



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การปรับปรุงเครื่องคัดขนาดมังคุดแบบจานหมุน

โดย

บัณฑิต จริโมภาส

สยาม ตุ่มแสงทอง และคณะ

กุมภาพันธ์ 2546

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การปรับปรุงเครื่องคัดขนาดมังคุดแบบจานหมุน

คณะผู้วิจัย

1. นายบัณฑิต จริโมภาส

2. นายสยาม ตุ่มแสงทอง

สังกัด

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Executive Summary

This project is called, "Improvement of a Rotating Disk Sizing Machine for Mangosteen". Project leader and researcher are Dr.Bundit Jarimopas and Mr.Siam Tumsaengtong-Associate Professor and Graduate Student of Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Kamphaengsean, Nakornpathom, Thailand.

The project was to develop a rotating disk fruit sizing machine with board so efficient and appropriate to small entrepreneur. Methodology comprised design, construction, testing, and engineering and economic evaluation. Results could be summarized as follows:- i) a prototype of a mangosteen rotating disk sizing machine - laboratory scale - was made. It is featured by slope and step apertures, Performance test of the prototype indicated that variation of four control factors (ie. rotating disk speed, number of mangosteen size, fruit size range and selected aperture type) significantly affected mean contamination ration C_R , sizing efficiency E_w and machine capacity Q at 5% significant level. The most appropriate rotating disk speed was 21 rpm with stepmax2 aperture, resulting the best performance results (ie. $C_R = 7.56\%$, $E_w = 93.07\%$ and $Q = 1059.63$ kg/hr.). The corresponding prototype of mangosteen sizing machine was developed through co-operation of researchers and Jakawal Car Center factory based on specifications of the laboratory prototype. The mangosteen sizing machine is 82 cm. wide, 82 cm long , 96 cm. high and comprise 40 mm. x 40 mm. L-steel beam, 712 mm. diameter rotating disk, sizing board and $\frac{1}{2}$ HP. 220 v electric motor. Performance test of the factory prototype showed that $C_R = 22.84\%$ and $Q = 1,025.92$ kg./hr. with minimal fruit damage (0.45%). Sized mangosteen was very well accepted by fruit wholesaler at Prathom Mongkol fruit market, Nakornpathom. Engineering economic analysis exhibited that given the mangosteen sizing machine construction cost of 18,100 baht and hiring rate for sizing is 0.08 baht/kg. respectively, break even point and pay back period become 46,020 baht/yr. and 6 $\frac{1}{2}$ months. Mangosteen growers and trader could size mangosteen by themselves at the rate of 153.38 k./hr/person with $C_R = 33.6\%$

The project costs 441,560 baht starting from 1 August 2001 to 30 October 2002. Beneficial outputs of the project are i) factory prototype of the mangosteen sizing machine that the factory accepted its performance and construction. Besides, it is interested to

produce for sale. ii) Fruits growers and traders also accept the machine and its performance and expressed their interest to own it if production is available (the price may be around 25,000 baht/unit)

iii) Patent of the mangsteen sizing machine is being studied and prepared for request soon.

Abstract

This research was to develop a rotating disk fruit sizing machine with board so efficient and appropriate to small entrepreneur. Methodology comprised design, construction, testing, and engineering and economic evaluation. Results could be summarized as follows:- i) a prototype of a mangosteen rotating disk sizing machine – laboratory scale – was made. It is featured by slope and step apertures, Performance test of the prototype indicated that variation of four control factors (ie. rotating disk speed, number of mangosteen size, fruit size range and selected aperture type) significantly affected mean contamination ration C_R , sizing efficiency E_w and machine capacity Q at 5% significant level. The most appropriate rotating disk speed was 21 rpm with stepmax2 aperture, resulting the best performance results (ie. $C_R = 7.56\%$, $E_w = 93.07\%$ and $Q = 1059.63$ kg/hr.). The corresponding prototype of mangosteen sizing machine was developed through co-operation of researchers and Jakawal Car Center factory based on specifications of the laboratory prototype. The mangosteen sizing machine is 82 cm. wide, 82 cm long , 96 cm. high and comprise 40 mm. x 40 mm. L-steel beam, 712 mm. diameter rotating disk, sizing board and $\frac{1}{2}$ HP. 220 v electric motor. Performance test of the factory prototype showed that $C_R = 22.84\%$ and $Q = 1,025.92$ kg./hr. with minimal fruit damage (0.45%). Sized mangosteen was very well accepted by fruit wholesaler at Prathom Mongkol fruit market, Nakornpathom. Engineering economic analysis exhibited that given the mangosteen sizing machine construction cost of 18,100 baht and hiring rate for sizing is 0.08 baht/kg. respectively, break even point and pay back period become 46,020 baht/yr. and 6 $\frac{1}{2}$ months. Mangosteen growers and trader could size mangosteen by themselves at the rate of 153.38 k./hr/person with $C_R = 33.6\%$

Keywords : sizing , mangosteen.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อที่จะพัฒนาเครื่องตัดขนาดผลไม้แบบจานหมุนและแผ่นกั้นตามหลักวิชาการที่มีประสิทธิภาพ และสมรรถนะเหมาะกับการใช้งานของผู้ประกอบการขนาดเล็ก วิธีการประกอบด้วย การออกแบบ สร้าง ทดสอบ ประเมินผลทางวิศวกรรมศาสตร์และเศรษฐศาสตร์ ผลงานวิจัย สรุปได้ดังนี้ ก) ได้ทำเครื่องต้นแบบเครื่องตัดขนาดผลไม้แบบจานหมุนระดับห้องปฏิบัติการที่มีช่องตัดขนาดเป็นแบบ Slope และแบบ Step ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบดังกล่าวพบว่า ความแปรปรวนของปัจจัยควบคุมได้แก่ ความเร็วจวนคัต จำนวนขนาดที่ตัด ช่วงขนาดที่ตัด และวิธีการตั้งช่องตัดขนาด ที่อิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% ต่อตัวแปรการทำงาน ได้แก่ อัตราการคัตผลิตเฉลี่ย C_R ประสิทธิภาพการคัตขนาด E_w และ ความสามารถในการคัตขนาด Q ความเร็วจวนคัตที่เหมาะสม $S = 21$ รอบ/นาทีกับช่องตัดขนาดแบบ Stepmax-2 ทำให้ได้ผลการทำงานของเครื่องตัดขนาดดีที่สุดคือ $C_R = 7.556\%$, $E_w = 93.072\%$ และ $Q = 1,059.63$ กก./ชม. ได้พัฒนาเครื่องต้นแบบเครื่องตัดขนาดผลไม้แบบจานหมุนต่อไปพร้อมกับโรงงานจักรวาลคาร์เซ็นเตอร์โดยใช้รายละเอียดทางวิชาการของเครื่องต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการ เครื่องตัดขนาดผลไม้มีขนาดกว้าง 82 ซม. ยาว 82 ซม. สูง 96 ซม. น้ำหนัก 72 กก. ประกอบด้วยโครงเหล็กฉาก 40 มม. x 40 มม. จานคัตขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 712 มม., แผ่นกั้นคัตขนาดและมอเตอร์ไฟฟ้า $\frac{1}{2}$ HP 220 v. ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบโดยโรงงาน ปรากฏว่า ให้ค่า $C_R = 22.836\%$ และ $Q = 1,025.92$ กก./ชม. ความเสียหายของผลไม้เล็กน้อยมาก (0.45%) จำนวนผลไม้ที่ถูกคัตด้วยเครื่องเป็นที่ยอมรับของพ่อค้าผลไม้ตลาดปทุมมณฑล จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมระบุว่า จากค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องตัดขนาดผลไม้ 18,100 บาท ค่ารับจ้างคัตขนาด 0.08 บาท/กก. จุดคุ้มทุนอยู่ที่ 46,020 กก./ปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 6 $\frac{1}{2}$ เดือน ผลการทดสอบให้เกษตรกรผู้ปลูกและค้าผลไม้ คัดผลไม้เองปรากฏว่า คัดผลไม้ได้ 153.383 กก./ชม. $C_R = 33.676\%$.

คำสำคัญ : การคัตขนาด,ผลไม้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ ก) ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่
กรุณาให้ใช้สถานที่ อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่าง ๆ ทำงานวิจัย และ ข) สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย
(สกว.) ที่กรุณาสับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยนี้

สารบัญ

	หน้า
Executive Summary	(1)
Abstract	(3)
บทคัดย่อ	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(7)
สารบัญภาพ	(11)
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
การคัดขนาด	3
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	14
วิธีการ	15
ผลการทดสอบและวิจารณ์	26
สรุปและข้อเสนอแนะ	46
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก	49
ภาคผนวก ก. การคำนวณและออกแบบ	50
ภาคผนวก ข. ผลการทดสอบ	59
ภาคผนวก ค. แบบเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุด	97

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ช่วงขนาดและเบอร์ขนาดของผลมั่งคุด	18
2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย (ทดลองตอนที่1)	28
3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการคัดขนาด (ทดลองตอนที่1)	29
4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพคัดขนาด (ทดลองตอนที่1)	29
5 ค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย (ทดลองตอนที่1)	30
6 ค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของสมรรถนะการคัดขนาด (ทดลองตอนที่1)	30
7 ค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพคัดขนาด(ทดลองตอนที่1)	30

ตารางผนวก

ตารางผนวกที่ ก.

1 ข้อมูลขนาดและน้ำหนักของผลมั่งคุดแต่ละเบอร์	51
--	----

ตารางผนวกที่ ข.

1 ลักษณะทางกายภาพของผลมั่งคุดตัวอย่างสำหรับการทดลองตอนที่ 1	60
2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย (ทดลองตอนที่2)	64
3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยตัวคุม NSxSRxMxS (ทดลองตอนที่2)	65
4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยตัวคุม SRxMxS (ทดลองตอนที่2)	66
5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยตัวคุม MxS (ทดลองตอนที่2)	66
6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยตัวคุม SRxS (ทดลองตอนที่2)	67
7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยตัวคุม SRxM (ทดลองตอนที่2)	67
8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยตัวคุม NSxS (ทดลองตอนที่2)	68
9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการคัดขนาด (ทดลองตอนที่2)	68

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ ข.	หน้า
10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุม $NS \times SR \times M \times S$ (ทดลองตอนที่ 2)	69
11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุม $NS \times SR \times S$ (ทดลองตอนที่ 2)	70
12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุม $NS \times SR \times M$ (ทดลองตอนที่ 2)	71
13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุม $M \times S$ (ทดลองตอนที่ 2)	72
14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุม $SR \times S$ (ทดลองตอนที่ 2)	72
15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุม $SR \times M$ (ทดลองตอนที่ 2)	73
16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุม $NS \times SR$ (ทดลองตอนที่ 2)	73
17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการคัดขนาด (ทดลองตอนที่ 2)	74
18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยตัวคุม $SR \times M \times S$ (ทดลองตอนที่ 2)	75
19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยตัวคุม $SR \times S$ (ทดลองตอนที่ 2)	75
20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยตัวคุม $SR \times M$ (ทดลองตอนที่ 2)	76
21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย (ทดลองตอนที่ 3)	76
22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยตัวคุม $NS \times M \times S$ (ทดลองตอนที่ 3)	77
23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยตัวคุม $NS \times SR \times S$ (ทดลองตอนที่ 3)	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ ข.	หน้า
24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยตัวคุม NSxSRxM (ทดลองตอนที่3)	79
25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยตัวคุม SRxM (ทดลองตอนที่3)	80
26 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยตัวคุม NSxM (ทดลองตอนที่3)	80
27 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยตัวคุม NSxSR (ทดลองตอนที่3)	80
28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการคัดขนาด(ทดลองตอนที่3)	81
29 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงของปัจจัยตัวคุม NSxSRxMxS (ทดลองตอนที่ 3)	82
30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงของปัจจัยตัวคุม SRxMxS (ทดลองตอนที่ 3)	83
31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงของปัจจัยตัวคุม NSxSRxM (ทดลองตอนที่ 3)	84
32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงของปัจจัยตัวคุม SRxS (ทดลองตอนที่ 3)	85
33 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงของปัจจัยตัวคุม SRxM (ทดลองตอนที่ 3)	86
34 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงของปัจจัยตัวคุม NSxS (ทดลองตอนที่ 3)	86
35 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงของปัจจัยตัวคุม NSxSR (ทดลองตอนที่ 3)	87
36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพคัดขนาด(ทดลองตอนที่ 3)	87
37 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงปัจจัยตัวคุม NSxSRxMxS(ทดลองตอนที่ 3)	88
38 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงปัจจัยตัวคุม NSxMxS(ทดลองตอนที่ 3)	90

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ ข.	หน้า
39 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงปัจจัยตัวคุม NSxSRxS(ทดลองตอนที่ 3)	91
40 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงปัจจัยตัวคุม NSxSRxM(ทดลองตอนที่ 3)	91
41 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงปัจจัยตัวคุม MxS(ทดลองตอนที่ 3)	92
42 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงปัจจัยตัวคุม SRxM(ทดลองตอนที่ 3)	93
43 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงปัจจัยตัวคุม NSxM(ทดลองตอนที่ 3)	93
44 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยน แปลงปัจจัยตัวคุม NSxSR(ทดลองตอนที่ 3)	94
45 ค่าตั้งระดับ Metering gap ช่วง 20 และ 30 กรัม(ทดลองที่โรงงาน)	94
46 ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย(%) ทดลองที่โรงงาน	95
47 ค่าตั้งระดับ Metering gap ช่วง 20 และ 30 กรัม(ทดลองที่ห้องLAB)	95
48 ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยและค่าสมรรถนะ(คัดขนาดด้วยคน)	96
49 ค่าสมรรถนะการคัดขนาดด้วยเครื่อง(ทดลองที่โรงงาน)	96
50 ค่าความเสียหายโดยคัดขนาดด้วยเครื่อง(ทดลองที่โรงงาน)	96

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 เครื่องคัดขนาดแบบสายพานลำเลียงเจาะรู	5
2 เครื่องคัดขนาดส้อมเขี้ยวหวาน	5
3 เครื่องคัดขนาดแบบสายพานและแผ่นกั้น	7
4 เครื่องคัดขนาดแบบ Rotary Greefa	7
5 เครื่องคัดขนาดมะนาวแบบสายพานและแผ่นกั้น	7
6 เครื่องคัดขนาดแบบสายพานบานออก	8
7 เครื่องคัดขนาดมั่งคุดแบบสายพานบานออก	9
8 เครื่องคัดขนาดแบบลูกกลิ้งแกนหลอดค้าย	10
9 เครื่องคัดขนาดโดยน้ำหนัก	11
10 เครื่องคัดขนาดทุเรียน โดยน้ำหนัก	12
11 เครื่องคัดขนาดระบบแปรรูปภาพ	13
12 ไลอะแกรมเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุด	16
13 โครงสร้างทั่วไปของเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุด(ทดลองตอนที่1)	27
14 การเตรียมคัดขนาดแบบ Slope Peleg (ทดลองตอนที่1)	27
15 การเตรียมคัดขนาดแบบ Step max-2 (ทดลองตอนที่1)	28
16 เครื่องคัดขนาดมั่งคุดเพื่อทดสอบ ตอนที่2 และ ตอนที่3	40
17 เครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุดผลิตโดยโรงงานจักรวาลคาร์เซ็นเตอร์	41
18 การสร้างเครื่องที่โรงงานจักรวาลคาร์เซ็นเตอร์	42
19 การทดลองเครื่องที่ผลิตโดยโรงงานจักรวาลคาร์เซ็นเตอร์	43

การปรับปรุงเครื่องคัดขนาดผลมังคุดแบบจานหมุน

Improvement of Rotating Disk Mangosteen Sizing Machine

บทนำ

มังคุดเป็นไม้ผลเมืองร้อนที่นิยมปลูกและบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เพราะมีรสชาติดี เปรี้ยวอมหวาน อร่อย ชวนรับประทาน เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั้งชาวไทยและชาวต่างประเทศจนได้รับสมญานามว่า “ราชินีแห่งไม้ผลเมืองร้อน” (Queen of the Fruits) แหล่งปลูกมังคุดในประเทศไทยมีอยู่ 3 แห่งใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ ภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัด จันทบุรี ระยอง ตราด และปราจีนบุรี ภาคใต้ได้แก่ ตั้งแต่จังหวัดชุมพรลงไป จังหวัดที่ปลูกมากคือ ชุมพร นครศรีธรรมราช และสุราษฎร์ธานี ภาคกลางได้แก่ จังหวัด นนทบุรี ในปัจจุบันมังคุดถูกผลิตเพื่อบริโภคผลสด เนื่องจากมีประโยชน์คือ มีคุณค่าทางด้านโภชนาการได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก วิตามินบี1 วิตามินบี2 เป็นต้น เปลือกมังคุดบดละเอียดใช้เป็นส่วนผสมของยาแก้โรคบิดและท้องร่วง ใบสดนำไปตำรักษาแผลสดได้ เนื้อไม้มีสีน้ำตาลแก่ เป็นไม้เนื้อแข็ง หนัก ใช้ทำเครื่องเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ได้. (สมเกียรติ, 2543)

หลังจากที่มังคุดถูกเก็บเกี่ยวมาแล้ว จะถูกนำไปคัดขนาด การคัดขนาดทำให้กำหนดราคาที่แตกต่างกันระหว่างขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ได้ กำหนดปริมาณผลผลิต รูปแบบการบรรจุและได้รับการป้องกันที่ดีกว่า. (Peleg,1985)

ได้มีการพัฒนาเครื่องคัดขนาดผลมังคุดขึ้นมาใช้งานในปัจจุบันเพื่อทดแทนแรงงานคนซึ่งขาดแคลนในภาคเกษตรกรรม อาทิเช่น เครื่องคัดขนาดมังคุดแบบสายพานขยาย เครื่องคัดขนาดมังคุดแบบจานหมุน เป็นต้น การคัดขนาดผลมังคุดที่มีขั้วนั้นเป็นงานลำบาก เพราะต้องคัดให้ผิดพลาดน้อย เสียหายน้อยโดยเฉพาะขั้วต้องไม่หลุดระหว่างการคัดขนาด การออกแบบเครื่องคัดขนาดผลมังคุดในปัจจุบันยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร เช่น อัตราการทำงานน้อย ประสิทธิภาพต่ำและมีความเสียหายเกิดขึ้นในระหว่างการคัด อีกทั้งเครื่องนำเข้าจากต่างประเทศมีราคาแพง ทำให้เกษตรกรไม่นิยมใช้ ยังคงใช้แรงงานคนอยู่ต่อไป ปัญหาเหล่านี้ถ้ามีการปรับปรุงเครื่องคัดขนาดผลมังคุดแบบจานหมุน ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิภาพการคัดสูงขึ้น การซ่อมแซมและบำรุงรักษาง่าย ราคาไม่แพง นับว่าเป็นประโยชน์ต่อชาวเกษตรกรและเป็นการยกระดับมาตรฐานให้กับผลผลิตทางการเกษตรของไทยต่อไป.

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาเครื่องคัดขนาดผลไม้ แบบงานหมุนและแผ่นกั้นตามหลักวิชาการที่มีประสิทธิภาพ และสมรรถนะเหมาะสมกับการใช้งานของผู้ประกอบการขนาดเล็ก

การตรวจเอกสาร

สมศักดิ์ (2541) กล่าวว่ามังคุดมีชื่อสามัญคือ Mangosteen อยู่ในตระกูล Guttiferac ส่วนชื่อทางพฤกษศาสตร์ Garcinia mangostana Linn.

การคัดขนาด

Peleg (1985) กล่าวว่า การคัดขนาดผลผลิตคือการคัดเลือกผลผลิตตามขนาดออกเป็นขนาดต่างๆ ผักและผลไม้เจริญเติบโตตามธรรมชาติเป็นขนาดในช่วงต่างกัน โดยช่วงขนาดที่ต่างกันขึ้นอยู่กับชีววิทยา อากาศ และวิทยาการเกษตรกรรม ตัวแปรในการกำหนดขนาดผลผลิต ได้แก่ เส้นผ่าศูนย์กลาง ร่วมกับ ความสูง และน้ำหนัก (บัณฑิต, 2544)

การคัดขนาดด้วยสายตา

ผู้บรรจุผักและผลไม้ที่เชี่ยวชาญ จะใช้วิธีใช้ความรู้สึก โดยการจับมันอยู่ในอุ้งมือ พร้อมกับมองและใช้ความรู้สึกประกอบ การคัดขนาดด้วยสายตา (Visual sizing) เป็นการสร้างภาพของผลผลิต ทำให้ผู้ซื้อเกิดมโนภาพจากการมองด้วยสายตาของตนเองว่า ผลไม้มีขนาดเท่ากัน คนทั่วไปสามารถคัดขนาดผลไม้ได้ผิดพลาด 10%

การคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาด

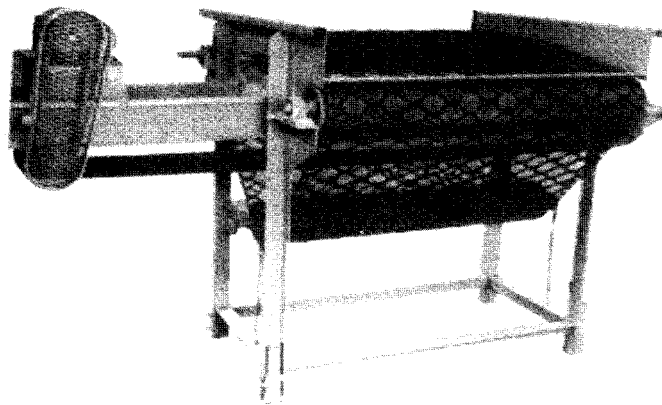
กรรมวิธีคัดเลือกผลไม้ที่ใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วยที่ง่ายที่สุดคือ การคัดขนาด ซึ่งในปัจจุบันการคัดขนาดผลไม้ในโรงบรรจุสมัยใหม่ใช้เครื่องจักรทั้งหมด

Peleg (1985) ได้สรุปว่า เครื่องคัดขนาดที่ดีควรสามารถปรับการคัดขนาดได้ตามสภาพลักษณะผลผลิตแต่ละแหล่งปลูกหรือฤดูกาลผลิต เพราะผลผลิตแต่ละชุดมีการกระจายขนาดไม่เท่ากัน ข้อดีของการคัดขนาดโดยใช้เครื่องจักรคือ ลดการขาดแคลนแรงงานในฤดูการผลิต ลดความผิดพลาดในการคัดขนาด ทำงานได้เร็วยิ่งขึ้น คนทำงานทำได้เต็มประสิทธิภาพ (บัณฑิต, 2542) ข้อเสียของการคัดขนาดด้วยเครื่องจักรคือ มีความยืดหยุ่นน้อยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความต้องการการคัดขนาดระหว่างผู้ผลิตกับความต้องการของตลาด และการเปลี่ยนแปลงสายพันธุ์ของผลผลิต (บัณฑิต, 2542) เครื่องคัดขนาดมีหลายชนิดดังต่อไปนี้

1. เครื่องคัดขนาดแบบสายพานลำเลียงเจาะรู

มีลักษณะเป็นโต๊ะที่มีสายพานลำเลียงเจาะรูไว้เพื่อการคัดขนาด ในสายการบรรจุผลไม้เมื่อผลิตผลถูกพามาด้วยสายพานลำเลียงถึงโต๊ะคัดขนาดนี้ ผลิตผลจะถูกปล่อยให้กลิ้งต่อไปบนโต๊ะสายพานดังกล่าว ในขณะที่ผลิตผลถูกพาไปบนสายพานเจาะรู ผลใหญ่กว่าจะเคลื่อนที่ผ่านไปผลเล็กกว่าจะตกผ่านลงไป ผลที่ตกผ่านรูจะถูกพาไปสู่สถานีบรรจุด้วยมือ โดยสายพานลำเลียงที่อยู่ใต้สายพานเจาะรูนั้น ในโรงบรรจุสมัยใหม่จะถูกใช้งานเป็น Presizer เพื่อคัดเอาผลไม้ที่ตกขนาด (Undersize) ออกไปตั้งแต่เริ่มสายการบรรจุ มีความแม่นยำในการคัดขนาดปานกลาง (ภาพที่ 1)

ในเมืองไทยได้มีการนำหลักการนี้มาใช้กับเครื่องคัดขนาดส้มเขียวหวาน (ภาพที่ 2) ส้มจะถูกพาเคลื่อนที่ไปด้วยทรงกระบอกเจาะรู แรงความโน้มถ่วงของผลส้มเองและความต้านทานการกลิ้ง เนื่องจากความลาดเอียงของตัวเครื่อง ทรงกระบอกทำด้วยวัสดุหลายชนิด เช่น ท่อพีวีซี หรือไม้อัดหุ้มด้วยอลูมิเนียม แล้วนำมาเจาะรูตามขนาดที่ต้องการ จากรูเล็กในทรงกระบอกบนไปสู่รูใหญ่ที่สุดที่ทรงกระบอกล่าง ส้มที่มีขนาดเล็กกว่ารูจะตกไปในทรงกระบอก และจะมีรางเอียงรองรับภายใน ส้มจะเคลื่อนออกมาด้วยแรงโน้มถ่วงแล้วมารวมกันที่ช่องเปิด โดยเมื่อเปิดช่องส้มก็จะไหลลงตะกร้าหรือภาชนะที่มารองรับ เครื่องคัดขนาดส้มไทย (บัณฑิต และคณะ, 2531) ประกอบด้วยตะแกรงทรงกระบอก 5 อัน มีเส้นผ่าศูนย์กลางของรูตะแกรง 51, 56, 60, 67 และ 70 มม. ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า สามารถคัดส้มเขียวหวานได้ 6 ขนาด ที่สมรรถนะ 1.5 ตัน/ชม. ประสิทธิภาพการคัดขนาด 87.5 % สิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้า 0.32 กิโลวัตต์ ข้อดีของเครื่องคัดส้มนี้คือ โครงสร้างง่าย ให้สมรรถนะ (ตัน/ชม.) สูง และมีความแม่นยำในการคัดขนาดสูง เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้ ข้อเสียคือ (ก) เมื่อป้อนผลส้มเข้ามากเกินไปการไหลของผลส้มจะช้าหรือขี้นกันทำให้ส้มบางผลซึ่งเล็กกว่ารูไม่ได้สอบเทียบกับรูและข้ามเกรตนั้นไปจึงทำให้ตกผิดเกรต และ (ข) ถ้าปริมาณสัมน้อยเกินไป จะมีส้มบางผลหยุดการเคลื่อนที่ระหว่างทรงกระบอกและไม่ถูกคัดขนาด



ภาพที่ 1 เครื่องคัดขนาดแบบสายพานลำเลียงเจาะรู



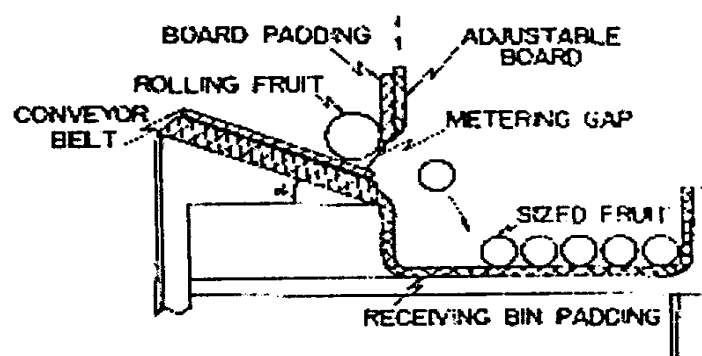
ภาพที่ 2 เครื่องคัดขนาดส้มเขียวหวาน

2.เครื่องคัดขนาดแบบสายพานและแผ่นกัน

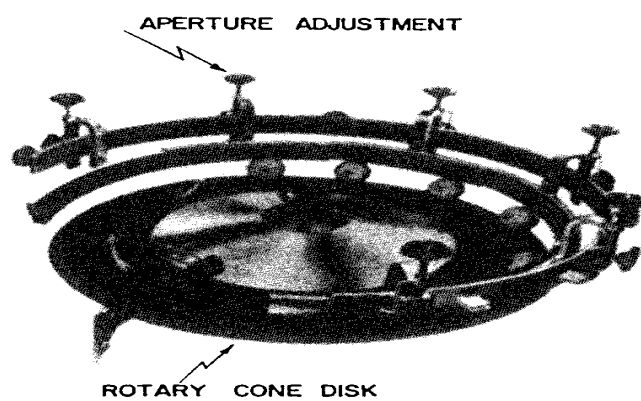
ผลไม้จะเคลื่อนที่เป็นแบบเรียงเดี่ยว (Single file) ไปบนสายพานลำเลียง (ภาพที่ 3) ซึ่งเอียงทำมุม α กับแนวระดับ มุมนี้ทำให้ผลไม้กลิ้งไปสู่แผ่นกันในแนวตั้งที่หุ้มห่อด้วยวัสดุกันกระแทกอันเป็นที่ให้ผลไม้กลิ้งและสัมผัสไปในขณะคัดขนาด การปรับตั้งแผ่นกันในแนวตั้งทำให้เกิดช่องสอบเทียบ (Metering gap) ซึ่งทำหน้าที่เหมือนประตูที่จะรับเอาผลไม้ที่มีขนาดเล็กกว่าช่องนั้น ช่องสอบเทียบจะมีขนาดกว้างขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีถึงรับผลไม้ในแต่ละขนาดของช่องสอบเทียบตลอดแนวความยาวของเครื่องคัดขนาด ผลไม้ขนาดเล็กที่สุดจะตกลงสู่ถังรับใบแรก ในขณะที่ผลไม้ใหญ่ขึ้นจะตกในถังถัดไป

เครื่องคัดขนาดแบบนี้เหมาะกับผลไม้ทรงกลมประเภท Spherical และ Spheroidal การปรับปรุงที่สำคัญของเครื่องนี้คือ เครื่องคัดขนาดแบบ Rotary Greefa (ภาพที่ 4) ซึ่งนำแผ่นรูปกรวยที่หุ้มด้วยวัสดุกันกระแทกมาใช้แทนสายพานยาว ผลไม้จะเคลื่อนที่เป็นวงกลมมีแผ่นกันสอบเทียบติดตั้งเหนือขอบกรวยและสามารถปรับระดับได้

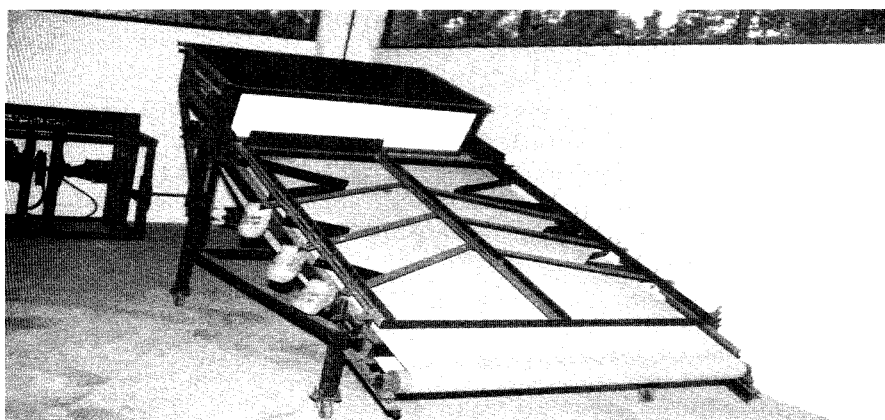
บัณฑิตและคณะ(2533)ได้พัฒนาเครื่องคัดขนาดมะนาวแบบสายพานและแผ่นกัน โดยใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้า กระบะรับผลมะนาวก่อนการคัดขนาด บรรจุได้ครั้งละ 160 กก. สามารถคัดมะนาวส่งออกพันธุ์ไข่และพันธุ์แป้นผิดได้ร้อยละ 3 ที่สมรรถนะ 448 กก./ชม.(ภาพที่ 5) ความเสียหายเชิงกลน้อยมาก ถาดป้อนจะอยู่สูงแล้วปล่อยให้ผลไม้เคลื่อนที่ลงมาด้วยแรงโน้มถ่วง ตัวสายพานเคลื่อนที่ขึ้น ระนาบของแผ่น Board ตั้งฉากกับสายพาน แต่เอียงเป็นมุมลงด้านข้าง เพื่อให้ผลไม้ไหลลงสู่ถาดรับ ช่องสอบเทียบจะเป็นช่องใหญ่ด้านบนไปสู่ช่องเล็กด้านล่าง ดังนั้นผลไม้ใหญ่จะถูกคัดออกก่อนผลไม้เล็ก ข้อดีของเครื่องนี้คือผลไม้ใหญ่ซึ่งมีความไวต่อการบอบช้ำได้ง่ายจะถูกคัดก่อน ข้อเสียก็คือ ความสามารถในการคัดขนาดต่ำ เครื่องมีขนาดใหญ่ และต้องป้อนผลไม้ในที่สูง



ภาพที่ 3 เครื่องคัดขนาดแบบสายพานและแผ่นกั้น



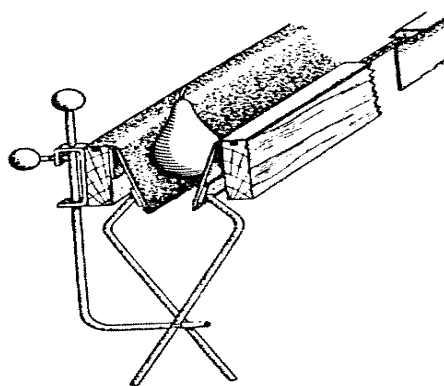
ภาพที่ 4 เครื่องคัดขนาดแบบ Rotary Greefa



ภาพที่ 5 เครื่องคัดขนาดมะนาวแบบสายพานและแผ่นกั้น

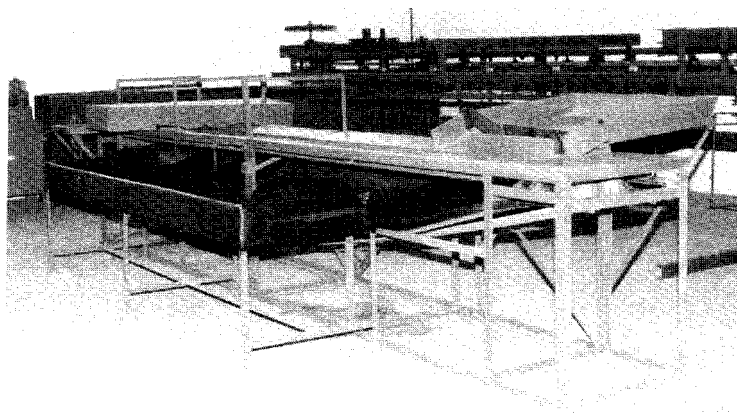
3. เครื่องคัดขนาดแบบสายพานบานออก

ผลไม้เคลื่อนที่แบบเรียงเดี่ยว (Single file) ไประหว่างสายพานลำเลียง 2 เส้น ที่หุ้มห่อด้วยวัสดุกันกระแทก วางเอียงในลักษณะตัววี มีช่องว่างระหว่างสายพานค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากถาดรับผลไม้ก่อนการคัดขนาดไปยังท้ายเครื่อง ทำให้ผลเล็กตกก่อนส่วนผลใหญ่จะเคลื่อนที่ต่อไปและหล่นที่ช่องว่างระหว่างสายพานที่กว้างกว่า เหมาะกับการคัดขนาดลูกแพร์ อโวคาโด เป็นต้น (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 เครื่องคัดขนาดแบบสายพานบานออก

บัณฑิตและคณะ (1988) ได้นำหลักการแบบสายพานบานออกมาพัฒนาเครื่องคัดขนาดมังคุด ซึ่งประกอบด้วยสายพานบานออกที่ทำด้วยสายพานผ้าใบ 3 ชั้น ขนาดกว้าง 3 นิ้ว 2 เส้น วางเอียงเข้าหากัน มีความลาดเอียง 25 องศา ความยาวของเครื่อง 4 เมตร ขับเคลื่อนสายพานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ 50 Hz. เครื่องสามารถคัดขนาดผลมังคุดได้ 3 เกรด คือ Extra, A และ B ซึ่งมีน้ำหนักต่อผลมากกว่า 100 กรัม, 75-100 กรัม และน้อยกว่า 75 กรัม ตามลำดับ สมรรถนะของเครื่องประมาณ 1000 กก/ชม. ที่ประสิทธิภาพการคัดขนาด 80 % ข้อดีของเครื่องแบบนี้คือ สร้างง่าย การบำรุงรักษาน้อย แต่มีข้อเสียคือ ช่องสอบเทียบมีขนาดไม่คงที่ เพราะขอบของสายพานที่ใช้มีผิวค่อนข้างไม่เรียบทำให้ความแม่นยำในการคัดขนาดไม่ดี และตัวเครื่องมีขนาดใหญ่ราคาแพง (ภาพที่ 7)

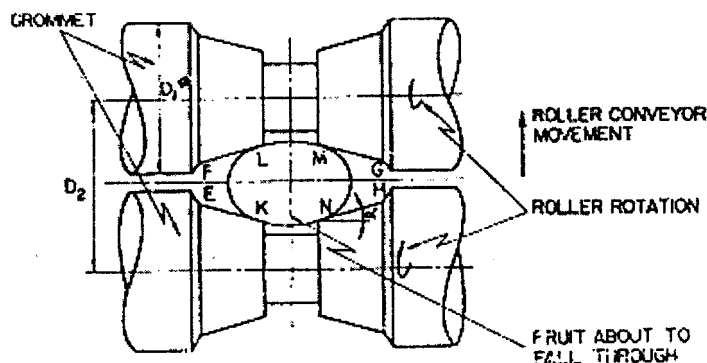


ภาพที่ 7 เครื่องคัดขนาดมังคุดแบบสายพานบานออก

4.เครื่องคัดขนาดแบบลูกกลิ้งบานออก

ประกอบด้วย ลูกกลิ้งผิวเรียบ ลูกกลิ้งถูกวางตามแนวการเคลื่อนที่ของผลไม้ระยะห่างของลูกกลิ้งจะค่อยๆกว้างขึ้นจากปลายด้านบนสู่ด้านล่าง ลูกกลิ้งทั้งคู่จะวางขนานกัน ทำมุมกับแนวระนาบประมาณ 5-20 องศาขึ้นกับผลผลิต ผลผลิตจะเคลื่อนที่อยู่ในช่องว่างระหว่างลูกกลิ้ง ผลไม้ที่มีขนาดเล็กจะตกก่อน ส่วนขนาดใหญ่จะตกปลายลูกกลิ้ง ใช้กับผลไม้ขนาดใหญ่เสียหายยาก หรืออาจเป็นลูกกลิ้งผิวเรียบลักษณะแบ่งออกเป็นช่วงๆแต่ละช่วงกันด้วยแท่งยาง ลูกกลิ้งจะหมุนรอบตัวเองในทิศทางเดียวกันทุกลูก ลูกกลิ้งชุดแรก ๆ จะมีระยะห่างกันน้อย ยอมให้ผลไม้ขนาดเล็กผ่านได้ ลูกกลิ้งชุดต่อไปจะมีระยะห่างมากขึ้นเพื่อให้ผลไม้ขนาดใหญ่ลอดผ่าน (Henderson และ Perry, 1970)

ลำดับต่อมาได้พัฒนาโดยนำเอาลูกกลิ้งแบบแกนหลอดด้ายมาแทนลูกกลิ้งธรรมดา (ภาพที่ 8) ช่องคัดขนาดถูกกำหนดด้วยรูปร่างของแกนหลอดด้ายและระยะห่าง D_2 ระหว่างลูกกลิ้ง ลูกกลิ้งจะหมุนรอบแกนลูกกลิ้งเนื่องจากแรงเสียดทาน ผลไม้ถูกทำให้หมุนไปโดยลูกกลิ้งที่จุดสัมผัส 4 จุด คือ K, L, M และ N ระยะห่าง D_2 ระหว่างลูกกลิ้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ผลไม้ที่หมุนจะตกสู่สายพานลำเลียงข้างใต้ มีความแม่นยำสูง สมรรถนะไม่ควรเกิน 80% ของช่องคัดขนาดต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งกำหนดโดยความกว้างและความเร็วในการเดินเครื่อง (Peleg, 1985)



ภาพที่ 8 เครื่องคัดขนาดแบบลูกกลิ้งแกนหลอด้าย

5. เครื่องคัดขนาดด้วยน้ำหนัก

เป็นเครื่องที่ใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการคัดขนาด ผลผลิตหลายอย่างมีรูปร่างเบี่ยงเบนไปมากจากรูปทรงกลม หรือ กิ่งทรงกลม เช่น หัวแครอท มะม่วง แตงกวา ผักกาด อะโวคาโด การคัดขนาดโดยอาศัยเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวผิดพลาดได้ง่าย การใช้น้ำหนักของผลผลิตทำได้ถูกต้องมากกว่า แต่เครื่องมีราคาแพง การชั่งน้ำหนักให้ถูกต้องทำได้ช้าเมื่อเปรียบเทียบกับคัดขนาดตามเส้นผ่าศูนย์กลางหรือความยาว เครื่องคัดขนาดโดยน้ำหนักรู้จัก 3 ประเภท

5.1 แบบใช้สปริง

ศิวลักษณ์ และคณะ (2530) ได้พัฒนาเครื่องคัดขนาดมะม่วงโดยใช้น้ำหนัก จะมีสถานีชั่งน้ำหนักอยู่กับที่ ผลไม้ที่ต้องการคัดขนาดในถาดเคลื่อนที่มาถึงสถานีชั่งน้ำหนัก เกิดการชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบกับระบบคานดีด-คานผลัก ถาดไม่กระดก เพราะถาดผลไม้ถูกพยุงไว้ด้วยราง เมื่อถาดผลไม้เคลื่อนมาถึงสถานีชั่งน้ำหนักอยู่กับที่หนึ่ง ๆ จะเป็นเวลาพอดีที่รางหมด ถาดผลไม้จะเปรียบเทียบกับน้ำหนักมาตรฐานในสถานีที่อยู่กับที่ ถ้าผลไม้หนักน้อยกว่า ถาดผลไม้ยังไม่กระดก และเคลื่อนที่ไปยังสถานีชั่งอันต่อไป แต่ถ้าหนักกว่า ถาดผลไม้จะกระดกลงสู่ถังรับ (ภาพที่ 9)

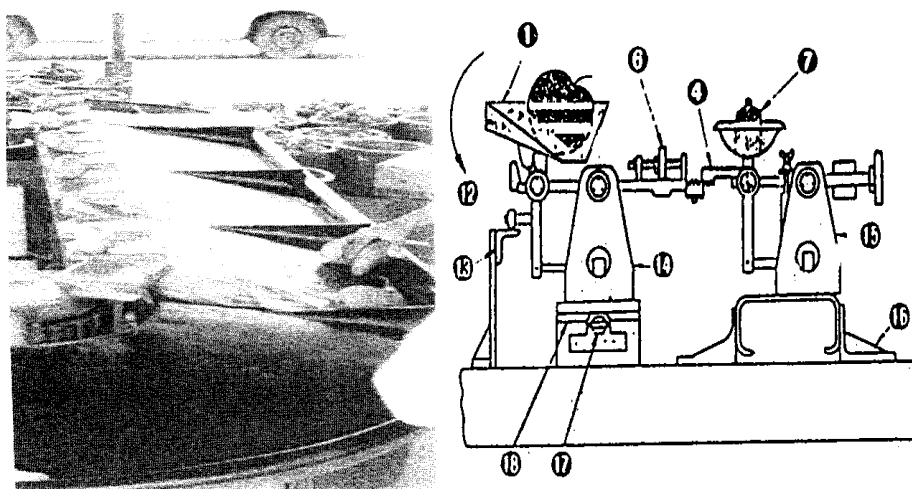
5.2 แบบ Strain Gauge Signal

สัญญาณไฟฟ้าแบบ Analog จาก Strain gauge จะเป็นสัดส่วนกับน้ำหนักผลไม้ สัญญาณจะถูกแปลงเป็นสัญญาณ Digital และป้อนเข้าสู่การคำนวณน้ำหนักจริงโดย ไมโครโปรเซสเซอร์

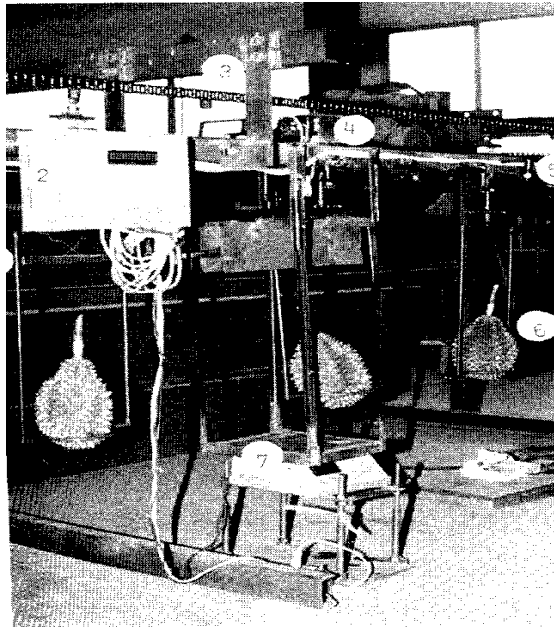
5.3 แบบเครื่องชั่งไฟฟ้า

ใช้เซ็นเซอร์ เช่น โหลดเซลล์ Microprocessor และ Compute Programming Set ตรวจจับผลไม้ที่ละลูก เครื่องจะจำและส่งสัญญาณให้เกิดการคัดแยก เช่น กระตุ้น Relay ให้เป้า กระแสลมไปดันผลิตผลออกไปสู่ถังรับหรือส่งสัญญาณไฟฟ้าให้ Sorter หยิบออกไปวางยัง ถังรับ

บัณฑิต และคณะ (1992) ได้พัฒนาเครื่องคัดขนาดทุเรียน เครื่องประกอบด้วยสายพานลำเลียงโซ่ อุดลากสาแหรก 32 อัน ไกด์ ตาชั่งไฟฟ้าพิสัยวัด 0-10 กิโลกรัม ไมโครโปรเซสเซอร์ 8751 มีหน่วยควบคุม, หลอดไฟคัดขนาดและตัวเซ็นเซอร์ พบว่าระบบสามารถคัดขนาดทุเรียนได้ 1.35 ตัน/ชม. ที่ความผิดพลาด 17 % ในขณะที่คนคัดด้วยมือยังผิดพลาด 43.3 % ตรวจไม่พบความเสียหายเชิงกลเนื่องจากเครื่อง (ภาพที่ 10)



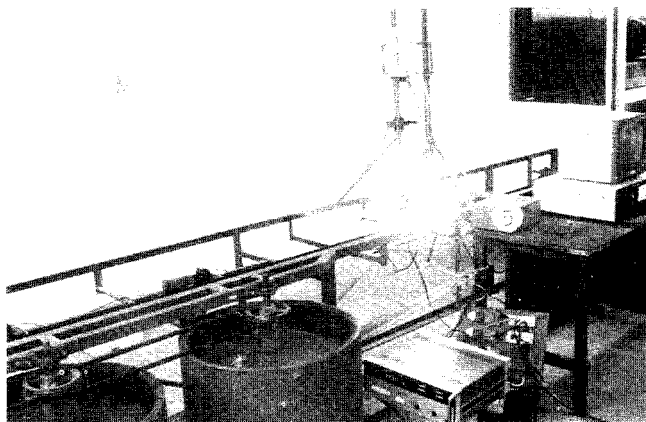
ภาพที่ 9 เครื่องคัดขนาดโดยน้ำหนัก



ภาพที่ 10 เครื่องวัดขนาดทุเรียนโดยน้ำหนัก

6. เครื่องวัดขนาดระบบแปรรูปภาพ

บัณฑิต และคณะ (2534) ได้พัฒนาเครื่องวัดขนาดมะม่วง ซึ่งทำงานบนหลักการที่ว่าพื้นที่ภาพถ่ายของผลมะม่วงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับน้ำหนักผลมะม่วง เครื่องนี้มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ระบบลำเลียง ระบบคัดเลือก และถังรับผลมะม่วง มะม่วงถูกลำเลียงมาตามสายพานจนถึงเซนเซอร์ ตัวเซนเซอร์จะส่งสัญญาณให้กล้องโทรทัศน์วงจรปิดถ่ายภาพฉายของผลมะม่วง ภาพที่ได้จะถูกส่งให้กับระบบคัดเลือก เพื่อคำนวณพื้นที่ภาพถ่ายของผลมะม่วงเปรียบเทียบกับพื้นที่ภาพถ่ายของผลมะม่วงขนาดมาตรฐานในแต่ละชั้น แล้วตัดสินใจว่ามะม่วงผลนั้นเป็นของชั้นอะไร ระบบคัดเลือกจะควบคุมโซลินอยด์ให้พา มะม่วงผลนั้นเคลื่อนออกจากสายพานลงไปยังถังรับ เครื่องสามารถวัดขนาดมะม่วงพันธุ์ น้ำดอกไม้ได้ 4 ชั้น สมรรถนะ 1 ตัน/ชั่วโมง ที่ประสิทธิภาพ 89.8% โดยมีความซ้ำเสียหยา ต่อมะม่วงน้อยมาก (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 เครื่องคัดขนาดระบบแปรรูปภาพ

จากการศึกษาเครื่องคัดขนาดผลไม้ชนิดต่างๆ แล้วทำให้ผู้วิจัยเลือกที่จะพัฒนาเครื่องคัดขนาดแบบกรรไฟา (Greefa sizer) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเครื่องที่มีขนาดกระทัดรัด โครงสร้างและกลไกง่าย และเกษตรกรมีแนวโน้มที่จะสามารถจัดซื้อไปลงทุนในเชิงพาณิชย์ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ในการทดสอบเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุดใช้วัสดุและอุปกรณ์สำหรับงานวัดและทดสอบ ดังนี้

- 1.ผลมั่งคุด 4 ขนาดคือขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ และใหญ่พิเศษ
- 2.นาฬิกาจับเวลา
- 3.ปากกาเขียนถาวร
- 4.เครื่องชั่งดิจิตอล ยี่ห้อ Sartorius พิกัด 0-6,100 กรัม ความละเอียด 1 กรัม
- 5.เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ยี่ห้อ Mitutoyo พิกัด 0-150 มิลลิเมตร ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร
- 6.เครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ Onosokki พิกัด 0-9,999 รอบ/นาที ความละเอียด 1,000 รอบ/นาที

วิธีการ

ประกอบด้วย การออกแบบ การสร้าง การทดสอบ การวิเคราะห์และประเมินผล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การออกแบบเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุด

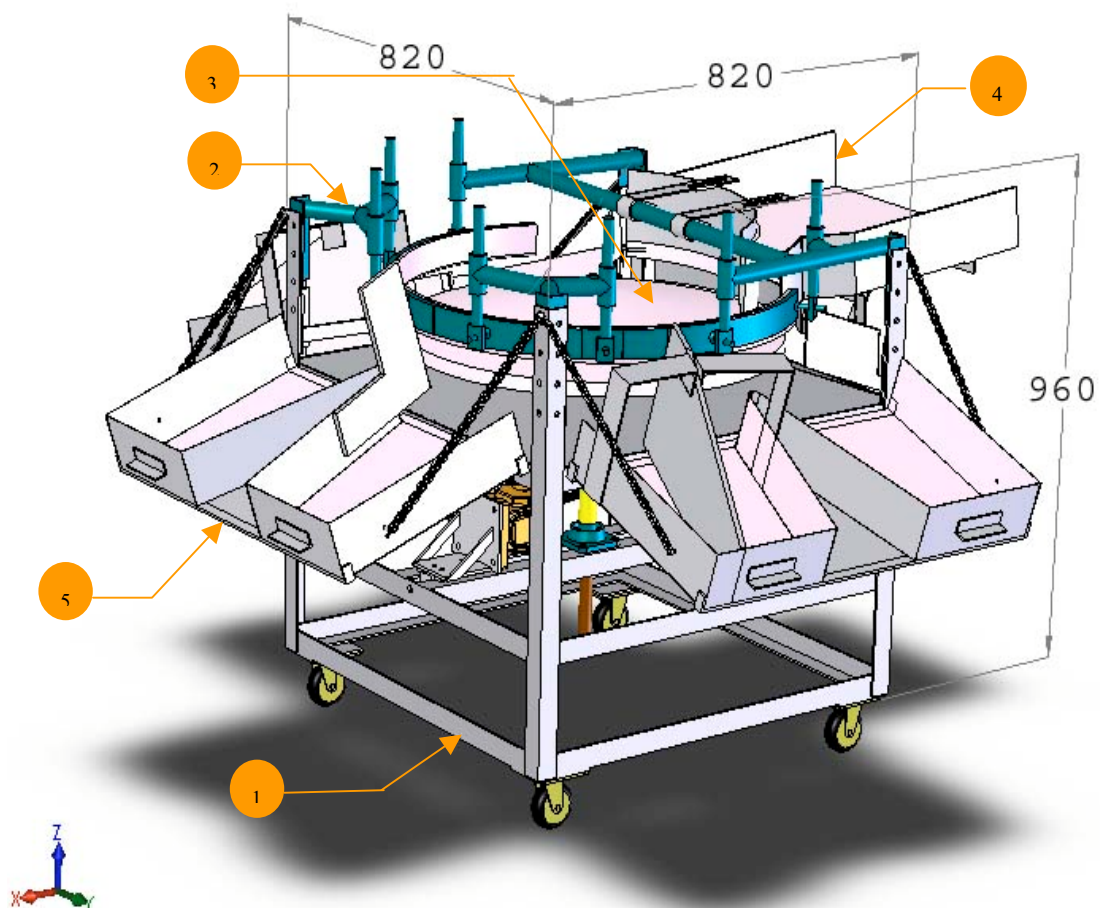
เกณฑ์สำคัญในการออกแบบคือ ก) เครื่องมีขนาดกะทัดรัด ข) กลไกการทำงานง่าย ค) ระบบคัดขนาดโดยใช้จานวงกลมคัดขนาดหมุนในแนวระดับ สามารถสอบเทียบช่องคัดขนาดกับแผ่นกั้นที่ปรับระดับความสูงต่ำเทียบกับขอบของจานคัดได้ ง) ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าเฟสเดียว ขนาด 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต การคำนวณและออกแบบแสดงรายละเอียดไว้ใน ภาคผนวก ข ภาพที่ 12 แสดงไดอะแกรมเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุดซึ่งประกอบไปด้วย

1.ชุดโครงสร้าง

ชุดโครงสร้างจะประกอบด้วยโครงเหล็ก ถาดป้อน ถาดรองรับ ฐานยึดแบร็ก ฐานยึดมอเตอร์และเกียร์ทด ฐานยึดล้อ โดยที่โครงสร้างเหล็กทำมาจากเหล็กฉากขนาด 40 x 40 มิลลิเมตร นำมาประกอบเป็นโครงสร้างขนาดกว้าง 82 เซนติเมตร ยาว 82 เซนติเมตร สูง 96 เซนติเมตร ประกอบกับถาดป้อนทำมาจากเหล็กแผ่นหนา 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 1 ด้าน และถาดรองรับทำมาจากเหล็กแผ่นหนา 1.5 มิลลิเมตร จำนวน 3 ด้าน โดยใช้ใช้ในการยึดและปรับระดับความสูงของถาดรองรับ

2.ชุดปรับช่องคัดขนาด

ชุดปรับช่องคัดขนาดประกอบด้วย แขนยึดตัวปรับแผ่นคัดขนาด แผ่นคัดขนาด แขนยึดตัวปรับแผ่นคัดขนาดทำมาจากเหล็กเพลากลวงอย่างหนาและเหล็กเพลาดัน นำมาคว้านรูและใช้เกลียวนอกขนาด 6 หุน เพื่อปรับระดับความสูงของช่องคัดขนาด แผ่นคัดขนาดทำมาจากเหล็กแผ่นกว้าง 50 มิลลิเมตร หนา 9 มิลลิเมตร นำมาม้วนให้ได้รัศมีเท่ากับ 371 มิลลิเมตร



ภาพที่ 12 ไดอะแกรมเครื่องคัดขนาดผลมังคุด (หน่วย : มิลลิเมตร)

- | | | |
|------------------|------------------------|----------------|
| (1) ชุดโครงสร้าง | (2) ชุดปรับช่องคัดขนาด | (3) จานคัดขนาด |
| (4) ถาดป้อน | (5) ถาดรองรับ | |

3. ชุดงานคัตขนาด

ชุดงานคัตขนาดประกอบด้วยงานคัตขนาด เพลาขับ แบริง ดุมงานคัต งานคัตขนาดมีลักษณะเป็นกรวยกลวง เพื่อให้มีน้ำหนักเบา สร้างขึ้นโดยใช้เหล็กแผ่นหนาขนาด 12 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 700 มิลลิเมตร นำมาปาดขอบให้ได้มุมเอียงเท่ากับ 10 องศา และใช้เหล็กแผ่นอย่างบางหนา 1 มิลลิเมตร ปั้นขึ้นรูปกรวย และทำมุมกับแนวระดับ 10 องศา นำมาประกอบกันโดยเหล็กแผ่นอย่างหนาขนาด 12 มิลลิเมตร อยู่ด้านล่าง และเหล็กแผ่นอย่างบางหนา 1 มิลลิเมตร อยู่ด้านบน มีงานคัตขนาดทำด้วยเหล็กเพลาดันเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ยาว 50 มิลลิเมตร รูกกลางดุมเท่ากับ 25 มิลลิเมตร ดุมงานถูกเชื่อมต่อกับด้านล่างของงานคัตขนาด และถูกนำไปประกอบกับเพลาขับที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 600 มิลลิเมตร ส่วนปลายของเพลาขับด้านบนเป็นเกลียวขนาด 6 หุน เพื่อยึดงานคัตขนาดเข้าด้วยกัน.

4. ชุดต้นกำลัง

ชุดต้นกำลังประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 0.25 แรงม้า เกียร์ทด อัตราส่วน 1:40 พูเลย์ขนาด 3.5, 4 และ 6 นิ้ว สายพาน เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการ (21 รอบ/นาที)

การทดสอบ

1.การทดสอบเครื่องคัตขนาดมั่งคุดในห้องปฏิบัติการ

ประกอบด้วยการวางแผนการวิเคราะห์หาความแปรปรวนของผลการทดสอบโดยจัดการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม โดยมีปัจจัยควบคุม 4 ปัจจัยคือ วิธีการปรับช่องคัตขนาด (มี 3 แบบ Step max-2⁺, Step Peleg*, และ Slope Peleg**) ช่วงขนาดจำนวนขนาดที่คัต และความเร็วรอบจานหมุน (ได้แก่ 7, 14, 21 และ 25 รอบต่อนาที) ตัวแปรที่ถูกสังเกตภายใต้การแปรปรวนของปัจจัยควบคุมมี 3 ตัว คือ ประสิทธิภาพในการคัตขนาด (E_w) สมรรถนะในการคัตขนาด (Q) และความผิดพลาดในการคัตขนาดเฉลี่ย (C_R)

+ คือ การเอาค่า Dmax ที่มากที่สุดของตัวอย่างมั่งคุดในแต่ละเกรดเป็น มม. ลบด้วย 2 มม.

แล้วนำไปตั้งค่าความกว้างช่องคัตขนาดของเกรดนั้นๆ

* คือ การเอาค่าที่ได้จากสมการแบ่งเกรดของ Peleg มาตั้งค่าความกว้างของช่องคัตขนาด

** คือ การเอาค่าที่ได้จากสมการแบ่งเกรดของ Peleg มาตั้งค่าความกว้างของช่องคัตขนาดที่จุดระหว่างเกรด

1.1การทดสอบเครื่องคัดขนาดมังคุด ตอนที่1

การทดสอบเครื่องคัดขนาดมังคุด ตอนที่1นี้ เป็นการทดสอบก่อนทำการดัดแปลง โดยการปรับช่องคัดขนาดแบบ Step max-2 และSlope Peleg ที่ความเร็วรอบงานคัดขนาด 6, 9 และ 16 รอบต่อนาที จำนวน 5 ซ้ำ ใช้มังคุด 4 ขนาดคือ เล็ก กลาง ใหญ่และใหญ่พิเศษ (เกรดD เกรดC เกรดB และ เกรดA ตามลำดับ) ขนาดละ 15 ผล เพื่อพิจารณาถึงแนวโน้มของปัจจัยที่ต้องการประเมิน มีวิธีการดังนี้

วิธีการทดสอบ

- 1.เลือกผลมังคุดที่ซื้อมาจากเกษตรกรที่เก็บใหม่ ๆ จากสวนและไม่มีตำหนิ แล้วแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีช่วงขนาด 20และ 30 กรัม ตามลำดับ
- 2.ชั่งน้ำหนักตามตารางที่1 และทำเครื่องหมายกำกับแต่ละผลว่าเป็นขนาด A, B , C และ D พร้อมต่อท้ายด้วยหมายเลขประจำผลไม้ โดยเรียงลำดับตั้งแต่ 1 ขึ้นไปจนถึงผลสุดท้ายของแต่ละเกรดและบันทึกค่าน้ำหนักไว้

ตารางที่ 1 ช่วงขนาดและเบอร์ขนาดของผลมังคุด

ช่วงขนาด(กรัม)	น้ำหนักของผลมังคุดที่ต้องการ (กรัม)			
	เกรด D	เกรด C	เกรด B	เกรด A
20	50 - 70	70 - 90	90 - 110	110 – 130
30	50 - 80	80 - 110	110 - 140	140 - 170

3. วัดเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุดของผลมังคุดทุกผล และบันทึกค่าไว้
4. ตั้งช่องสอบเทียบการคัดขนาดแบบ Slope Peleg โดยนำค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเส้นผ่าศูนย์กลางของผลมังคุดของช่วงขนาด 20 กรัม มาคำนวณหาค่าเส้นผ่าศูนย์กลางตรงจุดแบ่งเกรดด้วยสมการ(Peleg,1985)ดังนี้

$$X_{s1} = \frac{(\mu_1\sigma_1^2 - \mu_2\sigma_2^2)}{(\sigma_1^2 - \sigma_2^2)} \pm \left[\frac{(\mu_1\sigma_1^2 - \mu_2\sigma_2^2)^2}{(\sigma_1^2 - \sigma_2^2)^2} - \frac{(\mu_1^2\sigma_1^2 - \mu_2^2\sigma_2^2 - 2\sigma_1^2\sigma_2^2 \ln(\sigma_1 / \sigma_2))}{\sigma_1^2 - \sigma_2^2} \right]^{1/2} \dots\dots(1)$$

เมื่อ

μ_1 = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางมั่งคุดเกรดที่1

μ_2 = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางมั่งคุดเกรดที่2

σ_1^2 = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเส้นผ่าศูนย์กลางมั่งคุดเกรดที่1

σ_2^2 = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเส้นผ่าศูนย์กลางมั่งคุดเกรดที่2

5.เดินเครื่องคัดขนาดด้วยความเร็ว 6 รอบ/นาที

6.นำผลมั่งคุดที่จะทำการทดลองมาละกันทั้งหมดทุกเกรด

7.ป้อนผลมั่งคุดที่คัดเกรดแล้วจากถาดป้อนเข้าสู่เครื่องคัดอย่างต่อเนื่อง

8.เริ่มจับเวลาตั้งแต่ผลมั่งคุดผลแรกเข้าสู่ระบบการคัดขนาดจนถึงมั่งคุดผลสุดท้าย เป็นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการป้อน

9.เมื่อเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุดแล้ว มั่งคุดจะตกลงในถาดรองรับของแต่ละขนาดให้จับเวลาเมื่อผลมั่งคุดลูกแรกของแต่ละขนาดตกลงมาจนถึงผลมั่งคุดลูกสุดท้ายของขนาดนั้น

10.จำแนกและบันทึกว่าผลมั่งคุดที่ตกในแต่ละขนาดทั้งผลที่ตกถูกขนาดและผลที่ตกผิดขนาด และบันทึกไว้

11.บันทึกค่าการใช้ไฟฟ้า ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลมั่งคุดและข้อบกพร่องของเครื่องที่สังเกตได้ระหว่างการทดลอง

12.ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 5 – 11 อีก 4 ครั้ง

13.ตั้งช่องสอบเทียบการคัดขนาดแบบ Step max-2 โดยนำค่าของเส้นผ่าศูนย์กลางที่มากที่สุดของแต่ละเกรดมาลบออก 2 มม. แล้วนำไปตั้งระยะของช่องสอบเทียบคัดขนาดที่แผ่นกันเครื่องคัดขนาดแล้วทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 5 ถึง 11 ทดลองซ้ำอีก 4 ครั้ง

14.ทำซ้ำการทดลองข้อ 5 – 13 ที่ความเร็วเครื่องคัด 9 , 16 รอบ/นาที(แบบ 3 เกรด)และ ทำซ้ำการทดลองตั้งแต่ข้อ 5 – 13 ที่ความเร็ว 9 และ 16 รอบ/นาที(แบบ 4 เกรด)

15.ทำซ้ำการทดลองข้อ 4 – 14 สำหรับกลุ่มผลมั่งคุดช่วงขนาด 30 กรัม

16.วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล Q , E_w และ $\overline{C}_R$ ด้วยเทคนิค ANOVA

1.2การทดสอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุด ตอนที่2

การทดสอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุด ตอนที่2 เป็นการทดสอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุดครั้งที่ 1 เมื่อทำการดัดแปลงเครื่องแล้ว โดยใช้ความเร็วรอบเป็น 7,14 และ21 รอบต่อนาที แทนความเร็วรอบ 6,9 และ 16 รอบ/นาที ทำการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุด(ตอนที่1)

1.3การทดสอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุด ตอนที่3

ทำการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุด ตอนที่1และตอนที่2 แต่ใช้ปริมาณมั่งคุดแต่ละขนาดเป็น 30 ผล ทำการเพิ่มความเร็วในการคัดขนาดเป็น 7, 14, 21 และ 25 รอบต่อนาที โดยเพิ่มวิธีการปรับช่องคัดขนาดเป็น 3 วิธี คือ Step max-2, Step Peleg และ Slope Peleg.

2.การทดสอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุดที่ผลิตโดยโรงงาน

เป็นการทดสอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุดที่ผลิตโดยโรงงาน(เพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องคัดขนาดด้วยคน) โดยใช้ข้อมูลจากการทดสอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุดในห้องปฏิบัติการ ใช้มั่งคุดคละเกรดประมาณ 650 กิโลกรัม วิธีการปรับช่องคัดขนาดแบบ Step max-2 ความเร็วรอบในการคัดขนาด 21 รอบต่อนาทีเพื่อทดสอบหาความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย(C_R) และ สมรรถนะในการคัดขนาด(Q)

วิธีการทดสอบ

- 1.ชั่งน้ำหนักผลมั่งคุดทั้งหมด(ยกชั่งทั้งตะกร้าและหักน้ำหนักตะกร้าออก)
- 2.สุ่มมา 20% ของมั่งคุดทั้งหมด นำมาวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่มากที่สุดในแต่ละผล และชั่งน้ำหนักแต่ละผลจนครบทั้งหมด
- 3.นำข้อมูลที่ได้(ในข้อที่ 2)มาหาค่าที่ใช้ในการปรับช่องคัดขนาดแต่ละเกรด โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดเรียงข้อมูล(จะได้ข้อมูลในการปรับช่องคัดขนาด 2 ชุดข้อมูลคือ ช่วงขนาด 20 กรัม และ ช่วงขนาด 30 กรัม)
- 4.ผสมผลมั่งคุดทั้งหมดที่สุ่มมา 20% กลับเข้าไปในกลุ่มเดิม
- 5.เริ่มทำการทดลองที่ช่วงขนาด 20 กรัม
- 6.เดินเครื่องคัดขนาดมั่งคุด เริ่มจับเวลาป้อนผลมั่งคุดโดยป้อนอย่างต่อเนื่อง ให้เครื่องทำการคัดขนาดมั่งคุดครบ 4 นาที แล้วจึงเก็บมั่งคุดที่คัดแล้วในแต่ละช่องเกรดเป็นเวลา 1 นาที ใส่ถุงพลาสติกที่ทำสัญลักษณ์เพื่อแสดงว่าเป็นการเก็บข้อมูลครั้งที่เท่าไร ของช่องเกรดอะไรและช่วงขนาดที่เท่าไร
- 7.ทำซ้ำจนหมดและหยุดเวลา
- 8.ทำการชั่งน้ำหนักมั่งคุดในถุงทั้งหมด(ที่ได้ทำการสุ่มเก็บจากการคัดขนาดในแต่ละช่องเกรด)ทุกถุง แล้วใช้คอมพิวเตอร์ทำการแยกลูกผิดและลูกถูก(คิดเป็นน้ำหนัก)

9. นำค่าน้ำหนักที่ตกผิดเกรด(ข้อ 8)และน้ำหนักรวมของม้งคุดในถุงที่ถูกสุ่มทั้งหมด มาคำนวณหาค่าความผิดพลาดในการัดขนาดเฉลี่ย(C_R) และนำเอาเวลาทั้งหมดที่จับได้ ในการัดขนาดทั้ง 2 ช่วงขนาด มาทำการหาความสามารถในการัดขนาด(Q) ดังนี้ (สำหรับช่วงขนาดหนึ่ง ๆ)

$$C_R = \frac{\text{น.น.ตกผิดเกรด A} + \text{น.น.ตกผิดเกรด B} + \text{น.น.ตกผิดเกรด C} + \text{น.น.ตกผิดเกรด D}}{\text{น.น.รวมผลม้งคุดทุกถุงสำหรับแต่ละช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ของการทดลอง}}$$

$$Q = \frac{\text{น.น.ม้งคุดทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง}}{\text{เวลาที่ใช้ในการัดขนาด}}$$

10. ตรวจสอบสภาพเครื่องว่ามีความเสียหายอย่างไรบ้าง

11. ทำซ้ำการทดลองกับช่วงัดขนาด 30 กรัม

การวิเคราะห์ความผิดพลาดในการัด สมรรถนะการัด และประสิทธิภาพการัดขนาด

ประสิทธิภาพการัด สมรรถนะการัด และความผิดพลาดในการัดขนาดเฉลี่ย หาได้จากสมการการวิเคราะห์ (Peleg, 1985) ดังนี้

$$E_w = \sum \left(\frac{P_{gi} W_{gi}}{Q P_i} \right)$$

$$P_{gi} = \frac{N_{gi}}{N_{ti}}$$

$$N_{ti} = N_{gi} + N_{ij}$$

$$W_i = \frac{K_i P_i}{\sum K_i P_i}$$

$$P_i = \frac{N_i}{\sum N_i}$$

$$G_i = \frac{W_i}{t}$$

$$Q = \frac{W_t}{t}$$

$$\overline{C_R} = \frac{\sum N_{ij}}{\sum N_i}$$

เมื่อ

E_w = ประสิทธิภาพการคัดขนาด (Sizing Efficiency)

G_i = อัตราการไหลออก (Outflow rate) ของเกรด I (น้ำหนัก/เวลา)

K_i = เศษส่วนของมูลค่าหรือราคาที่มีสัมพันธ์กับเกรด I ต่างๆ

N_i = จำนวนผลมั่งคุดเกรด I เมื่อป้อนเข้าสู่การคัดขนาด

$\sum N_i$ = จำนวนผลมั่งคุดทั้งหมด n เกรด

N_{ij} = จำนวนผลมั่งคุดเกรด j ที่ตกในช่องเกรด I

N_{gi} = จำนวนผลมั่งคุดเกรด I ที่ตกในช่องเกรด I (ถูกคัดออกมาถูกต้อง)

N_{ti} = จำนวนผลมั่งคุดทั้งหมดที่ตกในช่องเกรด I

P_i = เศษส่วนของผลมั่งคุดเกรด I ในผลมั่งคุดทั้งหมดเริ่มคัดขนาด

P_{gi} = เศษส่วนของผลมั่งคุดถูกต้องที่คัดได้ในช่องเกรด I

Q = สมรรถนะหรืออัตราการไหลเข้า (Inflow rate) (น้ำหนัก/เวลา)

t = เวลาที่ใช้ในการคัดขนาด

W_i = ฟังก์ชันน้ำหนัก (Weighting function) ที่หาได้จากสมการ

w_i = น้ำหนักรวมของผลมั่งคุดที่ตกในช่องเกรด I (สมนัยกับ N_{gi})

w_t = น้ำหนักรวมของผลมั่งคุดทั้งหมด (สมนัยกับ $\sum N_i$)

$\overline{C_R}$ = อัตราการเจือปนเฉลี่ย (Contamination ratio)

= จำนวนวัสดุเป็นชิ้นหรือกิโลกรัมที่เข้าไปอยู่ในช่องทางออกของวัสดุเกรดอื่น/จำนวนวัสดุทั้งหมดในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง (บัณฑิต, 2544)

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

วันชัยและชอุ่ม (2538) กล่าวว่าเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเป็นการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดการประหยัดทรัพยากร โดยเน้นความคุ้มค่าและก่อให้เกิดประโยชน์มากที่สุด แต่เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เป็นการประเมินต้นทุนเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุน ในการประเมินค่าใช้จ่ายของการสร้างเครื่องและการคัดขนาดผลมั่งคุดเป็นดังนี้ (คิดเฉพาะราคาที่จัดซื้อหรือสร้าง ไม่คิดค่าที่ดิน โรงเรือน ค่าประกันโรงเรือนและอื่นๆ)

1. ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (First cost)

ต้นทุนเริ่มแรกคือค่าใช้จ่ายสำหรับลงทุนเริ่มต้น เช่น เครื่องจักร ที่ดิน เป็นต้น.

2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating cost)

ต้นทุนในการดำเนินการคือ ค่าใช้จ่ายที่ต้องเตรียมไว้เพื่อดำเนินการกับทรัพยากรที่ต้องลงทุนไปเพื่อให้เกิดผลผลิต แบ่งเป็น

2.1 ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) คือค่าใช้จ่ายที่คงที่ไม่แปรไปตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าเสียโอกาสของทุนในเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุด

2.2 ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost) คือค่าใช้จ่ายที่แปรไปตามปริมาณการผลิต เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนตามปริมาณผลมั่งคุดที่นำมาคัดขนาด

1. ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการคัดขนาดผลมั่งคุด หาได้จาก

$$AC = FC + VC$$

เมื่อ

AC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการคัดขนาดผลมั่งคุดต่อปี (บาทต่อปี)

FC = ค่าเสื่อมราคาของเครื่องคัดมั่งคุด(D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน(R)

VC = ค่าจ้างแรงงาน (W) + ค่าไฟฟ้า (E) + ค่าบำรุงรักษา (M)

ค่าเสื่อมราคา (คิดวิธีเส้นตรง)

$$D = \frac{(P - S)}{L}$$

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน

$$R = \frac{(P + S)}{2} \times i$$

เมื่อ

P = ราคาซื้อหรือสร้างเครื่องจักรขนาดผลมั่งคุด (บาท)

L = อายุการใช้งานเครื่องจักรขนาด (สี่หรือน้อย) = 10 ปี

S = ราคาเครื่องเมื่อครบ 10 ปี = 0.1 P (บาท)

D = ค่าเสื่อมราคาต่อปี (บาท/ปี)

R = ค่าเสียโอกาสในการลงทุนต่อปี (บาท/ปี)

I = อัตราดอกเบี้ย 6.75% ต่อปี

2. จุดคุ้มทุน (Break even point, BEP)

Blank และ Tarquin (1998) เสนอสมการการหาจุดคุ้มทุนไว้ดังนี้

$$BEP_s = FC / (SU_u - VC_u)$$

เมื่อ

BEP_s = จุดคุ้มทุน (หน่วย)

FC = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)

SU_u = ราคาขายต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

VC_u = ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

3. ระยะเวลาในการคืนทุน

$$PBP = MC/P$$

เมื่อ

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

MC = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (บาท)

P = กำไร (บาท/ปี)

ในการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมมีสมมุติฐานของการลงทุน

1. ราคาผลิตภัณฑ์คงที่ เพราะฉะนั้นรายได้จากการวิเคราะห์จะเป็นเส้น

ตรง

2. ผลิตภัณฑ์สามารถขายได้หมดไม่ว่าจะผลิตเท่าไร

3. อัตราดอกเบี้ยคงที่

4. ต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันแยกออกจากกันได้ชัดเจน

5. การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจไม่มีผลต่อราคาผลิตภัณฑ์

6. นโยบายระดับบริหาร วิทยาการ และประสิทธิภาพของการดำเนินงานไม่

เปลี่ยนแปลง

4. สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย

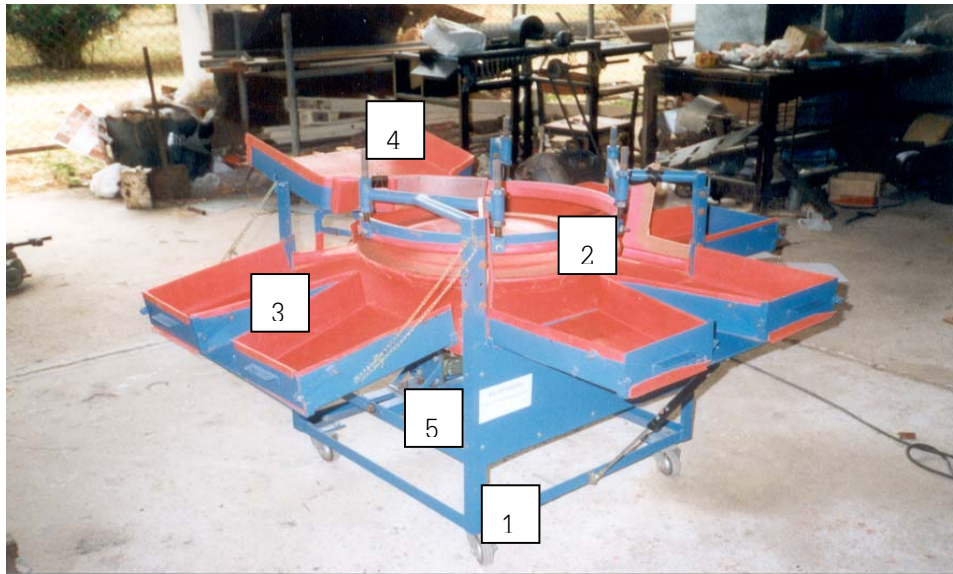
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และโรงงานจักรวาลคาร์ซีเอ็นเตอร์ อ.วังน้อย จ.

พระนครศรีอยุธยา

ผลการทดสอบและวิจารณ์

การทดสอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุด ตอนที่ 1

ภาพที่ 13 – 15 แสดงเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุดแบบจานหมุน และการตั้งระยะช่องคัดขนาดแบบ Slope Peleg และ Step max-2 ตารางผนวกที่ ข1 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลมั่งคุดที่ถูกนำมาทดลอง ตารางที่ 2-4 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย (C_R), สมรรถนะการคัดขนาด (Q) และประสิทธิภาพการคัดขนาด (E_w) ต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุม 4 ตัวแปร คือ จำนวนขนาดที่คัด (Number of sizes, NS), ช่วงขนาด (Size Range, SR), การตั้งช่องสอบเทียบ (Metering gap, MG), และความเร็วจานคัดขนาด (Speed, S) ปรากฏว่า จำนวนขนาดที่คัด (Number of sizes, NS) และช่วงขนาด (Size Range, SR) มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5% ($\text{Sig.} \leq 0.05$) ต่ออัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยหรืออัตราการคัดผิดพลาด (C_R) และประสิทธิภาพการคัดขนาด (E_w) ในขณะที่ จำนวนขนาดที่คัด (Number of sizes, NS), ช่วงขนาด (Size Range, SR) และความเร็วจานคัดขนาด (Speed, S) มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5% ($\text{Sig.} \leq 0.05$) ต่อความสามารถในการคัดขนาด (Q) ตารางที่ 5-7 แสดงค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย (C_R), สมรรถนะการคัดขนาด (Q) และประสิทธิภาพการคัดขนาด (E_w) เมื่อพิจารณาความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย (C_R) สำหรับแต่ละ Combination ของช่วงขนาด (Size Range, SR) และจำนวนขนาดที่คัด (Number of sizes, NS) จะได้ว่าจากสูตร $C_R = \frac{\sum N_{ci}}{\sum N_i}$ ถ้าจำนวนขนาดที่คัด (Number of sizes, NS) เพิ่มขึ้น $\sum N_{ci}$ มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นแต่ $\sum N_i$ คงเดิม ดังนั้นค่าความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย (C_R) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อทำการคัดผลมั่งคุดมากขึ้น การคัดขนาดที่ช่วงขนาดมากขึ้น ทำให้ค่าความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย (C_R) ลดลง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากกลไกเชิงกลคัดขนาดของเครื่องจะ sensitive พอที่จะคัดแยกได้ถูกต้องมากขึ้นประสิทธิภาพในการคัดขนาดให้ผลสอดคล้องกับ ความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย (C_R) ความสามารถในการคัดขนาด (Q) เพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วจานหมุนเพิ่มขึ้น ปกติความเร็วที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ผลมั่งคุดไถลไปตกผิดเกรดมากขึ้น แต่ถ้าระดับความเร็วจานหมุนแตกต่างกันไม่มาก (6,9 และ 16 รอบ/นาที) ผลที่ได้ออกมาตรงนี้อาจเห็นไม่ชัดเจน.



ภาพที่ 13 โครงสร้างทั่วไปของเครื่องคัดขนาดผลมังคุด (การทดสอบเครื่องตอนที่ 1)
 (1 = โครงสร้าง 2 = จานคัดขนาด 3 = ถาดรับผลมังคุด 4 = ถาดป้อนผลมังคุด 5 = เกียร์ทด)



ภาพที่ 14 การเตรียมคัดขนาดแบบ Slope Peleg (การทดสอบเครื่องตอนที่ 1)



ภาพที่ 15 การเตรียมคัดขนาดแบบ Step max-2 (การทดสอบเครื่องตอนที่ 1)

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย
ตัวคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M)และความเร็วรอบ
จานหมุน(S)

Source	Type III Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	0.117 ^a	5	2.338E-02	7.625	0.001
Intercept	1.380	1	1.380	450.144	0.000
NS	1.674E-02	1	1.674E-02	5.459	0.031
SR	8.062E-02	1	8.062E-02	26.294	0.000
MG	6.687E-03	1	6.687E-03	2.181	0.157
S	1.285E-02	2	6.427E-03	2.096	0.152
Error	5.519E-02	18	3.066E-03		
Total	1.552	24			
Corrected Total	0.172	23			

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย
ตัวคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M)และความเร็วรอบ
จานหมุน(S)

Source	Type III Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	500284.148 ^a	5	100056.830	27.861	0.000
Intercept	5916552.183	1	5916552.183	1647.45	0.000
NS	208421.299	1	208421.299	58.035	0.000
SR	27676.042	1	27676.042	7.706	0.012
MG	2.233	1	2.233	0.001	0.980
S	264184.575	2	132092.287	36.781	0.000
Error	64644.002	18	3591.333		
Total	6481480.332	24			
Corrected Total	564928.149	23			

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย
ตัวคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M)และความเร็วรอบ
จานหมุน(S)

Source	Type III Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	0.106 ^a	5	2.127E-02	6.662	0.001
Intercept	14.338	1	14.338	4490.54	0.000
NS	1.603E-02	1	1.603E-02	5.021	0.038
SR	7.206E-02	1	7.206E-02	22.569	0.000
MG	5.524E-03	1	5.524E-03	1.730	0.205
S	1.274E-02	2	6.368E-03	1.994	0.165
Error	5.747E-02	18	3.193E-03		
Total	14.502	24			
Corrected Total	0.164	23			

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย(C_R)

ช่วงคัตขนาด(กรัม)	จำนวนขนาดที่คัต	
	3	4
20	$C_R = 0.3$ $CV = 16.7\%$	$C_R = 0.3$ $CV = 9.1\%$
30	$C_R = 0.13$ $CV = 49.2\%$	$C_R = 0.24$ $CV = 19.3\%$

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของสมรรถนะคัตขนาด Q กก./ชม.

ช่วงคัตขนาด (กรัม)	ความเร็ว (รอบ/นาที)	จำนวนขนาดที่คัต			
		3		4	
		Q(กก./ชม.)	CV(%)	Q(กก./ชม.)	CV(%)
20	6	260.05	10.8979	381.05	20.4645
	9	390.085	0.6217	524.085	14.6913
	16	508.565	4.0732	711.48	2.9895
30	6	347.155	16.0778	476.525	0.3872
	9	425.9	4.203	660.845	0.2973
	16	488.175	0.1751	784.215	1.2133

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยและสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพคัตขนาด(E_w)

ช่วงคัตขนาด(กรัม)	จำนวนขนาดที่คัต	
	3	4
20	$E_w = 0.72$ $CV = 7.3\%$	$E_w = 0.72$ $CV = 2.0\%$
30	$E_w = 0.88$ $CV = 7.6\%$	$E_w = 0.78$ $CV = 6.1\%$

การทดสอบเครื่องคัดขนาดมั่งคุด ตอนที่ 2

ใช้ผลมั่งคุด 15 ผล สำหรับแต่ละขนาดและทำการทดลอง 5 ซ้ำ สำหรับแต่ละ combination ของปัจจัยตัวคุม

ตารางผนวกที่ ข2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)ของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย(C_R) พบว่า จำนวนขนาดที่คัด(NS) และความเร็วรอบจานคัดขนาด(S) มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5% ($\text{Sig.} \leq 0.05$)ต่ออัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย(C_R) ซึ่งปัจจัยตัวคุมได้มีอิทธิพลร่วมต่อกัน โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยดังตารางต่อไปนี้

ตารางผนวกที่ ข3 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีการคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า วิธีการคัดขนาด(M) แบบ Step max-2 และ Slope Peleg ณ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) และความเร็วรอบจานหมุน(S) ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน(13.166%,12.704%) เมื่อพิจารณาความเร็วรอบจานหมุน(S)ที่ 21 รอบ/นาทีของแต่ละปัจจัยตัวคุม ทำให้ได้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำสุด และพิจารณาแต่ละจำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR)ได้ว่าการคัดจำนวน 3 ขนาด ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ความเร็วรอบจานหมุน 21 รอบ/นาที ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำกว่าช่วงคัดขนาด 20 กรัม ในกรณีของการคัดจำนวน 4 ขนาด ก็เช่นเดียวกัน และเมื่อพิจารณาการคัดขนาดจำนวน 3 ขนาด ที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ความเร็วรอบจานหมุน 21 รอบ/นาที พบว่าวิธีการแบบ Step max-2 ให้ค่าอัตราส่วนการเจือปนเฉลี่ยต่ำที่สุด(3.998%)

ตารางผนวกที่ ข4 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีการคัดขนาด(M)และความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า วิธีการคัดขนาด(M) แบบ Step max-2 และ Slope Peleg ณ ช่วงคัดขนาด(SR)และความเร็วรอบจานหมุน(S) ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน(13.166%,12.704%) เมื่อพิจารณาที่ช่วงคัดขนาด 20 กรัม ความเร็วรอบจานหมุน 14 รอบ/นาที ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำสุด(11.557%) และที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ความเร็วรอบจานหมุน 21 รอบ/นาที ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำสุดเช่นกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยของทั้งสองช่วงแล้วพบว่าช่วงขนาด 30 กรัม ที่ความเร็วรอบจานหมุน 21 รอบ/นาที ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำสุด(9.722%) และเมื่อพิจารณาต่อไปอีกพบว่า วิธีการแบบ Step max-2 ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำสุด(8.831%)

ตารางผนวกที่ ข5 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของวิธีการคัดขนาด(M)และความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่าวิธีการคัดขนาด(M) แบบ Step max-2 และ Slope Peleg ณ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน(13.166%,12.704%) เมื่อ

พิจารณาความเร็วรอบจานหมุนที่ 14 รอบ/นาที่ และ 21 รอบ/นาที่ ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน(11.640%,11.514%) แต่เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบจานหมุน 21 รอบ/นาที่ วิธีการแบบ Step max-2 ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำสุด(10.054%)

ตารางผนวกที่ ข6 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของช่วงคัดขนาด(SR)และความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า ช่วงคัดขนาด(SR) 20 กรัมและ 30 กรัม ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน(12.537%,13.333%) ที่ความเร็วรอบจานหมุน 14 รอบ/นาที่และ 21 รอบ/นาที่ ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน(11.640%,11.514%) แต่เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบจานหมุน 21 รอบ/นาที่ ที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำสุด(9.722%)

ตารางผนวกที่ ข7 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของช่วงคัดขนาด(SR)และวิธีการคัดขนาด(M) ปรากฏว่า วิธีการคัดขนาด(M) แบบ Step max-2 และ Slope Peleg ณ ช่วงคัดขนาด(SR) ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน(13.166%,12.704%) และช่วงคัดขนาด(SR)ที่ 20 กรัม และ 30 กรัม ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน(12.537%,13.333%) แต่เมื่อพิจารณาที่ช่วงคัดขนาด 20 กรัม ที่วิธีการคัดขนาดแบบ Slope Peleg และที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม วิธีการคัดขนาดแบบ Step max-2 ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน (10.723%, 11.981%)

ตารางผนวกที่ ข8 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของจำนวนคัดขนาด(NS)และความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า ที่จำนวนคัดขนาด 3 ขนาด ณ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำกว่าการคัดขนาด 4 ขนาด(8.592%,17.278%) ที่ความเร็วรอบจานหมุน 14 รอบ/นาที่และ 21 รอบ/นาที่ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน (11.640% 11.514%) และเมื่อพิจารณาจำนวนคัดขนาด 3 ขนาด ที่ความเร็วรอบจานหมุน 14 และ 21 รอบ/นาที่ ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกัน(6.778%,6.444%) ที่การคัดขนาด 4 ขนาดก็เช่นกัน(16.502%,16.584%)

ตารางผนวกที่ ข9 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)ของความสามารถการคัดขนาด(Q) ปรากฏว่า ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีการคัดขนาด(M) และความเร็วรอบจานหมุน(S) มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5% (Sig.≤0.05)ต่อความสามารถการคัดขนาด(Q) ซึ่งปัจจัยตัวคุมได้มีอิทธิพลร่วมต่อกัน โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยดังตารางต่อไปนี้

ตารางผนวกที่ ข10 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของจำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีการคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า วิธีคัดขนาดแบบ Step max-2 ณ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) และความเร็วรอบจานหมุน(S) ให้ค่าความ

สามารถการัดขนาดสูงกว่าวิธีัดขนาดแบบ Slope Peleg (711.06, 671.32kg/h) เมื่อพิจารณาความเร็วจานหมุนที่ 21 รอบ/นาที ของแต่ละปัจจัยตัวคุมจะให้ค่าความสามารถในการัดขนาดมากที่สุด

ตารางผนวกที่ ข11 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนัดขนาด(NS) ช่วงัดขนาด(SR) และความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า ช่วงัดขนาด 30 กรัม ณ จำนวนัดขนาด (NS)และความเร็วรอบจานหมุน(S) ให้ค่าความสามารถการัดขนาดมากกว่าช่วงัดขนาด 20 กรัม(734.84,647.54kg/h) แต่เมื่อพิจารณาที่การัดขนาด 3 และ 4 ขนาด ที่ความเร็วรอบจานหมุน 21 รอบ/นาที ช่วงัดขนาด 20 และ 30 กรัม จะให้ค่าความสามารถการัดขนาดมากที่สุด

ตารางผนวกที่ ข12 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนัดขนาด(NS) ช่วงัดขนาด(SR)และวิธีการัดขนาด(M) ปรากฏว่า ช่วงัดขนาด 30 กรัม ณ จำนวนัดขนาดและวิธีการัดขนาด ให้ค่าความสามารถการัดขนาดสูงกว่า ช่วงัดขนาด 20 กรัม (734.84 647.54kg/h)และเมื่อพิจารณาที่จำนวนัดขนาด 3 และ 4 ขนาด ที่ช่วงัดขนาด 20 และ 30 กรัม วิธีการัดแบบ Step max-2 จะให้ค่าความสามารถการัดขนาดสูงกว่าวิธีการแบบ Slope Peleg

ตารางผนวกที่ ข13 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของวิธีการัดขนาด(M) และความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า วิธีการัดขนาดแบบ Step max-2 ณ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ให้ค่าความสามารถการัดขนาดสูงกว่าวิธีัดขนาดแบบ Slope Peleg (711.06, 671.32kg/h) และเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบจานหมุนพบว่าที่ความเร็วรอบ 21 รอบ/นาที บนวิธีการัดขนาด ให้ค่าความสามารถการัดขนาดมากที่สุด(859.66kg/h)

ตารางผนวกที่ ข14 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของช่วงัดขนาด(SR)และความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า ที่ช่วงัดขนาด 30 กรัม ณ ความเร็วรอบจานหมุน ให้ค่าความสามารถการัดขนาดมากกว่าช่วงัดขนาด 20 กรัม(734.84,647.54kg/h)และเมื่อพิจารณาความเร็วรอบจานหมุนที่ 21 รอบ/นาที บนช่วงัดขนาด 20 กรัม และ 30 กรัม จะให้ค่าความสามารถการัดขนาดมากที่สุด(859.66kg/h)

ตารางผนวกที่ ข15 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของช่วงัดขนาด(SR)และวิธีการัดขนาด(M) ปรากฏว่า ที่ช่วงัดขนาด 30 กรัม ณ วิธีการัดขนาด จะให้ค่าความสามารถการัดขนาดมากกว่าช่วงัดขนาด 20 กรัม(734.84,647.54kg/h) เมื่อพิจารณาวิธีการัดขนาดแบบ Step max-2 บนช่วงัดขนาด จะให้ค่าความสามารถการัดขนาดมากกว่าการัดขนาดแบบ Slope Peleg(711.06,671.32kg/h)

ตารางผนวกที่ ข16 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของจำนวนัดขนาด(NS)และช่วงัดขนาด(SR) ปรากฏว่า การัดจำนวน 4 ขนาด ณ ช่วงัดขนาดจะให้ค่าความสามารถการัดขนาดมากกว่าการัดจำนวน 3 ขนาด(698.26,684.12kg/h) และเมื่อพิจารณาที่ช่วงัดขนาด 30

กรัม ณ จำนวนคัตขนาด ทำให้ได้ค่าความสามารถการคัตขนาดมากกว่าช่วงคัตขนาด 20 กรัม (734.84 647.54kg/h)

ตารางผนวกที่ ข17 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)ของประสิทธิภาพการคัตขนาด(E_w) ปรากฏว่า จำนวนคัตขนาด(NS) ช่วงคัตขนาด(SR)และความเร็วรอบจานหมุน(S) มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5% (Sig. ≤ 0.05)ต่อประสิทธิภาพการคัตขนาด(E_w) ซึ่งปัจจัยตัวคุมได้มีอิทธิพลร่วมกัน โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยดังตารางต่อไปนี้

ตารางผนวกที่ ข18 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของช่วงคัตขนาด(SR) วิธีการคัตขนาด(M)และความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า วิธีการคัตขนาดแบบ Step max-2 และ Slope Peleg ณ ช่วงคัตขนาดและความเร็วรอบจานหมุน จะให้ค่าประสิทธิภาพการคัตขนาดไม่แตกต่างกัน(87.128%,87.410%) เมื่อพิจารณาที่ช่วงคัตขนาด 20 กรัม ณ ความเร็วรอบจานหมุนและวิธีการคัตขนาดจะให้ค่าประสิทธิภาพการคัตขนาดที่ไม่แตกต่างกัน(88.354%,89.073%,88.117%) แต่ถ้าพิจารณาที่ช่วงคัตขนาด 30 กรัม ณ ความเร็วรอบจานหมุนและวิธีการคัตขนาดจะให้ค่าประสิทธิภาพการคัตขนาดที่แตกต่างกันโดยที่ความเร็วรอบ 7 รอบ/นาทีจะแตกต่างกับความเร็วรอบ 14 และ 21 รอบ/นาที(80.832%,88.084%,89.081%)

ตารางผนวกที่ ข19 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของช่วงคัตขนาด(SR)และความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า ช่วงคัตขนาด 20 กรัม ณ ความเร็วรอบจานหมุนให้ค่าประสิทธิภาพการคัตขนาดมากกว่าช่วงคัตขนาด 30 กรัม(88.515%,86.023%) เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบจานหมุน ณ ช่วงคัตขนาด ความเร็วรอบ 14 และ 21 รอบ/นาที จะให้ค่าประสิทธิภาพการคัตขนาดที่ไม่แตกต่างกัน(88.578%,88.636%)

ตารางผนวกที่ ข20 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของช่วงคัตขนาด(SR)และวิธีการคัตขนาด(M) ปรากฏว่า เมื่อพิจารณาที่ช่วงคัตขนาด 20 และ 30 กรัม ณ วิธีการคัตขนาดพบว่าให้ค่าประสิทธิภาพการคัตขนาดที่ไม่แตกต่างกัน(88.515%,86.023%) ถ้าพิจารณาที่วิธีการคัตขนาดแบบ Step max-2 และ Slope Peleg ณ ช่วงคัตขนาดพบว่าให้ค่าประสิทธิภาพการคัตขนาดที่ไม่แตกต่างกัน(87.128%,87.410%)แต่จะสังเกตเห็นว่าวิธีการคัตขนาดแบบ Step max-2 ณ ช่วงคัตขนาด 20 และ 30 กรัม จะให้ค่าประสิทธิภาพการคัตขนาดที่ไม่แตกต่างกัน(87.161%,87.095%) ซึ่งต่างกับวิธีการคัตขนาดแบบ Slope Peleg ที่ช่วงคัตขนาด 20 และ 30 กรัม ให้ค่าประสิทธิภาพการคัตขนาดที่แตกต่างกัน(89.868%,84.951%)

โดยสรุปประสิทธิภาพการคัตขนาด E_w ที่ $S = 21$ rpm เมื่อคัต 3 ขนาด จะสูงที่สุด ($\cong 93\%$) ในขณะที่เมื่อคัต 4 ขนาด E_w จะลดลงมาที่ $\cong 84\%$ มีความแตกต่างของ E_w น้อยมากที่สุดที่ $S = 14$ และ 21 rpm การปฏิบัติงานคัตขนาดที่ 21 rpm จะดีกว่า เพราะจะทำให้ได้ความสามารถใน

การคัดขนาดสูงกว่าและวิธีการตั้งช่องคัดขนาดแบบ Step max-2 จะให้ Q สูงกว่าแบบ Slope Peleg คำถามต่อไปมีว่า ถ้า S เพิ่มขึ้นจาก 21 rpm C_R ยังจะลดลงไปอีกหรือไม่เพราะถ้า C_R ลดลง หรือไม่เพิ่มจะทำให้เราได้ Threshold point เอาไปใช้ในการทำเครื่องต้นแบบจากโรงงานต่อไป และเราสามารถมี Q เพิ่มขึ้น จะทำให้ได้ความสามารถในการคัดขนาดต่อ ชม. สูงขึ้น ซึ่งเป็นผลดีเชิงเศรษฐศาสตร์ด้วย นี่เป็นเหตุให้ต้องทำการทดสอบครั้งที่ 3

การทดสอบเครื่องคัดขนาดมังกุด ตอนที่ 3

ใช้ผลมังกุด 30 ผล สำหรับแต่ละขนาดและทำการทดลอง 5 ซ้ำ สำหรับแต่ละ combination ของปัจจัยตัวคุม

ตารางผนวกที่ ข21 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)ของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย(C_R) พบว่า จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีการคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5% ($\text{Sig.} \leq 0.05$)ต่ออัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย(C_R) ซึ่งปัจจัยตัวคุมได้มีอิทธิพลร่วมกัน โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยดังตารางต่อไปนี้

ตารางผนวกที่ ข22 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) วิธีการคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า จำนวนคัดขนาด 3 ขนาด ณ วิธีการคัดขนาดและความเร็วรอบจานหมุน ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำกว่าการคัดจำนวนคัดขนาด 4 ขนาด (17.871%, 28.722%) เมื่อพิจารณาทั้ง 3 วิธีการคัดขนาด จะได้ว่าวิธีการคัดขนาดแบบ Step max-2 ณ จำนวนคัดขนาดแบบ 3 และ 4 ขนาด เมื่อเพิ่มความเร็วยรอบจานหมุนจะทำให้ค่าของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยลดลงโดยเฉพาะที่ความเร็วรอบจานหมุน 21 และ 25 รอบ/นาที จะให้ค่าที่ไม่แตกต่างกัน(17.472%, 17.917%)

ตารางผนวกที่ ข23 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า เมื่อพิจารณาที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ณ จำนวนคัดขนาดและความเร็วรอบจานหมุน ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำกว่าช่วงคัดขนาด 20 กรัม(20.389%, 26.204%) ถ้าพิจารณาการคัดขนาด 3 และ 4 ขนาด ที่ความเร็วรอบจานหมุน 21 รอบ/นาที จะให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำสุดเมื่อเทียบกับความเร็วรอบจานหมุนอื่น(15.112% 26.888%)

ตารางผนวกที่ ข24 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) และ วิธีการคัดขนาด(M) ปรากฏว่า เมื่อพิจารณาที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ณ จำนวนคัดขนาดและวิธีการคัดขนาด ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำกว่าช่วงคัดขนาด 20 กรัม

(20.389% 26.204%) เมื่อพิจารณาวิธีการคัดขนาดแบบ Step max-2 ณ จำนวนคัดขนาด 3 และ 4 ขนาด ช่วงคัดขนาด 20 และ 30 กรัม จะให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำสุด(12.223%,27.791%)

ตารางผนวกที่ ข25 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ ช่วงคัดขนาด(SR) และ วิธีการคัดขนาด(M) ปรากฏว่า ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ณ วิธีการคัดขนาด ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำกว่าช่วงคัดขนาด 20 กรัม (20.389%,26.204%) และเมื่อพิจารณาวิธีการคัดขนาดแบบ Step max-2 ณ ช่วงคัดขนาด 20 กรัม และ 30 กรัม ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำกว่าวิธีการคัดอื่น (20.007%)

ตารางผนวกที่ ข26 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) และ วิธีการคัดขนาด(M) ปรากฏว่า ที่จำนวนคัดขนาด 3 ขนาด ณ วิธีการคัดขนาด ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำกว่าการคัดจำนวนคัดขนาด 4 ขนาด (17.871%,28.722%) เมื่อพิจารณาทั้ง 3 วิธีการคัดขนาด จะได้ว่าวิธีการคัดขนาดแบบ Step max-2 ณ จำนวนคัดขนาด 3 และ 4 ขนาด ให้ค่าของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำสุด(20.007%)

ตารางผนวกที่ ข27 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) และ ช่วงคัดขนาด(SR) ปรากฏว่า ที่จำนวนคัดขนาด 3 ขนาด ณ ช่วงคัดขนาด ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำกว่าการคัดจำนวนคัดขนาด 4 ขนาด(17.871%,28.722%) และที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ณ จำนวนคัดขนาด ให้ค่าของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่ำกว่าช่วงคัดขนาด 20 กรัม (20.389%,26.203%)

ตารางผนวกที่ ข28 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)ของความสามารถในการคัดขนาด(Q) พบว่า จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีการคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5% ($\text{Sig.} \leq 0.05$)ต่อความสามารถในการคัดขนาด(Q) ซึ่งปัจจัยตัวคุมได้มีอิทธิพลร่วมกัน โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยดังตารางต่อไปนี้

ตารางผนวกที่ ข29 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีการคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า ที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ณ จำนวนคัดขนาด วิธีการคัดขนาด และ ความเร็วรอบจานหมุน ให้ค่าความสามารถในการคัดขนาดมากกว่าช่วงคัดขนาด 20 กรัม(995.89,907.79kg/h) เมื่อพิจารณาบนวิธีคัดขนาด จำนวนคัดขนาด และช่วงคัดขนาด จะได้ว่าเมื่อความเร็วรอบจานหมุนเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่าความสามารถในการคัดขนาดเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ตารางผนวกที่ ข30 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีการคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า ที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ณ วิธีการคัดขนาด และ ความเร็วรอบจานหมุน ให้ค่าความสามารถในการคัดขนาดมากกว่าช่วงคัดขนาด 20 กรัม

(995.89,907.79kg/h) เมื่อพิจารณา ณ วิธีตัดขนาดและช่วงตัดขนาด จะได้ว่าเมื่อความเร็วรอบงานหมุนเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่าความสามารถในการตัดขนาดเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ตารางผนวกที่ ข31 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนตัดขนาด(NS) ช่วงตัดขนาด(SR) และ วิธีการตัดขนาด(M) ปรากฏว่า ที่ช่วงตัดขนาด 30 กรัม ณ จำนวนตัดขนาด และ วิธีการตัดขนาด ให้ค่าความสามารถในการตัดขนาดมากกว่าช่วงตัดขนาด 20 กรัม (995.89kg/h, 907.79kg/h) และเมื่อพิจารณาที่จำนวนการตัดขนาด 3 ขนาด ณ วิธีการตัดขนาด และช่วงตัดขนาดจะให้ผลของความสามารถในการตัดขนาดใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากการตัดขนาดจะต้องป้อนผลมั่งคุดให้ต่อเนื่อง(888.47, 859.35, 935.13kg/h) ในกรณีการตัดขนาด 4 ขนาดก็เช่นเดียวกัน(981.99, 1005.79, 1040.31kg/h)

ตารางผนวกที่ ข32 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ ช่วงตัดขนาด(SR)และ ความเร็วรอบงานหมุน(S) ปรากฏว่า ที่ช่วงตัดขนาด 30 กรัม ณ ความเร็วรอบงานหมุน ให้ค่าความสามารถในการตัดขนาดมากกว่าช่วงตัดขนาด 20 กรัม(995.89kg/h, 907.79kg/h) และเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบงานหมุน ณ ช่วงตัดขนาดพบว่าเมื่อความเร็วรอบงานหมุนเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่าความสามารถในการตัดขนาดเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ตารางผนวกที่ ข33 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ ช่วงตัดขนาด(SR) และ วิธีการตัดขนาด(M) ปรากฏว่า ที่ช่วงตัดขนาด 30 กรัม ณ วิธีการตัดขนาด ให้ค่าความสามารถในการตัดขนาดมากกว่าช่วงตัดขนาด 20 กรัม(995.89,907.79kg/h)และเมื่อพิจารณาวิธีการตัดขนาด ณ ช่วงตัดขนาดให้ค่าความสามารถในการตัดขนาดที่ใกล้เคียงกัน(935.23, 932.57, 987.72kg/h)

ตารางผนวกที่ ข34 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนตัดขนาด(NS) และ ความเร็วรอบงานหมุน(S) ปรากฏว่า จำนวนตัดขนาด 4 ขนาด ณ ความเร็วรอบงานหมุนให้ค่าความสามารถในการตัดขนาดมากกว่าการตัดจำนวน 3 ขนาด(1009.36, 894.32kg/h) เนื่องจากปริมาณมั่งคุดที่มีมากกว่าทำให้เกิดการไหลอย่างต่อเนื่อง และเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบงานหมุน ณ จำนวนตัดขนาดได้ว่าความเร็วรอบงานหมุนเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ค่าความสามารถในการตัดขนาดเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ตารางผนวกที่ ข35 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนตัดขนาด(NS)และ ช่วงตัดขนาด(SR) ปรากฏว่า จำนวนตัดขนาด 4 ขนาด ณ ช่วงตัดขนาดให้ค่าความสามารถในการตัดขนาดมากกว่าการตัดจำนวน 3 ขนาด(1009.36, 894.32kg/h) เนื่องจากปริมาณมั่งคุดที่มีมากกว่าทำให้เกิดการไหลอย่างต่อเนื่องและเมื่อพิจารณาที่ช่วงตัดขนาด ณ จำนวนตัดขนาดได้ว่าที่ช่วงตัดขนาด 30 กรัม ให้ค่าความสามารถในการตัดขนาดมากกว่าช่วงตัดขนาด 20 กรัม (995.89kg/h,907.79kg/h)

ตารางผนวกที่ ข36 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน(ANOVA)ของประสิทธิภาพการคัดขนาด(E_w) พบว่า จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีการคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5% ($\text{Sig.} \leq 0.05$)ต่อประสิทธิภาพการคัดขนาด(E_w) ซึ่งปัจจัยตัวคุมได้มีอิทธิพลร่วมกัน โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยดังตารางต่อไปนี้

ตารางผนวกที่ ข37 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีการคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า ที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ณ จำนวนคัดขนาด วิธีการคัดขนาด และ ความเร็วรอบจานหมุน ให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าช่วงคัดขนาด 20 กรัม(81.008%,76.836%) เมื่อพิจารณาที่วิธีคัดขนาดแบบ Step max-2 ความเร็วรอบจานหมุน 21 รอบ/นาที ณ จำนวนคัดขนาดและช่วงคัดขนาด จะให้ค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดมากกว่าวิธีคัดแบบอื่นในปัจจัยตัวคุมเดียวกัน

ตารางผนวกที่ ข38 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) วิธีการคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า จำนวนคัดขนาด 3 ขนาด ณ วิธีการคัดขนาด และ ความเร็วรอบจานหมุน ให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าจำนวนคัดขนาด 4 ขนาด(83.267%,74.577%) เมื่อพิจารณาวิธีการคัดขนาดแบบ Step max-2 ณ ความเร็วรอบจานหมุน จะให้ค่าประสิทธิภาพการคัดขนาดมากกว่าวิธีการคัดขนาดแบบอื่น โดยเฉพาะที่ความเร็วรอบ 21 รอบ/นาที

ตารางผนวกที่ ข39 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) และความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า ที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ณ จำนวนคัดขนาด และความเร็วรอบจานหมุน ให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าช่วงคัดขนาด 20 กรัม (81.008%,76.836%) เมื่อพิจารณาจำนวนคัดขนาด 3 และ 4 ขนาด ความเร็วรอบจานหมุน 21 รอบ/นาที จะให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าความเร็วรอบอื่น

ตารางผนวกที่ ข40 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) และวิธีการคัดขนาด(M) ปรากฏว่า ที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ณ จำนวนคัดขนาด วิธีการคัดขนาด ให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าช่วงคัดขนาด 20 กรัม (81.008%,76.836%)เมื่อพิจารณาวิธีการคัดขนาดแบบ Step max-2 ณ จำนวนคัดขนาด ช่วงคัดขนาด จะให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าวิธีการคัดขนาดแบบอื่น

ตารางผนวกที่ ข41 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของวิธีการคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S) ปรากฏว่า ที่วิธีการคัดขนาดแบบ Step max-2 ณ ความเร็วรอบจานหมุน จะให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าวิธีการคัดขนาดแบบอื่น(81.574%)และเมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบ 21 รอบ/นาที ณ วิธีคัดขนาด จะให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าความเร็วรอบอื่น(80.361%)

ตารางผนวกที่ ข42 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ ช่วงคัดขนาด(SR) และวิธีการคัดขนาด(M) ปรากฏว่า ที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ณ วิธีการคัดขนาด จะให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าที่ช่วงคัดขนาด 20 กรัม(81.008%,76.836%) และเมื่อพิจารณาที่วิธีการคัดขนาดแบบ Step max-2 ณ ช่วงคัดขนาด จะให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าวิธีการคัดขนาดแบบอื่น(81.574%)

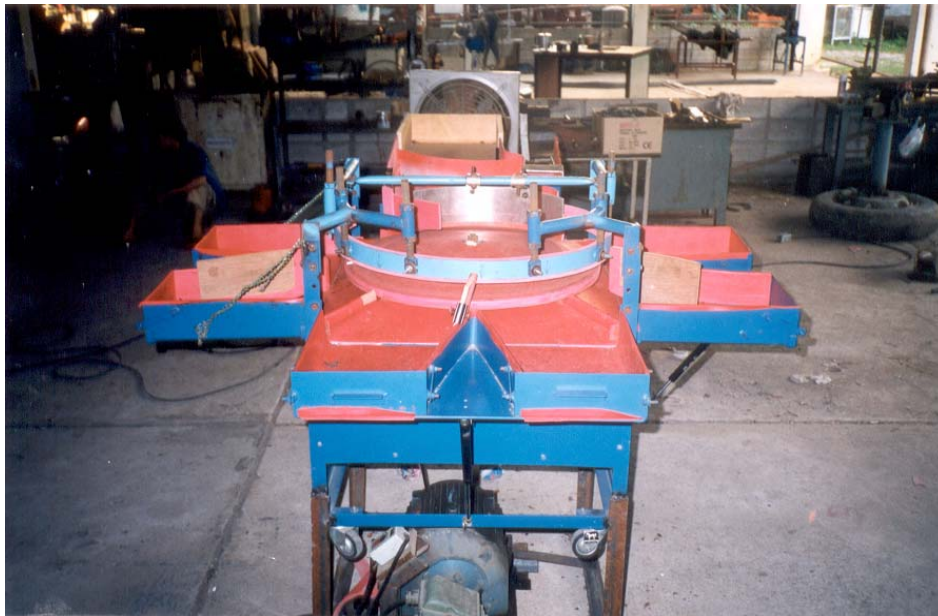
ตารางผนวกที่ ข43 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) และวิธีการคัดขนาด(M) ปรากฏว่า ที่จำนวนคัดขนาด 3 ขนาด ณ วิธีการคัดขนาด จะให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่า 4 ขนาด(83.267%, 74.577%)และเมื่อพิจารณาที่วิธีการคัดขนาดแบบ Step max-2 ณ จำนวนคัดขนาด จะให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าวิธีการคัดขนาดแบบอื่น(81.574%)

ตารางผนวกที่ ข44 แสดงปัจจัยตัวคุมที่มีอิทธิพลร่วมกันของ จำนวนคัดขนาด(NS) และช่วงคัดขนาด(SR) ปรากฏว่า จำนวนคัดขนาด 3 ขนาด ณ ช่วงคัดขนาดจะให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าการคัดจำนวน 4 ขนาด(83.267%, 74.577%) และเมื่อพิจารณาที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม ณ จำนวนคัดขนาดจะให้ค่าประสิทธิภาพในการคัดขนาดมากกว่าช่วงคัดขนาด 20 กรัม(81.008%, 76.836%)

โดยสรุปการทดสอบประเมินผลครั้งที่ 3 ทำการทดลองซ้ำการทดลองและประเมินผลครั้งที่ 2 แต่เพิ่มระดับความเร็วจวนคัดเป็น 7,14,21 และ 25 rpm NS,SR,MG และ S มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ 5% ต่อ C_R , E_w และ Q จากความสัมพันธ์ $NS \times SR \times MG \times S$ อนุมานได้ว่า ในการคัดขนาดผลมั่งคุด 3 ขนาดโดยตั้งช่องคัดขนาดแบบ Step max-2 และเดินจวนคัดที่ $S = 21$ rpm จะเหมาะสมที่สุดในการคัด เพราะ C_R แม้ว่าจะสูงกว่า C_R ที่ 14 rpm เล็กน้อย $\cong 0.7\%$ แต่จะได้ Q สูงขึ้น Q เฉลี่ยจากความสัมพันธ์ $NS \times SR \times MG \times S$ อนุมานได้ว่า Q เพิ่มขึ้นเมื่อ S เพิ่มขึ้น ดังนั้นการเลือก Q ที่เหมาะสมอันจะสะท้อนไปสู่ปัจจัยควบคุม คือการตั้งค่าการออกแบบเครื่อง ก็ต้องพิจารณา C_R ประกอบคือ C_R ที่น้อยที่สุดและ Q สูงที่สุด ตรงเงื่อนไข C_R ที่ 21 rpm คัด 3 ขนาด และ $MG = \text{Step max-2}$ ได้ $Q \cong 1,068$ กก./ชม. สำหรับการคัดทั้งแบบ $SR = 20$ และ 30 ก. E_w เฉลี่ย จากความสัมพันธ์ $NS \times SR \times MG \times S$ อนุมานได้ว่า ในการคัดขนาดผลมั่งคุดที่ $NS = 3$ ช่องคัดขนาด $MG = \text{Step max-2}$ ที่ความเร็วจวนคัด = 21 rpm $E_w \cong 88.9\%$ แม้ว่าจะน้อยกว่า E_w ที่ $S = 14$ rpm เล็กน้อย ($\cong 1.3\%$) แต่การเลือก $S = 21$ rpm จะทำให้ได้ Q สูงขึ้น $\cong 40\%$ จากการทดสอบและประเมินผลครั้งนี้ทำให้สรุปรายละเอียดทางวิชาการ (specifications) สำหรับการสร้างเครื่องคัดขนาดโดยโรงงานคือ

1. ความเร็วจวนคัดขนาด = 21 rpm
2. ช่องคัดขนาดสร้างแบบ Step ให้สามารถปรับเป็น Step และ Step max-2 ได้

3. มีความยืดหยุ่นให้คัดขนาดได้ทั้ง 3 ขนาดและ 4 ขนาด



ภาพที่ 16 เครื่องคัดขนาดมังคุดเพื่อทดสอบตอนที่ 2 และ ตอนที่ 3

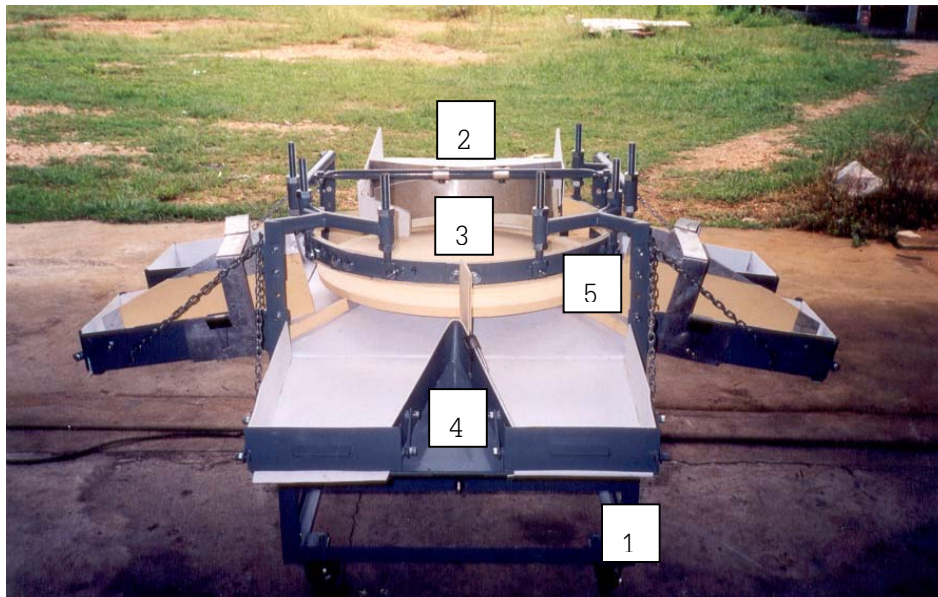
(ภาพที่ 16 แสดงการดัดแปลงเครื่อง โดยเริ่มจากใช้มอเตอร์ปรับรอบได้เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่ต้องการทดสอบ จุดบ่อนโดยใช้แผ่นกั้นที่ทำให้ความสามารถในการคัดขนาดเพิ่มขึ้น ขอบจานหมุนรุ่นใหม่เพื่อการคัดขนาดที่แม่นยำ วงคัดขนาดที่ปรับแบบ Step และ Slope)

การทดสอบเครื่องคัดขนาดมังคุด (ผลิตโดยโรงงาน)

ภาพที่ 17 แสดงเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดผลมังคุดที่ผลิตโดยโรงงานจักรวาลคาร์เซ็นเตอร์ ภาพที่ 18 แสดงการสร้างเครื่องต้นแบบโดยโรงงาน ภาพที่ 19 แสดงการทดสอบเครื่องต้นแบบดังกล่าว

ตารางผนวกที่ ข45 เป็นค่าที่ใช้ตั้งระดับ Metering gap ในช่วงคัดขนาด 20 กรัม และ 30 กรัม ซึ่งได้มาจากการสุ่มผลมังคุดจำนวน 20% ของจำนวนมังคุดทั้งหมด 650 กิโลกรัมโดยประมาณ จะสังเกตเห็นค่าที่ใช้ในการตั้งระดับ Metering gap ทั้งสองช่วงไม่แตกต่างกันของขนาด

เล็ก, กลาง, ใหญ่ ยกเว้นขนาดใหญ่พิเศษเพราะเป็นการคัดขนาดสุดท้าย ซึ่งสามารถเปิดช่องสอบเทียบ(Metering gap)ให้กว้างสุดได้ และจากค่าที่ใช้ตั้งระดับ Metering gap ไม่แตกต่างกัน จึง



ภาพที่ 17 เครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดผลมังคุดผลิตโดยโรงงานจักรวาลคาร์เซ็นเตอร์
[(1) โครงสร้าง (2) ถาดป้อน (3) จานคัดขนาด (4) ถาดรับผลมังคุด (5) ช่องคัดขนาด]

ทำให้ผลของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย(C_R)ทั้งสองช่วงคัดขนาด สำหรับการคัดขนาด 3 และ 4 ขนาดแตกต่างกันน้อยมาก (ตารางผนวกที่ ข46) ที่ช่วงคัดขนาด 20 กรัม สำหรับการคัด 3 และ 4 ขนาด ให้ค่า $C_R=22.836\%$, $C_R=28.238\%$ ตามลำดับ และที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม สำหรับการคัด 3 และ 4 ขนาด ให้ค่า $C_R=26.232\%$, $C_R=29.201\%$ ตามลำดับ ผลที่ได้ทำให้เกิดแนวโน้มตรงกันข้ามกับการทดลองในตอนต้นที่ 2 และ 3 ที่ให้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยในช่วงคัดขนาด 30 กรัม ต่ำกว่า ช่วงคัดขนาด 20 กรัม สำหรับการคัด 3 และ 4 ขนาด อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งค่าการตั้งระดับ Metering gap ในห้อง LAB จะใช้ค่าดังตารางผนวกที่ ข47 ถ้าทำการคัดขนาดด้วยแรงงานคนจะได้ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย(C_R)ดังตารางผนวกที่ ข48 ที่ช่วงคัดขนาด 20 กรัม สำหรับการคัด 3 และ 4 ขนาด ให้ค่า $C_R=33.676\%$, $C_R=40.428\%$ ตามลำดับ และที่ช่วงคัดขนาด 30 กรัม สำหรับการคัด

3 และ 4 ขนาด ให้ค่า $C_R=50.852\%$, $C_R=61.094\%$ ตามลำดับ ทำให้ได้ว่าการคัดขนาดด้วยเครื่องคัดจะให้ผลความถูกต้องมากกว่าการคัดขนาดด้วยแรงงานคน ความสามารถในการคัดขนาด(Q)ของเครื่องคัดขนาดแสดงดังตารางผนวกที่ ข49 ซึ่งเครื่องสามารถคัดขนาดได้ประมาณ 1,026 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความสามารถในการคัดขนาดด้วยคนได้ประมาณ 153 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน ทำให้ได้ว่าเครื่องมีความสามารถในการคัดขนาดสูงกว่าคนถึง 847 กิโลกรัม/ชั่วโมง เครื่องทำให้เกิดความเสียหายต่อผลมังคุด (ตารางผนวกที่ ข50) ประมาณ 0.45% หรือ 2.86 กิโลกรัมของจำนวนมังคุดทั้งหมดและเป็นความเสียหายโดยไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงได้เพราะเกิดจากรูปร่างของมังคุดที่มีลักษณะเป็นทรงรีคล้ายลูกเบี้ยวเมื่อผลมังคุดเข้าสอเทียบกับแผ่นกั้นสอเทียบทำให้เกิดการยกตัวขึ้นลงเป็นผลให้เกิดแรงกดกระทำที่ผิวของผลมังคุดจึงเกิดความเสียหายและจากการสังเกตจะเกิดกับผลมังคุดที่มีขนาดใหญ่และใหญ่พิเศษ จึงทำให้ได้ว่าการตั้งระดับ Metering gap ควรตั้งให้พอเหมาะ เช่น การตั้งที่ขนาดเล็ก โดยระดับความสูงของ Metering gap 51 mm ก็ควรตั้งให้ได้ 51 mm พอดี ในขนาดอื่นก็เช่นกัน หลังจากคัดขนาดด้วยเครื่องแล้วได้เก็บตัวอย่างในแต่ละขนาดนำไปให้แม่ค้าขายส่งมังคุดตรวจสอบดู ผลที่ได้คือแม่ค้าพอใจกับขนาดมังคุดที่ทำการคัดในแต่ละเกรด.



ภาพที่ 18 การสร้างเครื่องที่โรงงานจักรวาลคาร์เซ็นเตอร์



ภาพที่ 19 การทดลองเครื่องที่ผลิตโดยโรงงานจักรวาลคาร์เซ็นเตอร์

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องคัดขนาดผลมังคุด

รายการ	ราคา (บาท)
1. มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า	1,800
2. เกียร์ทดอัตรา 1:40	1,800
3. เหล็กโครงสร้าง, งานคัดขนาด, แผ่นสอปเทียบ อุปกรณ์ปรับระดับแผ่นสอปเทียบ, ถาดป้อน, ถาดรองรับ และวัสดุดูดกลืนพลังงาน	7,800
4. สายพานลิ้ม, พู่ไถ่, เพลา และแปรง	1,700
5. ค่าแรงงานสร้าง และประกอบเครื่องคัดขนาดผลมังคุด	5,000
รวม	18,100

1. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

กำหนดให้ราคาเครื่องตัดขนาดผลมังคุด (P) มีค่า 18,100 บาท มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10% ของราคาเครื่อง และอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 6.75% ต่อปี

$$\text{มูลค่าซาก (S)} = 0.1P = 0.1 \times 18,100 = 1,810 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (D)} = (P - S) / L = (18,100 - 1,810) / 10 = 1,629 \text{ บาท/ปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} &= ((P + S) / 2) \times I \\ &= ((18,100 + 1,810) / 2) \times 0.0675 = 672 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} &= \text{ค่าเสื่อมราคา (D)} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} \\ &= 1,629 + 672 \\ &= 2,301 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

กำหนดให้อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 150 บาท (กำหนดอัตราค่าจ้างแรงงานตามตลาด) จำนวนคนทำงาน 1 คน ทำงานปีละ 150 วัน และค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า 0.175 หน่วย/ชม. ทำงานวันละ 5 ชั่วโมง ค่าบำรุงรักษาเครื่องเฉลี่ยวันละ 5 บาท

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน (W)} = 150 \times 150 = 22,500 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า (E)} = 0.175 \times 3 \times 5 \times 150 = 394 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าบำรุงรักษา (M)} = 5 \times 150 = 750 \text{ บาท/ปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนแปรผัน (VC)} &= \text{ค่าจ้างแรงงาน (W)} + \text{ค่าไฟฟ้า (E)} + \text{ค่าบำรุงรักษา (M)} \\ &= 22,500 + 394 + 750 \\ &= 23,644 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} &= \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} + \text{ต้นทุนแปรผัน (VC)} \\ &= 2,301 + 23,644 \\ &= 25,945 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

2. จุดคุ้มทุนของเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุด

กำหนดให้ค่าจ้างใช้เครื่องคัดขนาดผลมั่งคุด 0.08 บ./กก. และภายในระยะเวลา 1 ปี เครื่องทำงาน $150 \times 5 = 750$ ชม. สามารถทำการคัดขนาดได้ 1,000 กก./ชม. ฉะนั้นเครื่องสามารถทำงานได้ 750,000 กก./ปี

$$\begin{aligned}\text{จุดคุ้มทุน (BEP}_s\text{)} &= \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} / ((\text{ราคาค่าใช้เครื่องคัด} / \text{กก.}, \text{SP}_U) - (\text{ต้นทุนแปรผัน} / \text{กก.}, \text{VC}_U)) \\ &= 2,301 / (0.08 - (23,644 / 750,000)) \\ &= 2,301 / (0.08 - 0.03) \\ &= 46,020 \text{ กก./ปี หรือ } 46.02 \text{ ตันปี}\end{aligned}$$

3. ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุด

จากรายได้ในการรับจ้างใช้เครื่องคัดขนาด = 0.08 บ./กก. และ 1 ปี เครื่องคัดขนาดทำการคัดขนาดได้ 750,000 กก. จึงมีรายได้ $0.08 \times 750,000 = 60,000$ บาท/ปี

$$\text{ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP)} = \text{ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC)} / \text{กำไร (P)}$$

และ

$$\begin{aligned}\text{กำไร (P)} &= \text{รายได้ (R)} - \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} \\ &= 60,000 - 25,945 \\ &= 34,055 \text{ บาท}\end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}\text{ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP)} &= \text{ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC)} / \text{กำไร (P)} \\ &= 18,100 / 34,055 \\ &= 0.531 \text{ ปี หรือ ประมาณ } 6\frac{1}{2} \text{ เดือน}\end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ถ้าในการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุดราคา 18,100 บาท รับจ้างคัดขนาดโดยคิดเป็นเงิน 0.08 บ./กก. จุดคุ้มทุนอยู่ที่การผลิต 46,020 กก./ปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา $6\frac{1}{2}$ เดือน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบเครื่องคัดขนาดผลมันคุดที่สร้างขึ้น มีปัจจัยควบคุม 4 ตัว คือ จำนวนคัดขนาด(Number of Size) ช่วงคัดขนาด(Size Range) ช่องสอบเทียบ(Metering Gap) และความเร็วรอบจานหมุน(Speed) ซึ่งพิจารณาความสามารถของการคัดขนาดจากปัจจัยแปรผัน 3 ตัว ดังนี้ ความผิดพลาดในการคัดขนาดหรืออัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย(C_R) สมรรถนะการคัดขนาด(Q) และประสิทธิภาพการคัดขนาด(E_w) พบว่า ปัจจัยควบคุมที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5% ($\text{Sig.} \leq 0.05$) ต่อตัวแปรทั้ง 3 ตัว คือ จำนวนคัดขนาด ช่วงคัดขนาด วิธีการคัดขนาด และความเร็วรอบจานหมุน ซึ่งปัจจัยตัวคุมที่เหมาะสมต่อการคัดขนาดผลมันคุดคือ

- 1.จำนวนคัดขนาด 3 ขนาด
- 2.ช่วงคัดขนาด 30 กรัม
- 3.ความเร็วรอบจานหมุน 21 รอบ/นาที
- 4.วิธีการคัดขนาดแบบ Step max-2 โดยปรับช่องคัดขนาดตามเส้นผ่าศูนย์กลางสูงสุดในแต่ละขนาดแล้วลบออกสองมิลลิเมตร

เมื่อทำการคัด 3 ขนาด จะให้ค่าความผิดพลาดหรืออัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย $C_R=7.556\%$ สมรรถนะการคัดขนาด $Q=1,059.63 \text{ kg/h}$ และประสิทธิภาพการคัดขนาด $E_w=93.072\%$

ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องคัดขนาดผลมันคุด 18,100บาท จุดคุ้มทุน 46,020 กิโลกรัม/ปี ระยะเวลาในการคืนทุนประมาณ $6\frac{1}{2}$ เดือน

ข้อเสนอแนะ

- 1.การป้อนมันคุดจากถาดป้อนลงสู่จานคัดขนาด ควรป้อนอย่างต่อเนื่อง
- 2.ถาดป้อนควรมีลักษณะการขยายออก โดยความกว้างที่ปลายทาง(จุดที่มันคุดกลิ้งลงสู่จานคัดขนาด)ควรมีความกว้างมากกว่าจุดขึ้นของถาดป้อน
- 3.การตั้งระดับ Metering Gap ควรตั้งให้พอเหมาะ ไม่ต่ำกว่าขนาดที่กำหนดไว้
- 4.ในการพัฒนาเครื่องคัดขนาดผลมันคุด ควรเลือกทำการทดสอบที่ความเร็วรอบจานคัด 21 – 25 รอบ/นาที เพื่อหาความเร็วเหมาะสมที่ทำให้ได้ความสามารถในการคัดสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

สมศักดิ์ วรณศิริ. 2541. คู่มือมังคุด,นนทบุรี. 63น.

บัณฑิต จริโมภาส. 2544. เครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและการบรรจุหีบห่อผลไม้. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 134 น.

บัณฑิต จริโมภาส. 2542. เครื่องจักรในการคัดขนาดผลไม้. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องเครื่องจักรกลเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยวผลไม้ 26-28 พฤษภาคม. จัดโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 28-32 น.

บัณฑิต จริโมภาส, เกริก คงวัฒนานนท์, และสุทธิชัย ชาญวิชิต. 2531. การทดสอบเครื่องคัดขนาดส้มแบบตะแกรงทรงกระบอก. รายงานวิจัยในการสัมมนาวิชาการเรื่อง เครื่องมือและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม 6-7 ตุลาคม. จัดโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 88-98 น.

บัณฑิต จริโมภาส, พันธุ์ศักดิ์ ศิริรัชตพงษ์, ธนิต ชัยยะบุญญธินิตย์ และสุทธิพร เนียมหอม. 2534. เครื่องคัดขนาดมะม่วงด้วยระบบแปรรูปภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (วิทย) 25: 333-334

บัณฑิต จริโมภาส, เสกสรร สีหพงษ์ และ ศุภชาติ สุขารมย์. 2523. รายงานการวิจัยเครื่องคัดขนาด ส้มโอและมะนาว. ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 91 น.

วีระศักดิ์ ภัยวิเชียร, ธีรยุทธ สุวรรณประทีป และ สมาน เจริญกิจพูนผล. 2537. กลศาสตร์วิศวกรรมฉบับเสริมประสบการณ์ ภาคพลศาสตร์. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน). 521 น.

วันชัย วิจิรวนิช และชอุ่ม พลอยมีค่า. 2538. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ

ศิริลักษณ์ ปฐวีรัตน์, ศรีวัย สังหะเชนทร์, อนุพันธ์ เทอดวงศ์วรกุล, ธงชัย คัคณะคุปต์ และบาลทิต ทองแดง. 2530. การพัฒนาเครื่องคัดขนาดมะม่วง. รายงานการวิจัย กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.เอกสารโรเนียว, กรุงเทพฯ. 9 น.

สมยศ จันเกษม และ คิโยคัตสึ ซึเงะ. 2523. การออกแบบเครื่องกล. บริษัท ดวงกลม จำกัด, กรุงเทพฯ. 320 น.

สุทธิพร เนียมหอม. 2543. การพัฒนาเครื่องคัดขนาดผลไม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 74 น.

Jarimopas B., K. Kongwatananon, C. Rangdang and R. Yamashita. 1988. Mangosteen Sizing Machine. Kasetsart J. (Nat. Sci. Supple.) Vol 22: 91-96.

Jarimopas B., P. Siriratchatapong, S. Sukharom, S. Srihawong and Y. Goto. 1992. Durian Sizing Machine. Kasetsart J. (Nat. Sci. Supple.) Vol 26: 65-74.

Mosenin, N.N. 1970. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon & Breach Science Publisher, New York. 624 p.

Peleg K. 1985. Produce Handling, Packaging and Distribution. AVI Publishing Company, Inc. Westport. 625 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การออกแบบและคำนวณ

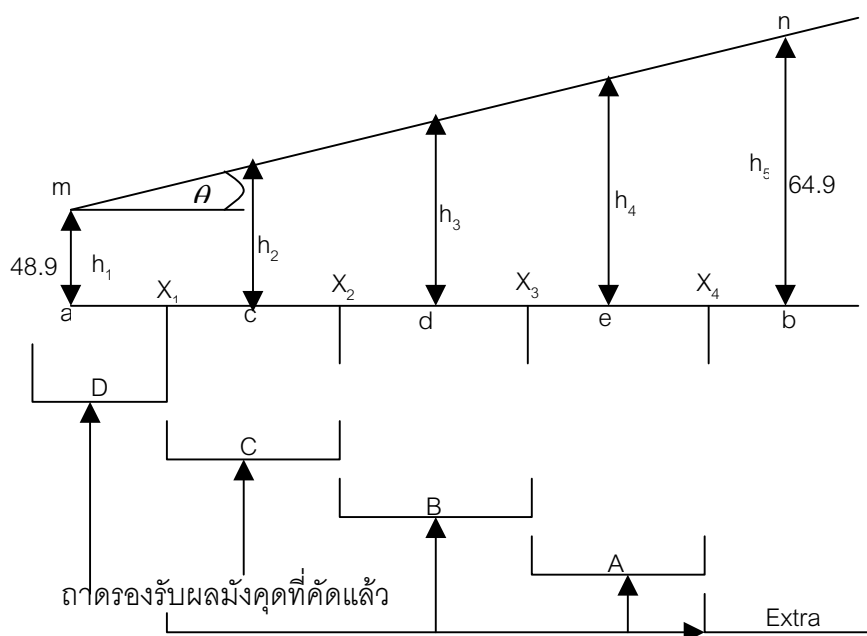
การออกแบบและคำนวณ

1.งานคัดขนาดผลมั่งคุด

จากการศึกษาข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของผลมั่งคุด (อัศวเดช และคณะ, 2543) ได้ข้อมูลดังนี้

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลขนาดและน้ำหนักของผลมั่งคุดแต่ละเบอร์

ผลมั่งคุดเบอร์	น้ำหนัก(กรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย(มม.)
Extra	>120 – 140	64.9
A	>100 – 120	60.9
B	>80 – 100	56.9
C	>60 – 80	52.9
D	40 – 60	48.9



ภาพผนวกที่ ก1 แผนภาพการออกแบบเครื่องคัดขนาดผลมั่งคุดแบบจานหมุนกรวยกลม (Rotary Greefa)

จากการออกแบบเครื่องวัดขนาดผลมั่งคุด (ภาพผนวกที่ ข1) แสดงเส้น ab แทนแนวขอบของ Rotating disk ที่อยู่ในแนวระดับโดย $ab = \pi D$ และ D = เส้นผ่าศูนย์กลางของ disk เส้น mn แสดงแนวแผ่นกั้น (Board) เพื่อให้เกิดการวัดขนาดผลมั่งคุดเอียงทำมุม θ กับแนว ab X_1X_2 , X_2X_3 , X_3X_4 , X_4b เป็นช่องที่ผลมั่งคุดเบอร์ C, B, A และ Extra กลิ้งผ่านช่องว่างที่มีความกว้าง h_2 , h_3 , h_4 , h_5 ตามลำดับออกไปสู่ตะกร้ารับผลไม้

ดังนั้น $\tan \theta = \frac{h_2 - h_1}{ac} \quad (1) \quad \text{หรือ}$

$$\tan \theta = \frac{h_3 - h_2}{cd} \quad (2) \quad \text{หรือ}$$

$$\tan \theta = \frac{h_4 - h_3}{de} \quad (3) \quad \text{หรือ}$$

$$\tan \theta = \frac{h_5 - h_4}{eb} \quad (4)$$

ถ้าระยะ $ac + cd + de + eb = ab \quad (5) \quad \text{คือเส้นรอบวงกลม}$
ของ Rotating disk

แทนค่า ac , cd , de และ eb จาก (1), (2), (3) และ (4) ลงใน (5)

นั่นคือ $ab = \frac{(h_2 - h_1) + (h_3 - h_2) + (h_4 - h_3) + (h_5 - h_4)}{\tan \theta} = \frac{(h_5 - h_1)}{\tan \theta}$

หรือ $\pi D = \frac{(h_5 - h_1)}{\tan \theta} \quad (6)$

h_5 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางผลมั่งคุดเฉลี่ย 64.9 มม.

h_1 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางผลมั่งคุดเฉลี่ย 48.9 มม.

เนื่องจากช่วงขนาด (Size range) ของแต่ละเบอร์แคบ เพื่อการคัดขนาดที่แม่นยำและ $X_1X_2, X_2X_3, X_3X_4, X_4b$ ต้องยาวพอสมควรเพื่อให้ผลไม้แยกตกถูกตามเบอร์อย่างชัดเจน θ จึงต้องเป็นมุมเล็กๆไม่เกิน 1 องศา เลือก $\theta = 0.5$

เพราะฉะนั้น
$$\pi D = \frac{64.9 - 48.9}{\tan 0.5}$$

ในทางปฏิบัติเพื่อช่องป้อนผลมังคุดเข้าสู่การคัดขนาด 400 มม.

เพราะฉะนั้น
$$D = \left[\frac{16}{\tan 0.5} + 400 \right] / \pi \cong 712 \text{ มม.}$$

เลือก $D = 712 \text{ มม.}$

2.หาน้ำหนัก (Jack, 1987)

จากสูตรที่ว่า

$$\text{น้ำหนักของเหล็ก} = \text{ความหนาแน่น} \times \text{ปริมาตร}$$

Gere และ Timoshenko ให้ค่าความหนาแน่น(ρ)ของเหล็ก = $7,850 \text{ kg/m}^3$ ดังนั้นจะสามารถหาน้ำหนักได้ดังนี้

เมื่อ

$$\begin{aligned} \rho &= \text{ความหนาแน่นของเหล็ก (kg/m}^3\text{)} \\ L &= \text{ความยาว (m)} \\ H &= \text{ความสูง (m)} \\ S &= \text{ความสูงเอียงของกรวย (m)} \\ Z &= \text{ความหนา (m)} \\ D_0 &= \text{เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (m)} \\ D_1 &= \text{เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (m)} \\ D &= \text{เส้นผ่าศูนย์กลาง (m)} \end{aligned}$$

1. น้ำหนักเพลลา

$$\begin{aligned}
 &= \rho \times \pi D^2 / 4 \times L \\
 &= (7,850) \times (\pi \times (0.03^2) / 4) \times (0.6) \\
 &= 3.33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. น้ำหนักของจานคัตขนาด

$$\begin{aligned}
 &= \rho \times (\pi \times (D_o^2 - D_i^2) / 4) \times H \\
 &= (7,850) \times (\pi \times (0.750^2 - 0.03025^2) / 4) \times (0.005) \\
 &= 17.30 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. น้ำหนักกรวยกลวงครอบจานคัตขนาด

$$\begin{aligned}
 &= \rho \times (\pi \times (D_o - D_i) / 2) \times S \times Z \\
 &= (7,850) \times (\pi \times (0.750 - 0.03025) / 2) \times (\sqrt{(0.750 - 0.03025)^2 / 2 + 0.06^2}) \\
 &\quad \times 0.0015 \\
 &= 6.82 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4. น้ำหนักดุมจาน

$$\begin{aligned}
 &= \rho \times (\pi \times (D_o^2 - D_i^2) / 4) \times L \\
 &= (7,850) \times (\pi \times (0.05^2 - 0.03025^2) / 4) \times (0.05) \\
 &= 0.49 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จะได้ น้ำหนักรวม} &= 3.33 + 17.30 + 6.82 + 0.49 \\
 &= 27.94 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

3. หาโมเมนต์ความเฉื่อย (วีระศักดิ์และคณะ, 2537)

เมื่อ

$$\begin{aligned}
 I &= \text{โมเมนต์ความเฉื่อยของวัตถุผ่านจุดหมุน (kg.m}^2\text{)} \\
 r &= \text{รัศมีของวัตถุ (m)} \\
 m &= \text{มวลของวัตถุ (kg)}
 \end{aligned}$$

1.เฟลลา

$$\begin{aligned}
 I_1 &= (1/2) mr^2 \\
 &= (1/2) \times 3.33 \times (0.03/2)^2 \\
 &= 0.00037 \text{ kg.m}^2
 \end{aligned}$$

2.จานคัตขนาด

$$\begin{aligned}
 I_2 &= (1/2) mr^2 \\
 &= (1/2) \times 17.30 \times (0.375)^2 \\
 &= 1.21640 \text{ kg.m}^2
 \end{aligned}$$

3.กรวยกลวง

$$\begin{aligned}
 I_3 &= (1/2) mr^2 \\
 &= (1/2) \times 6.82 \times (0.375)^2 \\
 &= 0.47953 \text{ kg.m}^2
 \end{aligned}$$

4.ตุ้มจาน

$$\begin{aligned}
 I_4 &= (1/2) mr^2 \\
 &= (1/2) \times 0.49 \times (0.05 - 0.03025)^2 \\
 &= 0.00010 \text{ kg.m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{โมเมนต์ความเฉื่อยรวม} &= I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \\
 &= 0.00037 + 1.2164 + 0.47953 + 0.00010 \\
 &= 1.70 \text{ kg.m}^2
 \end{aligned}$$

4.หาค่าลึงที่ขับเคลื่อนคัตขนาด

$$P = M\omega \quad (7)$$

และ

$$M = I\alpha \quad (8)$$

เมื่อ

$$P = \text{กำลังขับ (W)}$$

$$M = \text{โมเมนต์บิด (N.m)}$$

$$\omega = \text{ความเร็วเชิงมุม (rad/sec)}$$

$$\omega_0 = \text{ความเร็วเชิงมุมที่เวลาเท่ากับ 0 วินาที (rad/sec)}$$

$$\alpha = \text{ความเร่งเชิงมุม (rad/sec}^2\text{)}$$

$$t = \text{เวลา (sec)}$$

สมมุติว่า

1. ชุดจันคัตขนาดเริ่มจากสภาวะหยุดนิ่งและใช้เวลาประมาณ 1 วินาที จันคัตขนาดหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่
2. ใช้จันคัตขนาดหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่

จาก

$$\omega = \omega_0 + \alpha t \quad (9)$$

เสกสรร (2540) ได้รายงานไว้ว่า ความเร็วรอบของจันคัตขนาดเท่ากับ 21 rev/min หรือเท่ากับ $(21 \text{ rev/min}) / (60 \text{ sec}) = 0.35 \text{ rev/sec} = (0.35 \text{ rev/sec})(2\pi) = 2.20 \text{ rad/sec}$

$$\alpha = \omega / t \quad (10)$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \alpha &= (2.20/1) \\ &= 2.20 \text{ rad/sec}^2 \end{aligned}$$

จะได้

$$\begin{aligned} M &= I \times \alpha \\ &= 1.70 \times 2.20 \\ &= 3.74 \text{ kg.m}^2/\text{sec}^2 \\ &= 3.74 \text{ N.m} \end{aligned}$$

หรือ

ดังนั้น

$$\begin{aligned} P &= M\omega \\ &= 3.74 \times 2.20 \\ &= 8.228 \text{ Watt} \end{aligned}$$

สมมติ Power loss ในระบบส่งกำลัง = 50%

Efficiency ของมอเตอร์ = 80%

เพราะฉะนั้น กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ควรเป็น $(8.228/0.5)/0.8 = 20.57 \text{ Watt}$

เลือกต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 0.25 Hp ซึ่งเป็นขนาดเล็กสุดที่หาได้ในท้องตลาด มีกำลังเท่ากับ $(0.25 \text{ Hp}) \times (746 \text{ Watt}) = 186.5 \text{ Watt}$ ถือว่าเพียงพอต่อการใช้งาน

5.หาอัตราทดรอบ (สมยศและคิโยคัตสึ,2523)

จากรอบของมอเตอร์ที่ 1,450 รอบ/นาที ต้องการใช้งานที่ 21 รอบ/นาที ดังนั้นจึงเลือกใช้เกียร์ทดรอบ เพื่อลดความเร็วรอบในการใช้งาน ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{อัตราทดรอบ} &= \text{ความเร็วรอบใช้งาน} / \text{ความเร็วรอบของมอเตอร์} \\ &= 21 / 1450 \\ &= 1:69.05 \end{aligned}$$

จึงเลือกใช้เกียร์มอเตอร์ที่มีอัตราทด 1:40 จะได้มีความเร็วรอบ 36.25 รอบ/วินาทีโดยเลือกใช้มู่เล่ย์ขนาดดังนี้

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (11)$$

เมื่อ

N_1 = ความเร็วรอบของมู่เล่ย์มอเตอร์ (รอบ/นาที)

N_2 = ความเร็วรอบของมู่เล่ย์ชุดเกียร์ตัวที่1 (รอบ/นาที)

N_3 = ความเร็วรอบของมู่เล่ย์ชุดเกียร์ตัวที่2 (รอบ/นาที)

N_4 = ความเร็วรอบของมู่เล่ย์จานหมุน (รอบ/นาที)

D_1 = เส้นผ่าศูนย์กลางมู่เล่ย์มอเตอร์ (นิ้ว)

D_2 = เส้นผ่าศูนย์กลางมู่เลย์ชุดเกียร์ตัวที่1 (นิ้ว)

D_3 = เส้นผ่าศูนย์กลางมู่เลย์ชุดเกียร์ตัวที่2 (นิ้ว)

D_4 = เส้นผ่าศูนย์กลางมู่เลย์จานหมุน (นิ้ว)

ความเร็วรอบมอเตอร์เท่ากับ 1,450 รอบ/นาที กำหนดให้มู่เลย์มอเตอร์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 4 นิ้ว และให้มู่เลย์ชุดเกียร์ตัวที่1 มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 4 นิ้ว แทนค่าในสมการที่ 17 จะได้ว่า

$$N_2 = (1,450 \times 4) / 4$$

$$N_2 = 1,450 \text{ รอบ/นาที}$$

กำหนดให้มู่เลย์ชุดเกียร์ตัวที่2 มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 3.5 นิ้ว และขับผ่านเกียร์ทด (อัตราทด 1:40)

$$N_3 = 1,450 / 40$$

$$N_3 = 36.25 \text{ รอบ/นาที}$$

กำหนดให้มู่เลย์จานหมุนเท่ากับ 6 นิ้ว แทนค่าในสมการที่ 17

$$N_4 = (3.5 \times 36.25) / 6$$

$$N_4 = 21.15 \text{ รอบ/นาที}$$

ความเร็วรอบ 21 รอบ/นาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่ต้องการใช้งาน แต่ค่าที่ได้จาก N_4 ถือว่าใกล้เคียงกับความเร็วรอบที่ต้องการ

ภาคผนวก ข
ผลการทดสอบ

ตารางผนวกที่ ข1 ลักษณะทางกายภาพของผลมังคุดตัวอย่างสำหรับการทดลอง ช่วงขนาด 30 กรัม จำนวนขนาดที่ตัด = 3

(หน่วย : มม.)

C	ลูกที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	น้ำหนัก(g)	62.18	64.08	69.51	71.07	53.64	51.24	61.09	59.83	67.12	62.78
50	Dmax	52	53.55	54.4	55.1	50.45	49.9	51.5	51.3	55	51.6
ถึง	Dmin	51	51.7	52	54.9	48.9	48.3	49.7	48.8	53.5	51.4
80	high	50.5	50.25	56.8	52.7	52.75	50	54	49.7	54.75	53.3
B	ลูกที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	น้ำหนัก(g)	94.93	80.1	87.15	84.68	98.49	90.54	95.21	90.33	86.12	80.01
80	Dmax	61.1	57.55	57.6	57.8	60.5	60.65	60	60.8	61.6	56.6
ถึง	Dmin	59.7	55.1	56.9	56.55	59	57.6	57.9	58.6	56.1	55.4
110	high	54.4	60.5	55.2	56.3	56.8	61.15	58.2	58.7	55.2	54.6
A	ลูกที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	น้ำหนัก(g)	115.27	112.83	113.21	112.07	112.71	115.43	124.12	115.73	110.2	115.93
110	Dmax	63.9	63.1	67.1	63	64.1	65.7	65.65	64.7	62.55	63.9
ถึง	Dmin	62.8	61.2	61	60.5	62.45	63.6	63.4	64	61.55	61.9
140	high	58.4	59.2	58.15	64.4	55.45	59.1	59.25	59.3	57.45	62

ตารางผนวกที่ ข1(ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของผลมันคุตตัวอย่างสำหรับการทดลอง ช่วงขนาด 30 กรัม จำนวนขนาดที่คิด = 4

(หน่วย : มม.)

D	ลูกที่ น้ำหนัก(g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	Dmax	55	52.3	52.7	54	49.9	56.3	52.2	52	53.2	55
ถึง	Dmin	53.95	51.95	51.8	51.45	49	53.8	50.2	50.7	51.3	53.8
80	high	57	49	52.6	51	50	54.25	52.9	50.5	57.7	51.35
C	ลูกที่ น้ำหนัก(g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
80	Dmax	60.1	62.6	58.45	60.4	58.85	59.7	61	58.2	62.15	60.6
ถึง	Dmin	58.35	59.9	57	57.7	56.85	57.7	59.15	56.8	58.55	58.4
110	high	54.45	56.2	58	58.2	59.15	56.4	56.75	54.5	61.15	56.4
B	ลูกที่ น้ำหนัก(g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
110	Dmax	63.9	63.1	67.1	63	64.1	65.7	65.65	64.7	62.55	63.9
ถึง	Dmin	62.8	61.2	61	60.5	62.45	63.6	63.4	64	61.55	61.9
140	high	58.4	59.2	58.15	64.4	55.45	59.1	59.25	59.3	57.45	62
A	ลูกที่ น้ำหนัก(g)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
140	Dmax	66.85	68.65	69.75	71.15	70.1	69.75	72.45	69.85	70.65	68.25
ถึง	Dmin	65.9	66.45	68.65	68.95	67.45	64.4	70.9	68.1	67.15	66.15
170	high	72	75.7	81.2	74.5	73	75.2	71.05	75.4	72.65	74.3

ตารางผนวกที่ ข1(ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของผลมัน้คุดตัวอย่างสำหรับการทดลอง ช่วงขนาด 20 กรัม จำนวนขนาดที่คัด = 3

(หน่วย : มม.)

C	ลูกที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
50	น้ำหนัก(g)	53.68	62.43	59.32	54.52	62.87	62.35	59.24	59.29	50.86	66.05	51.33	51.05	65.98	63.29	51.07
	Dmax	49	52	51	48.5	54.3	53.2	52.2	54.4	48	53	49.6	48.6	53	52	49
	Dmin	48	51	50	48	51	51.3	50.3	51	47	51.4	48.1	47.8	52	50	48.2
	high	44.6	50.5	49	47	49	48.3	46	46.7	43.6	48	45.8	45.2	46.5	50	45.6
B	ลูกที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	น้ำหนัก(g)	73.19	72.82	70.16	75.99	79.12	72.77	80.65	71.16	70.23	86.61	82.92	86.39	76.94	80.64	74.16
	Dmax	54.5	56	54.45	56.45	56.3	55	58.3	54.5	53.65	59.15	57.5	58	56	59.3	54.25
	Dmin	53.7	55	53.55	55.15	55	53.55	57	53.1	52.65	58	56.2	56.7	55.25	57.35	54
90	high	67.65	56.5	61.05	60.07	58	54	54	66.45	53.75	58.15	85.15	58	61	57.15	56.35
A	ลูกที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	น้ำหนัก(g)	91.15	96.99	90.15	92.31	101.89	95.24	98.66	96.05	91.9	97.86	101.09	100.4	90.33	93.94	98.85
	Dmax	61	63.15	60.15	60.5	62	63.3	63.75	67.8	60	60.85	62.35	62.35	61.15	61.2	60.45
	Dmin	59.15	58.8	57.8	59.9	60.45	59.75	61.2	66	58.45	59.3	60.45	61.3	58.75	59.85	58.65
110	high	53.5	54.8	55.25	55.25	62	60	60	64	56	58.25	57.3	60	60.5	59	61.6

ตารางผนวกที่ ข1(ต่อ) ลักษณะทางกายภาพของผลมังคุดตัวอย่างสำหรับการทดลอง ช่วงขนาด 20 กรัม จำนวนขนาดที่คัด = 4

(หน่วย : มม.)

D	ลูกที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
50	น้ำหนัก(g)	53.68	62.43	59.32	54.52	62.87	62.35	59.24	59.29	50.86	66.05	51.33	51.05	65.98	63.29	51.07
	Dmax	49	52	51	48.5	54.3	53.2	52.2	54.4	48	53	49.6	48.6	53	52	49
	Dmin	48	51	50	48	51	51.3	50.3	51	47	51.4	48.1	47.8	52	50	48.2
	high	44.6	50.5	49	47	49	48.3	46	46.7	43.6	48	45.8	45.2	46.5	50	45.6
C	ลูกที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	น้ำหนัก(g)	73.19	72.82	70.16	75.99	79.12	72.77	80.65	71.16	70.23	86.61	82.92	86.39	76.94	80.64	74.16
	Dmax	54.5	56	54.45	56.45	56.3	55	58.3	54.5	53.65	59.15	57.5	58	56	59.3	54.25
	Dmin	53.7	55	53.55	55.15	55	53.55	57	53.1	52.65	58	56.2	56.7	55.25	57.35	54
90	high	67.65	56.5	61.05	60.07	58	54	54	66.45	53.75	58.15	85.15	58	61	57.15	56.35
	ลูกที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	น้ำหนัก(g)	91.15	96.99	90.15	92.31	101.89	95.24	98.66	96.05	91.9	97.86	101.09	100.4	90.33	93.94	98.85
	Dmax	61	63.15	60.15	60.5	62	63.3	63.75	67.8	60	60.85	62.35	62.35	61.15	61.2	60.45
110	Dmin	59.15	58.8	57.8	59.9	60.45	59.75	61.2	66	58.45	59.3	60.45	61.3	58.75	59.85	58.65
	high	53.5	54.8	55.25	55.25	62	60	60	64	56	58.25	57.3	60	60.5	59	61.6
	ลูกที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	น้ำหนัก(g)	125.09	112.19	110.1	115.86	111.52	113.24	110.7	111.4	120.6	123.01	114.8	113.26	116.5	117.88	119.99
130	Dmax	69.1	62.45	65.4	65	64.1	66.25	63.8	64.1	66.5	67.45	63.9	62.8	66.2	66.6	67.7
	Dmin	65.75	59.5	61.9	63.3	63.8	61.65	62.2	62	65.3	65.5	61.4	61.95	62.7	63.3	62.6
	high	58.8	58.25	58.5	60	63	63.3	59.8	63.15	62.9	64	58.95	62.5	59.1	63.45	62.1

ตารางผนวกที่ ข2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง
ของปัจจัยตัวคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M)
และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	23	4379.454712	190.411074	15.69 **
NUMBER OF SIZE (NS)	1	2263.484741	2263.484741	186.56 **
SIZE RANGE(SR)	1	19.016441	19.016441	1.57 ns
METHOD (M)	1	6.407941	6.407941	<1
SPEED (S)	2	443.325635	221.662817	18.27 **
NSxSR	1	35.763001	35.763001	2.95 ns
NSxM	1	9.890021	9.890021	<1
NSxS	2	93.956032	46.978016	3.87 *
SRxM	1	300.865001	300.865001	24.80 **
SRxS	2	446.920512	223.460256	18.42 **
MxS	2	175.203852	87.601926	7.22 **
NSxSRxM	1	20.808341	20.808341	1.72 ns
NSxSRxS	2	60.744922	30.372461	2.50 ns
NSxMxS	2	50.511162	25.255581	2.08 ns
SRxMxS	2	304.550502	152.275251	12.55 **
NSxSRxMxS	2	148.006612	74.003306	6.10 **
ERROR	96	1164.736080	12.132668	
TOTAL	119	5544.190792		

หมายเหตุ CV. = 26.9%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ๓3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัย ควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M)
และความเร็วรอบจานหมุน(S)

METHOD (M)				
SPEED (S)	step max-2	slop	S-MEAN	DIFF
NS=3 SR=20				
7	18.222 a	3.110 b	10.666	15.112 **
14	10.666 b	4.890 b	7.778	5.776 *
21	4.886 c	10.666 a	7.776	-5.780 *
NS=3 SR=30				
7	11.556 a	17.332 a	14.444	-5.776 *
14	5.334 b	6.222 b	5.778	-0.888 ns
21	3.998 b	6.224 b	5.111	-2.226 ns
NS=4 SR=20				
7	16.332 a	13.332 b	14.832	3.000 ns
14	18.336 a	12.336 b	15.336	6.000 **
21	17.668 a	20.002 a	18.835	-2.334 ns
NS=4 SR=30				
7	21.668 a	23.668 a	22.668	-2.000 ns
14	15.666 b	19.668 a	17.667	-4.002 ns
21	13.664 b	15.000 b	14.332	-1.336 ns
M-MEAN	13.166	12.704	12.935	0.462

หมายเหตุ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแต่ละ NS x SR มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัตขนาด(SR) วิธีคัตขนาด(M)และความเร็วรอบ
จานหมุน(S)

METHOD (M)				
SPEED (S)	step max-2	slop	S-MEAN	DIFF
SR = 20				
7	17.277	8.221	12.749	9.056
14	14.501	8.613	11.557	5.888
21	11.277	15.334	13.306	-4.057
SR = 30				
7	16.612	20.500	18.556	-3.888
14	10.500	12.945	11.723	-2.445
21	8.831	10.612	9.722	-1.781
M-MEAN	13.166	12.704	12.935	0.462

ตารางผนวกที่ ข5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ วิธีคัตขนาด(M) และความเร็วรอบจานหมุน(S)

METHOD (M)				
SPEED (S)	step max-2	slop	S-MEAN	DIFF
7	16.945	14.361	15.653	2.584
14	12.501	10.779	11.640	1.721
21	10.054	12.973	11.514	-2.919
M-MEAN	13.166	12.704	12.935	0.462

ตารางผนวกที่ ๖6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัตขนาด(SR) และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SPEED (S)	SIZE RANGE (SR)		S-MEAN	DIFF
	20	30		
7	12.749	18.556	15.653	-5.807
14	11.557	11.723	11.640	-0.166
21	13.306	9.722	11.514	3.584
SR-MEAN	12.537	13.333	12.935	-0.796

ตารางผนวกที่ ๖7 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัตขนาด(SR) และวิธีคัตขนาด(M)

METHOD (M)	SIZE RANGE (SR)		M-MEAN	DIFF
	20	30		
step max-2	14.352	11.981	13.166	2.371
slop	10.723	14.686	12.704	-3.963
SR-MEAN	12.537	13.333	12.935	-0.796
DIFF	3.629	-2.705	0.462	

ตารางผนวกที่ ข8 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SPEED (S)	NUMBER OF SIZE (NS)		S-MEAN	DIFF
	3	4		
7	12.555	18.750	15.653	-6.195
14	6.778	16.502	11.640	-9.724
21	6.444	16.584	11.514	-10.140
NS-MEAN	8.592	17.278	12.935	-8.686

ตารางผนวกที่ ข9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลง
ของปัจจัยตัวคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M)
และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	23	4477272.439	194664.019	19.29 **
NUMBER OF SIZE (NS)	1	5998.895	5998.895	<1
SIZE RANGE (SR)	1	228627.351	228627.351	22.66 **
METHOD (M)	1	47379.220	47379.220	4.69 *
SPEED (S)	2	3313999.480	1656999.740	164.20 **
NSxSR	1	165764.077	165764.077	16.43 **
NSxM	1	17051.560	17051.560	1.69 ns
NSxS	2	28761.226	14380.613	1.43 ns
SRxM	1	122113.838	122113.838	12.10 **
SRxS	2	109982.965	54991.482	5.45 **
MxS	2	137809.612	68904.806	6.83 **
NSxSRxM	1	40515.773	40515.773	4.01 *
NSxSRxS	2	85402.033	42701.017	4.23 *
NSxMxS	2	27237.518	13618.759	1.35 ns

ตารางผนวกที่ ๙ (ต่อ)

SV	DF	SS	MS	F
SRxMxS	2	45932.012	22966.006	2.28 ns
NSxSRxMxS	2	100696.879	50348.440	4.99 **
ERROR	96	968778.701	10091.445	
TOTAL	119	5446051.140		

หมายเหตุ CV. = 14.5%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ๑๐ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M) และ ความเร็วรอบจานหมุน(S)

METHOD (M)				
SPEED (S)	step max-2	slope	S-MEAN	DIFF
NS=3 SR=20				
7	494.67 b	405.73 b	450.20	88.94 ns
14	635.56 a	625.32 a	630.44	10.25 ns
21	734.46 a	724.06 a	729.26	10.40 ns
NS=3 SR=30				
7	522.74 c	397.07 c	459.90	125.67 ns
14	1027.40 a	759.86 b	893.63	267.54 **
21	880.60 b	1001.92 a	941.26	-121.32 ns

ตารางผนวกที่ ๗10 (ต่อ)

<u>METHOD (M)</u>					
SPEED (S)	step max-2	slope	S-MEAN	DIFF	

NS=4 SR=20					
7	503.60 b	435.40 c	469.50	68.20 ns	
14	659.97 a	757.85 b	708.91	-97.87 ns	
21	784.78 a	1009.06 a	896.92	-224.28 **	
NS=4 SR=30					
7	541.71 b	419.44 b	480.57	122.26 ns	
14	817.72 a	707.14 a	762.43	110.58 ns	
21	929.46 a	812.96 a	871.21	116.50 ns	

M-MEAN	711.06	671.32	691.19	39.74	

หมายเหตุ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแต่ละ NS x SR มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ๗11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) และความเร็วรอบจานหมุน(S)

	SIZE RANGE (SR)		S-MEAN	DIFF
	SPEED (S)			
	20	30		
NS=3				
7	450.20	459.90	455.05	-9.70
14	630.44	893.63	762.03	-263.19
21	729.26	941.26	835.26	-212.00

ตารางผนวกที่ ข11 (ต่อ)

	SIZE RANGE (SR)			
SPEED (S)	20	30	S-MEAN	DIFF
NS=4				
7	469.50	480.57	475.04	-11.08
14	708.91	762.43	735.67	-53.52
21	896.92	871.21	884.06	25.71
SR-MEAN	647.54	734.84	691.19	-87.30

ตารางผนวกที่ ข12 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) และวิธีคัดขนาด(M)

	SIZE RANGE (SR)			
METHOD (M)	20	30	M-MEAN	DIFF
NS=3				
step max-2	621.57	810.25	715.91	-188.68
slope	585.04	719.62	652.33	-134.58
NS=4				
step max-2	649.45	762.96	706.21	-113.51
slope	734.10	646.51	690.31	87.59
SR-MEAN	647.54	734.84	691.19	-87.30

ตารางผนวกที่ ข13 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ วิธีการคัดขนาด(M) และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SPEED (S)	METHOD (M)		S-MEAN	DIFF
	step max-2	slope		
7	515.68	414.41	465.04	101.27
14	785.17	712.54	748.85	72.63
21	832.33	887.00	859.66	-54.67
M-MEAN	711.06	671.32	691.19	39.74

ตารางผนวกที่ ข14 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัดขนาด(SR) และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SPEED (S)	SIZE RANGE (SR)		S-MEAN	DIFF
	20	30		
7	459.85	470.24	465.04	-10.39
14	669.67	828.03	748.85	-158.36
21	813.09	906.24	859.66	-93.15
SR-MEAN	647.54	734.84	691.19	-87.30

ตารางผนวกที่ ข15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลง
ของปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัดขนาด(SR) และวิธีการคัดขนาด(M)

METHOD (M)	SIZE RANGE (SR)		M-MEAN	DIFF
	20	30		
step max-2	635.51	786.61	711.06	-151.10
slope	659.57	683.07	671.32	-23.50
SR-MEAN	647.54	734.84	691.19	-87.30
DIFF	-24.06	103.54	39.74	

ตารางผนวกที่ ข16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) และช่วงคัดขนาด(SR)

SIZE RANGE (SR)	NUMBER OF SIZE (NS)		SR-MEAN	DIFF
	3	4		
20	603.30	691.78	647.54	-88.47
30	764.93	704.74	734.84	60.19
NS-MEAN	684.12	698.26	691.19	-14.14
DIFF	-161.63	-12.96	-87.30	

ตารางผนวกที่ ข17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M)และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	23	3928.555880	170.806777	4.93 **
NUMBER OF SIZE(NS)	1	1933.784653	1933.784653	55.83 **
SIZE RANGE (SR)	1	186.202253	186.202253	5.38 *
METHOD (M)	1	2.374453	2.374453	<1
SPEED (S)	2	429.806705	214.903352	6.20 **
NSxSR	1	12.084053	12.084053	<1
NSxM	1	86.768013	86.768013	2.51 ns
NSxS	2	19.024282	9.512141	<1
SRxM	1	176.467253	176.467253	5.10 *
SRxS	2	400.223082	200.111541	5.78 **
MxS	2	61.846872	30.923436	<1
NSxSRxM	1	2.465333	2.465333	<1
NSxSRxS	2	172.225512	86.112756	2.49 ns
NSxMxS	2	28.620282	14.310141	<1
SRxMxS	2	250.685302	125.342651	3.62 *
NSxSRxMxS	2	165.977832	82.988916	2.40 ns
ERROR	96	3324.890600	34.634277	
TOTAL	119	7253.446480		

หมายเหตุ CV. = 6.7%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ข18 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลง
ของปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M)และความเร็วรอบ(S)

	METHOD (M)			
SPEED (S)	step max-2	slope	S-MEAN	DIFF
SR=20				
7	85.301 a	91.407 a	88.354	-6.106 *
14	86.452 a	91.693 a	89.073	-5.241 *
21	89.731 a	86.504 a	88.117	3.227 ns
SR=30				
7	83.049 b	78.614 b	80.832	4.435 ns
14	89.008 a	87.159 a	88.084	1.849 ns
21	89.229 a	89.081 a	89.155	0.148 ns
M-MEAN	87.128	87.410	87.269	-0.282

หมายเหตุ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแต่ละ SR มีความแตกต่างกันทางสถิติที่
ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข19 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลง
ของปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัดขนาด(SR) และความเร็วรอบ(S)

SPEED (S)	SIZE RANGE (SR)		S-MEAN	DIFF
	20	30		
7	88.354	80.832	84.593	7.522
14	89.073	88.083	88.578	0.989
21	88.117	89.155	88.636	-1.038
SR-MEAN	88.515	86.023	87.269	2.492

ตารางผนวกที่ ข20 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลง
ของปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัดขนาด(SR) และวิธีคัดขนาด(M)

METHOD (M)	SIZE RANGE (SR)		M-MEAN	DIFF
	20	30		
step max-2	87.161	87.095	87.128	0.066
slope	89.868	84.951	87.410	4.917
SR -MEAN	88.515	86.023	87.269	2.492
DIFF	-2.707	2.144	-0.281	

ตารางผนวกที่ ข21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลง
ของปัจจัยตัวคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด
(M)และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	47	20501.45038	436.20107	16.65 **
NUMBER OF SIZE (NS)	1	7064.54355	7064.54355	269.63 **
SIZE RANGE (SR)	1	2028.79535	2028.79535	77.43 **
METHOD (M)	2	2246.08369	1123.04184	42.86 **
SPEED (S)	3	1564.13322	521.37774	19.90 **
NSxSR	1	1032.47868	1032.47868	39.41 **
NSxM	2	689.72745	344.86373	13.16 **
NSxS	3	47.16893	15.72298	<1
SRxM	2	1297.21796	648.60898	24.76 **
SRxS	3	201.82029	67.27343	2.57 ns
MxS	6	302.05805	50.34301	1.92 ns
NSxSRxM	2	2135.40146	1067.70073	40.75 **
NSxSRxS	3	609.89545	203.29848	7.76 **
NSxMxS	6	821.02182	136.83697	5.22 **
SRxMxS	6	226.46717	37.74453	1.44 ns

ตารางผนวกที่ ข21 (ต่อ)

SV	DF	SS	MS	F
NSxSRxMxS	6	234.63732	39.10622	1.49 ns
ERROR	192	5030.51036	26.20057	
TOTAL	239	25531.96074		

หมายเหตุ CV. = 22.0%

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ข22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) วิธีคัดขนาด(M)และความเร็วรอบ(S)

	<u>NUMBER OF SIZE (NS)</u>			
SPEED (S)	3	4	S-MEAN	DIFF
M=step max-2				
7	13.999 a	34.334 a	24.167	-20.335 **
14	10.445 a	30.499 a	20.472	-20.054 **
21	11.112 a	23.832 b	17.472	-12.720 **
25	13.334 a	22.499 b	17.917	-9.165 **
M=step				
7	21.778 a	30.833 a	26.305	-9.055 **
14	14.889 b	23.332 c	19.110	-8.443 **
21	17.556 ab	25.333 bc	21.445	-7.777 **
25	17.335 ab	28.999 ab	23.167	-11.664 **
M=slope				
7	30.223 a	34.167 a	32.195	-3.944 ns
14	23.110 b	28.000 b	25.555	-4.890 *
21	16.667 c	31.499 ab	24.083	-14.832 **
25	23.999 b	31.331 ab	27.665	-7.332 **

ตารางผนวกที่ ข22 (ต่อ)

SPEED (S)	NUMBER OF SIZE (NS)		S-MEAN	DIFF
	3	4		
NS-MEAN	17.871	28.722	23.296	-10.851

หมายเหตุ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแต่ละ M มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัตขนาด(NS) ช่วงคัตขนาด(SR)และความเร็วรอบ (S)

	SIZE RANGE(SR)			
SPEED (S)	20	30	S-MEAN	DIFF

NS=3				
7	27.852 a	16.148 a	22.000	11.704 **
14	20.889 bc	11.407 b	16.148	9.483 **
21	18.964 c	11.259 b	15.112	7.705 **
25	23.703 b	12.742 ab	18.223	10.961 **
NS=4				
7	30.223 a	36.000 a	33.111	-5.777 **
14	28.222 a	26.332 b	27.277	1.890 ns
21	30.999 a	22.777 b	26.888	8.221 **
25	28.776 a	26.443 b	27.610	2.333 ns

SR-MEAN	26.204	20.389	23.296	5.815

ตารางผนวกที่ ข23 (ต่อ)

หมายเหตุ ** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแต่ละ NS มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข24 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR)และวิธีคัดขนาด(M)

	SIZE RANGE (SR)			
METHOD (M)	20	30	M-MEAN	DIFF

NS=3				
step max-2	16.668 b	7.778 b	12.223	8.890 **
step	19.112 b	16.668 a	17.890	2.444 ns
slope	32.778 a	14.222 a	23.500	18.556 **
NS=4				
step max-2	23.083 b	32.499 a	27.791	-9.416 **
step	32.583 a	21.666 b	27.124	10.917 **
slope	32.999 a	29.500 a	31.249	3.499 *

SR-MEAN	26.204	20.389	23.296	5.815

หมายเหตุ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแต่ละ NS มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัขนาด(SR) และวิธีคัขนาด(M)

METHOD (M)	SIZE RANGE (SR)		M-MEAN	DIFF
	20	30		
step max-2	19.875	20.138	20.007	-0.263
step	25.847	19.167	22.507	6.680
slope	32.888	21.861	27.375	11.027
SR-MEAN	26.204	20.389	23.296	5.815

ตารางผนวกที่ ข26 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัขนาด(NS) และวิธีคัขนาด(M)

METHOD (M)	NUMBER OF SIZE (NS)		M-MEAN	DIFF
	3	4		
step max-2	12.223	27.791	20.007	-15.569
step	17.889	27.124	22.507	-9.235
slope	23.500	31.249	27.375	-7.749
NS-MEAN	17.871	28.722	23.296	-10.851

ตารางผนวกที่ ข27 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัขนาด(NS) และช่วงคัขนาด(SR)

SIZE RANGE (SR)	NUMBER OF SIZE (NS)		SR-MEAN	DIFF
	3	4		
20	22.852	29.555	26.203	-6.703
30	12.889	27.888	20.389	-14.999

ตารางผนวกที่ ข27 (ต่อ)

SIZE RANGE (SR)	NUMBER OF SIZE (NS)		SR-MEAN	DIFF
	3	4		
NS-MEAN	17.871	28.721	23.296	-10.850
DIFF	9.963	1.667	5.815	

ตารางผนวกที่ ข28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลง
ของปัจจัยตัวคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด
(M)และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	47	17241117.31	366832.28	24.27 **
NUMBER OF SIZE (NS)	1	794122.27	794122.27	52.54 **
SIZE RANGE (SR)	1	465718.63	465718.63	30.81 **
METHOD (M)	2	154759.02	77379.51	5.12 **
SPEED (S)	3	13455514.41	4485171.47	296.76 **
NSxSR	1	371302.73	371302.73	24.57 **
NSxM	2	30930.13	15465.06	1.02 ns
NSxS	3	200962.13	66987.38	4.43 **
SRxM	2	257346.12	128673.06	8.51 **
SRxS	3	191002.86	63667.62	4.21 **
MxS	6	160689.23	26781.54	1.77 ns
NSxSRxM	2	388795.34	194397.67	12.86 **
NSxSRxS	3	99779.78	33259.93	2.20 ns
NSxMxS	6	160875.56	26812.59	1.77 ns
SRxMxS	6	294103.52	49017.25	3.24 **
NSxSRxMxS	6	215215.58	35869.26	2.37 *
ERROR	192	2901836.45	15113.73	
TOTAL	239	20142953.76		

ตารางผนวกที่ ข28 (ต่อ)

หมายเหตุ CV. = 12.9%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ข29 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M)
และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SIZE RANGE (SR)				
SPEED (S)	20	30	S-MEAN	DIFF
NS=3 M=step max-2				
7	525.79 b	612.41 d	569.10	-86.63 ns
14	649.99 b	864.38 c	757.18	-214.39 **
21	1076.61 a	1059.63 b	1068.12	16.98 ns
25	1026.57 a	1292.41 a	1159.49	-265.84 **
NS=3 M=step				
7	565.94 d	513.61 c	539.78	52.33 ns
14	766.97 c	728.29 b	747.63	38.68 ns
21	984.68 b	1013.58 a	999.13	-28.90 ns
25	1210.29 a	1091.41 a	1150.85	118.88 ns
NS=3 M=slope				
7	634.76 c	610.04 b	622.40	24.72 ns
14	948.20 b	895.34 a	921.77	52.86 ns
21	1073.96 ab	1053.09 a	1063.52	20.86 ns
25	1211.44 a	1054.21 a	1132.83	157.22 *
NS=4 M=step max-2				
7	496.38 c	739.26 c	617.82	-242.88 **
14	777.35 b	1016.35 b	896.85	-239.00 **
21	1267.46 a	1291.53 a	1279.49	-24.07 ns
25	1147.94 a	1119.67 b	1133.80	28.28 ns

ตารางผนวกที่ ข29 (ต่อ)

SIZE RANGE (SR)				
SPEED (S)	20	30	S-MEAN	DIFF
NS=4 M=step				
7	602.90 b	649.94 c	626.42	-47.04 ns
14	700.87 b	1194.63 b	947.75	-493.76 **
21	990.17 a	1420.48 a	1205.33	-430.31 **
25	1078.18 a	1409.13 a	1243.66	-330.95 **
NS=4 M=slope				
7	576.80 d	651.56 c	614.18	-74.76 ns
14	883.98 c	1082.28 b	983.13	-198.31 *
21	1185.78 b	1295.43 a	1240.61	-109.64 ns
25	1403.92 a	1242.71 a	1323.31	161.21 *
SR-MEAN	907.79	995.89	951.84	-88.10

หมายเหตุ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแต่ละ NS x M มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M) และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SIZE RANGE (SR)				
SPEED (S)	20	30	S-MEAN	DIFF
M=step max-2				
7	511.08	675.84	593.46	-164.75

ตารางผนวกที่ ๓0 (ต่อ)

SPEED (S)	SIZE RANGE (SR)		S-MEAN	DIFF
	20	30		
14	713.67	940.36	827.02	-226.69
21	1172.04	1175.58	1173.81	-3.54
25	1087.26	1206.04	1146.65	-118.78
M=step				
7	584.42	581.77	583.10	2.65
14	733.92	961.46	847.69	-227.54
21	987.43	1217.03	1102.23	-229.60
25	1144.24	1250.27	1197.25	-106.04
M=slope				
7	605.78	630.80	618.29	-25.02
14	916.09	988.81	952.45	-72.73
21	1129.87	1174.26	1152.07	-44.39
25	1307.68	1148.46	1228.07	159.22
SR-MEAN	907.79	995.89	951.84	-88.10

ตารางผนวกที่ ๓1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) และวิธีคัดขนาด(M)

	<u>SIZE RANGE (SR)</u>			
METHOD (M)	20	30	M-MEAN	DIFF
NS=3				
step max-2	819.74	957.21	888.47	-137.47
step	881.97	836.72	859.35	45.25
slope	967.09	903.17	935.13	63.91

ตารางผนวกที่ ข31 (ต่อ)

	<u>SIZE RANGE (SR)</u>			
METHOD (M)	20	30	M-MEAN	DIFF
NS=4				
step max-2	922.28	1041.70	981.99	-119.42
step	843.03	1168.55	1005.79	-325.51
slope	1012.62	1068.00	1040.31	-55.37
SR-MEAN	907.79	995.89	951.84	-88.10

ตารางผนวกที่ ข32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัดขนาด(SR) และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SPEED (S)	SIZE RANGE (SR)		S-MEAN	DIFF
	20	30		
7	567.09	629.47	598.28	-62.38
14	787.89	963.55	875.72	-175.65
21	1096.44	1188.96	1142.70	-92.51
25	1179.72	1201.59	1190.66	-21.87
SR-MEAN	907.79	995.89	951.84	-88.10

ตารางผนวกที่ ข33 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัดขนาด(SR) และวิธีคัดขนาด(M)

METHOD (M)	SIZE RANGE (SR)		M-MEAN	DIFF
	20	30		
step max-2	871.01	999.45	935.23	-128.44
step	862.50	1002.63	932.57	-140.13
slope	989.85	985.58	987.72	4.27
SR-MEAN	907.79	995.89	951.84	-88.10

ตารางผนวกที่ ข34 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) และความเร็วรอบ(S)

SPEED (S)	NUMBER OF SIZE (NS)		S-MEAN	DIFF
	3	4		
7	577.09	619.47	598.28	-42.38
14	808.86	942.58	875.72	-133.72
21	1043.59	1241.81	1142.70	-198.22
25	1147.72	1233.59	1190.66	-85.87
NS-MEAN	894.32	1009.36	951.84	-115.04

ตารางผนวกที่ ข35 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) และช่วงคัดขนาด(SR)

SIZE RANGE (SR)	NUMBER OF SIZE (NS)		SR-MEAN	DIFF
	3	4		
20	889.60	925.98	907.79	-36.38
30	899.04	1092.75	995.89	-193.71
NS-MEAN	894.32	1009.36	951.84	-115.04
DIFF	-9.44	-166.77	-88.10	

ตารางผนวกที่ ข36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลง
ของปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด
(M)และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SV	DF	SS	MS	F
TREATMENT	47	12069.68782	256.80187	16.71 **
NUMBER OF SIZE (NS)	1	4530.53151	4530.53151	294.83 **
SIZE RANGE (SR)	1	1044.29332	1044.29332	67.96 **
METHOD (M)	2	1085.71253	542.85627	35.33 **
SPEED (S)	3	631.00288	210.33429	13.69 **
NSxSR	1	817.96260	817.96260	53.23 **
NSxM	2	587.22464	293.61232	19.11 **
NSxS	3	69.35787	23.11929	1.50 ns
SRxM	2	400.42784	200.21392	13.03 **
SRxS	3	117.23282	39.07761	2.54 ns
MxS	6	214.59961	35.76660	2.33 *
NSxSRxM	2	1371.10546	685.55273	44.61 **

ตารางผนวกที่ 36 (ต่อ)

SV	DF	SS	MS	F
NSxSRxS	3	261.51429	87.17143	5.67 **
NSxMxS	6	659.98296	109.99716	7.16 **
SRxMxS	6	67.00922	11.16820	<1
NSxSRxMxS	6	211.73025	35.28837	2.30 *
ERROR	192	2950.42280	15.36679	
TOTAL	239	15020.11062		

หมายเหตุ CV. = 5.0%

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 37 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) วิธีคัดขนาด(M)
และความเร็วรอบจานหมุน(S)

	<u>SIZE RANGE (SR)</u>			
SPEED (S)	20	30	S-MEAN	DIFF
NS=3 M=step max-2				
7	82.422 b	92.616 a	87.519	-10.194 **
14	87.718 a	92.740 a	90.229	-5.022 *
21	84.648 ab	93.072 a	88.860	-8.424 **
25	82.058 b	89.508 a	85.783	-7.450 **
NS=3 M=step				
7	78.716 b	80.814 a	79.765	-2.098 ns
14	85.144 a	85.002 a	85.073	0.142 ns
21	81.054 ab	83.226 a	82.140	-2.172 ns
25	80.300 ab	85.022 a	82.661	-4.722 ns

ตารางผนวกที่ ๗37 (ต่อ)

	SIZE RANGE (SR)			
SPEED (S)	20	30	S-MEAN	DIFF

NS=3 M=slope				
7	65.742 c	82.098 b	73.920	-16.356 **
14	72.324 b	86.130 ab	79.227	-13.806 **
21	81.274 a	89.536 a	85.405	-8.262 **
25	70.618 b	86.624 ab	78.621	-16.006 **
NS=4 M=step max-2				
7	76.142 ab	66.412 c	71.277	9.730 **
14	75.328 b	69.922 bc	72.625	5.406 *
21	81.168 a	73.872 ab	77.520	7.296 **
25	80.692 a	76.858 a	78.775	3.834 ns
NS=4 M=step				
7	70.588 b	76.008 b	73.298	-5.420 *
14	75.934 a	80.462 ab	78.198	-4.528 ns
21	66.990 b	83.690 a	75.340	-16.700 **
25	70.768 b	77.508 b	74.138	-6.740 **
NS=4 M=slope				
7	74.584 ab	70.300 b	72.442	4.284 ns
14	78.244 a	74.522 ab	76.383	3.722 ns
21	69.418 c	76.386 a	72.902	-6.968 **
25	72.194 bc	71.866 ab	72.030	0.328 ns

SR-MEAN	76.836	81.008	78.922	-4.172

หมายเหตุ * = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแต่ละ NS x M มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางผนวกที่ ข38 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) วิธีคัดขนาด(M) และความเร็วรอบ
จานหมุน(S)

	<u>NUMBER OF SIZE (NS)</u>			
SPEED (S)	3	4	S-MEAN	DIFF
M=step max-2				
7	87.519	71.277	79.398	16.242
14	90.229	72.625	81.427	17.604
21	88.860	77.520	83.190	11.340
25	85.783	78.775	82.279	7.008
M=step				
7	79.765	73.298	76.531	6.467
14	85.073	78.198	81.636	6.875
21	82.140	75.340	78.740	6.800
25	82.661	74.138	78.400	8.523
M=slope				
7	73.920	72.442	73.181	1.478
14	79.227	76.383	77.805	2.844
21	85.405	72.902	79.153	12.503
25	78.621	72.030	75.326	6.591
NS-MEAN	83.267	74.577	78.922	8.690

ตารางผนวกที่ ข39 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) และความเร็วรอบ
จานหมุน(S)

SIZE RANGE (SR)				
SPEED (S)	20	30	S-MEAN	DIFF

NS=3				
7	75.627	85.176	80.401	-9.549
14	81.729	87.957	84.843	-6.229
21	82.325	88.611	85.468	-6.286
25	77.659	87.051	82.355	-9.393
NS=4				
7	73.771	70.907	72.339	2.865
14	76.502	74.969	75.735	1.533
21	72.525	77.983	75.254	-5.457
25	74.551	75.411	74.981	-0.859

SR-MEAN	76.836	81.008	78.922	-4.172

ตารางผนวกที่ ข40 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) ช่วงคัดขนาด(SR) และวิธีคัดขนาด
(M)

	SIZE RANGE (SR)			
METHOD (M)	20	30	M-MEAN	DIFF
G=3				
step max-2	84.212	91.984	88.098	-7.772
step	81.303	83.516	82.410	-2.213
slope	72.490	86.097	79.293	-13.608

ตารางผนวกที่ ข40 (ต่อ)

METHOD (M)	SIZE RANGE (SR)		M-MEAN	DIFF
	20	30		
NS=4				
step max-2	78.333	71.766	75.049	6.567
step	71.070	79.417	75.244	-8.347
slope	73.610	73.268	73.439	0.342
SR-MEAN	76.836	81.008	78.922	-4.172

ตารางผนวกที่ ข41 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ วิธีคัดขนาด(M) และความเร็วรอบจานหมุน(S)

SPEED (S)	METHOD (M)			S-MEAN
	step max-2	step	slope	
7	79.398	76.531	73.181	76.370
14	81.427	81.635	77.805	80.289
21	83.190	78.740	79.153	80.361
25	82.279	78.400	75.325	78.668
M-MEAN	81.574	78.827	76.366	78.922

ตารางผนวกที่ ข42 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ ช่วงคัดขนาด(SR)

METHOD (M)	SIZE RANGE (SR)		M-MEAN	DIFF
	20	30		
step max-2	81.272	81.875	81.574	-0.603
step	76.187	81.466	78.827	-5.280
slope	73.050	79.683	76.366	-6.633
SR-MEAN	76.836	81.008	78.922	-4.172

ตารางผนวกที่ ข43 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) และวิธีคัดขนาด(M)

METHOD (M)	NUMBER OF SIZE(NS)		M-MEAN	DIFF
	3	4		
step max-2	88.098	75.049	81.574	13.048
step	82.410	75.244	78.827	7.166
slope	79.293	73.439	76.366	5.854
NS-MEAN	83.267	74.577	78.922	8.690

ตารางผนวกที่ ข44 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ปัจจัยควบคุมได้แก่ จำนวนคัดขนาด(NS) และช่วงคัดขนาด(SR)

SIZE RANGE (SR)	NUMBER OF SIZE (NS)		Z-MEAN	DIFF
	3	4		
20	79.335	74.338	76.836	4.997
30	87.199	74.817	81.008	12.382
NS-MEAN	83.267	74.577	78.922	8.690
DIFF	-7.864	-0.480	-4.172	

ตารางผนวกที่ ข45 ค่าตั้งระดับ Metering gap ในช่วง 20 และ 30 กรัม(ทดลองที่โรงงานจักรวาล)

ช่วงคัดขนาด	ขนาด(mm)			
	เล็ก	กลาง	ใหญ่	ใหญ่พิเศษ
20 g	50.9	56.6	63.0	64.5
30 g	51.4	56.7	62.0	67.3

ตารางผนวกที่ ข46 แสดงค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย(%) ทดลองที่โรงงานจักรวาล

3 ขนาด			4 ขนาด		
ครั้งที่	20 g	30 g	ครั้งที่	20 g	30 g
1	34.865	26.181	1	34.865	27.133
2	22.745	15.218	2	22.745	15.218
3	26.398	28.178	3	31.654	35.472
4	17.194	35.319	4	20.889	37.855
5	23.187	23.450	5	24.433	33.595
6	19.970	35.850	6	31.171	37.208
7	19.202	26.398	7	32.670	29.118
8	16.599	26.095	8	24.458	26.095
9	25.360	19.401	9	31.255	21.114
AVR.	22.836	26.232	AVR.	28.238	29.201
STD.	5.657	6.658	STD.	5.073	7.685
CV.	24.772	25.381	CV.	17.965	26.317

ตารางผนวกที่ ข47 ค่าตั้งระดับ Metering gap ในช่วง 20 และ 30 กรัม(ทดลองที่ห้อง LAB)

ช่วงคัดขนาด	ขนาด(mm)			
	เล็ก	กลาง	ใหญ่	ใหญ่พิเศษ
20 g	49.4	55.0	60.1	64.4
30 g	51.0	57.2	64.1	67.8

ตารางผนวกที่ ข48 ค่าอัตราส่วนเจือปนเฉลี่ย $C_R(\%)$ และค่าสมรรถนะ Q ในการคัดขนาดด้วยคน

3 ขนาด		4 ขนาด	
20 g	33.676	20 g	40.428
30 g	50.852	30 g	61.094
Q	306.766 kg/h		
	153.383 kg/h		

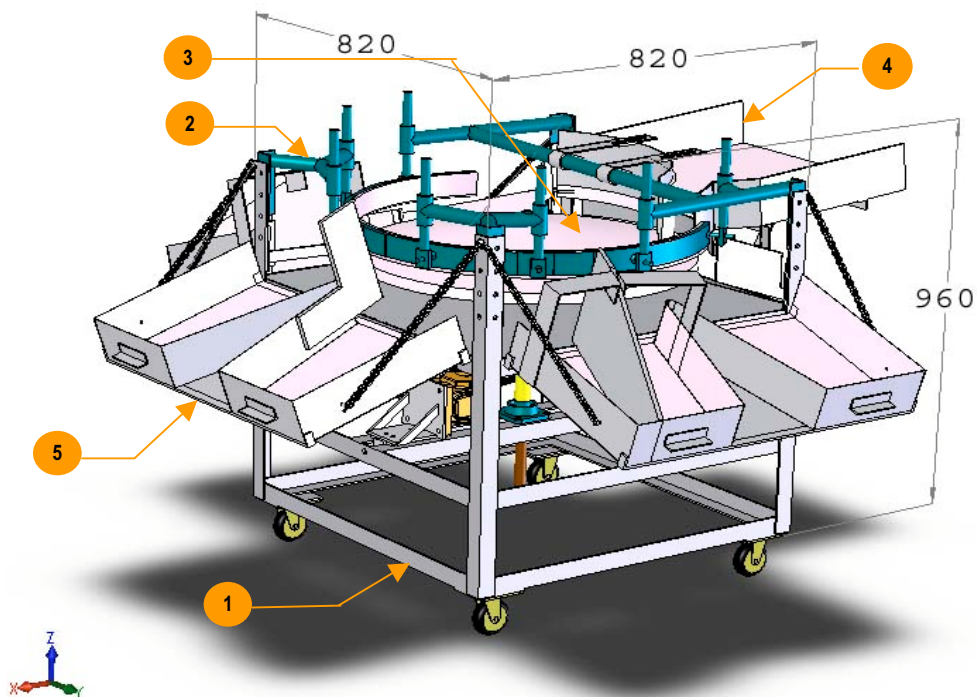
ตารางผนวกที่ ข49 แสดงค่าสมรรถนะการคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาดผลมังคุด

ครั้งที่	Q(kg/h)
1	1032.36
2	1019.48
เฉลี่ย	1025.92

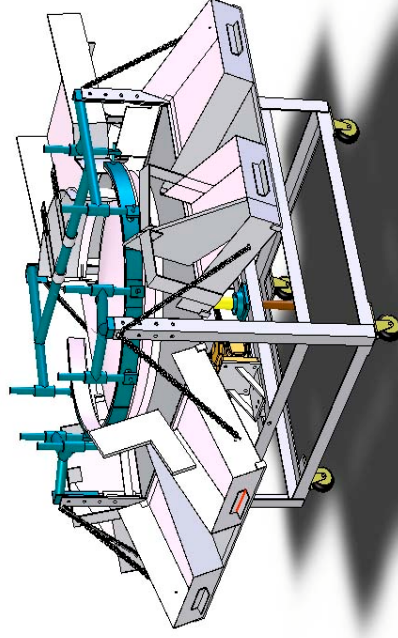
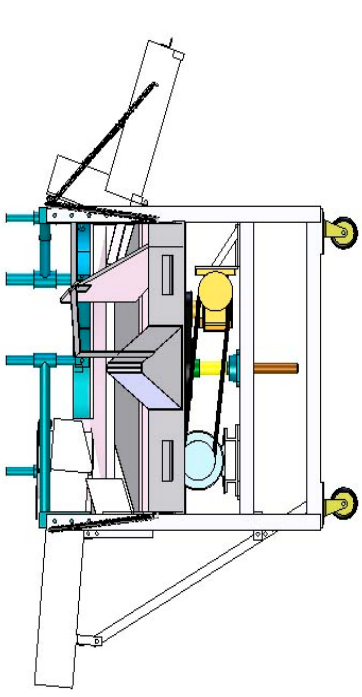
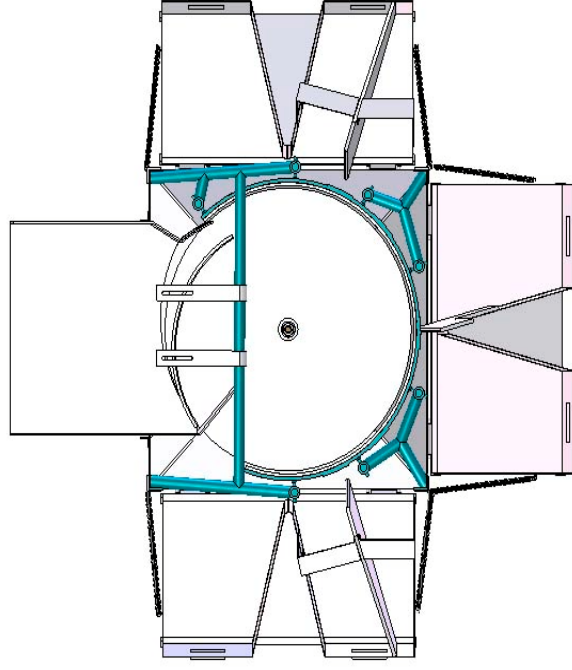
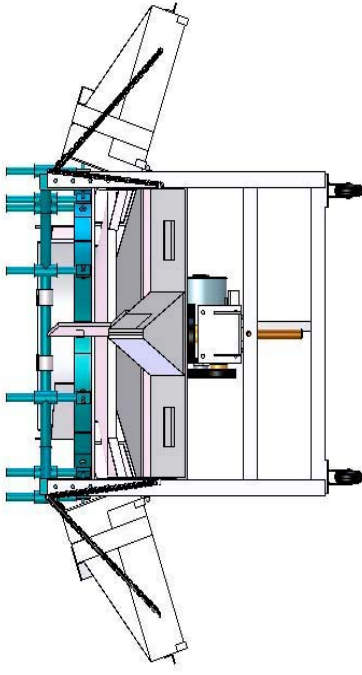
ตารางผนวกที่ ข50 แสดงความเสียหายโดยคัดขนาดด้วยเครื่องคัดผลมังคุด

ครั้งที่	ค่าความเสียหาย
1	0.288%(1.84kg)
2	0.611%(3.887kg)
เฉลี่ย	0.45%(2.864kg)

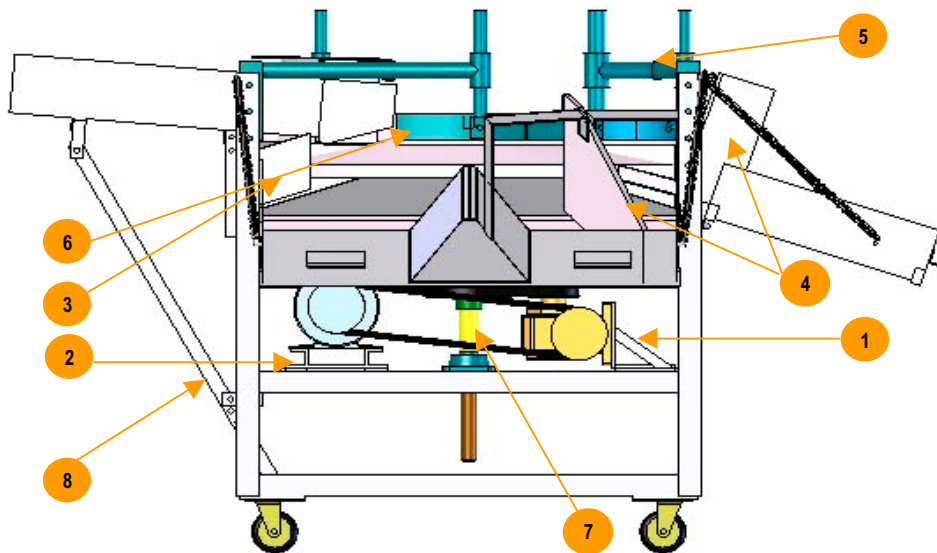
ภาคผนวก ค
แบบเครื่องคัดขนาดผลมังคุด



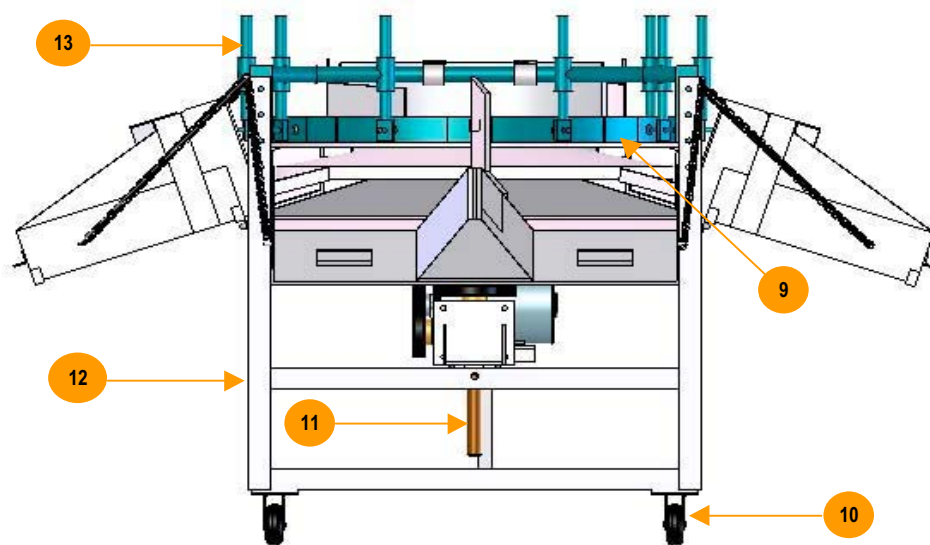
5	Bracket Output	3	st-37	
4	Bracket Input	1	st-37	
3	Disc	1	st-37	
2	Aperture	1	st-37	
1	Structure	1	st-37	
Pos.	Description	Quan.	Mat'L	Remark
Mat'L : st-37			Drawn	
Part Name :		Scale	Checked	
Isometric			Approved	
THE KASETSART UNIVERSITY			Drawing's No. _____	



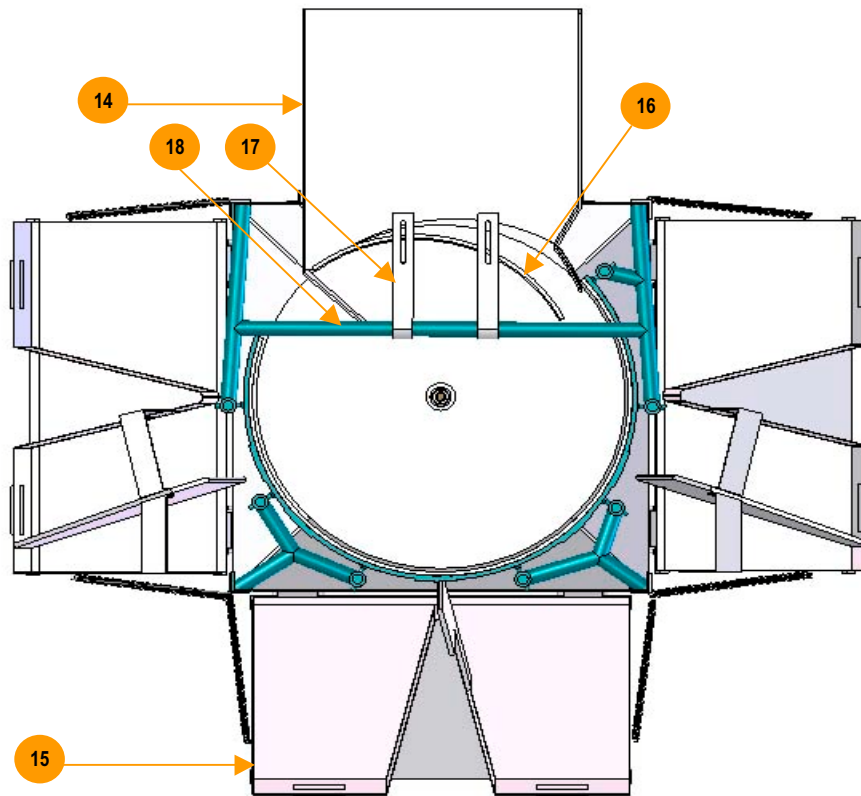
Mat'L :	st-37	Drawn	
Part Name :	View and Isometric	Scale	
		Checked	
		Approved	
		Drawing's No. _____	
THE KASETSART UNIVERSITY			



8	Support Arm	1	st-37	
7	Slip for Pulley	1	st-37	
6	Segment	6	st-37	
5	Arm Segment	4	st-37	
4	Grade Bar	3	st-37	
3	Grade Corner	4	st-37	
2	Motot Stand	1	st-37	
1	Gear Stand	1	st-37	
Pos.	Description	Quan.	Mat'L	Remark
Mat'L : st-37			Drawn	
Part Name :		Scale	Checked	
View		—	Approved	
THE KASETSART UNIVERSITY			Drawing's No. _____	



13	Stud Built	7	st-37	
12	Ass'y Frame	1	st-37	
11	Shaft	1	st-37	
10	Roller	4	st-37	
9	Plate Segment	5	st-37	
Pos.	Description	Quan.	Mat'L	Remark
Mat'L : st-37			Drawn	
Part Name : View		Scale	Checked	
			Approved	
THE KASETSART UNIVERSITY			Drawing's No.	



18	Stand for Segment Gate	1	st-37	
17	Support for Segment Gate	2	st-37	
16	Segment Gate	1	st-37	
15	Bracket Output	3	st-37	
14	Bracket Input	1	st-37	
Pos.	Description	Quan.	Mat'L	Remark
Mat'L : st-37			Drawn	
Part Name : View		Scale	Checked	
			Approved	
THE KASETSART UNIVERSITY			Drawing's No.	
