุกระป๋องจึงนับเป็นปัญหาที่สำคัญของขบวนการผลิต

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงเป็นจุดเริ่มต้นทำให้เกิดแนวคิดในการสร้างเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนขึ้นมาเพื่อประหยัดเวลาและแรงงานคนในการคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน อีกทั้งยังเป็นต้นแบบของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนให้แก่กลุ่มผู้สนใจในการที่จะนำไปพัฒนาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน โดยคัดขนาดตามความยาวของข้าวโพด

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้เครื่องคัดขนาดทดแทนแรงงานคนในการคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน
2. ลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานคนที่ทำหน้าที่ คัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน
3. เพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องแม่นยำในการคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนให้มากยิ่งขึ้น
4. ช่วยลดเวลาในการคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนด้วยแรงงานคน
5. เป็นเครื่องต้นแบบให้แก่กลุ่มที่สนใจในการที่จะนำไปพัฒนาต่อไป

1.4 ขอบเขตของโครงการ

1. ศึกษาและออกแบบเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน โดยใช้ความยาวของข้าวโพดฝักอ่อนเป็นเกณฑ์ในการคัดขนาด
2. เครื่องคัดขนาด สามารถคัดข้าวโพดฝักอ่อนได้ 4 ขนาด ดังนี้

   A: ฝักเล็ก มีความยาว 0 - 5.5 ซม.

   B: ฝักกลาง มีความยาว 5.5 – 7.0 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C: ฝักใหญ่ มีความยาว 7.0 – 9.0 ซม.

D: ฝักใหญ่สุด 9.0 – 13.0 ซม.

E: ฝักยาวเกิน 13 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ตรวจเอกสารและแหล่งข้อมูล

2.1 คุณค่าทางโภชนาการ ของข้าวโพดฝักอ่อน

จากการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดฝักอ่อน พบว่าในส่วนของข้าวโพดฝักอ่อนที่บริโภคได้ 100 กรัมนั้น มีความชื้นอยู่สูงถึง 84.10 กรัม อุดมไปด้วยคาร์โบไฮเดรต นอกจากนี้ยังมี แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามินเออยู่ในปริมาณสูง นับได้ว่าคุณค่าอาหารใกล้เคียงกับกะหล่ำปลีและกะหล่ำดอก

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดฝักอ่อน

ส่วนประกอบแร่ธาตุอาหาร	ข้าวโพดฝักอ่อน 100 กรัม
ความชื้น (กรัม)	84.10
ไขมัน (กรัม)	0.20
โปรตีน (กรัม)	1.90
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	8.20
เถ้า (กรัม)	0.60
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	28.00
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	86.00
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.10
วิตามินเอ (ไอ.ยู.)	64.00
ไทอามีน (มิลลิกรัม)	0.05
ไรโบฟลาวิน (มิลลิกรัม)	0.08
กรดแอสคอร์บิก (มิลลิกรัม)	11.00
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	0.30

ที่มา : ไฉน ยอดเพชร, Studies On Sweet corn As Potential Young Cob Corn (ZEA MAYSL), Ph.D Thesis University

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 พันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อน [1]

2.2.1 พันธุ์รังสิต 1

เป็นพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม 3 สายพันธุ์ จากพันธุ์ UPCA Var 1 x Cup.FC DMR(F)C_2 x D 745 ของสาขาข้าวโพดฟ่าง กองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร ซึ่งเป็นการปรับปรุงพันธุ์เพื่อใช้เป็นข้าวโพดสำหรับปลูกเป็นข้าวโพดฝักอ่อนโดยตรงในปี 2521 และเริ่มแนะนำให้เกษตรกรปลูก เมื่อปี 2524 มีลักษณะประจำพันธุ์ดังนี้ คือ เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง เป็นพันธุ์ผสมเปิด ลำต้นสีเขียว สูงประมาณ 160-190 เซนติเมตร ใบมีลักษณะสีเขียวเข้ม เส้นกลางใบด้านบนเป็นสีขาวเด่นชัดตัดกับตัวใบ ช่อดอกตัวผู้แตกเป็นเส้นสีเหลือง ไหมมีสีเหลืองนวลเมื่อเริ่มแทงออกจากฝักและจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงแดงในเวลาต่อมาเมื่อไหมยาวขึ้น อายุการเก็บเกี่ยวนับตั้งแต่วันปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวฝักแรกได้ 47-48 วัน ช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว 8 –12 วัน มีอายุตั้งแต่วันปลูกจนถึงวันสุดท้ายในการเก็บเกี่ยวรวม 60 วัน ฝักสดก่อนปอกเปลือก 1 กิโลกรัม จะมีประมาณ 12-13 ฝัก แต่โดยเฉลี่ยน้ำหนักฝักสด 1 กิโลกรัม จะได้น้ำหนักสดหลังปอกเปลือกแล้วประมาณ 150 กรัม จุดเด่นของข้าวโพดพันธุ์รังสิต 1 คือ มีขนาดของฝักสม่ำเสมอเกือบทุกด้าน แต่เป็นพันธุ์ที่มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการเก็บเกี่ยวที่สั้น

2.2.2 พันธุ์ไทยดีเอ็มอาร์-6

เป็นพันธุ์ที่เกษตรกรชอบปลูกมากเช่นกัน เนื่องจากมีความแข็งแรงสูง ขนาดของลำต้นไม่สูงมากนัก สะดวกในการถอนหรือดึงยอดช่อดอกตัวผู้ได้ง่าย เมล็ดพันธุ์มีราคาถูก ราคาจำหน่ายในท้องตลาดราคาประมาณ 6 บาทต่อกิโลกรัม ให้ฝักดกและมีขนาดของฝักอ่อนดีตรงตามความต้องการของตลาด ปกติจะมีอายุเก็บเกี่ยวที่สั้น ประมาณ 45 – 50 วัน หลังจากปลูก

2.2.3 พันธุ์สุวรรณ-1

เป็นพันธุ์ข้าวโพดไร่ที่มีการเจริญเติบโตและแก่เร็ว ดังนั้นในการเก็บเกี่ยวจึงต้องเก็บในระยะเวลาที่ถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งปกติจะมีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 47 วัน เป็นพันธุ์ที่ให้ผลสูงพอสมควร และสามารถทนต่อโรคราน้ำค้างได้ดีกว่าพันธุ์ไทยดีเอ็มอาร์-6 เมล็ดพันธุ์มีราคาถูกประมาณกิโลกรัมละ 10 บาท

2.2.4 พันธุ์สุวรรณ-2

เป็นพันธุ์ข้าวโพดไร่ที่มีการเจริญเติบโตเร็วมาก และสามารถเก็บเกี่ยวได้เร็วเช่นเดียวกัน การเจริญเติบโตของฝักเป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะทางด้านความกว้างหรือเส้นผ่าศูนย์กลางของฝักมักจะไม่เกิน 1.5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ได้มาตรฐาน ฝักอ่อนหรือแกนอ่อนมีความสม่ำเสมอมากกว่าพันธุ์สุวรรณ-1 และให้ผลผลิตสูง มีความทนทานต่อโรคราน้ำค้างดี มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น และสั้นกว่าพันธุ์สุวรรณ-1 คือจะเก็บเกี่ยวได้อายุประมาณ 45 วัน

2.2.5 พันธุ์หวานธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวโพดพันธุ์นี้มีชื่อเรียกอีกชื่อว่า " ข้าวโพดพันธุ์เกษตร" โดยทั่วไปจะมีคุณสมบัติคือ เป็นพันธุ์ที่ให้ฝักดกและฝักอ่อนหรือแกนสวย แต่มีข้อเสียคือไม่ต้านแดดและสภาพแวดล้อม เช่นในฤดูฝนจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดที่ต่ำมาก มีการเจริญเติบโตที่ไม่ดีเท่าที่ควร นอกจากนี้ยังอ่อนแอต่อโรคราน้ำค้างเป็นพิเศษ ราคาจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ประมาณ 20 บาทต่อกิโลกรัม

2.2.6 พันธุ์หวานพิเศษ

โดยทั่วไปมักเรียกข้าวโพดพันธุ์นี้ว่า " ข้าวโพดพันธุ์-ซูปเปอร์" หรือ " ซูปเปอร์สวีท" หรือ " พันธุ์สวีท" คุณสมบัติเป็นพันธุ์ที่ให้ฝักดก ผลผลิตสูง ฝักและแกนอ่อนมีขนาดรูปร่างและสีสวย อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 48-50 วัน ลักษณะที่ดีของพันธุ์คือ แม้ว่าไหมจะโผล่พ้นฝักอ่อนยาวเกินกว่า 3-4 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับเก็บข้าวโพดฝักอ่อนก็ตาม ก็ยังให้ฝักที่มีแกนอ่อนสวยและได้ขนาดเหมือนเดิม

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบพันธุ์ข้าวโพดต่างๆ ในการปลูกเป็นข้าวโพดฝักอ่อน

พันธุ์	การเจริญเติบโต	ลักษณะฝัก	อายุเก็บเกี่ยว
สุวรรณ-1	แข็งแรงดี	ฝักเจริญเติบโตเร็ว ถ้าเก็บช้าจะทำให้ ฝักโตเกินขนาดที่ตลาดต้องการ	47 วัน
สุวรรณ-2			45 วัน
ไทยดีเอ็มอาร์-6			48 – 50 วัน
รังสิต1			47 วัน
ซูปเปอร์สวีท	แข็งแรงดี แต่ไม่ทนต่อสภาพแวดล้อมที่เลวและโรคราน้ำค้าง	ฝักเจริญเติบโต แต่ทิ้งไว้หลายวันก็จะไม่ทำให้ฝักโตเกินไป และแกนยังอ่อนเหมือนเดิม	48 – 50 วัน

ที่มา :สถาบันพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงพื้นที่เพาะปลูกผลผลิตจำแนกตามภาคและจังหวัดที่ปลูกมากที่สุด สามจังหวัดแรกของแต่ละภาค ปี2539/2540-2 41/2542

จังหวัด	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)			ผลผลิต (ตัน)			ผลผลิตเฉลี่ย(กก./ไร่)		
	2539	2540	2541	2539	2540	2541	2539	2540	2542
ภาคกลางสระบุรี									
สิงห์บุรี	1,142	547	30	767	888	275	1071	1114	1148
ลพบุรี	71	38	37	131	33	28	878	1110	936
	-	190	-	-	71	-	-	1775	-
ตะวันตก									
กาญจนบุรี	77,786	86221	10675	68987	125708	18229	1232	1457	1196
ราชบุรี	21,489	28799	19194	19111	25794	20226	1006	1026	1027
นครปฐม	8322	5841	4191	4673	7351	5296	1191	1171	1267
เหนือ									
กำแพงเพชร	9,750	14075	12317	11596	14398	15707	1191	1128	1346
เชียงรายเชียงใหม่	3,939	9526	8768	2534	12804	11370	1314	1491	1561
	9622	8886	1092	1244	3014	91	165	302	190
ตะวันออกเฉียงเหนือ									
นครราชสีมา	4,643	255	659	10881	1788	947	1594	1568	1375
สกลนคร	3,531	3752	3853	1639	2979	4275	457	843	898
หนองคาย	1,945	144	666	1903	434	305	1013	1024	758

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 พื้นที่ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนทั้งประเทศในแต่ละภาค ปี 2539/2540-2541/2542

จังหวัด	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)			ผลผลิต (ตัน)			ผลผลิตเฉลี่ย(กก./ไร่)		
	2539	2540	2541	2539	2540	2541	2539	2540	2541
เหนือ	36,501	48,760	29,943	25,207	42,980	36,843	889	965	1,270
ตะวันออกเฉียงเหนือ	11,292	6,577	6876	16,648	7,418	7,896	1,241	1,154	994
กลาง	1,213	776	67	899	992	303	1,037	1,144	1,124
ตะวันออก	1,149	42	18	930	73	18	1,062	1,082	671
ตะวันตก	112,600	125,841	40343	97,409	164,636	50,230	1,171	1,343	1,125
ใต้	582	1283	954	728	813	492	1,182	683	664
รวม	163,337	183,199	78201	141,821	216,912	95,782	6,582	1,235	5,848

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร

2.3 ผลผลิตและการตลาด

การให้ผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในพื้นที่ 1 ไร่ จะได้น้ำหนักฝักสดก่อนปอกเปลือกระหว่าง 800 – 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และให้น้ำหนักหลังปอกเปลือกแล้วประมาณ 100 – 175 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ที่ใช้ปลูก ฤดูกาลและการปฏิบัติดูแลต่างๆ เกี่ยวกับเรื่องของพันธุ์การให้น้ำหนักฝักอ่อนของข้าวโพดที่ต่างพันธุ์กัน ทั้งก่อนและหลังการปอกเปลือกเปรียบเทียบได้คือ

ตารางที่ 2.5 แสดงพันธ์เข้าโพดและน้ำหนักก่อนและหลังปอกเปลือก

พันธุ์	น้ำหนักก่อนปอกเปลือก	น้ำหนักหลังปอกเปลือก
รังสิต1	700 – 900	149
สุวรรณ-2	500 – 800	117
ไทยดีเอ็มอาร์-6	500 – 700	80

ที่มา : สถาบันพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร

โดยเฉลี่ยแล้วข้าวโพดฝักอ่อนจะมีน้ำหนักฝักก่อนปอกเปลือกต่อน้ำหนักหลังปอกเปลือกเป็นอัตราส่วน 7 : 1 คือฝักอ่อนก่อนปอกเปลือก 7 กิโลกรัม เมื่อนำมาปอกเปลือกแล้ว จะเหลือประมาณ 1 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ตลาดต่างประเทศ [1]

การส่งข้าวโพดฝักอ่อนของไทยไปต่างประเทศส่วนใหญ่ ส่งไปในรูปของข้าวโพดฝักอ่อนกระป๋อง มีการเริ่มส่งออกตั้งแต่ พ.ศ. 2511 แต่มีปริมาณที่ไม่มากนัก ต่อมาในระยะหลังก็มีแนวโน้มการส่งออกที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบัน จากสถิติการส่งออกชี้ให้เห็นเด่นชัดว่าอุตสาหกรรมข้าวโพดฝักอ่อนในประเทศไทยยังมีอนาคตที่ค่อนข้างดีในตลาดต่างประเทศ โดยเฉพาะในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6 ปี พ.ศ. 2530 – 3534 ได้บรรจุข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชที่อยู่ในอุตสาหกรรมอีกพืชหนึ่งด้วย

รูปแบบของการส่งออก จะส่งออกในลักษณะของการบรรจุกระป๋องซึ่งมีขนาดบรรจุ 3 ขนาด คือ 15 , 20 , และ 108 ออนซ์ บรรจุในลักษณะของของเหลวชนิดเดียว เช่น น้ำเกลือ และบรรจุในขวดแก้ว หรือกระป๋อง โดยแบ่งตามขนาดของข้าวโพดฝักอ่อนด้วย คือ

1. ขนาดเล็ก ฝักข้าวโพดมีความยาวประมาณ 4 – 6 เซนติเมตร
2. ขนาดกลาง ฝักข้าวโพดมีความยาวประมาณ 7 – 8 เซนติเมตร
3. ขนาดใหญ่ ฝักข้าวโพดมีความยาวประมาณ 9 – 13 เซนติเมตร

นอกจากนี้แล้วประเทศไทยยังส่งออกข้าวโพดฝักอ่อน ในรูปแบบของฝักสด โดยจะทำการปอกเปลือกแล้วบรรจุในถุงพลาสติก ขนาด 1 กิโลกรัม ส่งทางเครื่องบินไปยังประเทศใกล้เคียง เช่นฮ่องกง สิงคโปร์ และ แคนาดา เป็นต้น ซึ่งเป็นปริมาณไม่ต่ำกว่า 3 – 4 ตัน ทุกวันตลอดทั้งปี และสำหรับภายในประเทศมีการจำหน่ายรูปของฝักสดนี้มีปริมาณไม่ต่ำกว่า ปีละ 4,000 ตัน

2.3.2 ความสามารถในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนของประเทศ

ปัจจุบันประเทศ เป็นประเทศผู้ผลิตข้าวโพดฝักอ่อนส่งออกจำหน่ายต่างประเทศมากที่สุดเป็นอันดับ 1 ของโลกแสดงดัง ตารางที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ปริมาณและมูลค่า การส่งข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋องและส่งสดจำหน่ายต่างประเทศ ปี 2528-2543

ปี	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)
2528	6,302,401	642,939,140
2529	11,470,262	3,177,328,983
2530	17,890,225	2,189,168,118
2531	25,615,942	490,182,777
2532	34,796,953	744,327,698
2533	28,581,745	580,283,766
2534	42,810,093	1,002,597,569
2535	38,695,547	874,052,284
2536	36,623,791	781,332,213
2537	48,709,560	1,000,477,255
2538	53,962,511	1,153,085,283
2539	51,966,291	1,130,810,026
2540	62,845,122	1,645,784,833
2541	66,567,266	1,836,577,384
2542	54,700,612	1,495,828,232
2543	58,536,633	1,731,950,990

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ปริมาณและมูลค่าส่งออกข้าวโพดอ่อนบรรจุกระป๋องแยกตามประเทศผู้นำเข้า ปี 2542- 2543

ประเทศผู้นำเข้า	2542		2543	
	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)
สหรัฐอเมริกา	17,570,541	418,516,182	19,921,331	483,780,792
ญี่ปุ่น	4,344,482	184,399,181	4,151,822	21,8705,771
เนเธอร์แลนด์	322,535	147,346,351	4,184,399	138,751,319
สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน	3,643,576	87,646,843	3,471,817	90,402,590
ออสเตรเลีย	2,989,220	72,984,153	3,130,094	80,617,179
แคนาดา	3,172,735	69,188,732	2,830,177	66,440,264
สหราชอาณาจักร	1,586,169	45,723,973	1,580,185	44,314,781
ฝรั่งเศส	1,267,241	43,072400	1,275,447	42,079,931
ฮ่องกง	1,733,599	42,257,008	1,377,219	35,917,069
สวิตเซอร์แลนด์	233,200	11,193,295	539,758	34,694,460
สวีเดน	1,052,018	32,236,992	1,125,886	33,887,719
อิสราเอล	1,151,124	24,876,136	1,522,091	31,302,168

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 มาตรฐานข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋อง[1]

ข้าวโพดฝักอ่อนกระป๋องจัดเป็นสินค้าอุตสาหกรรมชนิดหนึ่งเช่นเดียวกันกับสินค้าอุตสาหกรรมชนิดอื่นๆ ที่จะต้องมีการกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจากแต่ละโรงงานจะถูกกำหนดมาตรฐานขึ้นจากหน่วยงานของรัฐ ซึ่งอย่างน้อยจะต้องมี 2 หน่วยงานขึ้นไป ในด้านของข้าวโพดฝักอ่อนกระป๋องเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง หน่วยงานที่รับผิดชอบดังกล่าวนั้นได้แก่ สำนักคณะกรรมการอาหารและยา ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของอาหารกระป๋อง โดยเน้นที่ความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นหลัก อาหารกระป๋องที่จะออกจำหน่ายได้นั้น จะต้องได้รับเลขทะเบียนอาหารจากหน่วยงานนี้ก่อนซึ่งจะต้องผ่านการตรวจวิเคราะห์ว่าไม่มีพิษต่อผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจะต้องกำหนดข้อเท็จจริงของคุณภาพและปริมาณอาหารที่บรรจุอยู่เป็นข้อความบนฉลากของอาหารกระป๋อง ซึ่งอย่างน้อยจะต้องมีข้อความอันได้แก่

ชื่อและทะเบียนอาหาร, ชื่อและที่ตั้งของสถานที่ผลิต , วันเดือนปีที่ผลิตหรือรหัสที่ได้จดทะเบียนไว้ต่อกระทรวงสาธารณสุข น้ำหนักสุทธิหรือปริมาตรสุทธิเป็นระบบเมตริก น้ำหนักเนื้ออาหารประเภทที่แยกเนื้ออาหารได้

นอกจากนี้ยังอาจมีชื่อและปริมาณของวัตถุเจือปนในอาหารที่มิใช่ส่วนประกอบอันได้จากธรรมชาติของอาหารนั้น (ถ้ามี) สำหรับอาหารกระป๋องที่มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าอาหารกระป๋องชนิดเดียวกันก็อาจยื่นขอเครื่องหมายแสดงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงสาธารณสุขได้ซึ่งผลิตภัณฑ์ ดังกล่าวที่ได้รับเครื่องหมายรับรองมาตรฐานมักจะเป็นที่เชื่อถือในด้านคุณภาพจากผู้บริโภคมากกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ข้าวโพดฝักอ่อนแบ่งตามขนาดออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. ฝักใหญ่ ขนาด 9 – 13 เซนติเมตร
2. ฝักกลาง ขนาด 7 – 9 เซนติเมตร
3. ฝักเล็ก ขนาด 4 – 7 เซนติเมตร
4. ฝักหักคละ ไม่จำกัดขนาด

ชนิดที่ 1 – 3 จะกำหนดให้มีข้าวโพดที่ผิดพลาดได้ไม่มากกว่าร้อยละ 5 ของจำนวนฝักในแต่ละกระป๋อง

การบรรจุ แบบการบรรจุของข้าวโพดฝักอ่อนเป็นการบรรจุโดยเติมของเหลว ส่วนประกอบที่ใช้ทำข้าวโพดฝักอ่อนกระป๋องจึงเป็นข้าวโพดฝักอ่อนและน้ำเกลือ มีสารเจือปนที่ยอมให้ใช้ได้ คือ ผงชูรส และยอมให้สารจำพวกดีบุกไม่เกิน 150 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนลักษณะของข้าวโพดฝักอ่อนที่จะนำไปบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะถูกกำหนดให้เป็นปริมาณข้อบกพร่องที่ยอมให้มีได้ต่อข้าวโพดฝักอ่อน 1 กระป๋องดังนี้ (ฝักใหญ่, กลาง, เล็ก)

ตำหนิหรือฝักที่ผิดปกติไม่เกิน	1	ฝักต่อกระป๋อง
ก้านหรือเปลือกไม่เกิน	1	ชิ้นต่อกระป๋อง
ส่วนที่หักต่อกันได้	1	ฝักต่อกระป๋อง
ชิ้นที่เป็นเศษ	1	ชิ้นต่อกระป๋อง
หนวดข้าวโพดที่หลุดออกจากฝักต่อกันได้ยาว	15	เซนติเมตร

สำหรับฝักหักคละข้อบกพร่องเหมือนฝักชนิดใหญ่ , ฝักกลาง และฝักเล็ก ยกเว้นไม่จำกัดจำนวนส่วนที่หักต่อกันได้และชิ้นเศษ ส่วนปริมาณสุทธิในแต่ละกระป๋องต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของความจุกระป๋อง และน้ำหนักเนื้อข้าวโพดฝักอ่อนในแต่ละกระป๋องต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 42 ของน้ำหนักสุทธิ นอกจากนี้ในส่วนที่สำคัญอีกอย่างก็คือในเรื่องของพันธุ์ข้าวโพด พันธุ์ ข้าวโพดที่เหมาะสมที่นำมาทำเป็นข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋อง จะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

2.4.1 กลิ่นและรส ปกติข้าวโพดทุกพันธุ์จะมีกลิ่นดีคล้ายคลึงกัน มีส่วนแตกต่างกันน้อยมาก แต่ที่สังเกตได้ชัดในเรื่องของรสชาติ พบว่า ข้าวโพดหวาน เช่น Sugar Sweet และ Hawaiian Sugar จะให้รสชาติที่ดีกว่าข้าวโพดไร่ทั่วไป

2.4.2 ลักษณะเนื้อ ให้เนื้อสัมผัสที่ดี กรอบไม่แข็งกระด้าง สาเหตุดังกล่าวอาจเกิดจากข้าวโพดฝักอ่อนที่แก่เกินไป นอกจากนี้ข้าวโพดที่แก่เกินไป นอกจากนี้ข้าวโพดที่แก่ยังมีขนาดใหญ่เกินความต้องการ มีแถวเรียงตัวของเมล็ดห่างเกินไปทำให้ลักษณะของฝักไม่สวย

2.4.3 ขนาดของฝัก ไม่ควรใช้ฝักที่มีขนาดใหญ่หรือเล็กเกินไป นอกจากนี้ข้าวโพดที่ยังมีขนาดใหญ่เกินไป ทำให้ลักษณะของฝักไม่สวย ฝักที่มีขนาดแหลม และบรรจุกระป๋องได้ผลดี เรียงฝักได้สวยคือฝักที่มีขนาด 7 – 10 เซนติเมตร

2.4.4 การเรียงตัวของเมล็ด มีการเรียงตัวของเมล็ดดี สม่ำเสมอ

2.4.5 ลักษณะสี มีสม่ำเสมอ ภายในกระป๋องเดียวกัน เพื่อต้องการให้ได้สีเดียวกันตลอดทั้งกระป๋อง

2.4.6 มีเปลือกน้อย ในข้าวโพดฝักอ่อนปกติจะมีน้ำหนักเปลือกอยู่ประมาณ 80 – 90 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเหตุนี้ทางโรงงานจึงลดอัตราเสี่ยงด้วยการรับซื้อเฉพาะข้าวโพดฝักอ่อนที่ปอกเปลือกแล้วเท่านั้น และยังเป็นการลดอัตราค่าจ้างแรงงานในการปอกเปลือกได้อีกด้วย แต่ยังมีข้อเสียคือเรื่องแมลงเจาะทำลาย และเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนสีน้ำตาลที่เนื้อบริเวณเนื้อสัมผัสกับอากาศในระหว่างรอการผลิตทำให้คุณภาพลดลง และทำให้สูญเสียเนื้อจากการเน่ามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 ผลผลิตต่อไร่สูง จะช่วยลดราคาวัตถุดิบในการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนกระป๋องในกรณีโรงงานไม่มีไร่ปลูกเป็นของตัวเอง

2.5 กรรมวิธีการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนกระป๋อง

การแปรรูปข้าวโพดฝักอ่อนกระป๋องทำได้โดย

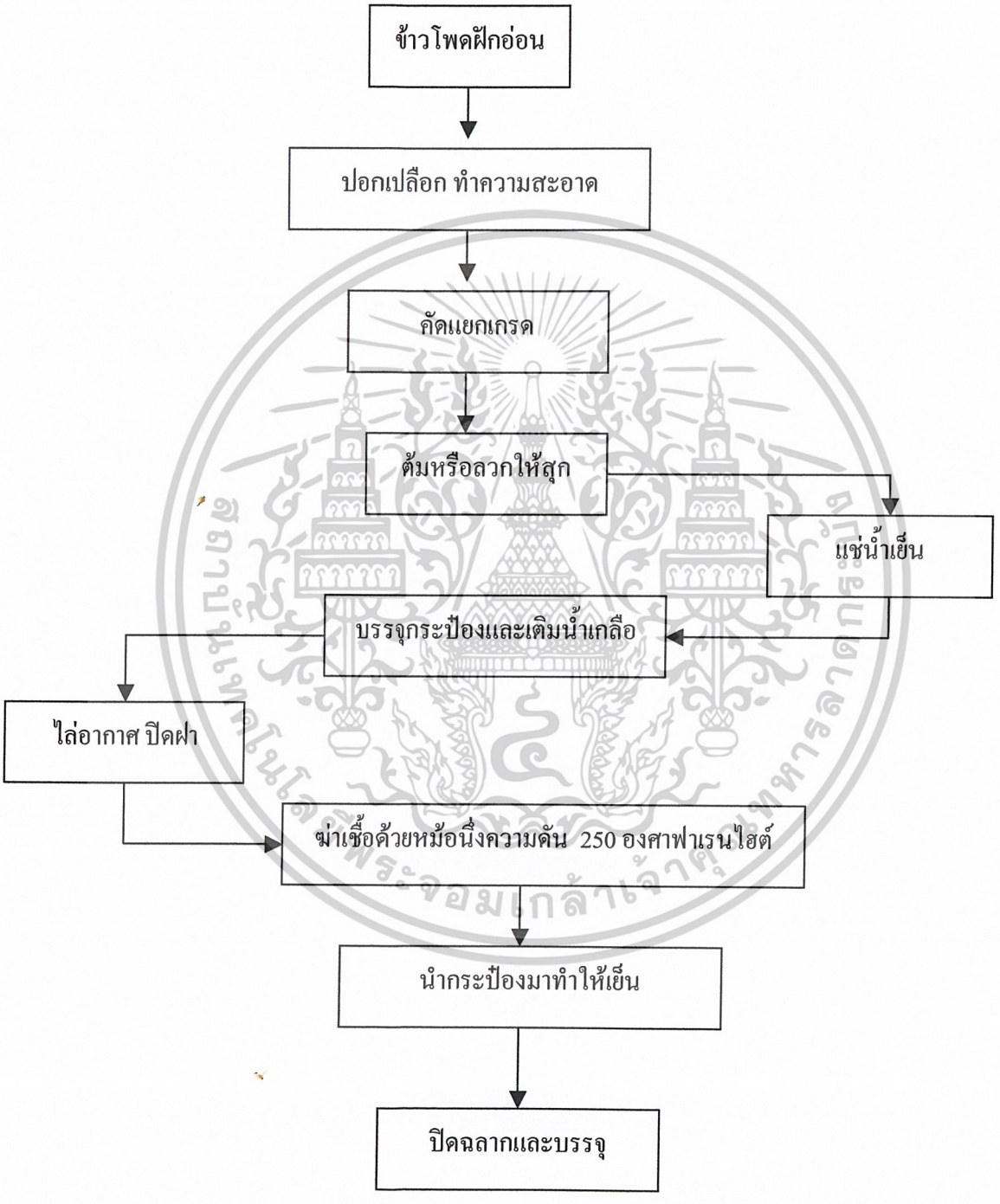
1. นำข้าวโพดฝักอ่อนที่ปอกเปลือกแล้ว มาทำความสะอาด
2. ต้มหรือลวกให้สุก โดยต้มในน้ำที่เดือดแล้วผสมด้วยสารละลายกรดซิตริก 0.2%
3. แช่ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ หรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.05% นาน 10 นาที
4. แช่ในน้ำเย็น
5. คัดแยกเกรด
6. นำมาบรรจุกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
7. ทำการเติมน้ำเกลือ ไล่อากาศ แล้วนำมาปิดฝา
8. นำไปผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ด้วยหม้อนึ่งความดัน ณ อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์ นาน 20 นาที
9. นำกระป๋องมาทำเย็น
10. ปิดฉลากและบรรจุกระป๋อง

ข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋อง มีมาตรฐานกำหนดชนิดผลิตภัณฑ์ตามความยาวฝัก โดยแบ่งเป็น 4 ขนาดคือ ฝักใหญ่ขนาด 10-13 เซนติเมตร ฝักกลางขนาด 7-10 เซนติเมตร ฝักเล็กขนาด 4-7 เซนติเมตร และฝักหักคละไม่จำกัดขนาด

นอกจากข้าวโพดฝักอ่อนที่บรรจุน้ำเกลือแล้วยังมีผลิตภัณฑ์อื่นๆอีกเช่น ข้าวโพดฝักอ่อนในน้ำส้มสายชู ข้าวโพดฝักอ่อนในน้ำส้มสายชูไม่ใส่เครื่องเทศและใส่เครื่องเทศ วิธีแปรรูปจะคล้ายกับข้าวโพดฝักอ่อนในน้ำเกลือจะต่างกันบ้างคือ ส่วนผสมในน้ำที่บรรจุ สำหรับปริมาณการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนในน้ำเกลือจะมีความต้องการมากกว่าในน้ำส้มสายชู ซึ่งส่งไปขายยังประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิแสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋อง



รูปที่ 2.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตข้าวโพดฝักอ่อนบรรจุกระป๋อง

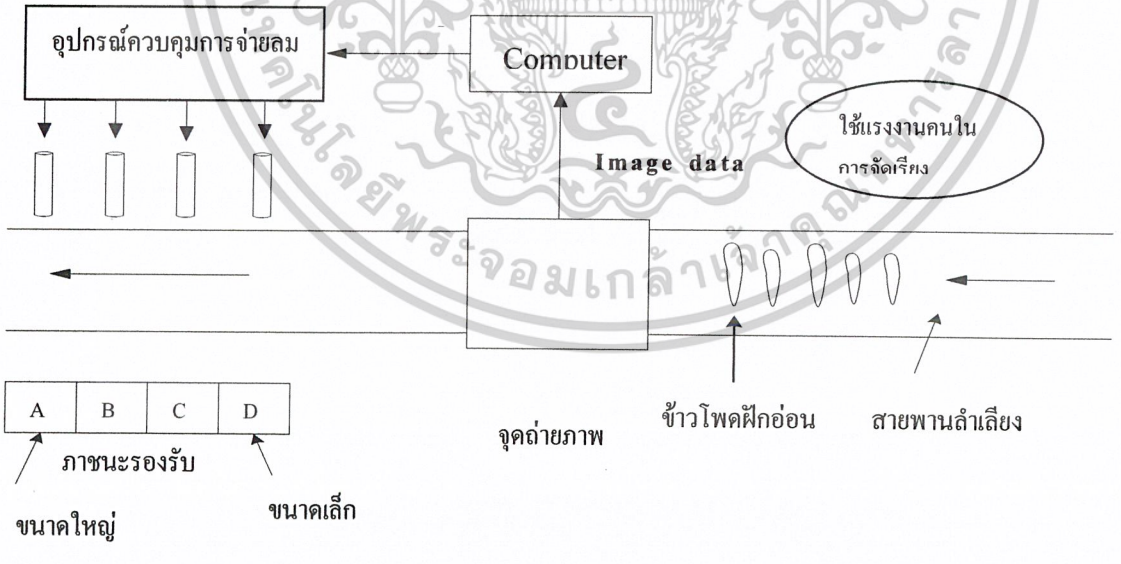
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 หลักการทำงานของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนแบบต่างๆ

เครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน ที่มีใช้กันอยู่ หรือที่สร้างสำเร็จมาแล้ว โดยใช้ความยาวของข้าวโพดฝักอ่อนเป็นเกณฑ์ในการแบ่งเกรดของข้าวโพด มีดังนี้

2.6.1 เครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนโดยขบวนการถ่ายภาพ[2],[3]

ทำการคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนโดยการใช้ขบวนการถ่ายภาพ มีส่วนประกอบในเครื่องคัดขนาดข้าวโพดอ่อนดังนี้ สายพาน, กล้อง CCD, เครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายลม การทำงานคือ วางข้าวโพดฝักอ่อนลงบนสายพาน เมื่อข้าวโพดฝักอ่อนมายังตำแหน่งที่กำหนด กล้องจะถ่ายภาพฝักข้าวโพด แล้วนำภาพที่ได้ส่งผ่านไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผล ขนาดของฝักและสี เมื่อได้ขนาดของฝักข้าวโพดแล้ว คอมพิวเตอร์ทำการคัดแยกขนาดที่ได้กับขนาดที่ตั้งไว้ จากนั้นคอมพิวเตอร์ จะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายลม เพื่อเป่ากระแสลมดันฝักข้าวโพดไปยังภาชนะรองรับตามขนาดต่างๆ 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 8-12 มม. ยาว 40-60 ขนาดกลางเส้นผ่านศูนย์กลาง 11-14 มม. ยาว 60-90 มม. ขนาดใหญ่เส้นผ่านศูนย์กลาง 12-17 มม. ยาว 90-120 มม. ผลที่ได้คือ ข้าวโพดฝักอ่อนขนาดมาตรฐาน ไม่หักไม่ช้ำ โดยมีความสามารถในการคัด 1000 กิโลกรัม ต่อ ชั่วโมง แสดงหลักการทำงานดังรูปที่ 2.2

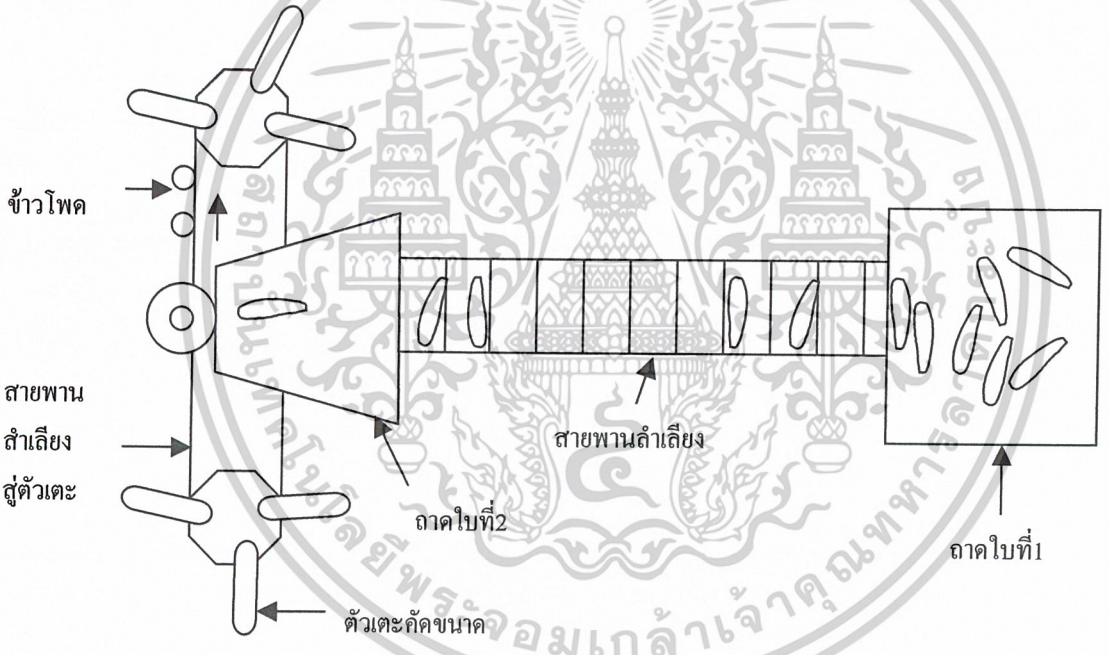


รูปที่ 2.2 แสดงการทำงานของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนด้วยขบวนการถ่ายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 เครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนโดยใช้ถ้วยคัดขนาด [4]

ระบบการคัดขนาดประกอบด้วย มอเตอร์, ลูกเบี้ยว, ถาดโลหะ, และสายพานลำเลียง มีหลักการทำงาน คือ เมื่อทำการรับข้าวโพดลงสู่ถาดเอียงใบที่1 ซึ่งมีการสั่นเพื่อทำการจัดเรียงข้าวโพดฝักอ่อนไปยังสายพานลำเลียงในลักษณะแถวเรียงเดี่ยว สู่ถาดเอียงใบที่2 จากนั้นจึงตกลงสู่ถ้วยคัดขนาดผ่านกรวยเพื่อตั้งข้าวโพดในลักษณะเอาหัวลง แล้วจึงลำเลียงสู่ตัวเตะเพื่อคัดขนาด โดยข้าวโพดที่ยาวสุดจะถูกเตะลงภาชนะรองรับไปก่อน เครื่องคัดขนาดนี้สามารถคัดได้ 4 เกรด ตามลำดับความยาวดังนี้ 10-13 ซม., 7-10 ซม., 4-7 ซม. และน้อยกว่า 4 ซม.ความสามารถในการคัด 100 กิโลกรัม ต่อชั่วโมงแสดงหลักการทำงานดังรูปที่ 2.3



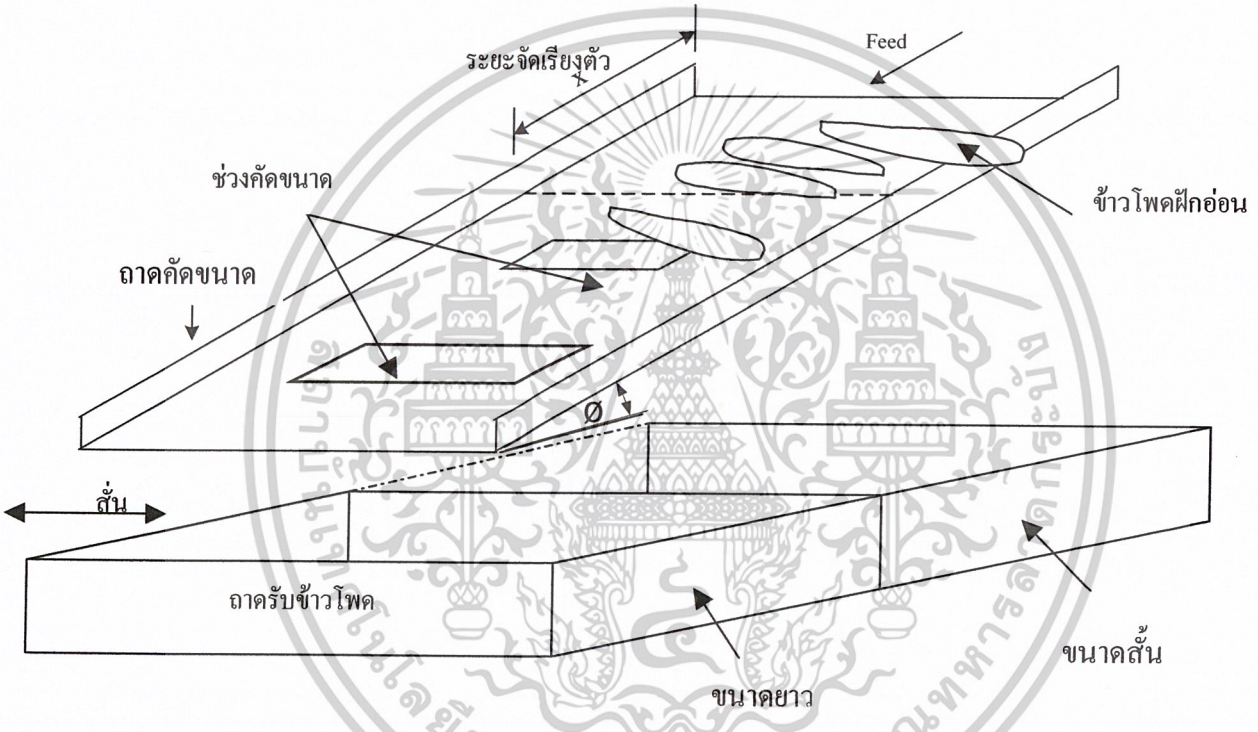
รูปที่ 2.3 แสดงการทำงานของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนแบบใช้ถ้วยคัดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.6.3 เครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนตามความยาวแบบถาดคัดขนาดทำมุม ϕ [5]

ระบบการคัดขนาดประกอบด้วย มอเตอร์, ลูกเบี้ยว, ถาดโลหะ หลักการทำงานคือ เมื่อรับข้าวโพด ข้าวโพดจะทำการจัดเรียงตัวในแนวนอนเมื่อถึงระยะที่เหมาะสมโดยใช้ระบบสั่นในการจัดเรียง จากนั้นข้าวโพดจะตกลงจากถาดคัดขนาดที่ทำการเจาะช่องสู่ภาชนะรองรับตามขนาดความยาวโดยข้าวโพดขนาดสั้นจะตกลงไปก่อน เครื่องคัดขนาดข้าวโพดนี้สามารถคัดได้ 3 เกรด คือ น้อยกว่า 4 ซม., 5-9 ซม., มากกว่า 9 ซม. ความสามารถในการคัด 25 กิโลกรัม ต่อ ชั่วโมงแสดงหลักการทำงานดัง รูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการทำงานของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนตามความยาวแบบถาดคัดขนาดทำมุม ϕ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
58555

บทที่3
ทฤษฎีรายการคำนวณ

สำหรับเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนนี้ เราจะทำการออกแบบชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเครื่องคัดขนาดโดยใช้พื้นฐานทางด้านการคำนวน และหลักการในการเลือกใช้วัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนตามความเหมาะสมกับการใช้เครื่องจักรกลกับงานลักษณะต่างๆซึ่งในที่นี้จะทำการคำนวนและออกแบบชิ้นส่วนต่างๆได้แก่

- เพลา (Shaft)
- แบริ่ง (Bearing)
- สายพาน (Belts)

3.1 เพลา[6]

วัสดุที่ใช้สำหรับทำเพลาคือ เหล็กกล้าละมุน(mild steel) แต่เมื่อคำนึงถึงในแง่ความประหยัดเพื่อทำให้เพลามีราคาถูกที่สุด ดังนั้นเราจะทำการออกแบบวัสดุที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดา (plain carbon steel) โดยเหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

3.1.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (low carbon steel) มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.005%-0.3% มีใช้งานมากทางด้านผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และในงานโครงสร้าง เช่น ใช้ทำท่อโครงสร้าง ถัง รถไฟ ตัวถังรถยนต์ สลักเกลียว

3.1.2 เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง(medium carbon steel) มีคาร์บอนผสมอยู่ 0.3%-0.5% สามารถนำมาชุบหรือเทมเปอร์ได้โดยกรรมวิธีทางความร้อนแบบทั่วไป ดังนั้นจึงมักใช้ในงานที่ต้องการความแข็งแรง และทนต่อการสึกกร่อน ผลิตภัณฑ์แบบเหล็กกล้าผสมคาร์บอนปานกลาง เช่น เพลา แกนเพลาข้อเหวี่ยง ก้านสูบ และชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ที่ต้องการความต้านทานสูงกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

3.1.3 เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (high carbon steel) มีคาร์บอนอยู่มากกว่า 0.5% ขึ้นไปใช้มากเมื่อผลิตภัณฑ์ต้องมีความแข็งแรงและความต้านแรงสูงพร้อมกันนั้นก็ทนต่อการสึกหรอได้ดีด้วย เหล็กกล้าชนิดนี้ต้องผ่านกรรมวิธีทางความร้อนก่อนจึงจะมีคุณสมบัติตามต้องการผลิตภัณฑ์แบบเหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูง เช่น ดอกสว่าน อุปกรณ์ตัดเกลียวใน ดอกคว้านรู แบบพิมพ์และมักใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความคม เช่น มีด กรรไกร เป็นต้น

สำหรับทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบเพลาจะใช้การออกแบบเพลาภายใต้แรงเปลี่ยนแปลงซึ่งเราจะออกแบบเพลาโดยคิดถึงแรงเปลี่ยนแปลงขนาดเป็นวัฏจักร สำหรับสมการที่ใช้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{1}{N}=\left[\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_y}+K_f\frac{\sigma_a}{\sigma_n}\right)^2+\left(\frac{\tau_m}{\tau_y}+K_{fs}\frac{\tau_a}{\tau_n}\right)^2\right]^{1/2} \quad (3.1)$$

$$\sigma_m=\frac{32M_m}{\pi d^3\left(1-K^4\right)} \quad \text{----(3.2)}, \qquad \sigma_a=\frac{16T_m}{\pi d^3\left(1-K^4\right)} \quad \text{----(3.3)}$$

$$\tau_m=\frac{16T_m}{\pi d^3\left(1-K^4\right)} \quad \text{----(3.4)}, \qquad \tau_a=\frac{16T_a}{\pi d^3\left(1-K^4\right)} \quad \text{----(3.5)}$$

โดยอาศัยทฤษฎีความเสียหาย คือ

ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด

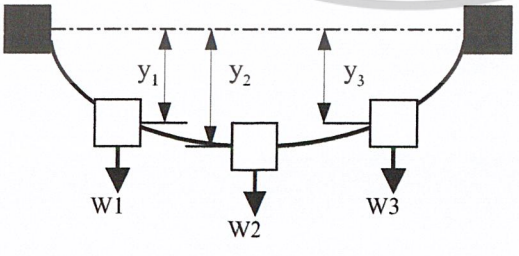
$$\tau=\frac{\tau_y}{N}=\frac{\sigma_y}{2N} \quad (3.6)$$

ทฤษฎีความเค้นเฉือน Octahedral

$$\tau=\frac{\tau_y}{N}=0.577\frac{\sigma_y}{N} \quad (3.7)$$

3.1.4 การคำนวณหาความเร็ววิกฤต

ความเร็ววิกฤต คือ ความเร็วของเพลาซึ่งเป็นผลให้เพลาเกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง ซึ่งในทางปฏิบัติมักออกแบบให้เพลาทำงานที่ความเร็วสูงหรือต่ำกว่าความเร็ววิกฤตอย่างน้อย 25% เพื่อหลีกเลี่ยงการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงซึ่งอาจทำให้ส่วนอื่นในระบบเสียหายได้



รูปที่ 3.1 แสดงเพลาโก่งเนื่องจากน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็ววิกฤตสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$n_c = 945\left(\frac{W_1 y_1 + W_2 y_2 + W_3 y_3}{W_1 y_1^{\,2} + W_2 y_2^{\,2} + W_3 y_3^{\,2}}\right)^{1/2} \tag{3.8}$$

3.2 แบริ่ง[6]

โดยทั่วไปแล้วโรลลิ่งแบริ่งจะแบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือบอลแบริ่ง และโรลเลอร์แบริ่ง (roller bearing) ปกติแล้วแบริ่งเหล่านี้จะรับแรงได้ทั้งแรงในแนวรัศมี และแรงรุนยกเว้นโรลเลอร์แบริ่ง แบบลูกกลิ้งทรงกระบอกตรงเท่านั้น

ในที่นี้เราเลือกใช้บอลแบริ่ง โดย load Rating ที่แสดงใน catalog ที่ใช้สำหับเลือกบอลแบริ่ง จะแสดงแรงในแนวรัศมีอย่างเดียว แต่เนื่องจากบอลแบริ่งจะได้รับทั้งแรงในแนวรัศมีและแรงรุน ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการเลือกบอลแบริ่ง เราจะพิจารณาจาก แรงเสมือนในแนวรัศมี (Equivalent radial load;Fe) ซึ่งแรงเสมือนในแนวรัศมีนี้เราจะใช้ในการคำนวนอายุการใช้งานของแบริ่ง ซึ่งสมาคม AFBMA (Anti-Friction Bearing Manufacturers Association) ได้ให้สมการสำหรับแรงเสมือนในแนวรัศมี สำหรับบอลแบริ่งไว้ 2 สมการคือ

$$F_e = V \cdot F_r \tag{3.9}$$

$$F_e = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a \tag{3.10}$$

โดยสมการแรกจะใช้เมื่อบอลแบริ่งรับเฉพาะแรงในแนวรัศมี และ สมการที่สองจะใช้เมื่อบอลแบริ่งรับทั้งแรงในแนวรัศมีและแรงรุน ส่วนค่า Rotation Factor ที่ถูกต้องสำหรับสภาวะการหมุนของวงแหวนได้กำหนดไว้คือ เมื่อวงแหวนในหมุนให้ V=1 ส่วนเมื่อวงแหวนนอกหมุนให้ V=1.2

การเลือก บอลแบริ่งจะใช้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลามาใช้โดยให้มีขนาดพอเหมาะกับรูเจาะ(bore) ซึ่งแรงเสมือนในแนวรัศมีจะต้องมีค่าไม่เกินค่า Load Rating ในแคตาล็อก จากนั้นนำค่าแรงเสมือนในแนวรัศมีนี้ไปใช้ในการคำนวนหาอายุของแบริ่งแล้วเทียบกับอายุการใช้งานของแบริ่งที่แนะนำให้ โดยอายุการใช้งานของแบริ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$L = (C/F)^a \tag{3.11}$$

a = 3 สำหรับบอลแบริ่ง

a = 10/3 สำหรับโรลเลอร์แบริ่ง

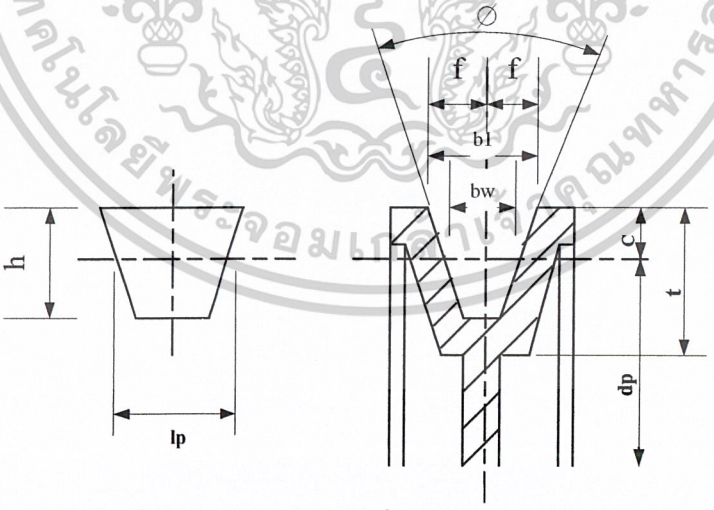
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สายพาน[6]

การส่งถ่ายกำลังทางกลจากเพลาอันหนึ่งไปอีกอันหนึ่ง อาจทำได้สามวิธี คือโดยใช้เฟือง ใช้สายพาน หรือใช้โซ่ การส่งกำลังโดยสายพาน เป็นการส่งกำลังแบบอ่อนตัวได้ ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียหลายประการเมื่อเปรียบเทียบกับการส่งกำลังโดยใช้เฟือง ข้อดีก็คือมีราคาถูกและใช้งานง่าย รับแรงกระตุกและการสั่นสะเทือนได้ดี ขณะใช้งานไม่มีเสียงดัง ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่ำ

สายพานแบ่งออกเป็นสี่ชนิดตามลักษณะหน้าตัดของสายพานคือ สายพานแบน มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สายพานลิ่ม มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู สายพานกลมมีหน้าตัดเป็นรูปวงกลม และไทม์มิงเบลท์ (timing belts) มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่จะทำเป็นร่องคล้ายฟันเฟืองตลอดความยาวของสายพาน

ซึ่งในการออกแบบครั้งนี้เลือกใช้สายพานลิ่ม (V- Belts)เป็นตัวขับ เนื่องจากสายพานลิ่มใช้ส่งกำลังได้ค่อนข้างมากโดยต้องการแรงดึงในสายพานชั้นต้นค่อนข้างน้อย เหมาะกับการใช้งานกรณีที่ระยะระหว่างศูนย์กลางน้อย และยังมีข้อดีคือ เสียงเงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้ และมีประสิทธิภาพดี วัสดุที่ใช้ทำสายพานมีหลายชนิดด้วยกัน โดยทั่วไปที่นิยมกันมากคือหนัง (oak-tanned leatherr) ในการออกแบบจึงเลือกใช้สายพานหนังซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานคือ 0.4-0.50 และความเร็วใช้งานสายพานประมาณ 1000-2000 m/min



รูปที่ 3.2 หน้าตัดสายพานลิ่มและล้อสายพาน

$$z = \frac{W_p \cdot N_s}{P_R \cdot N_a \cdot N_1} \tag{3.12}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การคำนวณและออกแบบ

4.1 การคำนวณและออกแบบขนาดมอเตอร์

กำหนดให้

เนื่องจากข้าวโพด 1 ฝักหนักประมาณ 17 กรัม

กำหนดให้อัตราการคัด เท่ากับ 800 กิโลกรัม /ชั่วโมง

นั่นคืออัตราการป้อนข้าวป้อนข้าวโพดฝักอ่อน 0.222 กิโลกรัม/วินาที

ดังนั้น กำลังที่ใช้ $= 0.222 \times 9.81 = 2.178$ watt

จาก 746 watt = 1 Hp.

ดังนั้น กำลังที่ใช้ $= \frac{2.178}{746} = 2.92 \times 10^{-3}$ Hp.

กำหนด Safety factor = 250

ดังนั้นกำลังมอเตอร์ที่ใช้ = 0.73 Hp

ดังนั้นจึงเลือกใช้มอเตอร์ที่มีกำลัง เท่ากับ 1 Hp.

4.2 การคำนวณและการออกแบบแบริ่ง

กำหนดให้วงแหวนตัวในหมุน และเพลามีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 mm

จากตาราง ก.10 เลือก อนุกรมมิติ 02 Single-Row Deep-Groove Ball Bearing ที่มีขนาดรูสวม 30 mm

แรงพลวัตประเมิน(C) = 14.95 kN

สมมุติให้นำแบริ่งนี้ มาใช้งานที่ 1 kN ดังนั้น P = 1 kN

จากสมการ $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^K$ (4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับบอลแบริ่ง k = 1

ดังนั้น $L_{10} = \left(\frac{14.95}{1}\right)^3 = 3{,}341.36$ mr

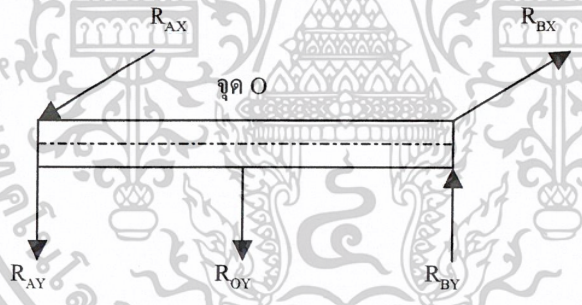
สมมุติให้เพลามีความเร็วรอบ 1200 rpm

$$L_{10} = \left(3{,}341.36 \times 10^6\right)/(1200 \times 60) = 46407.78 \text{ ชั่วโมง}$$

จากตาราง ก. 2 ตารางแนวทางในการเลือกอายุใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลชนิดต่างๆ สมมุติให้เครื่องจักรทำงานต่อเนื่อง มีอายุของแบริ่งเป็นชั่วโมงทำงาน 40,000- 60,000 ชั่วโมง ดังนั้น แสดงว่าแบริ่งที่เลือกใช้ได้

4.3 การคำนวณและการออกแบบเพลา

การคำนวณขนาดเพลา



รูปที่ 4.1 free body diagram ของเพลา

$\Sigma F_X = 0$

$$R_{AX} = R_{BX} \qquad \text{---------- (1)}$$

$\Sigma F_Y = 0$

$$R_{AY} + R_{BY} = 10 \times 9.81 = 98.1 \text{ N} \qquad \text{----------(2)}$$

ΣM_{AX}

$$R_{BY} \times 2 = 10 \times 9.81 \times 1$$

$$R_{BY} = 49.5$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ΣM_{AY}

$$R_{BX} \times 2 = 0$$

$$R_{BX} = 0$$

แทนค่า R_{BY} ลงในสมการที่ 2 จะได้

$$R_{AY} + R_{BY} = 98.1$$

$$R_{BY} = 98.1 - 49.05 = 49.05 \text{ N}$$

คำนวณหาโมเมนต์ที่จุด O

$$M_O = 1 \times R_{AY} = 1 \times 49.05 = 49.05 \text{ NM}$$

ดังนั้น จึงสมมุติว่าเกิดโมเมนต์สูงสุดที่จุด O

กำหนดให้

Safety factor (N) = 20

มอเตอร์มีกำลัง = 1 แรงม้า

เพลาทำจากวัสดุ AISI 1040 A

จากตารางที่ ก. 3 $\sigma_y = 51ksi$

กำลังงานที่เพลา;

$$W = 2 \times \pi \times N \times T \tag{4.2}$$

$$T = \frac{(746 \times 1)}{2 \times \pi \times 1410/60} = 5.05NM$$

โมเมนต์ดัดสูงสุด; M = 49.05

$$\sigma_y = 51ksi = 51 \times 6.891 = 351.65 \frac{N}{mm^2}$$

ความเค้นดัด;

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{32M}{\pi d^3} = \frac{32 \times 49050}{\pi d^3} = \frac{499619}{d^3}$$

ความเค้นเฉือน;

$$\tau = \frac{Tr}{J} = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 \times 5.05 \times 1000}{\pi d^3}$$

จากทฤษฎีความเค้นหลักสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{1}{N}=\left[\left(\frac{\tau}{\tau_y}\right)^2+\left(\frac{\sigma}{\sigma_y}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{20}=\left[\left(\frac{25719.43}{175.83d^3}\right)^2+\left(\frac{499619}{351.65d^3}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$d=30.5mm$$

ดังนั้นเลือกใช้เพลาขนาด 31 mm.

4.4 การคำนวณและการออกแบบสายพาน

กำหนดให้

ใช้สายพานลิ่ม

กำลังมอเตอร์ (W_p)ขนาด 1 Hp.

ความเร็วรอบ n1 และ n2 เท่ากับ 400 rpm

จากตาราง ก.4 กำหนดให้เป็นงานเบา $N_s=1$

ดังนั้น $W_p \times N_s = 0.7457 \times 1 = 0.7457$

จาก รูป ก. 5 เลือกสายพาน "A"

$$m_w=\frac{n_1}{n_2}=\frac{400}{400}=1$$

จากตาราง ก. 10 เลือกขนาด Dp = 80 mm.

ดังนั้น ขนาดล้อสายพานบนมอเตอร์ (d) = $\frac{D}{1}=\frac{80}{1}$

ทดลองใช้ $C=400$ mm.

$$L_p=2C+1.57\left(D_p+d_p\right)+0$$

$$L_p=2(400)+1.57(120)=988.4$$

จากตาราง ก.6 สายพานหน้าตัด "A"

$$L_p=L_i+30=1030 \quad \text{mm.}$$

จากสมการ $$C=P+\sqrt{P^2-q} \qquad (4.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = 0.25L_p - 0.393(D_p + d_p) = 0.25(1030) - 0.393(160) = 194.62$$

$$q = 0$$

ดังนั้น $C = 194.62 + \sqrt{194.62^2} = 389.24$

ส่วนโค้งสัมผัส $\frac{D_p - d_p}{C} = 0$

จาก ตาราง ก.7 ตัวประกอบแก้ไขส่วนโค้งสัมผัส $N_a = 1$

จากตาราง ก.6 ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N1 = 0.889

สำหรับล้อสายพานขนาด 80 mm. อัตราทด $m_w = 1$

n = 400 rpm จากตาราง ก.6 ประมาณค่าเชิงเส้น $P_R = 0.37$ Kw.

จากสมการ $z = \frac{W_p \times N_s}{P_R \cdot N_a \cdot N_1} = \frac{0.3728 \times 1}{0.37 \times 1 \times 0.889} = 1.13 \approx 1$ เส้น

ความเร็วสายพาน $V = \pi d_p n = \frac{\pi \times 80 \times 400}{1000 \times 60} = 1.675$ m/s

แรงดึงสายพานขณะส่งกำลัง

$$F = \frac{W_p}{V} = \frac{0.3728 \times 1000}{1.675} = 222.567 \text{ N}$$

ตาราง ก.8 $k_1 = 1.3$ ตาราง ก.9 $k_2 = 0.217$ ตาราง ก.7 $\alpha = 180$

จากสมการ แรงดึงชั้นต้นในสายพาน

$$F_i = \left(k_1 F + z k_2 v^2\right)\sin\frac{\alpha}{2}$$

$$F_i = \left((1.3 \times 222.567) + (1 \times 0.217 \times 2.805)\right)\sin 90 = 289.94 \text{ N}$$

ดังนั้นเลือกใช้ สายพานหน้าตัด A $\times 1000L_i$ จำนวน 1 เส้น

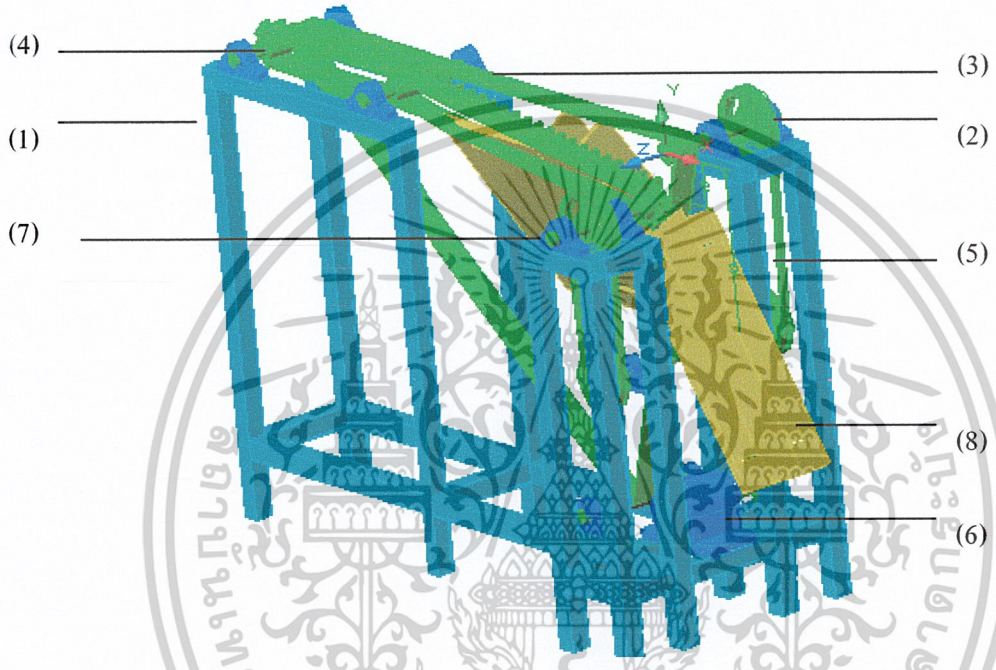
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 รายการชิ้นส่วน (Part of List)

ตารางที่ 4.1 แสดงรายการชิ้นส่วน (Part of List)

หมายเลข	ชื่อชิ้นงาน	จำนวนชิ้นงาน	ขนาดที่ใช้ ทั้งหมด	รายละเอียดปลีกย่อย
1	เหล็กกล่อง	36	2" x 1" 4 เส้น	1. ยาว 795 mm x 2 ชิ้น 2. ยาว 695 mm x 2 ชิ้น 3. ยาว 305 mm x 2 ชิ้น 4. ยาว 705 mm x 2 ชิ้น 5. ยาว 395 mm x 2 ชิ้น 6. ยาว 170 mm x 6 ชิ้น 7. ยาว 445 mm x 2 ชิ้น 8. ยาว 270 mm x 4 ชิ้น 9. ยาว 119 mm x 4 ชิ้น 10. ยาว 117 mm x 6 ชิ้น 11. ยาว 100 mm x 4 ชิ้น
2	ล้อสายพาน	6 6	∅4นิ้ว ∅1นิ้ว 2 หุน	
3	สายพานแบน	2	กว้าง 2 นิ้ว 6 หุน	1. ยาว 2.5 m x 1 เส้น 2. ยาว 6.5m x 1 เส้น
4	เพลาตัน	5 1	∅ 1นิ้ว 2 หุน ∅ 1นิ้ว	1. ยาว 370 mm x 2 ชิ้น 2. ยาว 497 mm x 2 ชิ้น 3. ยาว 105 mm x 1 ชิ้น 4. ยาว 400 mm x 1ชิ้น
5	สายพานลิ่ม	3	หน้าตัด A x 1000Li	
6	มอเตอร์	1	1 hp	
7	แบริ่ง	10 2	∅รูสวม 1นิ้ว 2 หุน ∅รูสวม 1นิ้ว	บอลแบริ่ง แบบแหวนใน หมุน
8	ถาดรองรับข้าวโพด	2	แผ่นเหล็ก 4x8 ฟุต 2 แผ่น	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ตามรายการชิ้นส่วน

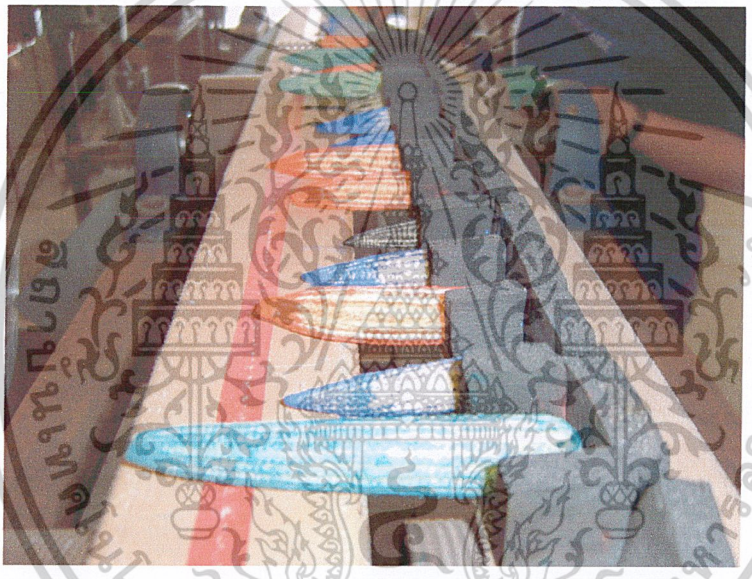
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 หลักการทำงานของเครื่องคัดขนาดข้าวโพด

เครื่องคัดขนาดข้าวโพดสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักคือ

1. ช่วงป้อนข้าวโพด
2. ช่วงสายพานลำเลียง
3. ถาดรองรับ

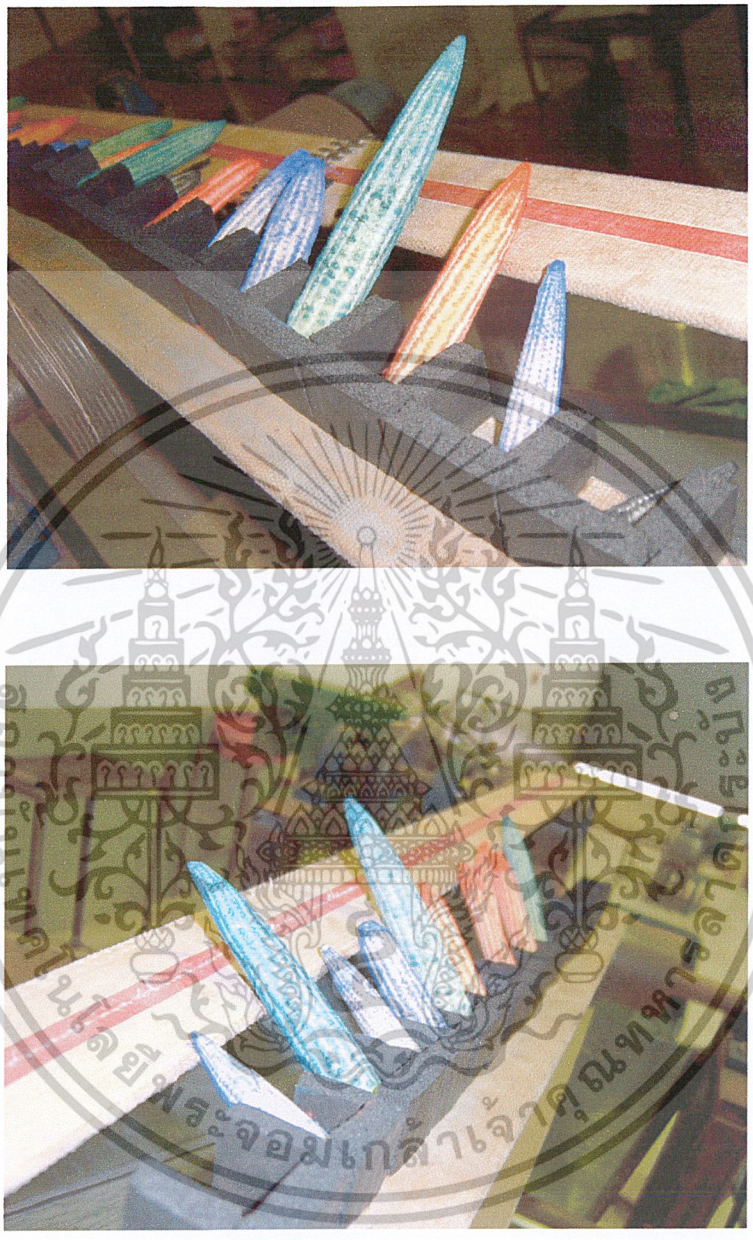
เริ่มต้นเมื่อป้อนข้าวโพดฝักอ่อนโดยใช้คนงานป้อนข้าวโพดทีละฝักโดยให้โคนข้าวโพดอยู่ชิดกับที่กั้นของสายพาน ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.3 แสดงขั้นตอนป้อนข้าวโพดและลำเลียงลงสู่สายพาน

เมื่อข้าวโพดถูกลำเลียงมาถึงช่วงสายพานเอียง จะสามารถคัดขนาดข้าวโพดตามความยาวโดยใช้ระยะห่างของสายพานที่ทำมุมกัน โดยข้าวโพดที่มีขนาดสั้นจะตกลงสู่ถาดรับ ก่อนข้าวโพดที่มีขนาดความยาวมากกว่า ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงการลำเลียงของข้าวโพดในช่วงสายพานคัดขนาดก่อนที่จะตกในถาดรองรับข้าวโพดขนาด B, C และ D

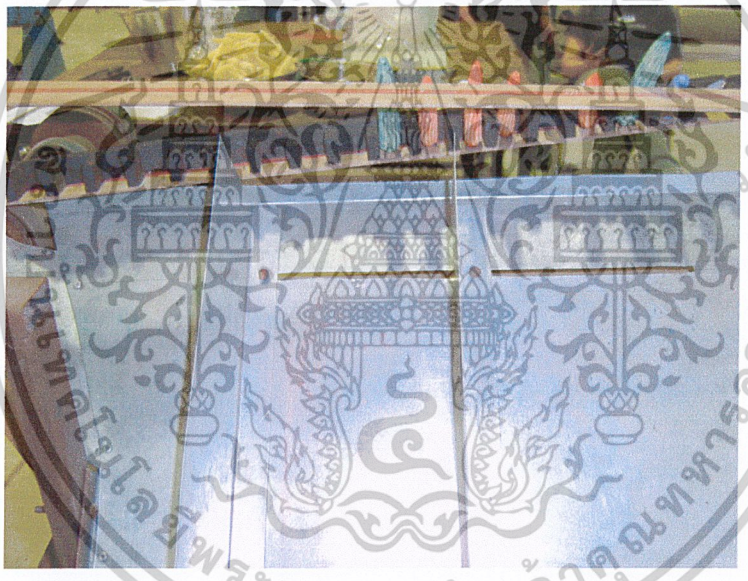
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถาดรองรับแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 รองรับข้าวโพดขนาด B: (5.5-7 ซม.) C: (7-9 ซม.) และ D: (9-13 ซม.)

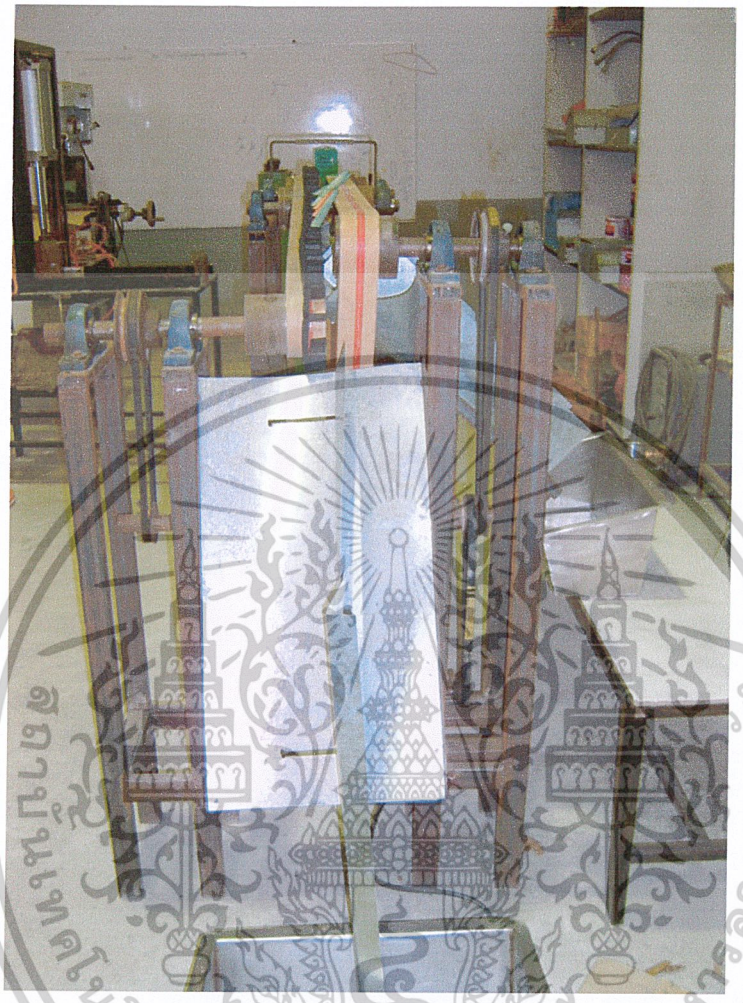
ส่วนที่ 2 คือส่วนที่อยู่ตอนท้ายของสายพานแต่ละเส้น แบ่งออกเป็น 2 ช่อง เพื่อรองรับข้าวโพดขนาด A: (น้อยกว่า 5.5 ซม.) และ E: (มากกว่า 13 ซม.)

ในส่วนที่ 2 นี้ ข้าวโพดที่มีความยาว น้อยกว่า 5.5 จะมีจุดศูนย์ถ่วงอยู่บนสายพานเส้นที่เอียงทำมุมในแนวระดับทำให้ข้าวโพดขนาดดังกล่าวลำเลียงไปกับสายพานแล้วตกยังช่องถาดรับ A ส่วนข้าวโพดขนาด E (มากกว่า13 ซม.) มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่บนสายพานในแนวระดับ ดังนั้นโคนของข้าวโพดไม่สามารถจัดเรียงตัวอยู่บนสายพานเอียงได้ ทำให้โคนของข้าวโพดลำเลียงติดไปกับสายพานในแนวระดับ ตกสู่ช่องถาดรับ E ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงการตกของข้าวโพดในช่วงถาดรองรับ B, C และ D

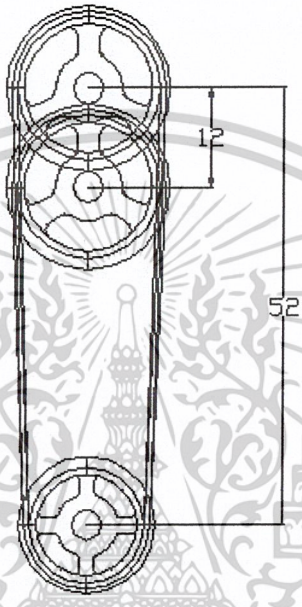
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงถาดรับข้าวโพดในช่วงถาดรองรับ A และ E

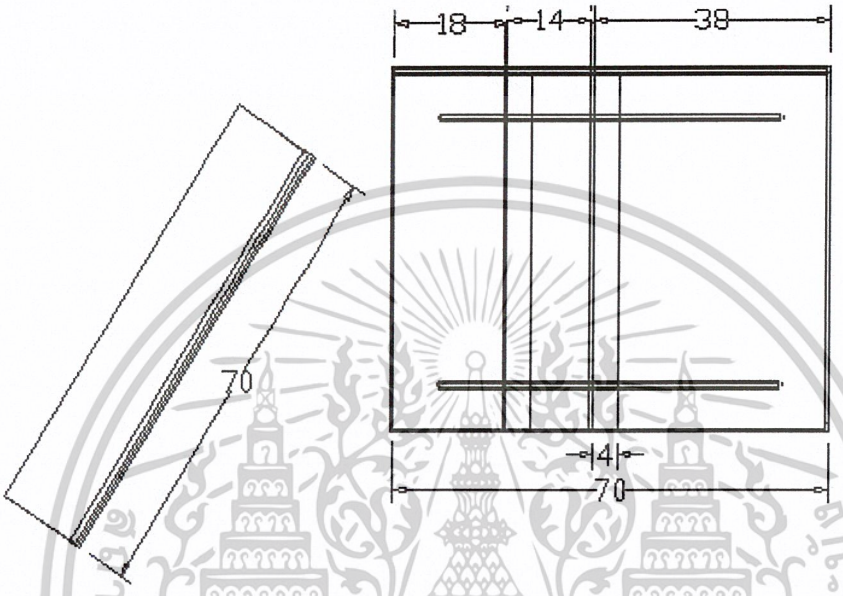
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 ส่วนประกอบของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน



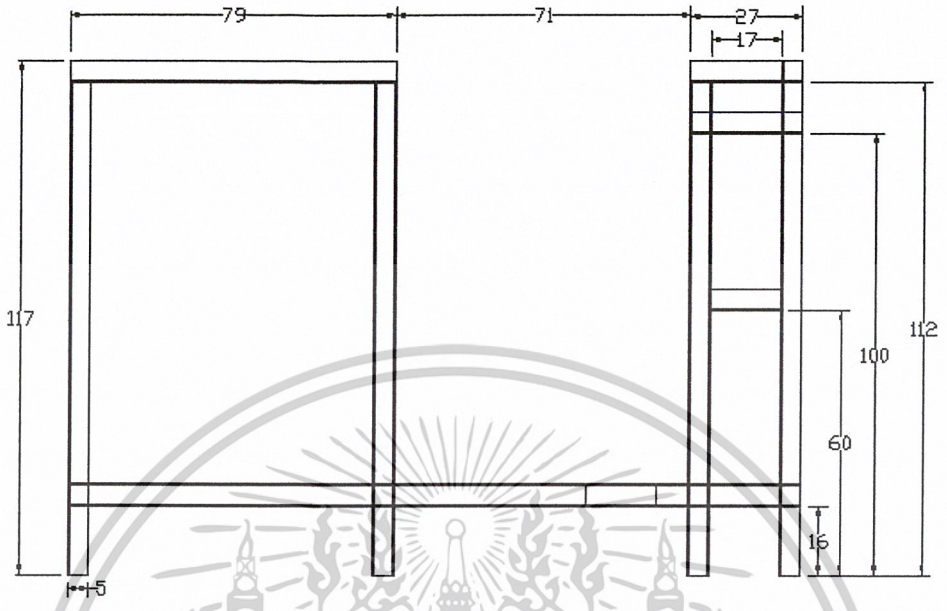
รูปที่ 4.7 แสดงภาพด้านข้างของล้อสายพาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



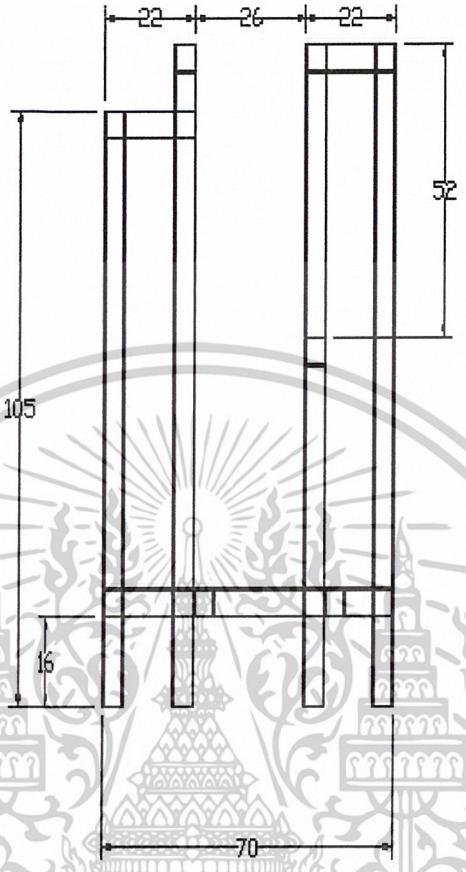
รูปที่ 4.8 แสดงภาพฉากรองรับข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



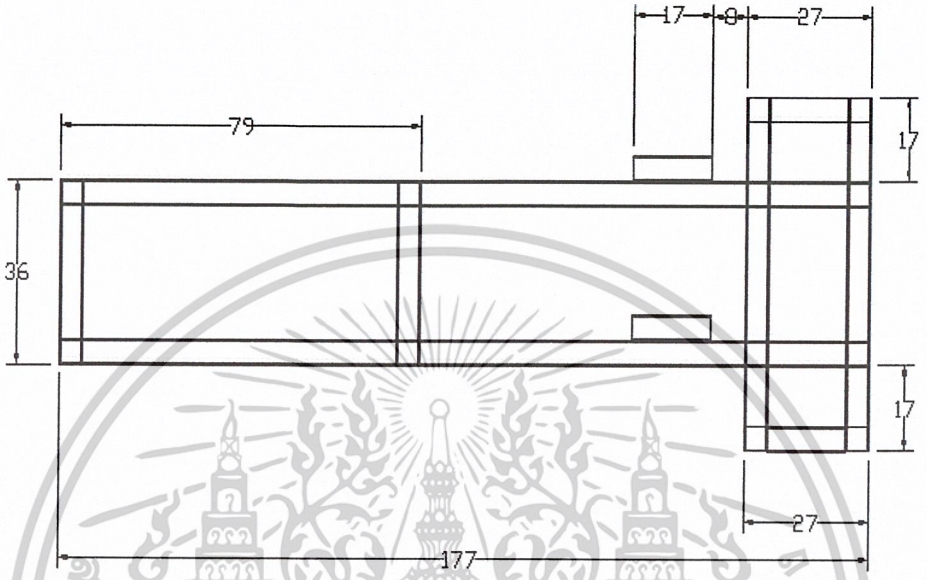
รูปที่ 4.9 แสดงภาพโครงสร้างด้านข้างของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



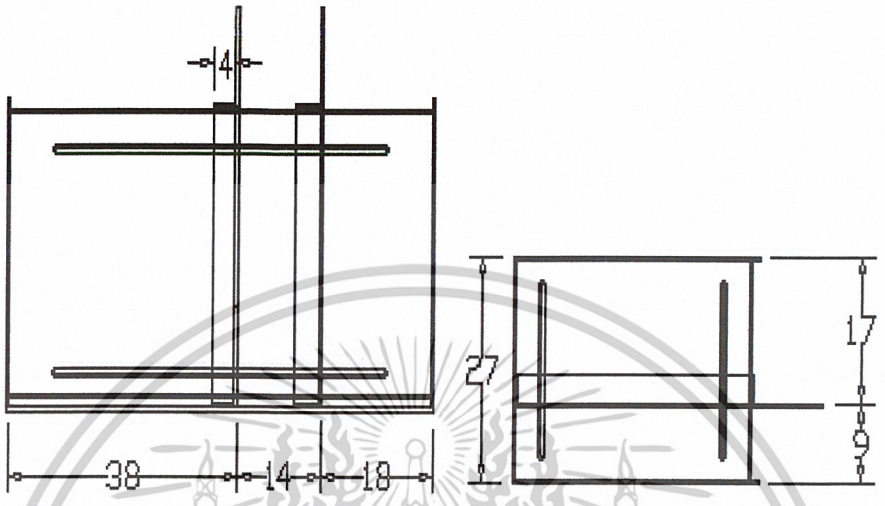
รูปที่ 4.10 แสดงภาพโครงสร้างด้านข้างของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



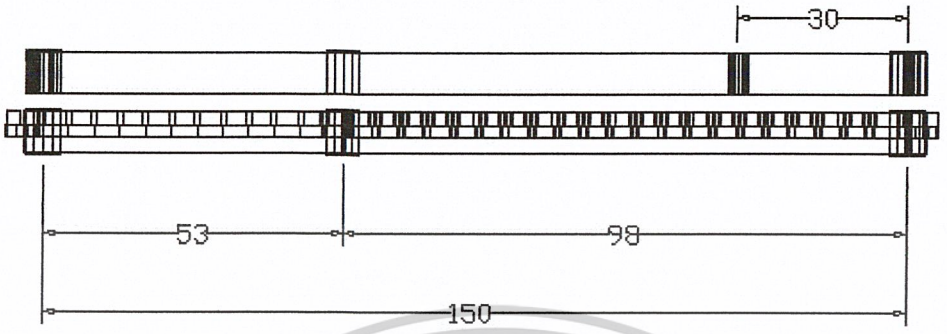
รูปที่ 4.11 แสดงภาพทางด้านบนของเครื่องคัดขนาดข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

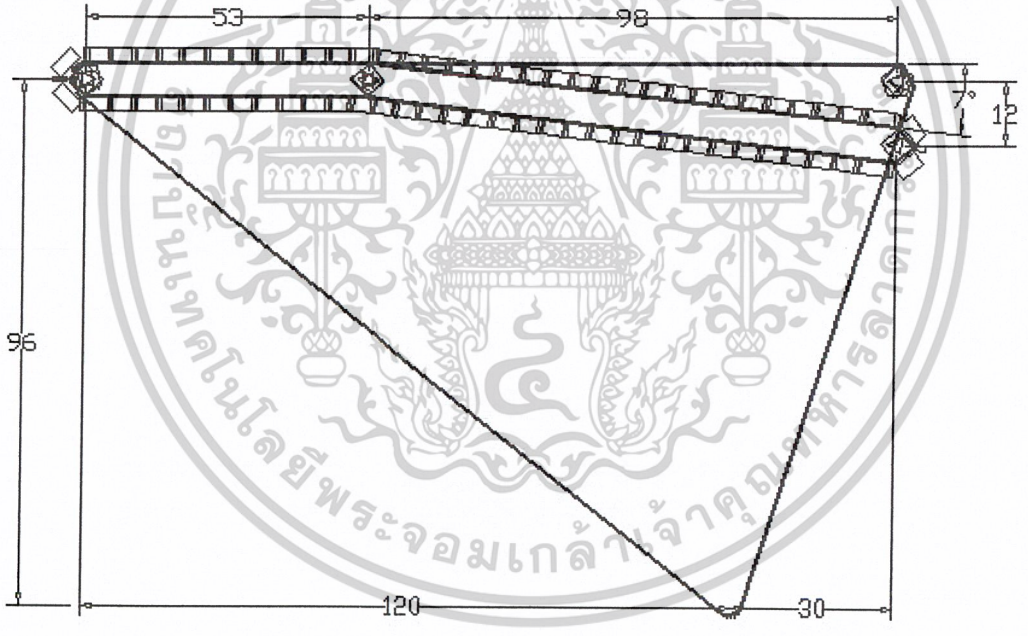


รูปที่ 4.12 แสดงภาพด้านบนของถาดรองรับข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

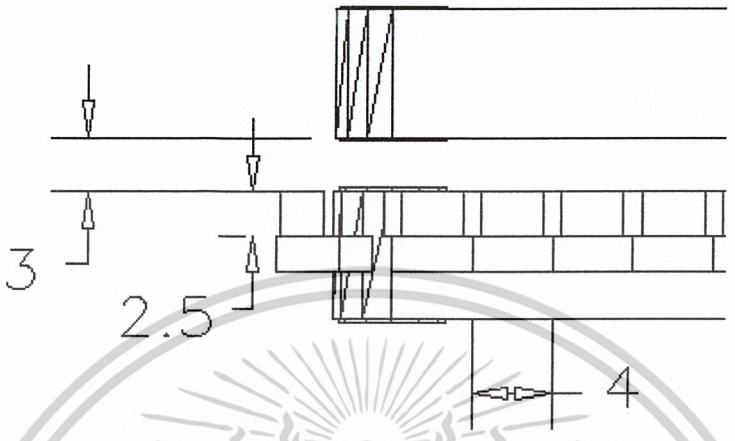


รูปที่ 4.13 แสดงภาพด้านบนของสายพานที่ใช้คัดขนาด

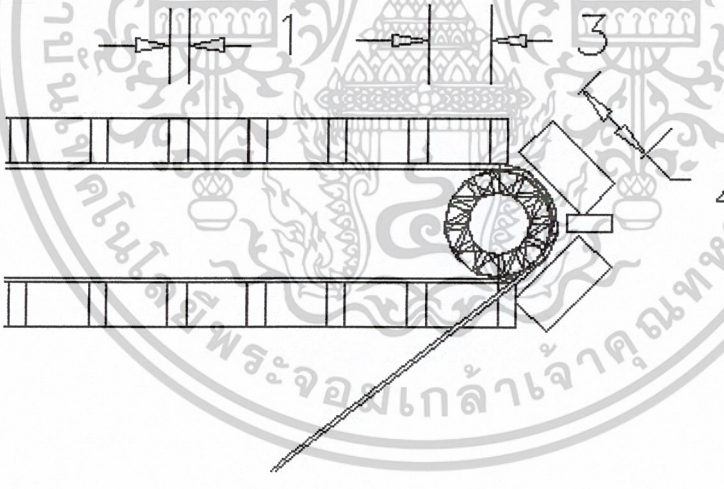


รูปที่ 4.14 แสดงภาพด้านข้างของสายพานที่ใช้คัดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

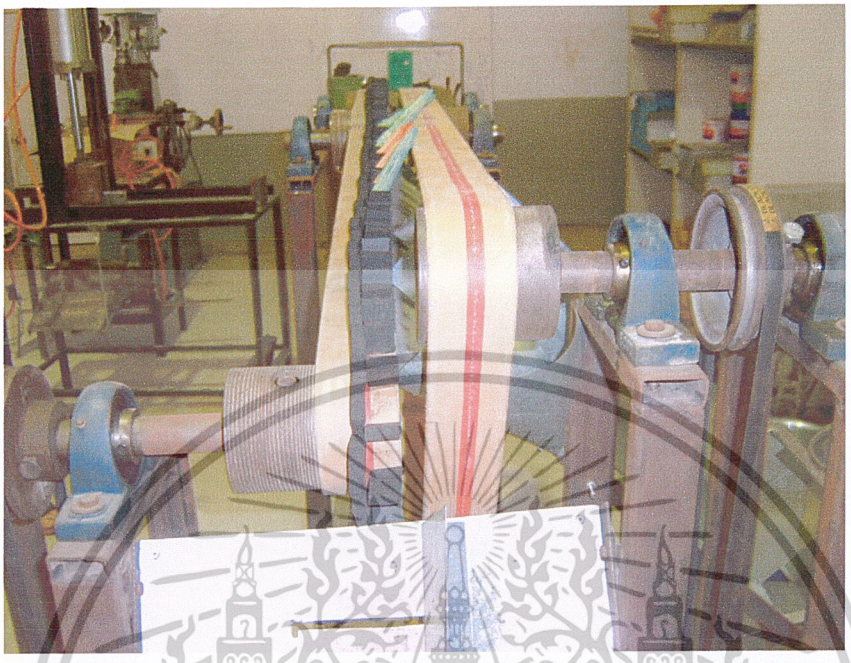


รูปที่ 4.15 แสดงภาพด้านบนของสายพานที่ใช้คัดขนาด

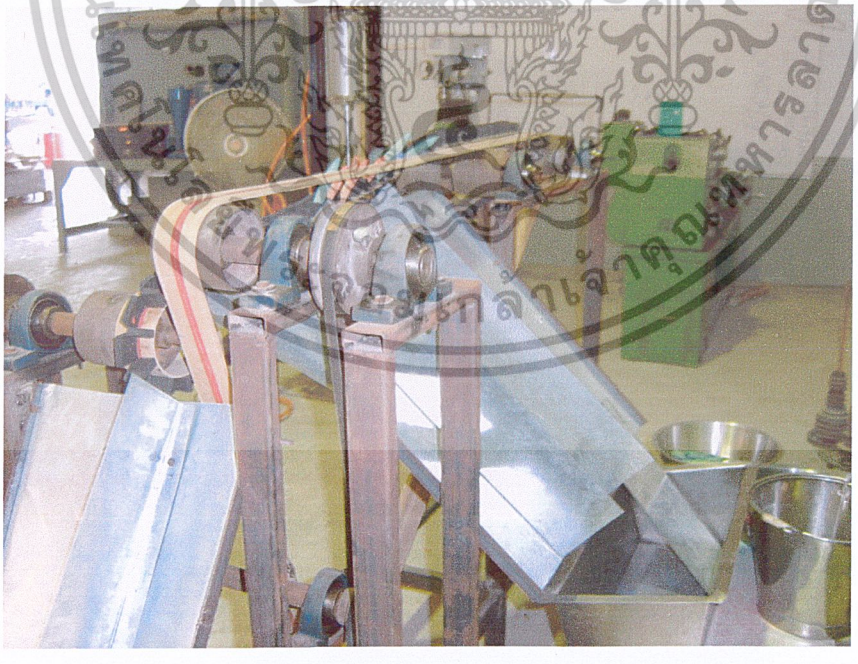


รูปที่ 4.16 แสดงภาพด้านข้างของลิ่มที่ติดอยู่บนสายพานที่ใช้คัดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

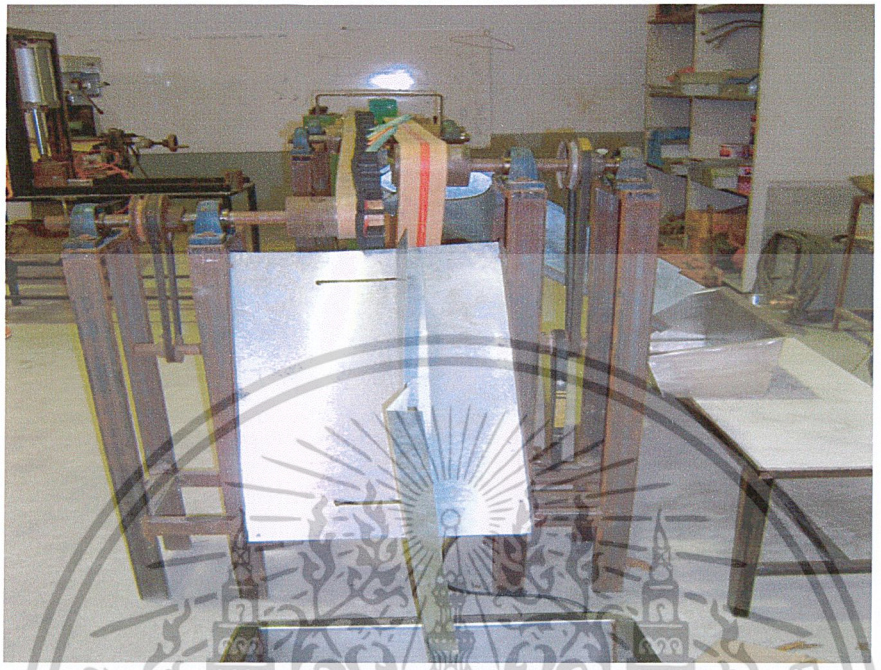


รูปที่ 4.17 ภาพจริงด้านหน้าของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน



รูปที่ 4.18 ภาพจริงด้านมุมของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน

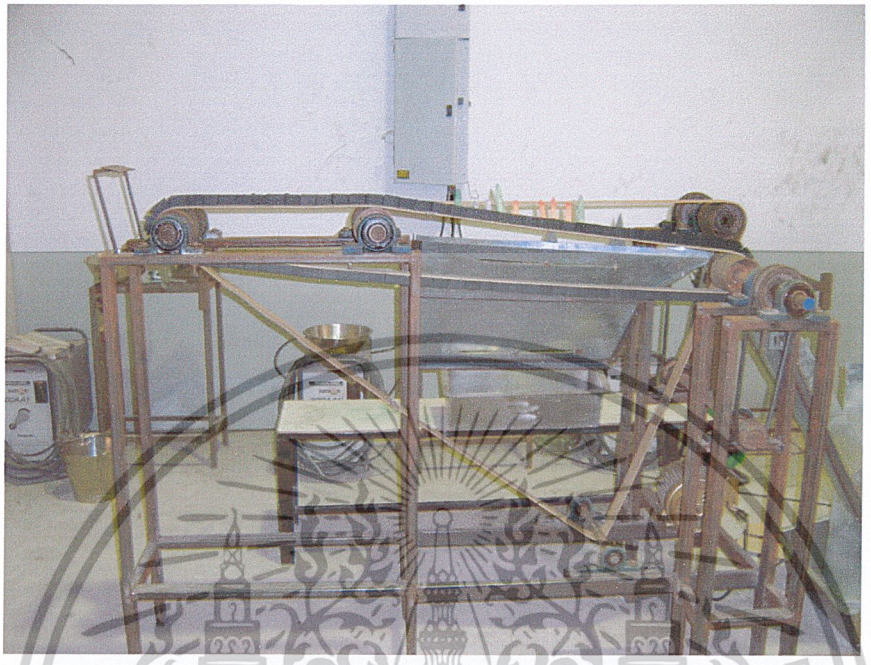
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 ภาพจริงของถาดรับข้าวโพดขนาด A และ E

รูปที่ 4.20 ภาพจริงของถาดรับข้าวโพดขนาด B, C และ D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ภาพจริงด้านข้างของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน

รูปที่ 4.22 ภาพจริงโดยรวมของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิธีการทดลองและผลการทดลอง

ในการออกแบบเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลกับประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรซึ่งไม่สามารถจัดให้อยู่ในรูปสมการได้ ดังนั้นผู้ออกแบบจึงต้องทดลองเพื่อหาผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ เหล่านั้นมาปรับปรุงเครื่องจักร โดยจะทำการทดสอบและทดลองเพื่อหาอัตราการคัดขนาดและระยะขยับช่องรับข้าวโพดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน และนำค่าที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแก้ไขให้เครื่องจักรที่สร้างขึ้นเหมาะสมตามการใช้งานจริง

5.1 วัตถุประสงค์

1. เป็นการทดลองเพื่อหาระยะช่องรับข้าวโพดที่เหมาะสม ,เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและประสิทธิภาพของเครื่อง

5.2 สมมุติฐาน

1. ระยะห่างของสายพานด้านข้างคงที่ที่ 3 เซนติเมตร
2. ข้าวโพด 1 ตัน จะมีฝักโดยเฉลี่ย 58,820 ฝัก
3. โคนข้าวโพดจะอยู่ชิดขอบสายพานตัวที่วิ่งลงและไม่มีการเอียงตัวของปลายข้าวโพดขณะทำการคัดขนาด
4. จุด CG ของข้าวโพดมีระยะห่างจากก้นข้าวโพดโดยเฉลี่ย ดังนี้

   ขนาด A = 1.57 เซนติเมตร
   ขนาด B = 2.60 เซนติเมตร
   ขนาด C = 3.50 เซนติเมตร
   ขนาด D = 4.27 เซนติเมตร
5. สายพานที่ใช้คัดขนาดมีความกว้าง 7 เซนติเมตร ทำเป็นช่องโดยใช้แผ่นยางมีระยะห่างแต่ ละช่อง 3 เซนติเมตร
6. ล้อสายพานคัดขนาดมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 อุปกรณ์ที่ใช้การทดลอง

1. ข้าวโพดฝักอ่อน 160 ฝัก โดยมีขนาดต่างๆ ดังนี้

ขนาด A	ยาว	0 – 5.5	เซนติเมตร
ขนาด B	ยาว	5.5 – 7.0	เซนติเมตร
ขนาด C	ยาว	7.0 – 9.0	เซนติเมตร
ขนาด D	ยาว	9.0 – 13.0	เซนติเมตร

2. สีย้อมข้าวโพด
3. เครื่องปรับความถี่ (Inverter)
4. เครื่องวัดความเร็วรอบมอเตอร์
5. เวอร์เนียร์ , ไม้บรรทัด

5.4 ขั้นตอนการทดลอง

ตอนที่ 1. การทดลองเพื่อหาระยะกั้นถาด B และ C ที่เหมาะสม

1. นำข้าวโพดฝักอ่อนมาปอกเปลือกเพื่อใช้สำหรับการคัดขนาด
2. วัดความยาวของข้าวโพดแต่ละฝักและแบ่งเป็นขนาดต่างๆ ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้
3. ย้อมสีของข้าวโพดทั้งฝักในแต่ละขนาด ดังนี้

   ขนาด A สีดำ
   ขนาด B สีม่วง
   ขนาด C สีแดง
   ขนาด D สีเขียว

4. นำข้าวโพดฝักอ่อนขนาด B มาทำการทดลองคัดขนาดที่ความเร็วรอบ 50, 55, 60 และ 65 rpm โดยปรับระยะกั้นที่ 1 (ระยะระหว่างช่องรับขนาด B และ C) ตามระยะที่กำหนดไว้ ทำการทดลอง 2 ครั้ง ตรวจสอบความถูกต้องที่ได้จากการคัด แล้วบันทึกผลการทดลองลงตารางเพื่อหาระยะกั้นที่ 1 ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละความเร็วรอบต่างๆ
5. นำข้าวโพดฝักอ่อนขนาด C มาทำการทดลองคัดขนาดที่ความเร็วรอบ 50, 55, 60 และ 65 rpm โดยปรับระยะกั้นที่ 2 (ระยะระหว่างช่องรับขนาด C และ D) ตามระยะที่กำหนดไว้ ทำการทดลอง 2 ครั้ง ตรวจสอบความถูกต้องที่ได้จากการคัด แล้วบันทึกผลการทดลองลงตารางเพื่อหาระยะกั้นที่ 2 ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละความเร็วรอบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2. การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความถูกต้องของการคัดขนาดและประสิทธิ์ภาพของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน

1. นำข้าวโพดขนาด A, B, C และ D ที่ปลอกเปลือกและย้อมสีไว้เรียบร้อยแล้ว (เหมือนตอนที่ 1) มาขนาดละ 30 ฝัก มาทำการทดลองคัดที่ความเร็วรอบ 50 rpm โดยใช้ระยะกั้นถาด B และระยะกั้นถาด C ที่เหมาะสม ซึ่งได้จากการทดลองในตอนที่ 1
2. ทำการนับจำนวนข้าวโพดฝักอ่อนที่ตกถูกต้องแ ละตกผิดพลาดในแต่ละช่องของถาดรับ
3. บันทึกผลการทดลอง
4. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและประสิทธิภาพของเครื่อง
5. ทำการทดลองข้อ 1-4 ซ้ำโดยเปลี่ยนความเร็วของสายพานเป็น 55, 60 และ 65 rpm ตามลำดับ

5.5 ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 ตารางบันทึกผลการทดลองคัดข้าวโพดฝักอ่อนขนาด B

ความเร็วรอบสายพาน (rpm)	ระยะกั้น B (cm)	จำนวนฝักที่ตก (ฝัก)			%ความถูกต้อง
		1	2	เฉลี่ย	
50	48	4	4	4	20
	49	6	8	7	32
	50	18	20	19	95
	51	20	20	20	100
	52	20	20	20	100
55	48	10	12	11	55
	49	16	12	14	70
	50	18	16	17	85
	51	20	20	20	100
	52	20	20	20	100
60	48	15	16	15.5	77.5
	49	18	17	17.5	87.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ต่อ)

ความเร็วรอบสายพาน (rpm)	ระยะกั้น B (cm)	จำนวนฝักที่ตก (ฝัก)			%ความถูกต้อง
		1	2	เฉลี่ย	
	50	15	17	16	80
	51	20	20	20	100
	52	20	20	20	100
65	48	12	14	13	65
	49	14	14	14	70
	50	18	15	16.5	82.5
	51	20	20	20	100
	52	20	20	20	100

ตารางที่ 5.2 ตารางบันทึกผลการทดลองคัดข้าวโพดฝักอ่อนขนาด C

ความเร็วรอบสายพาน (rpm)	ระยะกั้น C (cm)	จำนวนฝักที่ตก (ฝัก)			%ความถูกต้อง
		1	2	เฉลี่ย	
50	62	0	2	1	5
	64	0	0	0	0
	65	0	0	0	0
	66	0	0	0	0
	67	10	12	11	55
	68	14	12	13	65
	69	18	20	19	95
55	62	0	0	0	0
	64	4	2	3	15
	65	6	6	6	30
	66	8	6	7	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ต่อ)

ความเร็วรอบสายพาน (rpm)	ระยะกั้น C (cm)	จำนวนฝักที่ตก (ฝัก)			%ความถูกต้อง
		1	2	เฉลี่ย	
	67	10	10	10	50
	68	15	14	14.5	72.5
	69	16	19	17.5	87.5
60	62	0	0	0	0
	64	4	2	3	15
	65	6	6	6	30
	66	8	6	7	35
	67	10	10	10	50
	68	15	13	14	70
	69	18	19	18.5	92.5
65	62	0	0	0	0
	64	2	3	2.5	12.5
	65	4	5	4.5	22.5
	66	8	7	7.5	37.5
	67	13	16	14.5	72.5
	68	19	17	18	90
	69	18	20	19	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 แสดงการตกของข้าวโพดฝักอ่อน ขนาด A, B, C และ D ที่ความเร็วรอบสายพานต่างๆ

ความเร็วรอบสายพาน (rpm)	ครั้งที่	ขนาด A		ขนาด B		ขนาด C		ขนาด D	
		จำนวนฝักที่ตก	% ความถูกต้อง	จำนวนฝักที่ตก	% ความถูกต้อง	จำนวนฝักที่ตก	% ความถูกต้อง	จำนวนฝักที่ตก	% ความถูกต้อง
50	1	18	60	30	100	23	76.67	30	100
	2	16	53.33	30	100	25	83.33	30	100
	เฉลี่ย	17	56.67	30	100	24	80	30	100
55	1	15	50	30	100	24	80	30	100
	2	18	60	28	93.33	26	86.67	28	93.33
	เฉลี่ย	16.5	55	29	96.67	25	83.33	29	96.67
60	1	17	56.67	29	96.67	21	70	30	100
	2	19	63.33	28	93.33	23	76.67	29	96.67
	เฉลี่ย	18	60	28.5	95	22	73.33	29.5	98.33
65	1	24	80	30	100	26	86.67	26	86.67
	2	20	96.67	30	100	24	80	28	93.33
	เฉลี่ย	22	73.33	30	100	25	83.33	27	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงการตกของข้าวโพดฝักอ่อน ขนาด A, B, C และ D ที่ตกผิดขนาด

ความเร็วรอบสายพาน (rpm)	การทดลองที่	A ตกใน B	B ตกใน A	B ตกใน C	C ตกใน B	C ตกใน D	D ตกใน C	จำนวนที่คัดผิด
50	1	12	-	-	7	-	-	19
	2	14	-	-	5	-	-	19
	เฉลี่ย	13	-	-	6	-	-	19
55	1	15	-	-	6	-	-	21
	2	12	-	2	4	-	2	20
	เฉลี่ย	13.5	-	1	5	-	1	20.5
60	1	13	1	-	9	-	-	23
	2	11	-	2	-	7	1	21
	เฉลี่ย	12	0.5	1	4.5	3.5	0.5	22
65	1	6	-	-	4	-	4	14
	2	10	-	-	6	-	2	18
	เฉลี่ย	8	-	-	5	-	3	16

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง (W_JP_{GJ}), เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ในการคัดของเครื่อง (W_JC_J) เมื่อ V_R / V_B เท่ากับ 0.36

ขนาด	P_{GJ} (%)	C_J (%)	$W_J = P_J$	W_JP_{GJ}(%)	W_JC_J (%)
A	56.67	43.33	0.25	14.17	10.83
B	100	0	0.25	25	0
C	80	20	0.25	20	5
D	100	0	0.25	25	0
รวม			1	84.17	15.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง (W_JP_{GJ}) . เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ในการคัดของเครื่อง (W_JC_J) เมื่อ V_R / V_B เท่ากับ 0.38

ขนาด	P_{GJ} (%)	C_J (%)	$W_J = P_J$	W_JP_{GJ}(%)	W_JC_J (%)
A	55	45	0.25	13.75	11.25
B	96.67	3.33	0.25	24.17	0.83
C	83.33	16.67	0.25	20.83	4.17
D	96.67	3.33	0.25	24.17	0.83
รวม			1	82.92	17.08

ตารางที่ 5.7 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง (W_JP_{GJ}) , เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ในการคัดของเครื่อง (W_JC_J) เมื่อ V_R / V_B เท่ากับ 0.39

ขนาด	P_{GJ} (%)	C_J (%)	$W_J = P_J$	W_JP_{GJ}(%)	W_JC_J (%)
A	60	40	0.25	15	10
B	95	5	0.25	23.75	1.25
C	73.33	26.67	0.25	18.33	6.67
D	98.33	1.67	0.25	24.58	0.42
รวม			1	81.66	18.34

ตารางที่ 5.8 แสดงค่าที่ได้จากการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง (W_JP_{GJ}) , เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด ในการคัดของเครื่อง (W_JC_J) เมื่อ V_R / V_B เท่ากับ 0.40

ขนาด	P_{GJ} (%)	C_J (%)	$W_J = P_J$	W_JP_{GJ}(%)	W_JC_J (%)
A	73.33	26.67	0.25	18.33	6.67
B	100	0	0.25	25	0
C	83.33	16.67	0.25	20.83	4.17
D	90	10	0.25	22.5	2.5
รวม			1	86.66	13.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 แสดงการสรุปค่าที่ได้จากการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง (W_JP_{GJ}) , เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคัดของเครื่อง (W_JC_J) เมื่อ V_R / V_B มีค่าต่างๆดังนี้

V_R / V_B	W_JP_{GJ}(%)	W_JC_J (%)
0.36	84.17	15.83
0.38	82.92	17.08
0.39	81.66	18.34
0.40	86.66	13.34

หมายเหตุ

P_{GJ} คือสัดส่วนจำนวนของข้าวโพดฝักอ่อนขนาด J ที่คัดถูกต้องโดยเฉลี่ย ต่อ จำนวนข้าวโพดฝักอ่อนขนาด J ทั้งหมด

C_J คือสัดส่วนจำนวนของข้าวโพดฝักอ่อนขนาด J ที่ตกผิดพลาดโดยเฉลี่ย ต่อ จำนวนข้าวโพดฝักอ่อนขนาด J ทั้งหมด

W_J คือ Weight Function เป็นค่าที่ระบุความสำคัญเป็นสัดส่วน โดยให้ความสำคัญเท่ากันทุกขนาด โดย W_J ขึ้นกับ P อย่างเดียว จะได้ $W_J = P_J$

P_J คือสัดส่วนจำนวนของข้าวโพดฝักอ่อนขนาด J ต่อจำนวนข้าวโพดฝักอ่อนขนาด J ทั้งหมด

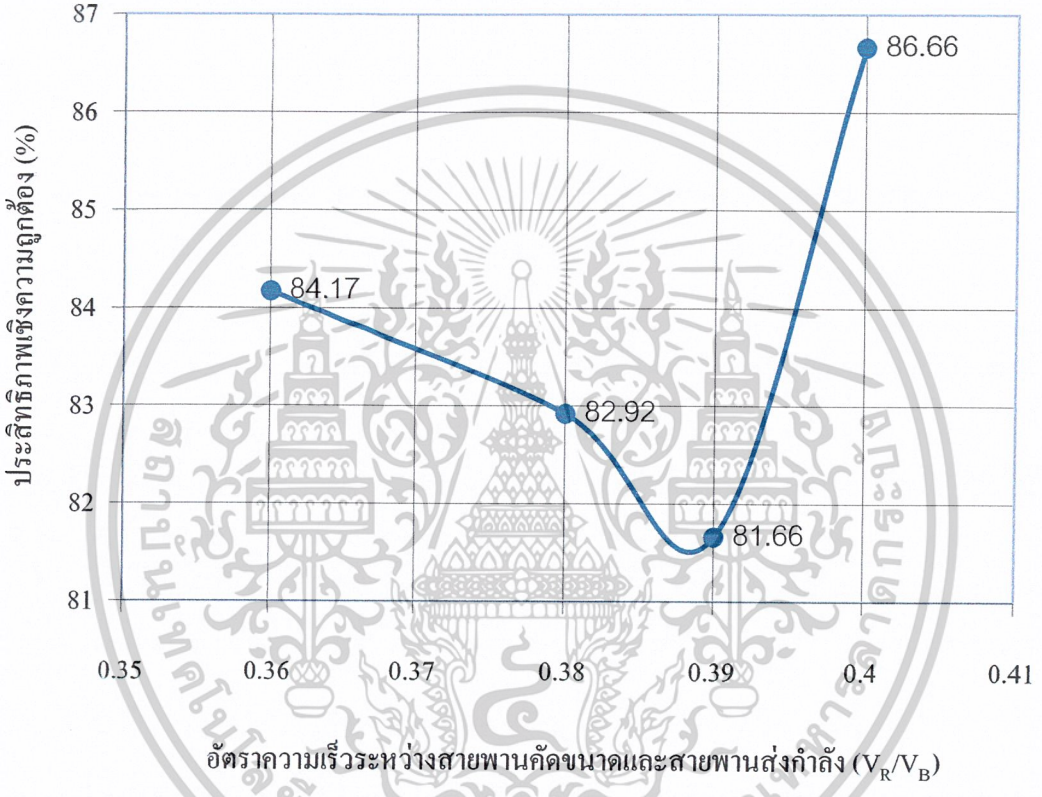
V_R คือความเร็วของสายพานคัดขนาด (เมตร/นาที)

V_B คือความเร็วของสายพาน (เมตร/นาที)

ผลรวมของประสิทธิภาพการคัดถูกต้องกับเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในการคัดของเครื่องต้องเท่ากับ 100 % ($W_JP_{GJ} + W_JC_J$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

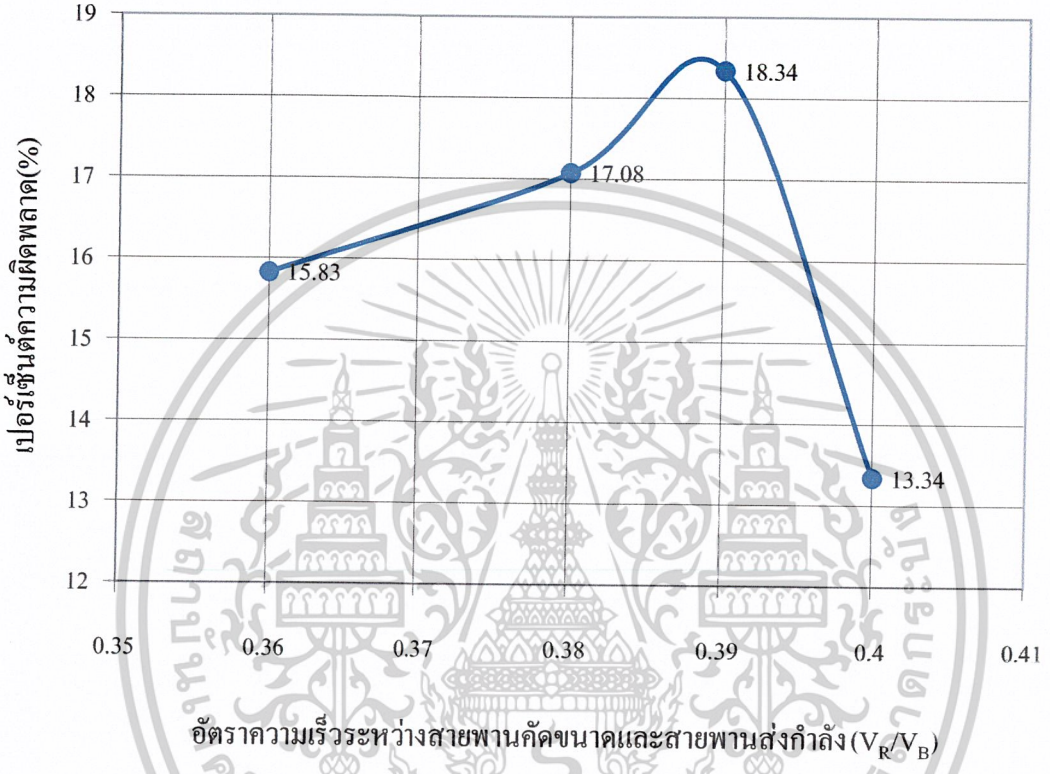
แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_R/V_B กับประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง



รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR/VB กับประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_R/V_B กับเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด



รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง VR/VB กับเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง

จากการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_R/V_B กับประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง จะเห็นได้ว่าเมื่อ V_R/V_B มากขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้องต่ำลงและจะต่ำลงที่สุดเมื่อ V_R/V_B มีค่าเท่ากับ 0.39 ซึ่งให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 81.66% และเมื่อ V_R/V_B มีค่ามากกว่านี้จะทำให้ประสิทธิภาพเชิงความถูกต้องมากขึ้น
2. จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง V_R/V_B กับเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด จะเห็นได้ว่าเมื่อ V_R/V_B มากขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมากขึ้นเรื่อยๆและจะมากขึ้นที่สุดเมื่อ V_R/V_B มีค่าเท่ากับ 0.39 ซึ่งให้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเท่ากับ 18.34 และเมื่อ V_R/V_B มีค่ามากกว่านี้จะทำให้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทวิจารณ์และสรุปผล

6.1 สรุปผลการทดลอง

ตอนที่ 1. การทดลองเพื่อหาระยะกั้นถาด B และ C ที่เหมาะสม

เมื่อนำข้าวโพดฝักอ่อนมาทำการคัดขนาดเพื่อหาระยะกั้นที่เหมาะสมที่ความเร็วรอบต่างๆของสายพานคัดขนาด พบว่ามีระยะกั้นที่เหมาะสมที่สุดดังนี้

ที่ความเร็วรอบของสายพานคัดขนาด 50, 55, 60 และ 65 รอบต่อนาที มีระยะกั้นขนาด B ที่เหมาะสมที่สุดคือ 51 ซม. มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง เท่ากับ 100%

ที่ความเร็วรอบของสายพานคัดขนาด 50, 55, 60 และ 65 รอบต่อนาที มีระยะกั้นขนาด C ที่เหมาะสมที่สุดคือ 69 ซม. มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง เท่ากับ 95%, 87.5%, 92.5% และ 95% ตามลำดับ

ตอนที่ 2 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพเชิงความถูกต้องของการคัดขนาดและประสิทธิ์ภาพของเครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน

จากผลการทดลอง เมื่อคำนึงถึงประสิทธิภาพในด้านต่างๆ พบว่าอัตราส่วนระหว่างความเร็วของสายพานคัดขนาดกับความเร็วของสายพานส่งกำลังที่ดีที่สุด เท่ากับ 0.4 ซึ่งจะทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพเชิงความถูกต้อง เท่ากับ 86.66 % ที่อัตราการคัด 40 กก./ชม.

6.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการปรับปรุง

1. เนื่องจากเครื่องคัดขนาดที่ทำการสร้างขึ้นมีข้อจำกัดคือต้องใช้คนในการป้อนข้าวโพดหาก สามารถทำการปรับปรุงเครื่องโดยเพิ่มชุดสำหรับป้อนข้าวโพดจะทำให้สามารถประหยัดเวลาและสามารถเพิ่มอัตราการคัดขนาดได้ โดยชุดสำหรับป้อนข้าวโพดควรจะเป็นดังนี้ คือสามารถเทข้าวโพดมายังชุดป้อนข้าวโพดที่ทำให้ข้าวโพดจัดเรียงตัวทีละฝัก โดยโคนข้าวโพดตกลงชิดกับที่กั้นบนสายพานเพื่อใช้สำหรับการคัดขนาดต่อไป

2. ชนิดของสายพานที่ใช้สำหรับคัดขนาดควรมีลักษณะผิวที่ลื่นเพราะจะทำให้ข้าวโพด สามารถจัดเรียงตัวชิดกับที่กั้นของสายพานได้ง่ายขึ้น และควรใช้สายพานที่มีลักษณะเป็นร่องลิ่มจะสามารถทำให้เครื่องมีมาตรฐานมากขึ้น

3. ความตึงของสายพานมีผลต่อการคัดขนาดดังนั้นในการสร้างเครื่องคัดขนาดต้องดึงสายพานให้ตึงเพราะถ้าสายพานที่ใช้หย่อนเกินไปมีผลทำให้การคัดขนาดข้าวโพดมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องคัดขนาดที่สร้างขึ้นมีข้อจำกัดอยู่ที่ระยะห่างระหว่างสายพาน ถ้าไม่สามารถตั้งระยะห่างระหว่างสายพานให้มีระยะคงที่ตลอดการทดลองได้จะทำให้ไม่สามารถคัดขนาดข้าวโพดได้ตรงกับขนาดที่ได้กำหนดไว้

5. วัสดุที่นำมาสร้างเครื่องจักรควรเป็นสแตนเลสเพราะเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและไม่ขึ้นสนิม

6. พบว่าข้าวโพดที่ได้จากการคัดขนาดมีความบอบช้ำบ้างแต่ยังสามารถยอมรับได้ ทางที่ดีควรเปลี่ยนถาดรองรับข้าวโพดจากโลหะเป็นวัสดุอย่างอื่นที่สารถลดแรงกระแทกขณะที่ข้าวโพดตกลงสู่ถาดรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 งบประมาณการสร้างเครื่อง

รายการ	จำนวน	ราคา / หน่วย (บาท)	ราคารวม (บาท)
1. มอเตอร์ 1hp , 3 เฟส	1 เครื่อง	3,500	3,500
2. ล้อสายพาน			
∅4นิ้ว	6 อัน	180	1,080
∅1นิ้ว 2 หุน	6 อัน	100	600
3. สายพานแบน กว้าง 2 นิ้ว 6 หุน	9 m	120	1,080
4. สายพานลิ่ม (A39 ,A49, B35)	3 เส้น	60	180
5. โรลเลอร์แบริ่ง			
∅1 นิ้ว 2 หุน	10 ตัว	70	700
∅1 นิ้ว	2 ตัว	50	100
6. เหล็กกล่อง 2 × 1 นิ้ว หนา 2 mm	4 เส้น	250	1,000
7. แผ่นสังกะสี No 20	1 แผ่น	700	700
8. เพลาตัน			
∅ 1นิ้ว 2 หุน	2 m	500	500
∅ 1นิ้ว	0.5 m	100	100
9. ข้อต่อสายพาน	2 อัน	60	120
10. อื่นๆ (น๊อต + แหวนรอง+ลวดเชื่อม+ แผ่นยาง+ปลั๊กไฟ)			280
11. ค่าแรงงาน	3 คน	507	1,521
รวมทั้งสิ้น			11,461

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 วิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อปีของเครื่องและจุดคุ้มทุน [7]

มีรายละเอียดของเงินทุนและค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

1. ราคาเครื่อง	11,461	บาท
2. มูลค่าซาก	2,000	บาท
3. อายุการใช้งาน	5	ปี
4. ค่าซ่อมบำรุงเมื่อสิ้นปี		
ปีที่ 1	300	บาท
เพิ่มปีละ	200	บาท
5. เครื่องใช้งาน	8	ชั่วโมง / วัน
6. ใช้แรงงานในการผลิต	2	คน
7. มอเตอร์ ขนาด	1	แรงม้า
ประสิทธิภาพ	80	%
8. จำนวนวันผลิต	311	วัน / ปี
9. ค่าไฟ	3	บาท / Unit
10. เครื่องคัดขนาดข้าวโพดมีอัตราการคัด	40	กิโลกรัม / ชั่วโมง

6.3.1 ต้นทุนคงที่ (คิดค่าเสื่อมแบบทุนจม)

ค่าเสื่อมราคา + ดอกเบี้ย = P (CRF ,i%, n) – L (SFF ,i%,n)

เปิดตาราง ก.11 ที่ i =15 % ที่ n = 5

จะได้ค่า CRF = 0.29832 และ SFF = 0.14832 แทนค่า

P (CRF ,15%, 15) – L (SFF ,15%,15) = 11,461(0.29832) – 2,000(0.14832)

= 3122.41 บาท/ปี

6.3.2 ต้นทุนแปรผัน

ค่าซ่อมบำรุง / ปี = 300 + 200 (GUSF , 15% , 15)

เปิดตาราง ก.12 จะได้ (GUSF , 15% , 5) = 1.72

300 + 200 (GUSF , 15% , 15) = 300 + 200(4.56)

= 644 บาท/ปี

ค่าแรงในการคัดขนาด = 169 บาท/วัน × 1 × 311 วัน/ปี

= 52,559 บาท/ปี

ค่าไฟฟ้า = 0.8 × 1 hp × 0.76 kW/1hp × 8 hr/วัน × 3 บาท/kW/hp-hr × 311 วัน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 4,538.11 บาท/ปี

ต้นทุนแปรผันรวม = 644 + 52,559 + 4,538.11 = 57,741.11 บาท/ปี

ต้นทุนทั้งหมด = 3122.41 + 57,741.11 = 60,863.52 บาท/ปี

6.3.3 เปรียบเทียบจุดคุ้มทุน (BEP : Break Event Point) กับคนคัดขนาด

ให้ N = จำนวนวันที่ใช้ในการผลิต (วัน/ปี)

กรณีใช้เครื่องผลิต

ต้นทุนคงที่ = 3122.41 บาท/ปี

ต้นทุนแปรผัน

ค่าซ่อมบำรุง = 644 บาท/ปี

ค่าแรงในการคัดขนาด = 1×169N = 169 N บาท/ปี

ค่าไฟฟ้า= 0.8×1 hp× 0.76 kW/1hp ×8 hr/วัน×3 บาท/kW/hp-hr×Nวัน/ปี

= 14.59 N บาท/ปี

ต้นทุนแปรผันรวม = 644 + 165 N + 14.59 N = 644 + 183.59 N บาท/ปี

ต้นทุนทั้งหมด = 3,122.41 + 644 + 183.59N = 3,766+ 183.59 N บาท/ปี

กรณีใช้คนคัดขนาด

ใช้แรงงานคนในการคัดขนาด 2 คน

ค่าแรงในการคัดขนาด = 2 คน ×169 × N = 338 N บาท/ปี

BEP(เครื่อง) = BEP(คน)

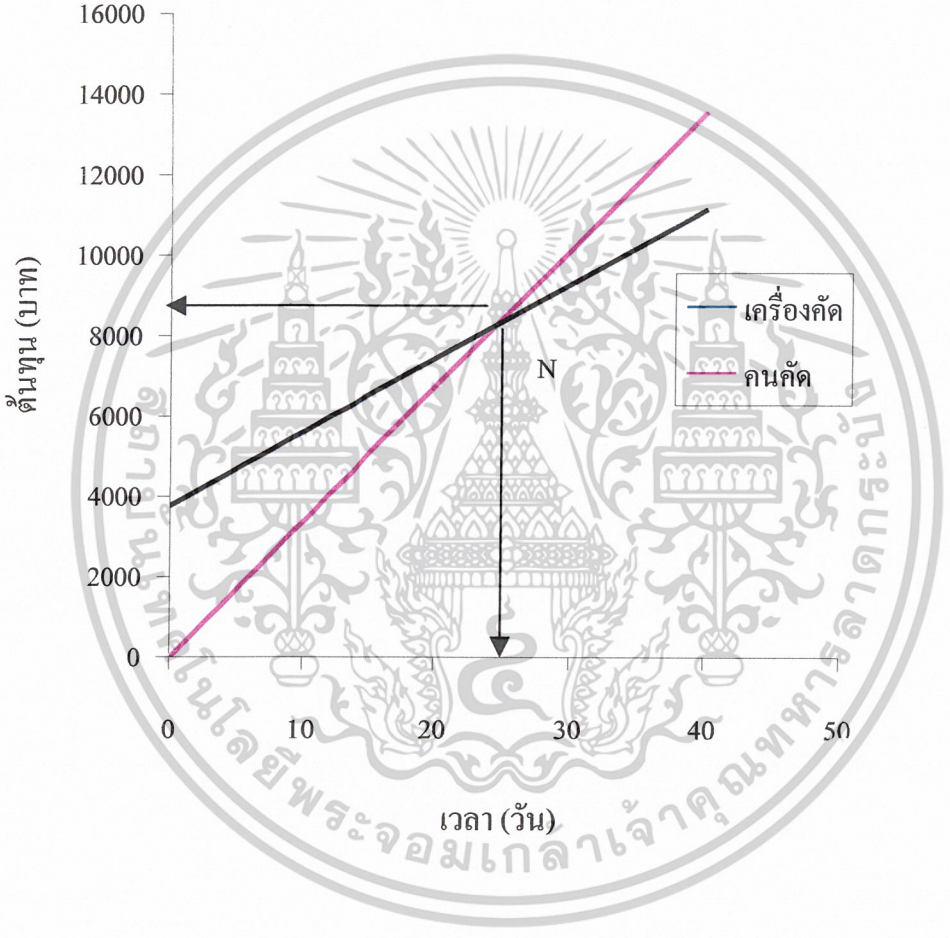
3,766 + 183.59 N = 338 N

N = 24.38 วัน

ดังนั้นถ้าทำการผลิตมากกว่า 25 วัน ควรเลือกใช้เครื่องคัดขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนระหว่างการคัดด้วยคนและการคัด
ด้วยเครื่อง



รูปที่ 6.1 กราฟเปรียบเทียบจุดคุ้มทุนระหว่างการคัดด้วยเครื่องและการคัดด้วยคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตาราง ก.1 มิติมาตรฐานและแรงประเมินของโรลลิ่งแบริ่ง (C_0, C เป็น kN)

รูพวม d mm	O.D. dia. D mm	ชุดกรมมิติ 02 ความหนา B mm	Self-aligning Ball Bearing		Single-Row Deep-Groove Ball Bearings		Angular Contact Small Angle Ball Bearing		Angular Contact Steep Angle Ball Bearing		Cylindrical Roller Bearing	
			C_o	C	C_o	C	C_o	C	C_o	C	C_o	C
4	13	5	-	-	0.57	1.19						
5	16	5	-	-	0.94	1.85						
6	19	6	0.53	1.94	0.94	1.85						
7	22	7	0.66	2.05	1.35	2.51						
8	-	-	0.66	2.05	1.35	2.51						
9	26	8	0.93	2.07	1.96	3.49						
10	30	9	1.34	4.23	1.96	3.58	-	-	-	-	-	-
12	32	10	1.48	4.30	3.05	5.25	3.27	5.52	-	-	-	-
15	35	11	2.01	5.74	3.51	5.87	4.09	6.54	-	-	-	-
17	40	12	2.43	6.10	4.45	7.34	5.25	8.19	-	-	-	-
20	47	14	3.18	7.61	6.18	9.83	7.25	11.00	-	-	-	-
25	52	15	4.03	9.34	6.94	10.77	8.72	12.55	7.70	11.39	7.21	13.26
30	62	16	5.83	12.06	10.00	14.95	12.55	17.34	11.08	15.80	9.88	17.67
35	72	17	6.68	12.19	13.66	19.76	17.09	22.96	15.08	20.87	15.35	26.25
40	80	18	8.59	14.82	15.66	22.43	21.27	27.41	18.64	24.74	20.74	34.13
45	85	19	9.61	16.82	17.84	25.19	24.21	30.79	21.23	27.72	22.29	35.91
50	90	20	10.55	17.49	19.80	27.01	26.03	32.31	22.74	28.79	23.90	37.56
55	100	21	13.40	20.60	25.05	33.38	32.97	39.96	28.79	35.64	29.86	45.84
60	110	22	15.53	23.14	30.94	40.36	40.72	48.50	35.55	43.16	37.65	56.07
65	120	23	17.22	23.85	34.13	44.05	44.95	52.51	41.83	48.95	45.39	66.30
70	125	24	18.78	26.65	37.42	48.06	49.40	57.40	45.84	53.40	45.39	74.76
75	130	25	21.40	29.86	41.16	50.73	56.51	62.30	48.95	54.73	56.96	81.00
80	140	26	23.54	30.35	44.50	56.07	62.74	69.86	54.73	61.85	60.96	87.22
85	150	28	28.43	37.82	53.40	64.08	72.53	78.76	62.74	68.97	70.75	99.68
90	160	30	31.77	43.79	60.52	73.87	85.44	92.56	74.31	82.32	91.67	127.27
95	170	32	36.85	48.95	69.42	83.66	91.67	100.00	77.87	87.66	101.46	139.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.2 แนวทางในการเลือกอายุใช้งานสำหรับเครื่องจักรกลชนิดต่างๆ

ชนิดของเครื่องจักรกล	อายุเป็นชั่วโมงทำงาน
เครื่องมือวัดและเครื่องมือที่ใช้ไม่บ่อยนัก ตัวอย่างเช่น เครื่องมือสำหรับห้องทดลอง อุปกรณ์สำหรับประตูเลื่อน	500
เครื่องยนต์เครื่องบิน	500–2000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานช่วงเวลาสั้น ๆ หรือทำงานเป็นพัก ๆ ตัวอย่างเช่น เครื่องมือต่าง ๆ รอกยกของในโรงงาน เครื่องจักรที่ทำงานโดยใช้มือขับ เครื่องจักรกลการเกษตร ปั้นจั่นที่ใช้ในงานประกอบ เครื่องขนถ่าย ปั้นจั่นที่ใช้ในงานหล่อ เครื่องจักรกลที่ใช้ในบ้าน	4000–8000
เครื่องจักรสำหรับใช้งานเป็นพัก ๆ แต่มีความสำคัญต่องานที่ทำมาก ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรสำรองของโรงต้นกำลัง อุปกรณ์ลำเลียงในสายงานผลิต ลิฟท์ ปั้นจั่นยกสินค้าทั่วไป เครื่องมือกลที่ใช้ไม่บ่อยนัก	8000–12 000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ไม่ได้ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ชุดเฟืองทดสำหรับงานทั่วไป	12 000–20 000
เครื่องจักรที่ใช้งาน 8 ชั่วโมง แต่ทำงานเต็มที่ ตัวอย่างเช่น เครื่องจักรกลในงานอุตสาหกรรมทั่วไป ปั้นจั่นที่ใช้ยกของตลอดเวลา เครื่องเป่าลม เพลาส่งกำลัง	20 000–30 000
เครื่องจักรที่ใช้งานต่อเนื่อง (ทำงาน 24 ชั่วโมง) ตัวอย่างเช่น เครื่องแยกของ เครื่องอัดอากาศ ปั๊ม เพลาส่งกำลัง ลูกกลิ้งของสายพานลำเลียง รอกในเหมืองแร่ มอเตอร์ไฟฟ้า	40 000–60 000
เครื่องจักรที่ใช้งานตลอด ชั่วโม ละการทำงานมีความสำคัญมาก ตัวอย่า เช น เ รื่องจักรที่ใช้ในการผลิตกระดาษและเยื่อกระดาษ โรงไฟฟ้า ปั๊มในเหมืองแร่ สถานีส่งน้ำประปา เครื่องจักรในเรือเดินสมุทร	100 000–200 000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสม (mechanical properties of plain carbon and alloy steels) (ชิ้นทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 mm)

AISI Type	Condition	Tensile Strength, ksi	Yield Strength, ksi	Elongat. in 2 in., %	Reduction in Area, %	Hardness, BHN	Machinability (Based on 1112 = 100)
1010	HR	64	42	28	67	107	45
	CD	78	68	16	63	129	55
	CDA	64	48	28	65	131	55
1020	HR	65	43	36	59	143	50
	CD	78	66	20	55	156	65
	A	57	52	37	66	111	90
	N	64	50	36	68	131	75
1030	HR&turned	72	44	31	63	140	-
	CD	84	76	16	57	177	65
	A	67	50	31	58	126	-
	N	76	51	32	61	149	-
1040	HR	91	58	27	50	201	63
	CD	100	88	17	42	207	65
	A	75	51	30	57	149	-
	N	85	50	28	55	170	60
1045	HR	98	59	24	45	212	56
	CD	103	90	14	40	217	60
	A	90	55	27	54	174	60
	N	99	61	25	49	207	-
1050	HR	105	67	15	-	-	-
	CD	114	104	9	-	-	54
	A	92	43	24	40	187	-
	N	109	62	20	39	217	-
1095	HR	142	83	18	38	295	-
	A	95	38	13	21	192	-
	N	147	73	10	14	293	-
1118	HR	75	50	35	55	140	-
	CD	85	75	25	55	170	80
	A	65	41	35	67	131	80
	N	69	46	34	66	143	80
2330	CD	105	90	20	50	212	50
	A	86	61	28	58	179	50
	N	100	68	26	56	207	-
3140	CD	107	92	17	50	212	55
	A	100	61	25	51	197	55
	N	129	87	20	58	262	-
4130	HRA	86	56	29	57	183	65
	CDA	98	87	21	52	201	70
	N	97	63	26	60	197	50
4140	HRA	90	63	27	58	187	57
	CDA	102	90	18	50	223	66
	N	148	95	18	47	302	-
4340	HRA	101	69	21	45	207	45
	CDA	110	99	16	42	223	50
	N	185	126	11	41	363	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

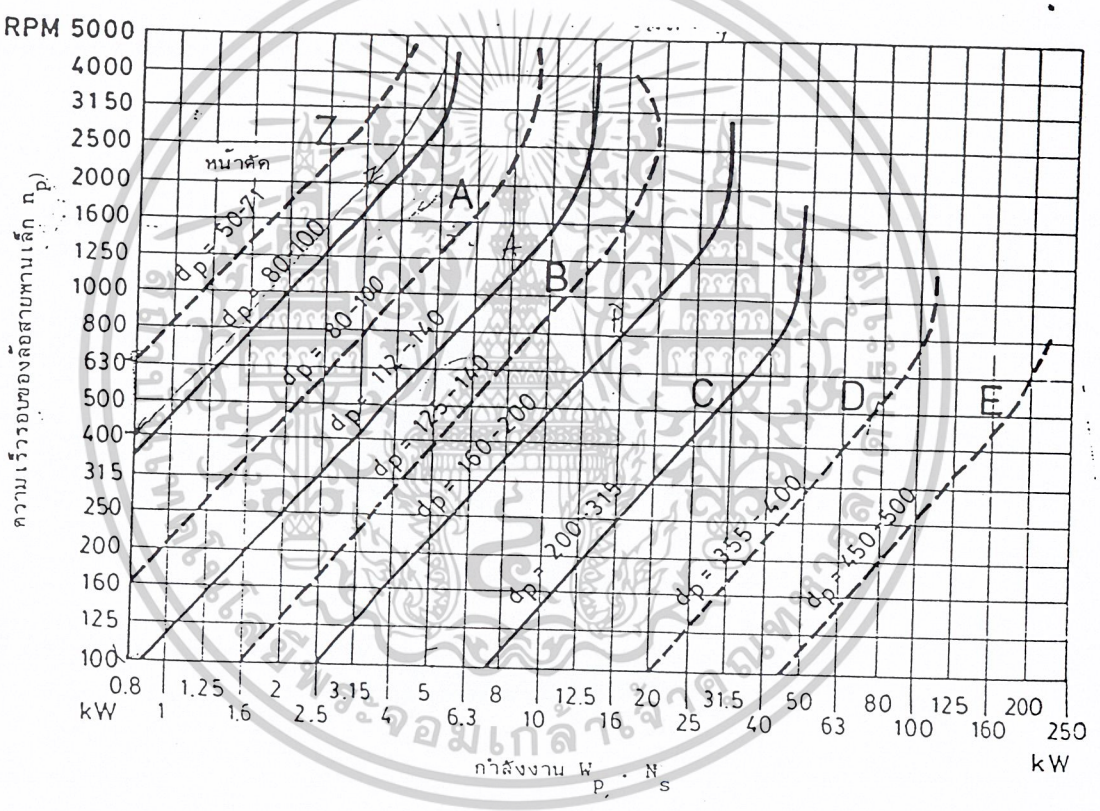
ตาราง ก.4 ตัวประกอบใช้งานสำหรับสายพานลิ่ม

ชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับ	ชนิดของอุปกรณ์ขับ	
ตัวประกอบใช้งานนี้พิจารณาเฉพาะช่วงเวลาใช้งานและชนิดของอุปกรณ์ที่ต้องการขับแต่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาวะการทำงาน ตัวอย่างเช่น ทำงานในสภาวะแวดล้อมเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงอาจเพิ่มค่าขึ้นอีกได้ในกรณีพิเศษ	มอเตอร์กระแสสลับ: normal torque, squirrel cage, synchronous and split phase. มอเตอร์กระแสตรง: shunt wound เครื่องยนต์สันดาปภายใน: ที่มีหลายลูกสูบ ความเร็วรอบสูงกว่า 600 rpm	มอเตอร์กระแสสลับ: high torque, high slip, repulsion-induction, single phase, series wound and slip ring. มอเตอร์กระแสตรง: series wound และ compound wound.

				เครื่องยนต์สันดาปภายใน: ที่มีหนึ่งลูกสูบ ความเร็วรอบต่ำกว่า 600 rpm เพลาเมน คลัตช์		
	ชั่วโมงทำงานต่อวัน			ชั่วโมงทำงานต่อวัน		
	≤ 10	10–16	> 16	≤ 10	10–16	> 16
งานเบา : เครื่องกวนของเหลว, เครื่องเป่าลม, เครื่องอัดลมและเครื่องสูบแบบหอย-โข่ง, พัดลมที่มีกำลังสูงถึง 7.5 kW, สายพานลำเลียงงานเบา	1	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ก.5 แผนภูมิที่ใช้ในการเลือกขนาดหน้าตัดของสายพานลิ่ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.6 สมรรถนะในการส่งกำลังของสายพานลิ่มหน้าตัด "A" ต่อเส้น P_R (เป็นkW) สำหรับสายพานยาว L_p = 1732 mm และส่วนโค้งสัมผัส α = 180°C

d_p (mm)	m_ω	ความเร็วรอบของล้อสายพานเล็ก 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

ตัวประกอบแก้ไขความยาวสายพาน N_1

L_p	662	742	832	932	1032	1152	1282	1432	1632	1732	1832	2032
N_1	0.81	0.82	0.85	0.87	0.89	0.91	0.93	0.96	0.99	1.00	1.01	1.03
L_p	2272	2532	2832	3182	4032	5032						
N_1	1.06	1.09	1.11	1.13	1.20	1.25						

ความยาวพิตช์ที่ยอมใช้ $L_p = L_i + 30$(mm)

L_i												
	483	535	560	580	600	630	655	670	690	710	730	750
	780	787	800	813	825	838	850	855	875	889	900	914
	925	950	965	975	1000	1016	1041	1060	1090	1105	1120	1143
	1168	1180	1200	1220	1250	1270	1300	1320	1346	1372	1400	1422
	1448	1475	1500	1525	1550	1575	1600	1625	1651	1676	1700	1725
	1750	1780	1800	1854	1900	1980	2000	2030	2057	2083	2100	2120
	2150	2200	2240	2285	2360	2435	2475	2500	2650	2730	2800	2840
	3000	3050	3150	3250	3550	3650	4000					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.7 ตัวประกอบส่วนโค้งสัมผัส Na สำหรับสายพานลิ่ม

$\frac{D_p - d_p}{C}$	ส่วนโค้งสัมผัส $\alpha \simeq$	N_a
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 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.8 ตัวประกอบใช้งาน

k_1	สภาวะการทำงาน
1.3	งานเบา ทำงานคงที่
1.5	งานปานกลาง
2.0	งานหนัก แรงกระตุก เปิดปิดบ่อยครั้ง

ตาราง ก.9 ตัวประกอบk_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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.10 ขนาดสายพานลิ่มและล้อสายพานลิ่ม ตาม 256-1962 มาตรฐาน ISO/R 52-1957 (E)และ ISO/R(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	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.11 ตารางคำนวณสูตรดอกเบี้ย

อัตราดอกเบี้ย 15 %

	ระบบจ่ายที่เดียว		ระบบจ่ายเป็นอนุกรม				
n	Compound Amount Factor CAF	Present Worth Factor PWF	Sinking Fund Factor SFF	Capital Recovery Factor CRF	Compound Amount Factor SCAF	Present Worth Factor SPWF	n
1	1.1500	0.8696	1.000 00	1.150 00	1.000	0.870	1
2	1.3225	0.7561	0.465 12	0.615 12	2.150	1.626	2
3	1.5209	0.6575	0.287 98	0.437 98	3.472	2.283	3
4	1.7490	0.5718	0.200 26	0.350 27	4.993	2.855	4
5	2.0114	0.4972	0.148 32	0.298 32	6.742	3.352	5
6	2.3131	0.4323	0.114 24	0.264 24	8.754	3.784	6
7	2.6600	0.3759	0.090 36	0.240 36	11.067	4.160	7
8	3.0590	0.3269	0.072 85	0.222 85	13.727	4.487	8
9	3.5179	0.2843	0.059 57	0.209 57	16.786	4.772	9
10	4.0456	0.2472	0.049 25	0.199 25	20.304	5.019	10
11	4.6524	0.2149	0.041 07	0.191 07	24.349	5.234	11
12	5.3503	0.1869	0.034 48	0.184 48	29.002	5.421	12
13	6.1528	0.1625	0.029 11	0.179 11	34.352	5.583	13
14	7.0757	0.1413	0.024 69	0.174 69	40.505	5.724	14
15	8.1371	0.1229	0.021 02	0.171 02	47.580	5.847	15
16	9.3576	0.1069	0.017 95	0.167 95	55.717	5.954	16
17	10.7613	0.0929	0.015 37	0.165 37	65.075	6.047	17
18	12.3755	0.0808	0.013 19	0.163 19	75.836	6.128	18
19	14.2318	0.0703	0.011 34	0.161 34	88.212	6.198	19
20	16.3665	0.0611	0.009 76	0.159 76	102.444	6.259	20
21	18.8215	0.0531	0.008 42	0.158 42	118.810	6.312	21
22	21.6447	0.0462	0.007 27	0.157 27	137.632	6.359	22
23	24.8915	0.0402	0.006 28	0.156 28	159.276	6.399	23
24	28.6252	0.0349	0.005 43	0.155 43	184.168	6.434	24
25	32.9190	0.0304	0.004 70	0.154 70	212.793	6.464	25
26	37.8568	0.0264	0.004 07	0.154 07	245.712	6.491	26
27	43.5353	0.0230	0.003 53	0.153 53	283.569	6.514	27
28	50.0656	0.0200	0.003 06	0.153 06	327.104	6.534	28
29	57.5755	0.0174	0.002 65	0.152 65	377.170	6.551	29
30	66.2118	0.0151	0.002 30	0.152 30	434.745	6.566	30
31	76.1435	0.0131	0.002 00	0.152 00	500.957	6.579	31
32	87.5651	0.0114	0.001 73	0.151 73	577.100	6.591	32
33	100.6998	0.0099	0.001 50	0.151 50	664.666	6.600	33
34	115.8048	0.0086	0.001 31	0.151 31	765.365	6.609	34
35	133.1755	0.0075	0.001 13	0.151 13	881.170	6.617	35
40	267.8635	0.0037	0.000 56	0.150 56	1 779.090	6.642	40
45	538.7693	0.0019	0.000 28	0.150 28	3 585.128	6.654	45
50	1 083.6574	0.0009	0.000 14	0.150 14	7 217.716	6.661	50
∞				0.150 00		6.667	∞

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.12 Gradient to Uniform Series Conversion Factor (GUSF)

n	12%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	n
2	0.47	0.47	0.45	0.44	0.43	0.43	0.42	0.41	0.40	2
3	0.92	0.91	0.88	0.85	0.83	0.80	0.78	0.76	0.74	3
4	1.36	1.33	1.27	1.22	1.18	1.13	1.09	1.05	1.02	4
5	1.77	1.72	1.64	1.56	1.49	1.42	1.36	1.30	1.24	5
6	2.17	2.10	1.98	1.87	1.77	1.67	1.58	1.50	1.42	6
7	2.55	2.45	2.29	2.14	2.01	1.88	1.77	1.66	1.56	7
8	2.91	2.78	2.58	2.39	2.22	2.06	1.92	1.79	1.68	8
9	3.26	3.09	2.84	2.60	2.40	2.21	2.04	1.89	1.76	9
10	3.58	3.38	3.07	2.80	2.55	2.33	2.14	1.97	1.82	10
11	3.90	3.65	3.29	2.97	2.68	2.44	2.22	2.03	1.87	11
12	4.19	3.91	3.48	3.11	2.80	2.52	2.28	2.08	1.91	12
13	4.47	4.14	3.66	3.24	2.89	2.59	2.33	2.12	1.93	13
14	4.73	4.36	3.82	3.36	2.97	2.64	2.37	2.14	1.95	14
15	4.98	4.56	3.96	3.45	3.03	2.69	2.40	2.17	1.97	15
16	5.21	4.75	4.09	3.54	3.09	2.72	2.43	2.18	1.98	16
17	5.44	4.93	4.20	3.61	3.13	2.75	2.44	2.19	1.98	17
18	5.64	5.08	4.30	3.67	3.17	2.78	2.46	2.20	1.99	18
19	5.84	5.23	4.39	3.72	3.20	2.79	2.47	2.21	1.99	19
20	6.02	5.37	4.46	3.77	3.23	2.81	2.48	2.21	1.99	20
21	6.19	5.49	4.53	3.80	3.25	2.82	2.48	2.21	2.00	21
22	6.35	5.60	4.59	3.84	3.26	2.83	2.49	2.22	2.00	22
23	6.50	5.70	4.65	3.86	3.28	2.83	2.49	2.22	2.00	23
24	6.64	5.80	4.69	3.89	3.29	2.84	2.49	2.22	2.00	24
25	6.77	5.88	4.74	3.91	3.30	2.84	2.49	2.22	2.00	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ด้วยความอนุเคราะห์ของทุกคน โครงงานนี้จึงสำเร็จลงได้ด้วยดีขอขอบคุณ

- อาจารย์ เจษฎา ชัยโฉม อาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำและคำปรึกษารวมไปถึงความห่วงใย คำเตือน คำสอนทั้งในและนอกเวลาราชการ
- รศ.สาทิป รัตนภาสกร ที่ให้ความอนุเคราะห์ยืมเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง
- ผศ.ดร.มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ สำหรับคำแนะนำในการเขียนบทคัดย่อภาคภาษาอังกฤษ
- คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่าน สำหรับคำติชมต่างๆ
- พี่แมน สำหรับความช่วยเหลือด้วยดีในการสร้างเครื่อง
- พี่บอล กฤตย์ จันทรสาร รุ่น 37 สำหรับความช่วยเหลือในด้านการออกแบบ

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้โอกาสในการศึกษา และเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนสำหรับคำแนะนำปรึกษา และกำลังใจที่มีให้กันเสมอ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] **เกียรติเกษตร กาญจนพิสุทธิ์** 2532, "ข้าวโพดฝักอ่อน", ศูนย์ผลิตตำราเกษตรเพื่อชนบท, สามัคคีสาส์น, กรุงเทพฯ.

[2] **เครื่องคัดขนาดข้าวโพดฝักอ่อน**, สยามรัฐ ฉบับวันพุธ ที่ 7 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 หน้า 20.

[3] **หลากหลายเครื่องจักรกลจากงานวิจัยสู่ไร่นาเกษตรกร**, ไทยรัฐ ฉบับวันจันทร์ ที่7 มกราคม 2545, หน้า 7.

[4] **สมชัย ยอวิทยา และคณะ** 2531, "เครื่องคัดขนาดข้าวโพดอ่อน", ปริญญานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[5] **ศูนย์วิจัยข้าวโพดข้าวฟ่าง** 2531, "ข้าวโพดอุตสาหกรรม", เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ วันที่ 6-7 พฤษภาคม 2531, คณะอนุกรรมการประสานงานวิจัยและพัฒนาพืชผัก, สภาวิจัยแห่งชาติ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 81-87.

[6] **วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และ ชาญ ฉนัดงาน** 2536, "การออกแบบเครื่องจักรกล" เล่ม 1,2 ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

[7] **วันชัย ริจิรวนิช และ ชอุ่ม** พลอยมีค่า 2545, "เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม", จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 45-228.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้