

ผลการทดสอบและวิจารณ์

การทดสอบเครื่องคัดขนาดผลส้มโอ ตอนที่ 1

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลส้มโอที่นำมาทดลอง พันธุ์ละ 420 ผล ส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง มีน้ำหนัก 1019.5, 1164 และ 1520 กรัม เส้นรอบวง 445, 466 และ 517 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 141, 149 และ 166 มม. สำหรับผลส้มโอขนาด เล็ก กลาง และใหญ่ พันธุ์ขาวทองดี มีน้ำหนัก 737.5, 851 และ 1114.5 กรัม เส้นรอบวง 391, 415 และ 453 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 125, 132 และ 145 มม. สำหรับผลส้มโอขนาด เล็ก กลาง และใหญ่ ตารางที่ 3-5 (พันธุ์ขาวน้ำผึ้ง) และ 12-14 (พันธุ์ขาวทองดี) แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย ($\bar{C}_R$), ประสิทธิภาพการคัดขนาด (E_w) และสมรรถนะการคัดขนาด (Q) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุม 2 ตัว คือ ความเร็วสายพานคัดขนาด (4, 8, 12 และ 14.5 เมตร/นาที) และมุมเอียงสายพานคัดขนาด (70, 75 และ 80 องศา) ผลการวิเคราะห์ไปในแนวทางเดียวกัน

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลส้มโอที่ถูกนำมาทดลอง

พันธุ์	ขนาดของผลส้มโอ								
	เบอร์ 3			เบอร์ 2			เบอร์ 1		
	น.น. เฉลี่ย (กรัม)	เส้น รอบวง (มม.)	Dmax (มม.)	น.น. เฉลี่ย (กรัม)	เส้น รอบวง (มม.)	Dmax (มม.)	น.น. เฉลี่ย (กรัม)	เส้น รอบวง (มม.)	Dmax (มม.)
ขาว น้ำผึ้ง	1019.5 (61.69)	445 (7.89)	141 (3.00)	1164.5 (73.28)	466 (8.42)	149 (3.15)	1520 (133.06)	517 (15.28)	166 (4.96)
ขาว ทองดี	737.5 (42.76)	391 (5.99)	125 (2.45)	851 (44.91)	415 (5.75)	132 (2.18)	1114.5 (110.51)	453 (16.18)	145 (5.51)

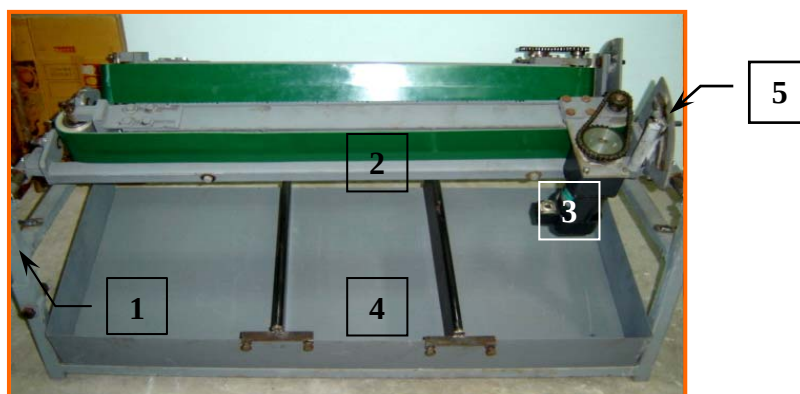
หมายเหตุ 1. ตัวเลขในวงเล็บ คือ ค่า SD (Standard Deviation)

2. Dmax คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่มากที่สุดของผล

ปรากฏว่าสำหรับพันธุ์ขาน้ำผึ้ง ความเร็วสายพานคัดขนาด และมุมเอียงสายพานคัดขนาด มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อ ความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย ($\bar{C}_R$), และประสิทธิภาพการคัดขนาด (E_w) แต่ Interaction ระหว่างความเร็วสายพานคัดขนาด และมุมเอียงสายพานคัดขนาด มีอิทธิพลต่อสมรรถนะการคัดขนาด (Q) ตารางที่ 6-11 แสดงการวิเคราะห์ Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่สมนัยกัน ระบุว่าค่า $\bar{C}_R$ ที่ต่ำ, E_w ที่สูง และ Q ที่สูง อย่างเหมาะสมจะให้ค่าปัจจัยควบคุมที่เหมาะสมคือ ความเร็วสายพานคัดขนาด 14.5 เมตร/นาที่ มุมเอียงสายพานคัดขนาด 75 องศา ที่ความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย ($\bar{C}_R$) = 11.97 %, ประสิทธิภาพการคัดขนาด (E_w) = 87.98 % และสมรรถนะการคัดขนาด (Q) = 3354.92 กก./ชม. ทำนองเดียวกันกับพันธุ์ทองดี Interaction ระหว่างความเร็วของสายพานคัดขนาดและมุมเอียงของสายพานคัดขนาดมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญกับความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย ($\bar{C}_R$), ประสิทธิภาพในการคัดขนาด (E_w) และสมรรถนะการคัดขนาด (Q) ตารางที่ 15-17 จะให้ค่า $\bar{C}_R$ ต่ำสุด E_w สูงสุด และ Q ที่สูงด้วย ที่ความเร็วสายพานคัดขนาด 14.5 เมตร/นาที่ มุมเอียงสายพานคัดขนาด 75 องศา ($\bar{C}_R$ = 8.74%, E_w = 91.21% และ $Q \cong 2762$ กก./ชม)

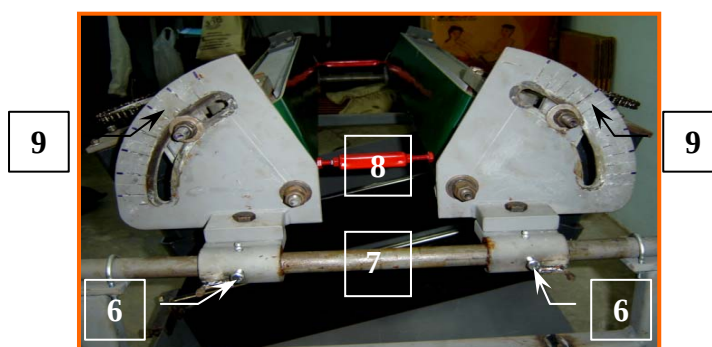
ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย ($\bar{C}_R$) ประสิทธิภาพการคัดขนาด (E_w) และสมรรถนะการคัดขนาด (Q) สำหรับแต่ละ Combination ของความเร็วสายพานคัดขนาด และมุมเอียงสายพานคัดขนาดได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 6-11 (พันธุ์ขาน้ำผึ้ง) และตารางที่ 15-17 (พันธุ์ขาวทองดี) สำหรับมุมเอียงสายพานคัดที่ค่าหนึ่ง ๆ เมื่อความเร็วสายพานคัดเพิ่มขึ้น ความผิดพลาดในการคัดขนาดก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ขณะที่ประสิทธิภาพการคัดขนาดก็จะลดลง ทั้งนี้เพราะความเร็วสายพานคัดขนาดที่เร็วขึ้น จะทำให้ผลสัมโสมิเวลาน้อยในการสอบเทียบกับช่องคัดขนาด ทำให้ข้ามไปตกช่องเกรดอื่นแทน ส่วนสมรรถนะการคัดขนาดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามความเร็วของสายพานคัดขนาด ซึ่งสัมโสมิทั้ง 2 พันธุ์ มีแนวโน้มที่ไปในแนวทางเดียวกัน

ภาพที่ 13 แสดงเครื่องคัดขนาดผลสัมโสมิแบบสายพานบานออก และภาพที่ 14-15 เป็นการปรับตั้งช่องคัดขนาด ทำได้ด้วยการคายสกรูล็อก (หมายเลข 6) ซึ่งมีทั้งด้านหน้าและด้านท้ายเครื่อง จากนั้นก็เลื่อนโครงเหล็กที่มีสายพานคัดขนาดประกอบอยู่ให้เคลื่อนที่ไปบนเพลาลูก (หมายเลข 7) นั่นทำให้ช่องคัดขนาดกว้างขึ้นหรือแคบลง เมื่อได้ระยะแล้วให้ขันล็อกสกรู (หมายเลข 6) ในกรณีที่ต้องตั้งระยะห่างของช่องคัดขนาดบ่อย ๆ ควรใช้แท่ง Block gauge (หมายเลข 8) ช่วยในการปรับตั้งจะมีความสะดวก รวดเร็วเพิ่มขึ้น และลดข้อผิดพลาดในการปรับตั้ง



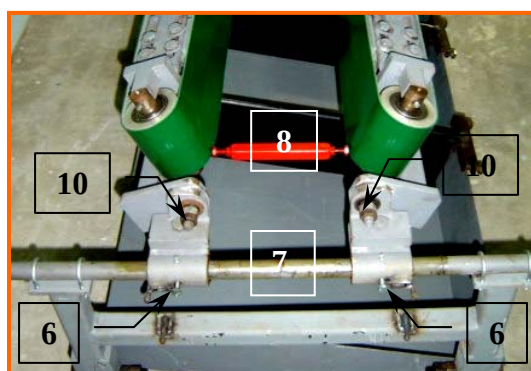
(1=โครงสร้าง 2 = สายพานคัดขนาด 3 = มอเตอร์ 4 = ถาดรับผลส้มโอ 5 = ที่ปรับมุมเอียง)

ภาพที่ 13 โครงสร้างทั่วไปของเครื่องคัดขนาดผลส้มโอ

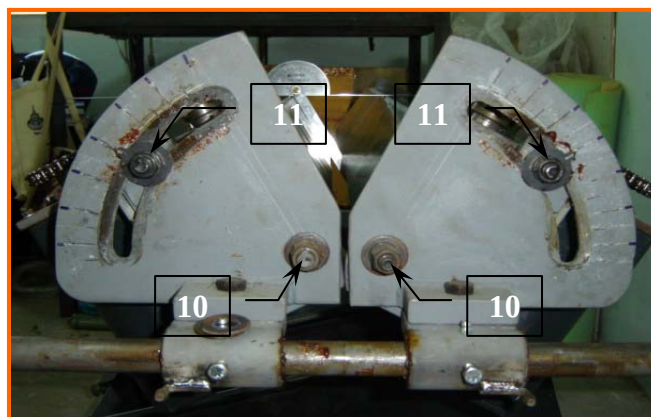


(6 = สกรูปรับช่องคัดขนาด 7 = เฟลาเหล็ก 8 = แท่ง Block gauge 9 = สเกลบอกมุมองศา)

ภาพที่ 14 การปรับตั้งช่องคัดขนาดด้านหน้าเครื่อง



ภาพที่ 15 การปรับตั้งช่องคัดขนาดด้านท้ายเครื่อง



ภาพที่ 16 การปรับมุมเอียงสายพานคัดขนาด

ภาพที่ 16 แสดงการปรับมุมเอียงสายพานคัดขนาด ปลายด้านหนึ่งของสกรู (หมายเลข 10) ยึดติดกับส่วนล่างของโครงเหล็กที่มีสายพานคัดขนาดประกอบอยู่ (มีทั้งด้านหน้าและท้ายเครื่อง) ส่วนด้านบนของโครงเหล็ก สกรู (หมายเลข 11) จะยึดติด การปรับมุมเอียงสายพานคัดขนาดทำได้ โดยคายนสกรู (หมายเลข 11) โครงเหล็กที่มีสายพานคัดขนาดประกอบอยู่ จะสามารถเคลื่อนที่ในแนวรัศมี ซึ่งสกรู (หมายเลข 10) เป็นจุดหมุน (คล้ายลักษณะการเดินของเข็มนาฬิกา) สามารถปรับได้ 40-90 องศา จากแนวระนาบ เมื่อปรับได้มุมที่ต้องการแล้วให้ขันล็อกสกรู (หมายเลข 11)

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดการคัดขนาด ต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุมได้แก่ ความเร็วสายพานคัดกับมุมเอียงสายพานคัด ของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	60.301	3.336	0.001
Intercept	1	14411.572	797.366	0.000
ความเร็วสายพาน	3	89.055	4.927	0.004
มุมเอียงสายพาน	2	101.843	5.635	0.005
ความเร็วสายพาน*มุมเอียง	6	32.077	1.775	0.116
Error	72	18.074		
Total	84			
Corrected Total	83			

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย
ตัวคุมได้แก่ ความเร็วสายพานคัดกับมุมเอียงสายพานคัดของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	60.381	3.333	0.001
Intercept	1	633727.086	34981.625	0.000
ความเร็วสายพาน	3	89.432	4.937	0.004
มุมเอียงสายพาน	2	102.061	5.634	0.005
ความเร็วสายพาน*มุมเอียง	6	31.962	1.764	0.119
Error	72	18.116		
Total	84			
Corrected Total	83			

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย
ตัวคุมได้แก่ ความเร็วสายพานคัดกับมุมเอียงสายพานคัดของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	2882803.371	208.203	0.000
Intercept	1	429424974.2	31014.079	0.000
ความเร็วสายพาน	3	10295902.875	743.594	0.000
มุมเอียงสายพาน	2	18403.300	1.329	0.271
ความเร็วสายพาน*มุมเอียง	6	131053.643	9.465	0.000
Error	72	13846.130		
Total	84			
Corrected Total	83			

ตารางที่ 6 แสดงค่าความผิดพลาดการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่
ความเร็วสายพานคัดขนาดของพันธุ์ขนาน้ำผึ้ง วิเคราะห์แบบ Duncan

SPEED	N	Subset	
		1	2
4.00	21	11.4567	
8.00	21	11.4776	
12.00	21	13.710	13.710
14.50	21		15.749
Sig.		.109	.125

ตารางที่ 7 แสดงค่าความผิดพลาดการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่มุมเอียง
สายพานคัดขนาดของพันธุ์ขนาน้ำผึ้ง วิเคราะห์แบบ Duncan

ANGLE	N	Subset	
		1	2
75.00	28	11.9732	
80.00	28	12.0214	
70.00	28		15.300
Sig.		.966	1.000

ตารางที่ 8 แสดงค่าประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ ความเร็ว
สายพานคัดขนาดของพันธุ์ขนาน้ำผึ้งวิเคราะห์แบบ Duncan

SPEED	N	Subset	
		1	2
14.50	21	84.2024	
12.00	21	86.2448	86.2448
8.00	21		88.4767
4.00	21		88.5095
Sig.		.124	.107

ตารางที่ 9 แสดงค่าประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ มุมเอียง
สายพานคัดขนาดของพันธุ์ขนาน้ำผึ้ง วิเคราะห์แบบ Duncan

ANGLE	N	Subset	
		1	2
70.00	28	84.6539	
80.00	28		87.9382
75.00	28		87.9829
Sig.		1.000	.969

ตารางที่ 10 แสดงค่าสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ ความเร็ว
สายพานคัดขนาดของพันธุ์ขนาน้ำผึ้งวิเคราะห์แบบ Duncan

SPEED	N	Subset			
		1	2	3	4
4.00	21	1672.35			
8.00	21		1919.574		
12.00	21			2189.802	
14.50	21				3262.346
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย
ควบคุมได้แก่ ความเร็วสายพานคัดกับมุมเอียงสายพานคัด ของพันธุ์ขนาน้ำผึ้ง

ความเร็วสายพาน คัดขนาด (เมตร/	มุมเอียงสายพานคัดขนาด		
	70	75	80
4	1710.951	1609.481	1696.615
8	1806.104	1836.974	2115.644
12	2347.989	2125.447	2095.97
14.5	3252.041	3354.928	3180.067
Mean	2279.27 ± 628.73	2231.7 ± 696.7	2272.07 ± 573.87

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุมได้แก่ ความเร็วสายพานคัดกับมุมเอียงสายพานคัด ของผลส้มโอพันธุ์ขาวทองดี

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	45.836	4.450	0.000
Intercept	1	7835.226	760.771	0.000
ความเร็วสายพาน	3	50.071	4.862	0.004
มุมเอียงสายพาน	2	56.366	5.473	0.006
ความเร็วสายพาน*มุมเอียง	6	40.208	3.904	0.002
Error	72	10.299		
Total	84			
Corrected Total	83			

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุมได้แก่ ความเร็วสายพานคัดกับมุมเอียงสายพานคัดของผลส้มโอพันธุ์ขาวทองดี

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	45.828	4.436	0.000
Intercept	1	685037.475	66307.789	0.000
ความเร็วสายพาน	3	49.927	4.833	0.004
มุมเอียงสายพาน	2	56.648	5.483	0.006
ความเร็วสายพาน*มุมเอียง	6	40.172	3.888	0.002
Error	72	10.331		
Total	84			
Corrected Total	83			

ตารางที่ 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย
ตัวคุมได้แก่ ความเร็วสายพานคัดกับมุมเอียงสายพานคัดของผลส้มโอพันธุ์ขาวทองดี

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	11	2080245.429	118.805	0.000
Intercept	1	393390797.5	22466.970	0.000
ความเร็วสายพาน	3	7459141.727	426.000	0.000
มุมเอียงสายพาน	2	49196.792	2.810	0.067
ความเร็วสายพาน*มุมเอียง	6	67813.492	3.873	0.002
Error	72	17509.740		
Total	84			
Corrected Total	83			

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัย
ควบคุมได้แก่ความเร็วสายพานคัดกับมุมเอียงสายพานคัดของพันธุ์ขาวทองดี

ความเร็วสายพาน คัดขนาด (เมตร/	มุมเอียงสายพานคัดขนาด		
	70	75	80
4	7.481	7.504	7.808
8	9.694	10.078	8.822
12	12.084	6.691	11.97
14.5	9.247	8.745	15.767

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ความเร็วสายพานคัดกับมุมเอียงสายพานคัดของพันธุ์ขาวทองดี

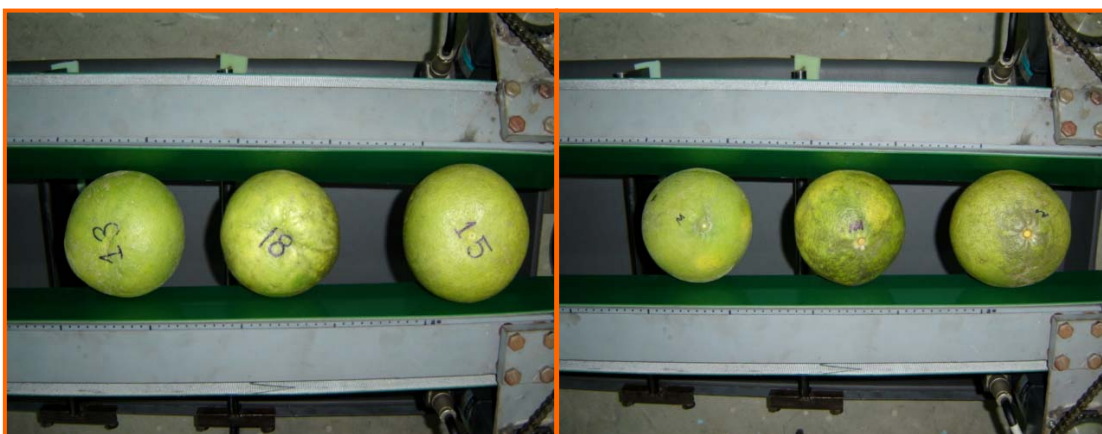
ความเร็วสายพานคัด ขนาด (เมตร/นาที่)	มุมเอียงสายพานคัดขนาด		
	70	75	80
4	92.471	92.458	92.152
8	90.267	89.898	91.137
12	87.885	93.281	87.994
14.5	90.718	91.215	84.192

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุมได้แก่ความเร็วสายพานคัดกับมุมเอียงสายพานคัดของพันธุ์ขาวทองดี

ความเร็วสายพานคัด ขนาด (เมตร/นาที่)	มุมเอียงสายพานคัดขนาด		
	70	75	80
4	1343.205	1385.216	1393.309
8	2084.540	2164.724	1970.659
12	2475.358	2531.608	2356.808
14.5	2617.099	2762.052	2884.326

การทดสอบเครื่องคัดขนาดผลส้มโอ ตอนที่ 2

ตารางที่ 19-24 แสดงผลการวิเคราะห์หาความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย ($\bar{C}_R$), ประสิทธิภาพการคัดขนาด (E_w) และสมรรถนะการคัดขนาด (Q) โดยได้กำหนดความเร็วสายพานคัดไว้ที่ 14.5 เมตร/นาที่ และมุมเอียงสายพานคัด 75 องศา ต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยควบคุม คือ ลักษณะการป้อนผลส้มโอ (ป้อนแบบคว่ำหัวและแบบหงายหัว) ดังภาพที่ 17-18 ปรากฏว่าลักษณะการป้อนผลส้มโอ ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย ($\bar{C}_R$) และประสิทธิภาพการคัดขนาด (E_w) แต่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% ต่อสมรรถนะการคัดขนาด (Q) ทั้งพันธุ์ขาวน้ำผึ้งและพันธุ์ขาวทองดี ต่างก็มีผลการวิเคราะห์ที่เป็นไปในแนวทางเดียวกัน



ภาพที่ 17 ลักษณะการป้อนผลส้มโอแบบคว่ำหัวและหงายหัวผล

ตารางที่ 18 แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความผิดพลาดในการคัดขนาด ($\bar{C}_R$), ประสิทธิภาพการคัดขนาด (E_w) และสมรรถนะการคัดขนาด (Q) ของส้มโอทั้ง 2 พันธุ์ พบว่ามีแนวโน้มไปทางเดียวกันกับการทดสอบตอนที่ 1 แต่ลักษณะการป้อนผลส้มโอแบบหงายหัวผลขึ้น มีค่าสมรรถนะการคัดขนาดที่แตกต่างออกไป คือ มีค่าสมรรถนะการคัดขนาดที่เพิ่มสูงขึ้นมาก เพราะว่าการป้อนผลส้มโอแบบหงายหัวผลขึ้นใช้เวลาในการป้อนน้อย ไม่ต้องเสียเวลาในการหยิบผลส้มโอมาพลิกกลับในขณะที่ทำการป้อน จึงทำให้การป้อนทำได้สะดวกเร็วขึ้น

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการคัดขนาดเฉลี่ย ($\bar{C}_R$), ประสิทธิภาพการคัดขนาด (E_w) และสมรรถนะการคัดขนาด (Q)

พันธุ์ส้มโอ	ลักษณะการป้อนผลส้มโอ	ความผิดพลาดการคัดขนาด(%)	ประสิทธิภาพการคัดขนาด (%)	สมรรถนะการคัดขนาด (กก./ชม.)
ขาน้ำผึ้ง	คว่ำหัวผลลง	12.47±2.65	87.48±2.66	3387.99±269.80
	หงายหัวผลขึ้น	12.61±2.15	87.35±2.15	4171.89±131.87
ขาวทองดี	คว่ำหัวผลลง	8.74 ±5.21	91.20±5.17	2614.78±99.25
	หงายหัวผลขึ้น	9.68±3.60	90.28±3.62	3376.98±204.65



ภาพที่ 18 ผลส้มโอที่มีลักษณะรูปร่างผลบิดเบี้ยวทำให้คัดผิดเกรด

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุมได้แก่ ลักษณะการป้อนของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1	7.286E-02	0.012	0.913
Intercept	1	2203.780	376.209	0.000
ลักษณะการป้อน	1	7.286E-02	0.012	0.913
Error	12	5.858		
Total	14			
Corrected Total	13			

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุมได้แก่ ลักษณะการป้อนของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1	6.046E-02	0.010	0.921
Intercept	1	106991.590	18206.339	0.000
ลักษณะการป้อน	1	6.046E-02	0.010	0.921
Error	12	5.877		
Total	14			
Corrected Total	13			

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุมได้แก่ ลักษณะการป้อนของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1	2150711.960	47.696	0.000
Intercept	1	200031680.6	4436.049	0.000
ลักษณะการป้อน	1	2150711.960	47.696	0.000
Error	12	45092.311		
Total	14			
Corrected Total	13			

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความผิดพลาดการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุมได้แก่ ลักษณะการป้อนของผลส้มโอพันธุ์ขาวทองดี

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1	3.127	0.156	0.700
Intercept	1	1188.901	59.202	0.000
ลักษณะการป้อน	1	3.127	0.156	0.700
Error	12	20.082		
Total	14			
Corrected Total	13			

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของประสิทธิภาพการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุมได้แก่ ลักษณะการป้อนของผลส้มโอพันธุ์ขาวทองดี

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1	2.972	0.149	0.706
Intercept	1	115274.281	5786.709	0.000
ลักษณะการป้อน	1	2.972	0.149	0.706
Error	12	19.921		
Total	14			
Corrected Total	13			

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะการคัดขนาดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวคุมได้แก่ ลักษณะการป้อนของผลส้มโอพันธุ์ขาวทองดี

Source	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1	2033360.575	78.604	0.000
Intercept	1	125654613.0	4857.433	0.000
ลักษณะการป้อน	1	2033360.575	78.604	0.000
Error	12	25868.524		
Total	14			
Corrected Total	13			

การทดสอบเครื่องคัดขนาดผลส้มโอโดยป้อนด้วยเครื่องป้อน

ภาพที่ 19 แสดงเครื่องคัดขนาดผลส้มโอและเครื่องป้อนที่ถูกจัดวางในตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับการคัดขนาดผลส้มโอ การทดสอบครั้งนี้ยังคงใช้สรุปปัจจัยควบคุมที่เหมาะสม คงที่ การทดสอบ คือ การป้อนเป็นแบบสุ่ม (Random) และป้อนอย่างต่อเนื่องในปริมาณครั้งละหลาย ๆ ผล เพื่อหาประสิทธิภาพและความสามารถในการคัดขนาดของเครื่องคัดขนาด

ผลการทดสอบปรากฏว่า การป้อนด้วยเครื่องป้อนมีค่าความผิดพลาดการคัดขนาด 21.05-26.21% ใช้แรงงานคนป้อนมีค่าความผิดพลาดการคัดขนาด 8.74-12.61% (แสดงไว้ในตารางที่25) สาเหตุอาจเป็นเพราะ เครื่องป้อนยังไม่สามารถเปลี่ยนลักษณะของผลส้มโอที่ออกจากเครื่องป้อนให้อยู่ในลักษณะที่เครื่องคัดขนาด คัดผลส้มโอให้มีค่าความผิดพลาดการคัดขนาดต่ำลงได้ ผลต่างของค่าสมรรถนะการคัดขนาดของการป้อนด้วยเครื่องป้อน มีค่าไม่แตกต่างกับการใช้แรงงานคนป้อนอาจเป็นเพราะความเร็วสายพานคัดขนาดมีความเร็วต่ำกว่าความเร็วของเครื่องป้อน จึงทำให้ไม่สามารถเพิ่มสมรรถนะการคัดขนาดให้สูงขึ้นได้ เมื่อพิจารณาพันธุ์ส้มโอพบว่าการคัดขนาดส้มโอพันธุ์ขาวทองดีมีค่าความผิดพลาดการคัดขนาด และสมรรถนะการคัดขนาดต่ำกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้งทุกรูปแบบการป้อน นั่นอาจเป็นเพราะว่าลักษณะทางกายภาพของผลส้มโอพันธุ์ขาวทองดี มีลักษณะกลมแป้น (Oblate) ผลเล็ก น้ำหนักเบา และรูปร่างผลบิดเบี้ยวน้อย เส้นผ่านศูนย์กลางผลมีความแตกต่างกันในแต่ละด้านน้อย นั่นหมายถึงมีลักษณะรูปผลเข้าใกล้ความกลมมากกว่าพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง (ดังตารางภาคผนวกที่ ค66 และ ค67)

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการคัดขนาด และสมรรถนะการคัดขนาด ระหว่างลักษณะการป้อนแบบต่าง ๆ

พันธุ์ส้มโอ	ลักษณะการป้อน ผลส้มโอ	ความผิดพลาดการคัด ขนาด(%)	สมรรถนะการคัดขนาด (กก./ชม.)
ขาวน้ำผึ้ง	คว่ำข้าวผลลง	12.47±2.65	3387.99±269.80
	หงายข้าวผลขึ้น	12.61±2.15	4171.89±131.87
	เครื่องป้อน	26.21±2.05	3863.81±236.64
ขาวทองดี	คว่ำข้าวผลลง	8.74 ±5.21	2614.78±99.25
	หงายข้าวผลขึ้น	9.68±3.60	3376.98±204.65
	เครื่องป้อน	21.05±1.87	3292.73±109.08

การคัดขนาดผลส้มโอปัจจุบันยังคงใช้แรงงานคนคัดอยู่ บางครั้งก็ไม่ได้ทำการวัดทุกผล จะใช้ความเชี่ยวชาญและความรู้สึก (Feel it) โดยการจับผลส้มโอให้อยู่ในอุ้งมือพร้อมกับมองและใช้ความรู้สึกประกอบ วิธีการเหล่านี้เรียกว่าการคัดขนาดด้วยสายตา พบว่ามีค่าความผิดพลาดในการคัดขนาด $\cong 27.59\%$ และสมรรถนะการคัดขนาด $\cong 1,860$ กก/ชม. ความผิดพลาดในการคัดขนาดและความสามารถในการคัดขนาดของเครื่องคัดขนาด (แสดงไว้ในตารางที่ 25) สามารถคัดขนาดของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งได้ $\cong 4,171.89$ กก/ชม. ค่าผิดพลาดในการคัดขนาด $\cong 12.61\%$ ทำให้ได้ว่า การคัดขนาดด้วยเครื่องคัดขนาด จะให้ผลถูกต้องแม่นยำมากกว่าและสมรรถนะการคัดขนาดก็สูงกว่าการคัดขนาดด้วยแรงงานคน



ภาพที่ 19 เครื่องคัดขนาดและเครื่องป้อนผลส้มโอ



(1= เครื่องคัดขนาดผลส้มโอ 2 = เครื่องป้อนผลส้มโอ 3 = สายพานลำเลียง 4 = ตู้คอนโทรล)

ภาพที่ 20 โครงสร้างทั่วไปของเครื่องคัดขนาดและเครื่องป้อนผลส้มโอ



(1= โครงสร้าง 2 = จานป้อน 3 = มอเตอร์ 4 = สายพานลำเลียง 5 = ตู้คอนโทรล 6 = แผ่นกั้น)

ภาพที่ 21 โครงสร้างทั่วไปของเครื่องป้อนผลส้มโอ

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

1. กรณีที่ทำการคำนวณโดยใช้แรงงานคนป้อน มีค่าใช้จ่ายดังนี้

ตารางที่ 26 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องคำนวณผลสัมไอ

รายการ	ราคา (บาท)
1. โครงสร้างเหล็ก, ถาดรองรับ, วัสดุคูกลิ้นพลังงาน	5,000
2. มอเตอร์ไฟฟ้าพร้อมเกียร์ทด ขนาด 60 watt 2 ตัว	8,500
3. สายพานลำเลียงขนาด 2 เส้น	2,160
4. เฟือง, โซ่, แบร็ริง, เพลา	1,940
5. ชุดควบคุมมอเตอร์พร้อมตู้คอนโทรล	2,200
6. ค่าแรงสร้างและประกอบเครื่องคำนวณผลสัมไอ	5,200
รวม	25,000

1.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

กำหนดให้ราคาเครื่องคำนวณผลสัมไอ (P) มีราคา 25,000 บาท (แสดงไว้ในตารางที่ 26) มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10 % ของราคาเครื่องและอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 4.5 % ต่อปี

$$\text{มูลค่าซาก (S)} = 0.1P = 0.1 * 25,000 = 2,500 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (D)} = (P - S) / L = (25,000 - 2,500) / 10 = 2,250 \text{ บาท/ปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} &= ((P + S) / 2) * I \\ &= ((25,000 + 2,500) / 2) * 0.045 = 618.75 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} &= \text{ค่าเสื่อมราคา (D)} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} \\ &= 2,250 + 618.75 \\ &= 2,868.75 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

กำหนดให้อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 184 บาท จำนวนคนงาน 1 คน ทำงานปีละ 120 วัน และค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า 0.28 หน่วย/ชม. ทำงานวันละ 4.5 ชั่วโมง ค่าบำรุงรักษาเครื่อง เฉลี่ยวันละ 5 บาท

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน (W)} = 184 * 120 = 22,080 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า (E)} = 0.28 * 3 * 4.5 * 120 = 453.6 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าบำรุงรักษา (M)} = 5 * 120 = 600 \text{ บาท/ปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนแปรผัน (VC)} &= \text{ค่าจ้างแรงงาน (W)} + \text{ค่าไฟฟ้า (E)} + \text{ค่าบำรุงรักษา (M)} \\ &= 22,080 + 453.6 + 600 \\ &= 23,133.6 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} &= \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} + \text{ต้นทุนแปรผัน (VC)} \\ &= 2,868.75 + 23,133.6 \\ &= 26,002.35 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

1.2 จุดคุ้มทุนของเครื่องคัดขนาดผลส้มโอ

กำหนดให้ค่าเครื่องคัดขนาดผลส้มโอ 0.05 บาท/กก. และภายในระยะเวลา 1 ปี เครื่องทำงาน $120 * 4.5 = 540$ ชม. สามารถทำการคัดขนาดได้ (Q) 3,774.43 กก./ชม. (ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของพันธุ์ขาวน้ำผึ้งกับขาวทองดี) ฉะนั้นเครื่องสามารถทำงานได้ 2,038,192.2 กก./ปี

$$\begin{aligned} \text{จุดคุ้มทุน (BEP}_s) &= \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} / ((\text{ราคาใช้เครื่องคัด / กก.}, SP_U) - (\text{ต้นทุนแปรผัน / กก.}, VC_U)) \\ &= 2,868.75 / (0.05 - 23,133.6 / 2,038,192.2) \\ &= 74,223.9 \text{ กก./ปี} \end{aligned}$$

1.3 ระยะเวลาในการคืนทุน

จากรายได้ในการรับจ้างใช้เครื่องคัดขนาด = 0.05 บาท/กก. และ 1 ปี เครื่องคัดขนาดทำการคัดขนาดได้ 2,038,192.2 กก. ฉะนั้นจึงมีรายได้ $0.05 * 2,038,192.2 = 101,909.61$ บาท/ปี

$$\begin{aligned}\text{กำไร (P)} &= \text{รายได้ (R)} - \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} \\ &= 101,909.61 - 26,002.35 \\ &= 75,907.26 \text{ บาท}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP)} &= \text{ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC)} / \text{กำไร (P)} \\ &= 25,000 / 75,907.26 \\ &= 0.33 \text{ ปี หรือประมาณ 4 เดือน}\end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ถ้าในการสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องคัดขนาดผลส้มโอราคา 25,000 บาท รับจ้างคัดขนาดโดยคิดเป็นเงิน 0.05 บาท/กก. จุดคุ้มทุนอยู่ที่การผลิต 74,223.9 กก./ปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 4 เดือน

2. กรณีที่ทำการคัดขนาดโดยใช้เครื่องป้อน มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นดังนี้

ตารางที่ 27 ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องป้อนผลส้มโอ

รายการ	ราคา (บาท)
1. มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.25 แรงม้า	1,450
2. เกียร์ทดอัตราทด 1:40 2 เครื่อง	3,400
3. เหล็กโครงสร้าง, งานป้อน, แผ่นราวกัน	3,600
4. สายพาน, พู่เล่ย์, เพลา, แบริ่ง	2,950
5. ค่าแรงงานสร้างและประกอบเครื่องป้อน	3,300
รวม	14,700

2.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

กำหนดให้ราคาเครื่องป้อนและเครื่องคัดขนาดผลส้มโอ (P) มีราคา 39,700 บาท (แสดงไว้ในตารางที่ 26 และ 27) มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10 % ของราคาเครื่อง และอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 4.5% ต่อปี

$$\text{มูลค่าซาก (S)} = 0.1P = 0.1 * 39,700 = 3,970 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (D)} = (P-S) / L = (39,700 - 3,970) / 10 = 3,573 \text{ บาท/ปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} &= ((P+S) / 2) * I \\ &= ((39,700 + 3,970) / 2) * 0.045 = 982.57 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} &= \text{ค่าเสื่อมราคา (D)} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} \\ &= 3,573 + 982.57 \\ &= 4,555.57 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

กำหนดให้อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 184 บาท จำนวนคนงาน 1 คนทำงานปีละ 120 วัน และค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3 บาท สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า 0.511 หน่วย/ชม. ทำงานวันละ 4.5 ชั่วโมง ค่าบำรุงรักษาเครื่อง เฉลี่ยวันละ 5 บาท

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน (W)} = 184 * 120 = 22,080 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า (E)} = 0.511 * 3 * 4.5 * 120 = 827.8 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าบำรุงรักษา (M)} = 5 * 120 = 600 \text{ บาท/ปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้นทุนแปรผัน (VC)} &= \text{ค่าจ้างแรงงาน (W)} + \text{ค่าไฟฟ้า (E)} + \text{ค่าบำรุงรักษา (M)} \\ &= 22,080 + 827.8 + 600 \\ &= 23,507.8 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} &= \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} + \text{ต้นทุนแปรผัน (VC)} \\
 &= 4,555.57 + 23,507.8 \\
 &= 28,063.37 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

2.2 จุดคุ้มทุนของเครื่องคัดขนาดผลส้มโอ

กำหนดให้ค่าเครื่องคัดขนาดผลส้มโอ 0.05 บาท/กก. และภายในระยะเวลา 1 ปี เครื่องทำงาน $120 * 4.5 = 540$ ชม. สามารถทำการคัดขนาดได้ (Q) 3,774.43 กก./ชม. (ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยพันธุ์ขาวน้ำผึ้งกับขาวทองดี) ฉะนั้นเครื่องสามารถทำงานได้ 2,038,192.2 กก./ปี

$$\begin{aligned}
 \text{จุดคุ้มทุน (BEP}_s\text{)} &= \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} / ((\text{ราคาใช้เครื่องคัด / กก.}, SP_U) - (\text{ต้นทุนแปรผัน / กก.}, VC_U)) \\
 &= 4,555.57 / (0.05 - 23,507.8 / 2,038,192.2) \\
 &= 118,429.1 \text{ กก./ปี}
 \end{aligned}$$

2.3 ระยะเวลาในการคืนทุน

จากรายได้ในการรับจ้างใช้เครื่องคัดขนาด = 0.05 บาท/กก. และ 1 ปี เครื่องคัดขนาดทำการคัดขนาดได้ 2,038,192.2 กก. ฉะนั้นจึงมีรายได้ $0.05 * 2,038,192.2 = 101,909.61$ บาท/ปี

$$\begin{aligned}
 \text{กำไร (P)} &= \text{รายได้ (R)} - \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} \\
 &= 101,909.61 - 28,063.37 \\
 &= 73,846.24 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP)} &= \text{ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC)} / \text{กำไร (P)} \\
 &= 39,700 / 73,846.24 \\
 &= 0.53 \text{ ปี หรือประมาณ 6 เดือน}
 \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ถ้าในการสร้างเครื่องต้นแบบทั้งเครื่องป้อน และเครื่องคัดขนาดผลส้มโอราคา 39,700 บาท และรับจ้างคัดขนาดโดยคิดเป็นเงิน 0.05 บาท/กก. จุดคุ้มทุนอยู่ที่การผลิต 118,429.1 กก./ปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 6 เดือน