

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของส้ม

สมบัติทางกายภาพที่ทำการศึกษาค้างนี้ เน้นสมบัติที่มีผลต่อการคั้นน้ำส้ม ซึ่งได้แก่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลส้ม ความหนาของเปลือกส้ม มวลของผลส้ม แรงกดอัดและแรงผ่าผลส้ม โดยผลการศึกษาศัพท์เบื้องต้นแสดงในตาราง 3

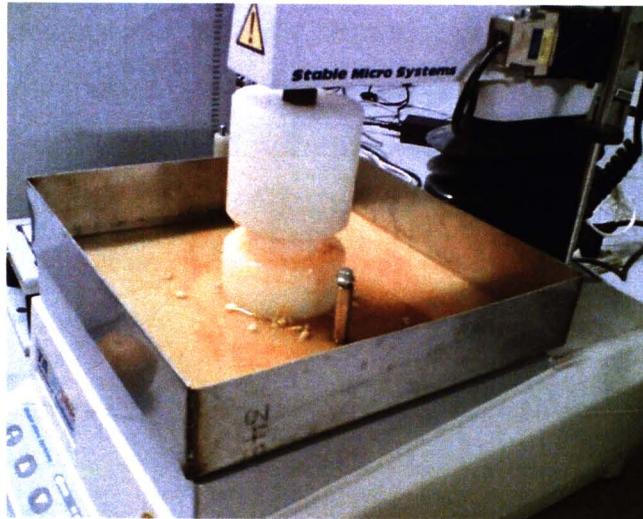
ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของเปลือก และน้ำหนักของส้ม

ขนาดผลส้ม (เบอร์)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)			ความหนาของ เปลือก (มิลลิเมตร)	มวล (กรัม)
	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3		
2	47.35±1.37	47.47±1.29	43.74±1.55	2.40±0.09	57.95±0.88
3	52.39±1.36	52.57±1.28	49.01±1.57	2.49±0.13	81.70±1.96
4	57.49±1.37	57.84±1.28	51.41±1.58	2.86±0.17	101.66±2.33

จากตารางผนวก 1-3 สามารถแสดงเป็นค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของเปลือก และน้ำหนักของส้ม ดังตาราง 3 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า เส้นผ่านศูนย์กลางผลส้มในตำแหน่งที่ 2 ซึ่งวัดตามแนวเฉียงมีขนาดใหญ่ที่สุด โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของเปลือก และมวล จะเพิ่มขึ้นตามขนาดผลส้ม จากข้อมูลที่ได้จึงนำมาพิจารณาในการออกแบบชุดคั้นโดยให้ขนาดความโตของลูกคั้นและหลุมคั้นให้สามารถรองรับกับขนาดของผลส้มที่ 40-60 มิลลิเมตร และมีระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นไม่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร

การศึกษาแรงที่ใช้สำหรับการบีบคั้นผลส้ม

การวัดแรงกดอัดที่ใช้สำหรับบีบคั้นน้ำส้ม ทดสอบโดยอุปกรณ์ทดสอบเอนกประสงค์ ดังภาพ 27 เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและรองรับกับลักษณะการทำงานจริงของการคั้น จึงได้ออกแบบชุดหัวคั้นและหลุมคั้นสำหรับเพื่อใช้ในการทดสอบ ดังภาพ 28 โดยใช้ชุดเปอร์ลิทกึ่งขึ้นรูปออกแบบให้หัวคั้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร ถ้วยคั้นมีความโต 60 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาติดตั้งกับเครื่องทดสอบ



ภาพ 27 การทดสอบหาค่าแรงกดอัด



ภาพ 28 ชุดหัวคั่นและหลุมคั่นที่ใช้ทดสอบ

การทดสอบหาค่าแรงที่ใช้ในการกดอัดกับผลส้มเบอร์ 2, 3 และ 4 ที่ระยะห่างชุดคั่น 2, 2.5 และ 3 มิลลิเมตร ทำการวัด 3 ตำแหน่ง คือตำแหน่งที่ 1 (แนวขวาง) ตำแหน่งที่ 2 (แนวเฉียง 45 องศา) และตำแหน่งที่ 3 (แนวยาว) มีผลการทดสอบแสดงในตารางผนวก 4 พบว่า เมื่อหัวคั่นกดอัดผลส้มที่รองรับด้วยหลุมคั่นจะใช้แรงกดอัดสูงสุดเฉลี่ยคือ 512.55 นิวตัน เมื่อให้ระยะห่างระหว่างหลุมคั่นกับหัวคั่นน้อยสุด คือ 2 มิลลิเมตร ใช้กับผลส้มเบอร์ 4 และกดอัดตามแนวยาว ซึ่งแรงกดอัดสูงสุดนี้จะถูกนำไปใช้ในการออกแบบชุดคั่น (หลุมคั่นและหัวคั่น)

ผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่ามีขนาดผลส้ม ระยะห่างชุดกดอัดและตำแหน่งการวัดอย่างน้อย 1 ระดับที่ทำให้ประสิทธิภาพการคั่น และแรงกดอัดแตกต่างกัน (ตารางผนวก 5-7) เมื่อทำการทดสอบต่อเนื่องแบบจับคู่พหุคูณ (multiple

comparison test) ด้วยวิธีการของ DUNCAN พบว่าประสิทธิภาพการคั้นของผลส้มเบอร์ 3 มีค่าสูงสุด และแรงกดอัดมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดผลส้ม (ตาราง 4) ในขณะที่ระยะห่างชุดกดอัดมีผลให้ตัวแปรทั้งสองแปรผกผัน (ตาราง 5) ส่วนตำแหน่งการวัดนั้น มีผลต่อแรงกดอัด แต่ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการคั้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 6) โดยที่แรงกดอัดในตำแหน่งที่ 3 มีค่าสูงสุด เนื่องจากเมื่อผ่าผลส้มในแนวยาวจะทำให้กลีบส้มไม่ถูกตัดจึงทำให้ต้องใช้แรงกดอัดมากขึ้นเพื่อบีบคั้นให้น้ำส้มแยกออกมา

ตาราง 5 ผลการเปรียบเทียบขนาดผลส้มที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการคั้นและแรงกดอัด

ขนาดผลส้ม (เบอร์) ^a	ประสิทธิภาพการคั้น (ร้อยละ)	แรงกดอัด (นิวตัน)
2	94.37±0.21 ^a	447.48±1.08 ^a
3	94.81±0.20 ^b	467.80±1.27 ^b
4	92.23±0.21 ^c	483.49±1.15 ^c

หมายเหตุ ค่าประสิทธิภาพการคั้นและแรงกดอัดที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 6 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างชุดกดอัดที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการคั้นและแรงกดอัด

ระยะห่างชุดกดอัด (มิลลิเมตร)	ประสิทธิภาพการคั้น (ร้อยละ)	แรงกดอัด (นิวตัน)
2	96.37±0.19 ^a	495.28±1.13 ^a
2.5	94.22±0.22 ^b	466.82±1.15 ^b
3	90.83±0.24 ^c	436.67±1.28 ^c

หมายเหตุ ค่าประสิทธิภาพการคั้นและแรงกดอัดที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

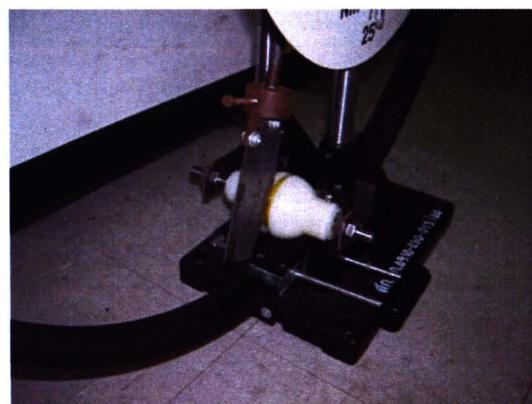
ตาราง 7 ผลการเปรียบเทียบตำแหน่งการวัดที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการคั้นและแรงกดอัด

ตำแหน่งการวัด	ประสิทธิภาพการคั้น (ร้อยละ)	แรงกดอัด (นิวตัน)
1	93.68±0.18 ^a	461.52±1.17 ^a
2	93.85±0.20 ^a	464.37±1.23 ^b
3	93.89±0.19 ^a	472.87±1.19 ^c

หมายเหตุ ค่าประสิทธิภาพการคั้นและแรงกดอัดที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการศึกษาแรงที่ใช้สำหรับการผ่าผลส้ม

การหาค่าแรงที่ใช้สำหรับการผ่าผลส้ม ได้ดัดแปลงเครื่องทดสอบแรงกระแทก (pendulum impact tester) โดยการติดตั้งใบมีดไว้ที่ปลายแขนของเครื่องมือทดสอบ ดังภาพ 29 แล้วทดสอบผ่าผลส้มเบอร์ 2, 3 และ 4 ทำการวัด 3 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งที่ 1 (แนวขวาง) ตำแหน่งที่ 2 (แนวเฉียง 45 องศา) และตำแหน่งที่ 3 (แนวยาว) ที่ความเร็วใบมีด 3.23 (มุมปล่อย 90 องศา), 3.96 (มุมปล่อย 120 องศา) และ 4.42 (มุมปล่อย 150 องศา) เมตรต่อวินาที ผลการทดสอบแสดงในตารางผนวก 8 พบว่าแรงที่ใช้ผ่าผลส้มสูงสุดคือ 37.58 นิวตัน ที่ความเร็วใบมีด 4.42 เมตรต่อวินาที กับผลส้มเบอร์ 4 และผ่าที่ตำแหน่งที่ 1 (แนวขวาง) ซึ่งแรงที่ใช้ผ่าผลส้มสูงสุดนี้จะถูกนำไปใช้ในการออกแบบชุดคั้น (หลุมคั้น) และใบมีดผ่าผลส้ม



ภาพ 29 การทดสอบหาค่าแรงที่ใช้ผ่าผลส้มด้วยเครื่องทดสอบแรงกระแทก

ผลการทดสอบด้วยค่าสถิติ F-test ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (anova) พบว่ามีความเร็วใบมีด ขนาดผลส้ม และตำแหน่งการวัดอย่างน้อย 1 ระดับที่ทำให้แรงที่ใช้ผ่าผลส้มแตกต่างกัน (ตารางผนวก 9-11) เมื่อทำการทดสอบต่อเนื่องด้วยแบบจับคู่พหุคูณ (multiple comparison test) ด้วยวิธีการของ DUNCAN พบว่าแรงที่ใช้ผ่าผลส้มมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเร็วใบมีด (ตาราง 7) และขนาดผลส้ม (ตาราง 8) ในขณะที่ตำแหน่งการวัดมีผลให้แรงที่ใช้ผ่าผลส้มมีค่าแปรผกผัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 9)

ตาราง 8 ผลการเปรียบเทียบความเร็วใบมีดที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้ผ่าผลส้ม

ความเร็วใบมีด (เมตรต่อวินาที)	แรงที่ใช้ผ่าผลส้ม (นิวตัน)
3.23	30.12 ^a
3.96	31.23 ^b
4.42	31.50 ^c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 9 ผลการเปรียบเทียบขนาดผลส้มที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้ผ่าผลส้ม

ขนาดผลส้ม (เบอร์)	แรงที่ใช้ผ่าผลส้ม (นิวตัน)
2	27.50 ^a
3	32.00 ^b
4	33.35 ^c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

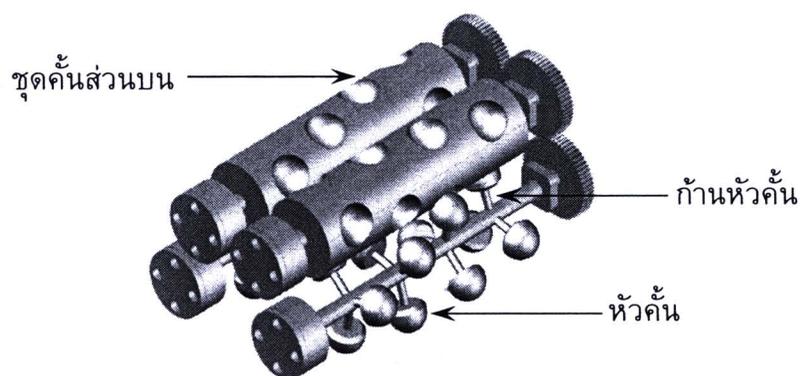
ตาราง 10 ผลการเปรียบเทียบตำแหน่งการวัดที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้ผ่าผลส้ม

ตำแหน่งการวัด	แรงที่ใช้ผ่าผลส้ม (นิวตัน)
1	33.48 ^a
2	30.32 ^b
3	29.06 ^c

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิเคราะห์ชิ้นส่วนวิกฤตของชุดคั้นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์ชิ้นส่วนวิกฤตของชุดคั้นแบ่งเป็น 3 ชิ้นส่วนคือ ก้านหัวคั้น หัวคั้น และชุดคั้นส่วนบน ดังแสดงในภาพ 30 โดยกำหนดแรงกระทำด้วยค่าที่ได้จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของส้ม ใช้คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้สร้างคือ สแตนเลสเกรด 304 (AISI 304) และ PE highdensity ซึ่งมีค่าดังแสดงในตารางผนวก 12 และ 13



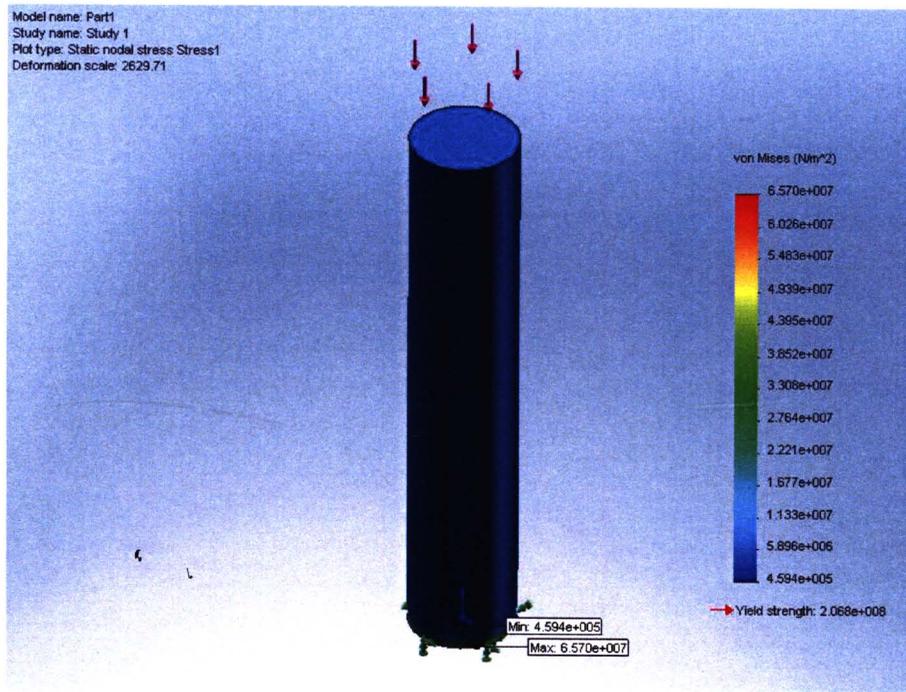
ภาพ 30 ชิ้นส่วนของชุดคั้นน้ำส้ม

ผลการวิเคราะห์ก้านหัวคั่น

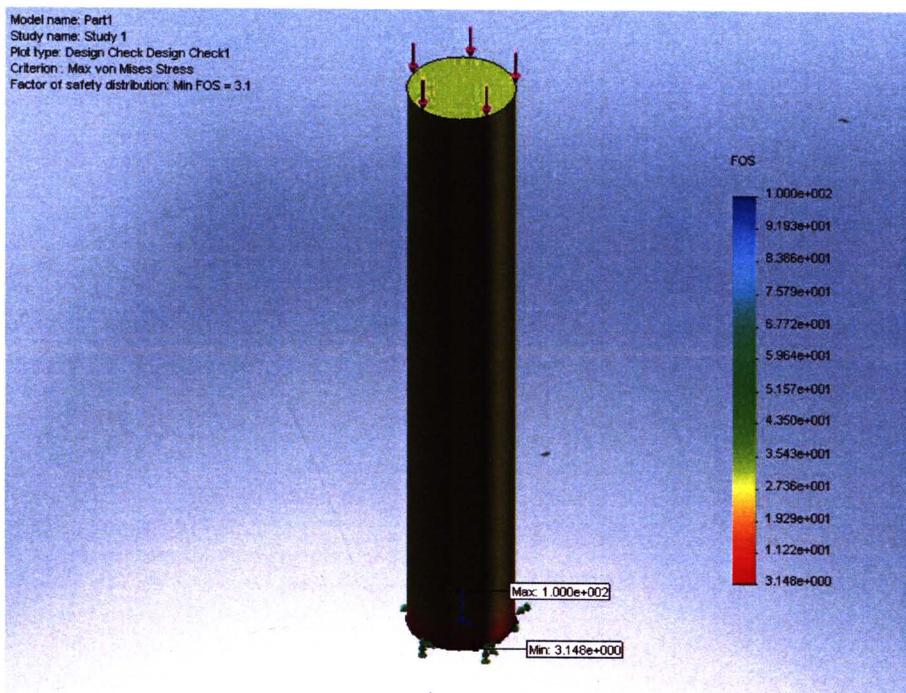
การวิเคราะห์ก้านหัวคั่นนั้นใช้แรงกระทำที่ได้จากผลการศึกษาแรงที่ใช้สำหรับการบีบคั้นผลส้ม ซึ่งใช้แรงกดอัดสูงสุดเฉลี่ยคือ 512.55 นิวตัน กำหนดให้จุดจับยึดเป็นแบบ fixed ทำให้ได้ค่า von mises stress สูงสุด 6.57007×10^7 นิวตันต่อตารางเมตร ดังแสดงในภาพ 31 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า yield strength ของวัสดุ AISI 304 ทำให้ก้านหัวคั่นนี้สามารถใช้งานได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ได้ค่า factor of safety distribution ต่ำสุดมีค่า 3.148 ดังแสดงในภาพ 32 ได้ค่า Resultant displacement สูงสุดมีค่า 2.28397×10^{-6} เมตร ดังแสดงในภาพ 33 และได้ค่า Equivalent strain มีค่าสูงสุด 0.000122 ดังแสดงในภาพ 34 ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ ในการวิเคราะห์แสดงในตาราง 10

ตาราง 11 รายละเอียดการวิเคราะห์ก้านหัวคั่น

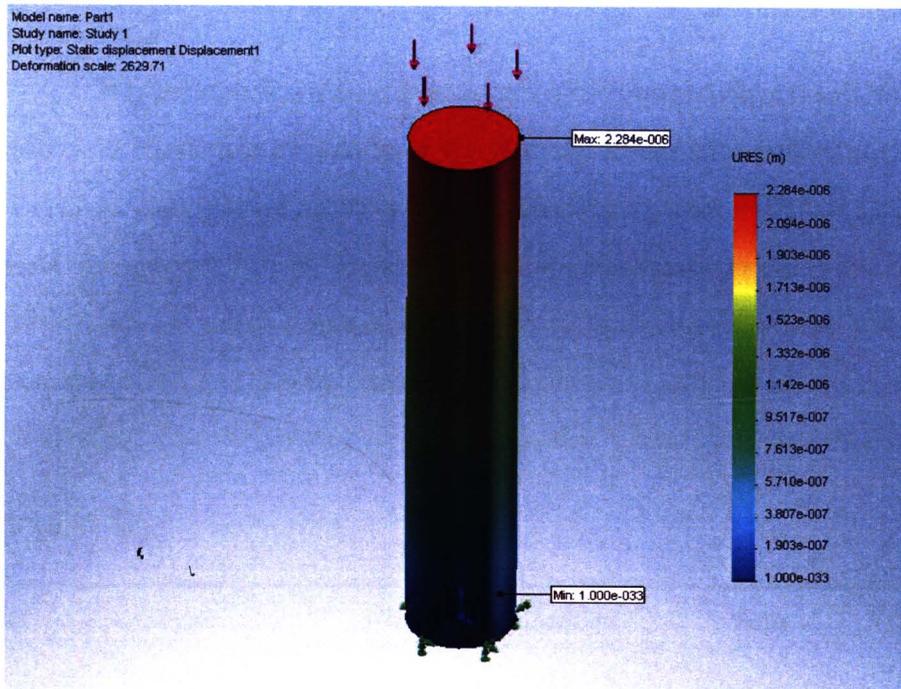
Name	Type	Min	Location	Max	Location
Stress	VON: von mises stress	459372 N/m ²	0.260589 mm,	6.57007×10^7	4.33013 mm,
		Node: 5103	0.607959 mm,	N/m ²	0 mm,
			1.28212 mm	Node: 51	2.5 mm
Displacement	URES: Resultant displacement	0 m	-4.33013 mm,	2.28397×10^{-6} m	3.40086 mm,
		Node: 44	0 mm,	Node: 7792	60 mm,
			2.5 mm		-3.66526 mm
Strain	ESTRN: Equivalent strain	8.564×10^{-7}	-0.138402 mm,	0.000122	0.547099 mm,
		Element:	0.931193 mm,	Element: 2830	0.651609 mm,
		5671	-0.198762 mm)		-4.66499 mm



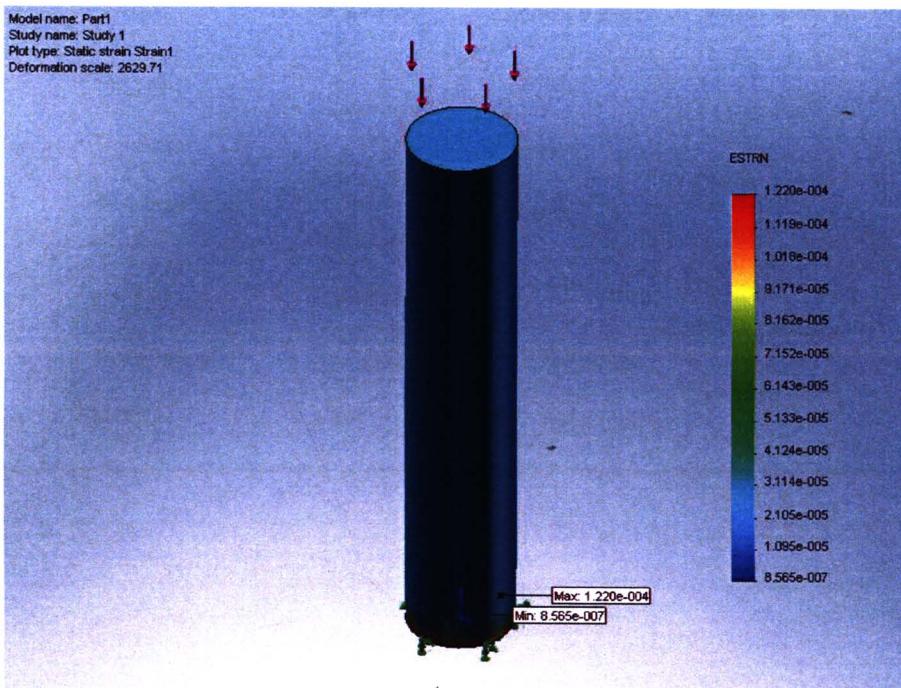
ภาพ 31 แผนภาพสีค่า von mises stress ก้านหัวคั่น



ภาพ 32 แผนภาพสีค่า factor of safety distribution ก้านหัวคั่น



ภาพ 33 แผนภาพสีค่า resultant displacement ก้านหัวคั่น



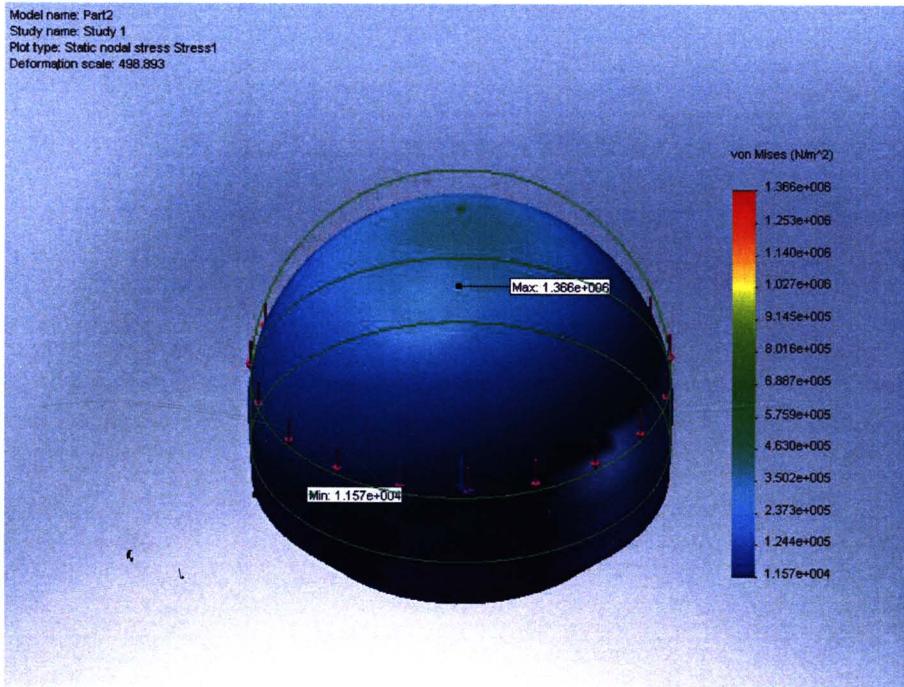
ภาพ 34 แผนภาพสีค่า equivalent strain ก้านหัวคั่น

ผลการวิเคราะห์ห้วคั่น

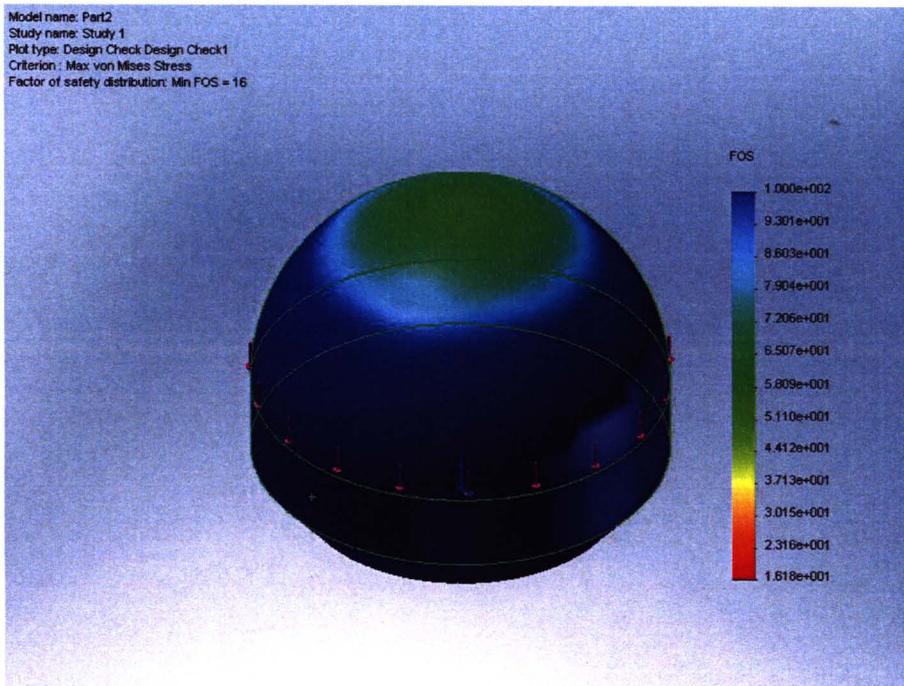
การวิเคราะห์ห้วคั่นนั้นจะใช้แรงกระทำที่ได้จากผลการศึกษาแรงที่ใช้สำหรับการบีบคั่นผลส้ม ซึ่งจะใช้แรงกดอัดสูงสุดเฉลี่ยคือ 512.55 นิวตัน กำหนดให้จุดจับยึดเป็นแบบ fixed ทำให้ได้ค่า von mises stress สูงสุด 1.36592×10^6 นิวตันต่อตารางเมตร ดังแสดงในภาพ 35 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า yield strength ของวัสดุ PE highdensity ทำให้ห้วคั่นสามารถใช้งานได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ได้ค่า factor of safety distribution ต่ำสุดมีค่า 16.18 ดังแสดงในภาพ 36 ได้ค่า Resultant displacement สูงสุดมีค่า 1.11137×10^{-5} เมตร ดังแสดงในภาพ 37 และได้ค่า Equivalent strain มีค่าสูงสุด 0.00108222 ดังแสดงในภาพ 38 ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ ในการวิเคราะห์แสดงในตาราง 11

ตาราง 12 รายละเอียดการวิเคราะห์ห้วคั่น

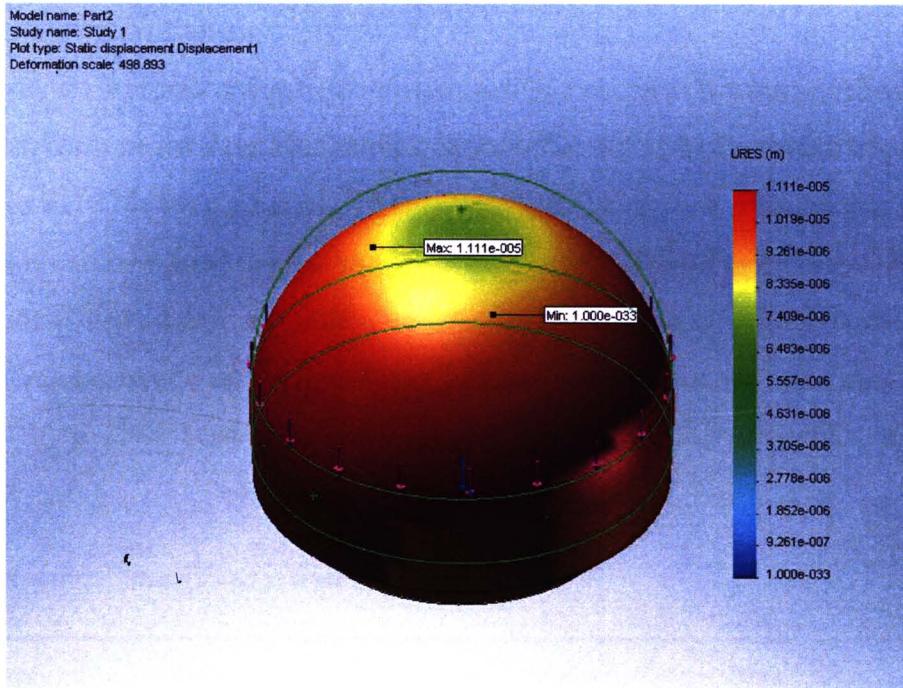
Name	Type	Min	Location	Max	Location
Stress	VON: von mises stress	11573.7	-15.4913 mm,	1.36592×10^6	-3.83022 mm,
		N/m ²	7.15052 mm,	N/m ²	28.9286 mm,
		Node: 292	22.7216 mm	Node: 9383	-3.21394 mm
Displacement	URES: Resultant displacement	0 m	0 mm,	1.11137×10^{-5} m	-24.2604 mm,
		Node: 81	30 mm,	Node: 6396	27.5801 mm,
			-5 mm		-8.12852 mm
Strain	ESTRN: Equivalent strain	1.999×10^{-5}	-23.7175 mm,	0.00108222	-2.05539 mm,
		Element:	8.23883 mm,	Element: 4181	31.2759 mm,
		3382	12.1594 mm		-4.53262 mm



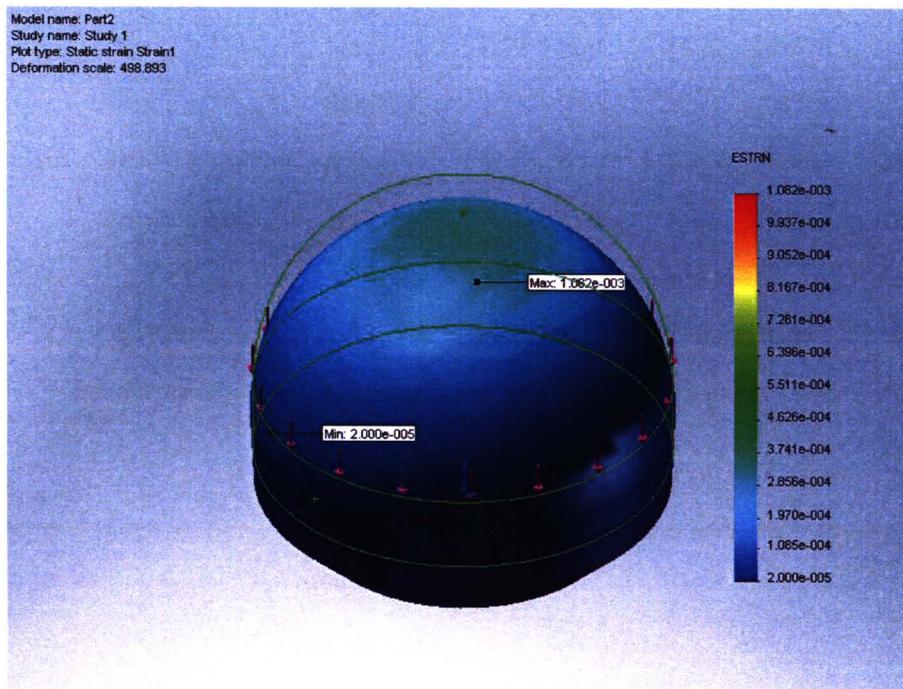
ภาพ 35 แผนภาพสีค่า von mises stress หัวคันทัน



ภาพ 36 แผนภาพสีค่า factor of safety distribution หัวคันทัน



ภาพ 37 แผนภาพสีค่า resultant displacement หัวคั่น



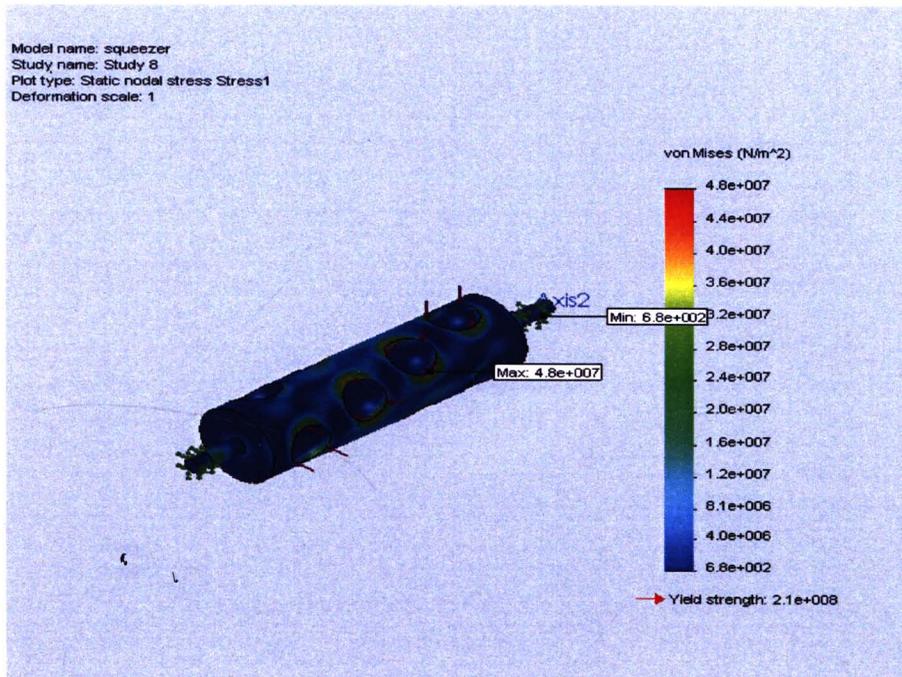
ภาพ 38 แผนภาพสีค่า equivalent strain หัวคั่น

ผลการวิเคราะห์ชุดคั่นส่วนบน

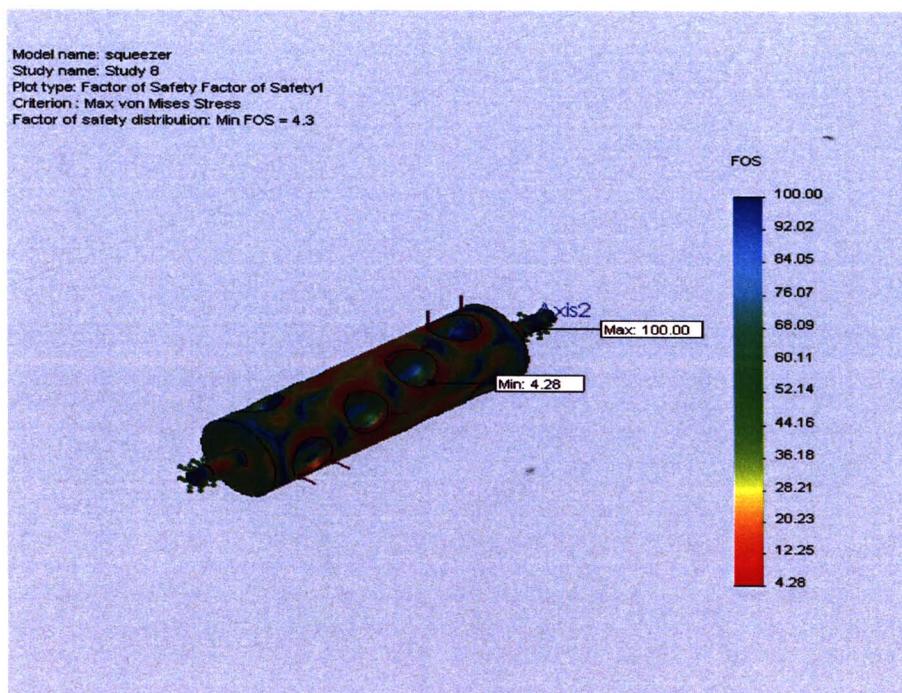
การวิเคราะห์ชุดคั่นส่วนบนนั้นจะใช้แรงกระทำที่ได้จากผลการศึกษาแรงที่ใช้สำหรับการบีบคั้นผลส้ม ซึ่งจะใช้แรงกดอัดสูงสุดเฉลี่ยคือ 512.55 นิวตัน กำหนดให้จุดจับยึดเป็นแบบ fixed ทำให้ได้ค่า von mises stress สูงสุด 4.83675×10^7 นิวตันต่อตารางเมตร ดังแสดงในภาพ 39 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า yield strength ของวัสดุ AISI 304 ทำให้หัวคั่นสามารถใช้งานได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ได้ค่า factor of safety distribution ต่ำสุดมีค่า 4.28 ดังแสดงในภาพ 40 ได้ค่า Resultant displacement สูงสุดมีค่า 0.0760889 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพ 41 และได้ค่า Equivalent strain มีค่าสูงสุด 0.000180544 ดังแสดงในภาพ 42 ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ ในการวิเคราะห์แสดงในตาราง 12

ตาราง 13 รายละเอียดการวิเคราะห์ชุดคั่นส่วนบน

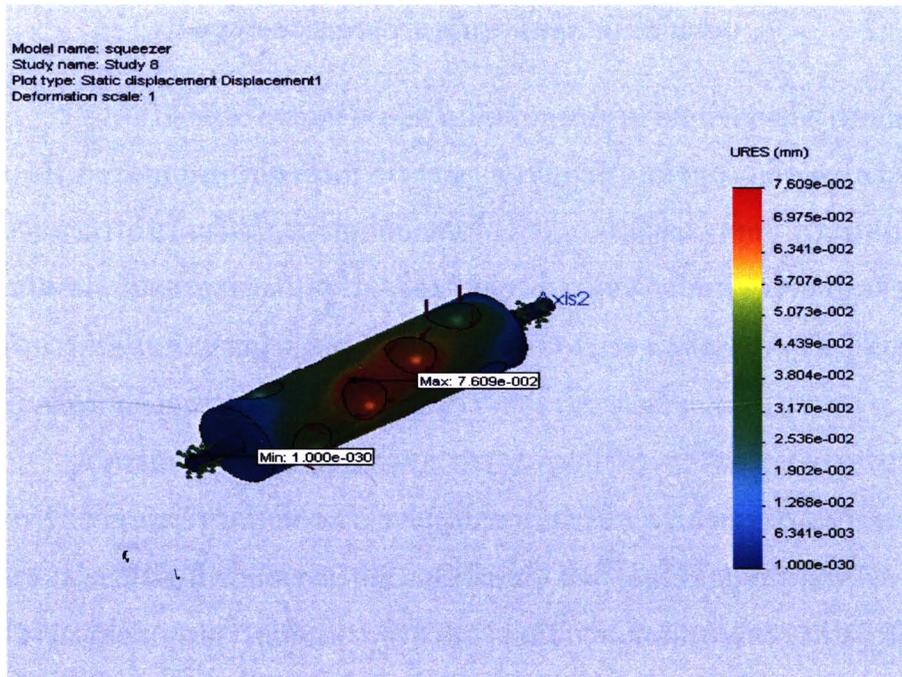
Name	Type	Min	Location	Max	Location
Stress	VON: von mises	678.725	5 mm,	4.83675×10^7	49.3123 mm,
	Stress	N/m^2	-8.66025 mm,	N/m^2	28.7465 mm,
	Node:		-272.5 mm	Node: 58444	-52.2918 mm
		66404			
Displacement	URES: Resultant	0 mm	-5.5 mm,	0.0760889 mm	26.2948 mm,
	Displacement	Node: 40	9.52628 mm,	Node: 57874	47.4502 mm,
			245 mm		43.4822 mm
Strain	ESTRN:	1.433×10^{-9}	-4.19304 mm,	0.000180544	10.0087 mm,
	Equivalent Strain	Element:	1.13599 mm,	Element: 1632	3.32913 mm,
		1419	-275.855 mm		244.049 mm



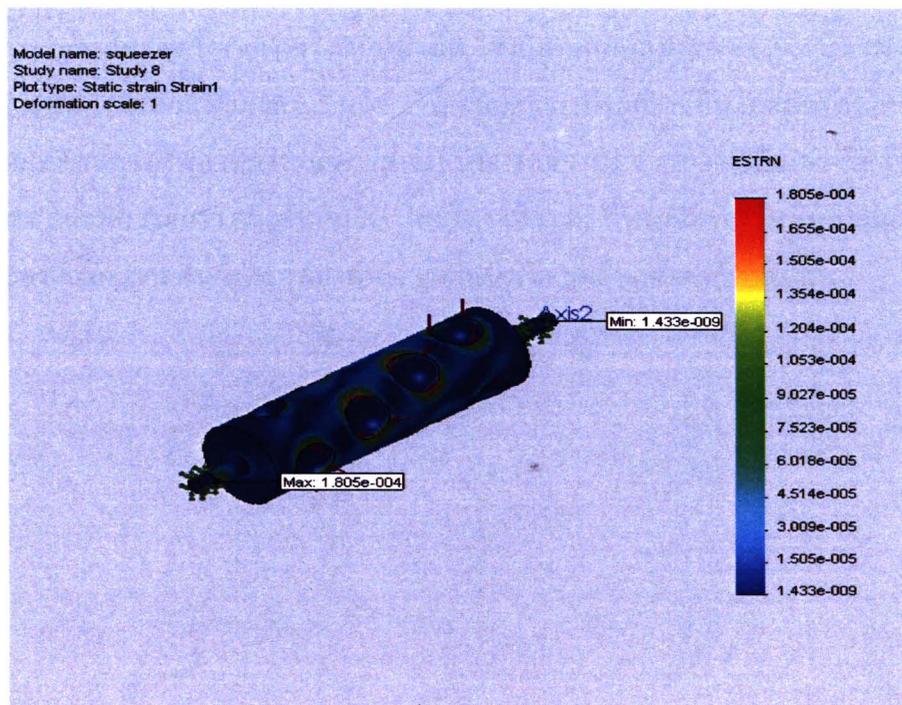
ภาพ 39 แผนภาพสีค่า von mises stress ชุดคั้นส่วนบน



ภาพ 40 แผนภาพสีค่า factor of safety distribution ชุดคั้นส่วนบน



ภาพ 41 แผนภาพสีค่า resultant displacement ชุดคั้นส่วนบน



ภาพ 42 แผนภาพสีค่า equivalent strain ชุดคั้นส่วนบน

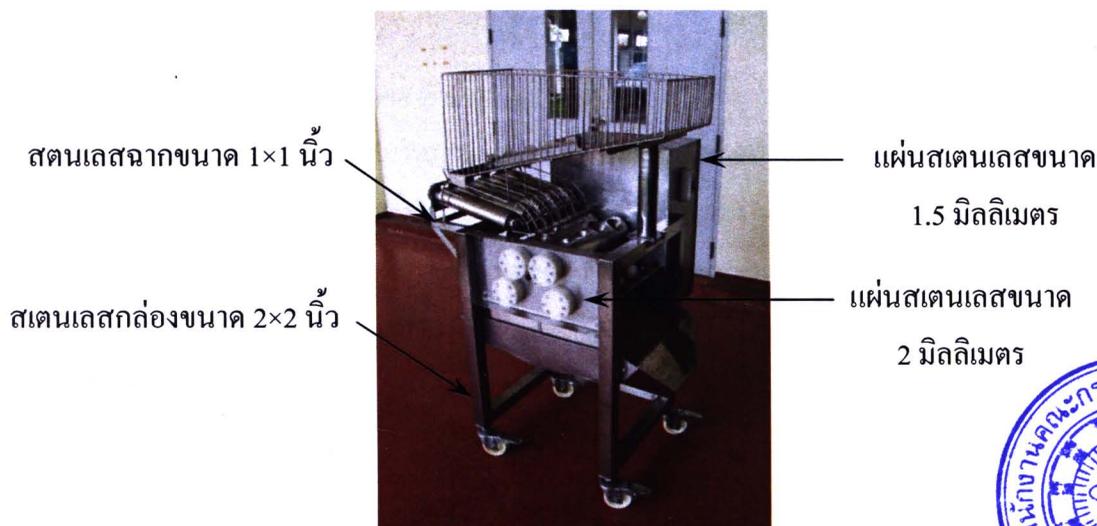
ผลการออกแบบเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติต้นแบบ

เพื่อให้ได้เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติต้นแบบตามวัตถุประสงค์ การออกแบบจึงนำข้อกำหนดในการออกแบบเบื้องต้นมาพิจารณา ซึ่งข้อกำหนดดังกล่าว คือ เครื่องคั้นน้ำส้มที่ออกแบบจะทำการคั้นโดยไม่ต้องปอกเปลือกผลส้ม มีระบบลำเลียงผลส้มเข้าสู่ระบบการคั้น และต้องมีระบบผ่าผลส้มและระบบคั้นอยู่ในเครื่องตัวเดียวกัน โดยต้องมีการทำงานแบบต่อเนื่อง และส้มที่จะทำการคั้นเป็นส้มสายน้ำผึ้งผลเล็ก ขนาดระหว่าง 45-55 มิลลิเมตร (ขนาดที่นิยมนำไปคั้นทั่วไป) ซึ่งเครื่องคั้นดังกล่าวสามารถรองรับกับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง

การออกแบบประกอบไปด้วย การออกแบบโครงสร้างเครื่อง การออกแบบระบบส่งกำลัง การออกแบบระบบลำเลียง การออกแบบระบบการคั้น การออกแบบระบบผ่าผลส้ม และการออกแบบถาดรองรับน้ำส้มและการคัดแยกเปลือกส้ม ทั้งนี้โดยใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพของส้ม มาพิจารณาประกอบการออกแบบ ซึ่งภาพถ่ายและภาพเขียนแบบเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบสามารถแสดงได้ในภาคผนวก ค. โดยมีผลการออกแบบในแต่ละส่วนดังนี้

ผลการออกแบบโครงสร้างเครื่อง

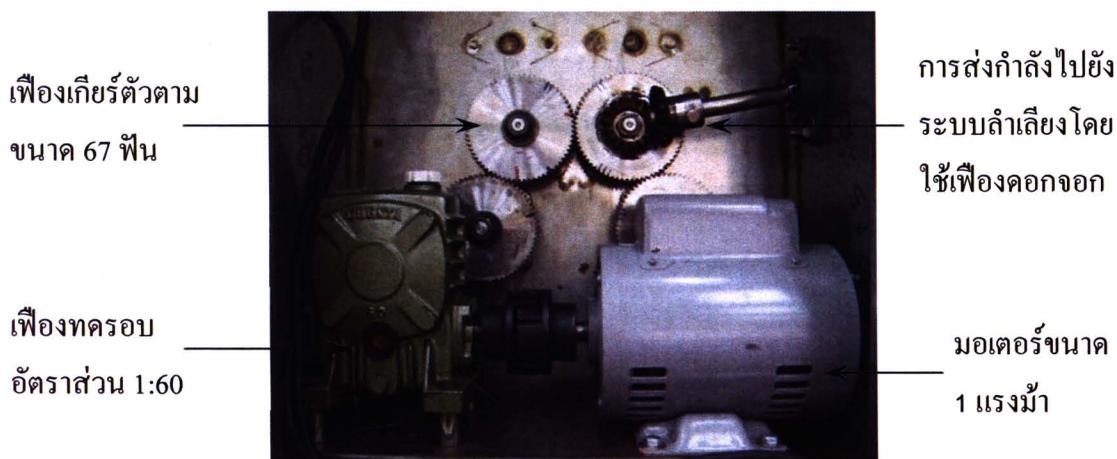
โครงสร้างของเครื่องคั้นน้ำส้ม ใช้สเตนเลสกล่องขนาด 2×2 นิ้ว สเตนเลสจากขนาด 1 นิ้ว แผ่นสเตนเลสขนาด 1.5 และ 2 มิลลิเมตร มาประกอบเป็นโครงเครื่องโดยเน้นความกะทัดรัดและสะดวกในการทำงาน (ภาพ 43) มีขนาดความสูง 120 เซนติเมตร มีความกว้าง 77 เซนติเมตร และมีความยาว 85 เซนติเมตร โดยโครงสร้างนี้ ทำหน้าที่รองรับชิ้นส่วนและอุปกรณ์ทั้งหมดของเครื่อง เช่น ต้นกำลัง ชุดส่งกำลัง ชุดคั้นน้ำส้ม ชุดลำเลียงผลส้ม เป็นต้น



ภาพ 43 โครงสร้างของเครื่องคั้นน้ำส้ม

ผลการออกแบบระบบส่งกำลัง

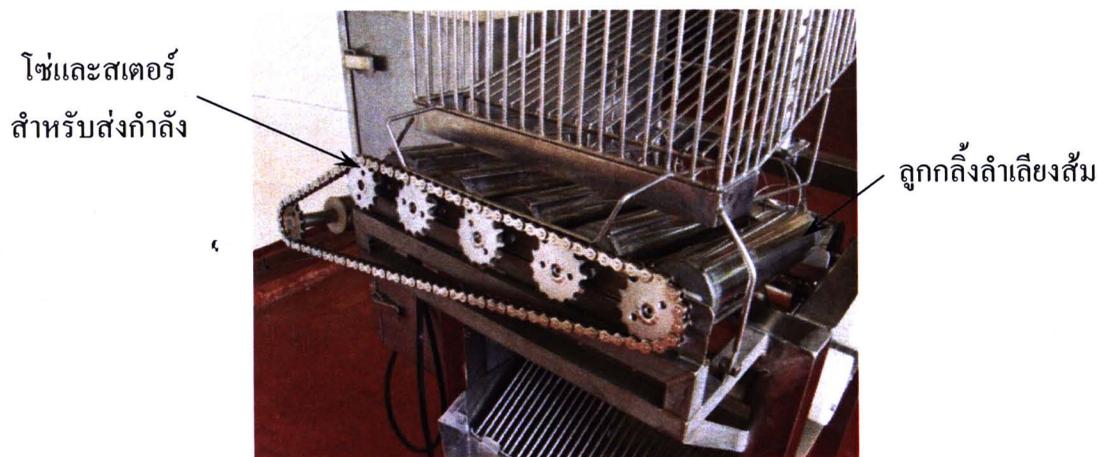
ระบบการส่งกำลังที่ใช้กับเครื่องคั้นน้ำส้มนี้ประกอบไปด้วย มอเตอร์ เฟืองทดรอบ เฟืองเกียร์ เฟืองดอกจอก แบริ่ง โช้และสเตอร์ โดยการส่งกำลังจะถูกส่งไป 2 ทาง คือส่งไปยังชุดคั้นซึ่งใช้เฟืองเกียร์เป็นอุปกรณ์ส่งกำลัง และอีกทางจะถูกส่งไปยังระบบลำเลียงส้มซึ่งใช้เฟืองดอกจอกและโช้เป็นอุปกรณ์ส่งกำลัง (ภาพ 44) ซึ่งการปรับความเร็วรอบของชุดคั้นและการหาขนาดต้นกำลังสามารถแสดงการคำนวณได้จากภาคผนวก ข (การคำนวณเพื่อการออกแบบ)



ภาพ 44 ชุดระบบส่งกำลัง

ผลการออกแบบระบบการลำเลียง

ระบบการลำเลียง มีทำหน้าที่ในการลำเลียงผลส้มจากตะกร้าเก็บส้มมายังชุดคั่น โดยมีลูกกลิ้งลำเลียงส้มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตร จำนวน 5 ชุด ทำหน้าที่หมุนกลิ้งผลส้มและส่งผลส้มไปยังชุดคั่น ในการออกแบบได้คำนึงถึงความเหมาะสมของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส้มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 45-55 มิลลิเมตร (ภาพ 45)



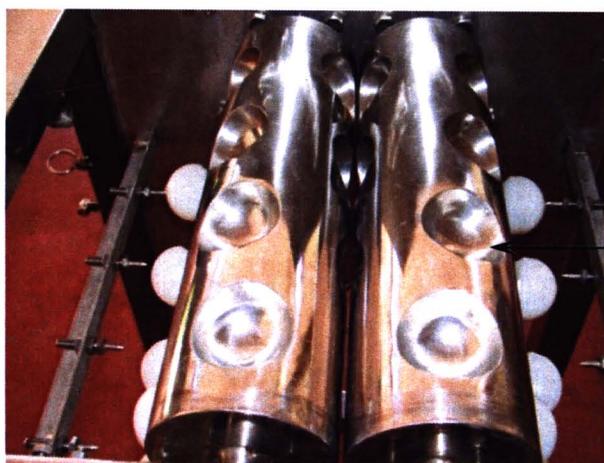
ภาพ 45 อุปกรณ์ลำเลียงผลส้ม

ผลการออกแบบระบบการคั่น

การออกแบบระบบการคั่นนั้นจะเน้นถึงความสะดวกในการสร้าง การใช้งาน และความง่ายต่อการทำความสะอาด โดยที่ระบบการคั่นนั้นประกอบด้วยชุดคั่นน้ำส้มแบบโรตารีมีหัวคั่นทั้งหมด 4 ชุดๆ ละ 3 หัวคั่น รวมเป็น 12 หัวคั่น ชุดคั่นส่วนบน ทำหน้าที่จับผลส้มสำหรับผ่าส้มเป็น 2 ซีกและประคองให้ส้มทั้ง 2 ซีกสามารถอยู่ในแนวที่จะทำการคั่นได้ ส่วนชุดคั่นส่วนล่างจะทำหน้าที่บีบอัด คั้นเอาน้ำส้ม จะประกอบไปด้วยเพลลาและก้านหัวคั่นหรือก้านปรับระดับ และหัวคั่น ดังภาพ 46 และ 47

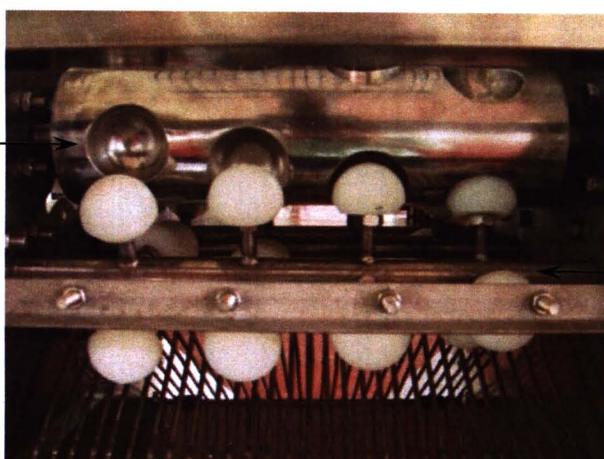
การออกแบบระบบการคั่นจะนำผลการวิเคราะห์ชิ้นส่วนวิกฤตของชุดคั่นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ประกอบการออกแบบเพื่อให้ได้ชิ้นส่วนที่มีขนาดและความแข็งแรงเหมาะสมต่อการใช้งาน โดยชุดคั่นส่วนบนจะสร้างด้วยสแตนเลส โดยนำท่อสแตนเลสขนาด 4.5 นิ้วนำมาเจาะให้มีขนาดที่สามารถใส่หลุมคั่นเข้าไปได้ จากนั้นจึงนำไปเชื่อมให้ติดเป็นชิ้นเดียวกัน จากการวิเคราะห์ชุดคั่นส่วนบนนั้นทำให้ได้ค่า von mises stress สูงสุด 4.83675×10^7 นิวตันต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า yield strength ของวัสดุ AISI 304 ทำให้หัวคั่นสามารถใช้งานได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ส่วนการนำชุดคั่นส่วนบนไปใช้งานจริงนั้นก็สามารถทนต่อแรงกระทำโดยไม่เกิดความเสียหายเช่นเดียวกัน สำหรับชุดคั่นส่วนล่างจะประกอบไปด้วยก้านหัวคั่น สร้างด้วยสตัท

เกลียวสแตนเลส ขนาด 12 มิลลิเมตร เมื่อนำไปวิเคราะห์จะทำให้ได้ค่า von mises stress สูงสุด 6.57007×10^7 นิวตันต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า yield strength ของวัสดุ AISI 304 ทำให้หัวค้อนสามารถใช้งานได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ส่วนการนำก้านหัวค้อนไปใช้งานจริงนั้นก็สามารถทนต่อแรงกระทำโดยไม่เกิดความเสียหายเช่นเดียวกัน และหัวค้อน สร้างด้วยซูเปอร์อิน (superine) กิ่งขึ้นรูปเป็นลักษณะครึ่งทรงกลม เมื่อนำไปวิเคราะห์จะทำให้ได้ค่า von mises stress สูงสุด 1.36592×10^7 นิวตันต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่า yield strength ของวัสดุ PE highdensity ทำให้หัวค้อนสามารถใช้งานได้โดยไม่เกิดความเสียหาย ส่วนการนำหัวค้อนไปใช้งานจริงนั้นก็สามารถทนต่อแรงกระทำโดยไม่เกิดความเสียหายเช่นเดียวกัน



หัวค้อน

ภาพ 46 ชุดค้อนน้ำส้มส่วนบน



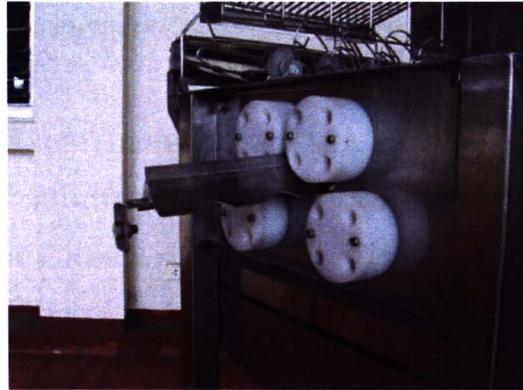
ชุดค้อนส่วนบน

ชุดค้อนส่วนล่าง

ภาพ 47 ชุดค้อนน้ำส้ม

ผลการออกแบบระบบผ่าผลส้ม

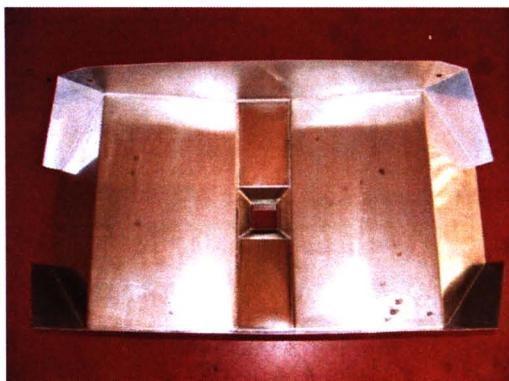
การออกแบบระบบผ่าผลส้ม โดยการติดตั้งใบมีดไว้อยู่กับที่ ตรงกลางของชุดคั้น ด้านบน สามารถที่จะถอดออกโดยการสไลด์ออกมาทางด้านหน้าเพื่อทำความสะอาดได้ ใบมีดสเตนเลสที่ใช้มีความหนา 1.2 มิลลิเมตร และภายหลังผลส้มที่ถูกผ่าจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ซีก และจะถูกประคองให้อยู่ในถ้วยคั้น (หลุมคั้น) ด้วยแผ่นประคองที่ทำจากแผ่นสเตนเลส ดังภาพ 48



ภาพ 48 ใบมีดและแผ่นประคอง (ซ้าย) จุดติดตั้งใบมีด (ขวา)

ผลการออกแบบถาดรองรับน้ำส้มและการคัดแยกเปลือกส้ม

การออกแบบถาดรองรับน้ำส้มที่ถูกคั้นจากชุดคั้น ใช้ถาดสเตนเลสรองรับน้ำส้ม บริเวณด้านล่างชุดคั้นเพื่อรวบรวมน้ำส้มให้ไหลลงตรงกลางถาด เพื่อนำไปเก็บยังภาชนะที่ใช้รองรับน้ำส้ม โดยจะมีตะแกรงสเตนเลสทำหน้าที่แยกเปลือกออกและป้องกันไม่ให้เปลือกส้มหล่นลงไป ในถาดรองรับน้ำส้ม ดังภาพ 49



ภาพ 49 ถาดรองรับน้ำส้ม (ซ้าย) ตะแกรงคัดแยกเปลือกส้ม (ขวา)

ผลการทดสอบการทำงานเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบ

การทดสอบการคั้นน้ำส้มต้นแบบ เป็นการทดสอบหาความสามารถในการทำงาน ซึ่งอาศัยน้ำหนักส้มก่อนคั้นและหลังคั้นเป็นเกณฑ์ โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบชุดคั้น 3 ระดับคือ 5, 10 และ 15 รอบต่อนาที ระยะห่างของชุดคั้น 3 ระดับคือ 2, 2.5 และ 3 มิลลิเมตร และขนาดผลส้ม 3 ขนาดคือ เบอร์ 2 (45-50 มิลลิเมตร) เบอร์ 3 (50-55 มิลลิเมตร) และเบอร์ 4 (55-60 มิลลิเมตร) จัดแผนการทดลองเป็นแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 กิโลกรัม ผลการทดสอบแสดงในตารางผนวก 14-22

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังแสดงใน ตารางผนวก 23-25 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า มีความเร็วรอบอย่างน้อย 1 ระดับที่ทำให้ความสามารถในการคั้นผลส้ม แตกต่างจากชุดอื่น เมื่อทำการทดสอบต่อเนื่องแบบจับคู่พหุคูณ ด้วยวิธีการของ DUNCAN ดังแสดงในตาราง 14-16 ซึ่งเป็นผลการเปรียบเทียบความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นผลส้มของผลส้มเบอร์ 2 เบอร์ 3 และเบอร์ 4 ที่ระยะห่างชุดคั้นต่าง ๆ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความเร็วรอบที่มีค่ามากขึ้น ทำให้ชุดคั้นสามารถทำการคั้นต่อเวลาได้เพิ่มขึ้นจึงทำให้ความสามารถในการคั้นผลส้มมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระยะห่างของชุดคั้นที่ต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นความเร็วรอบ 15 รอบต่อนาที จึงทำให้มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นผลส้มสูงสุด

ตาราง 14 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างชุดคั้นและความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นผลส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ของผลส้มเบอร์ 2

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ระยะห่างชุดคั้น (มิลลิเมตร)			ค่าเฉลี่ย
	2	2.5	3	
5	242.28±2.76	241.67±4.25	244.85±4.06	242.93±3.69 ^c
10	482.25±1.40	484.70±3.27	485.96±4.00	484.30±2.89 ^b
15	720.19±2.04	723.26±2.96	724.91±5.16	722.79±3.39 ^a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นผลส้มที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 15 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างชูดักและความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นผลส้ม (กิโกรัมต่อชั่วโมง) ของผลส้มเบอร์ 3

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ระยะห่างชูดัก (มิลลิเมตร)			ค่าเฉลี่ย
	2	2.5	3	
5	295.20±4.69	303.50±5.72	302.38±6.67	300.36±5.69 ^c
10	603.16±5.56	599.74±4.82	600.83±4.12	601.24±4.83 ^b
15	904.84±4.98	903.48±4.21	908.82±5.73	905.71±4.97 ^a

หมายเหตุ ค่าความสามารถในการคั้นผลส้มที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างชูดักและความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นผลส้ม (กิโกรัมต่อชั่วโมง) ของผลส้มเบอร์ 4

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ระยะห่างชูดัก (มิลลิเมตร)			ค่าเฉลี่ย
	2	2.5	3	
5	365.99±4.37	359.21±3.36	368.11±4.90	364.44±4.21 ^c
10	722.91±2.81	723.79±5.61	727.84±3.79	724.85±4.07 ^b
15	1051.74±3.47	1074.34±5.64	1090.74±3.71	1072.27±4.27 ^a

หมายเหตุ ค่าความสามารถในการคั้นผลส้มที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังแสดงใน ตารางผนวก 26-28 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า มีความเร็วรอบอย่างน้อย 1 ระดับที่ทำให้ความสามารถในการคั้นผลส้มแตกต่างจากชูดักอื่น เมื่อทำการทดสอบต่อเนื่องแบบจับคู่พหุคูณ ด้วยวิธีการของ DUNCAN ดังแสดงในตาราง 17-19 ซึ่งเป็นผลการเปรียบเทียบความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นน้ำส้มของผลส้มเบอร์ 2 เบอร์ 3 และเบอร์ 4 ที่ระยะห่างชูดักต่าง ๆ ชี้ให้เห็นว่าความเร็วรอบที่มีค่ามากขึ้นนั้นจะทำให้ชูดักสามารถทำการคั้นต่อเวลาได้เพิ่มขึ้นจึงทำให้ความสามารถในการคั้นน้ำส้มมีค่าเพิ่มขึ้นและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระยะห่างของชูดักที่มีค่ามากขึ้นนั้นจะทำให้การบีบคั้นเอาน้ำส้มออกจากเปลือกส้ม ได้ลดลง ค่าความสามารถในการคั้นน้ำส้มจึงมีค่าลดลงเล็กน้อยแต่มีค่า

ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นความเร็วรอบ 15 รอบต่อนาที จึงทำให้มีค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นน้ำส้มสูงสุด

ตาราง 17 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างชุดคั้นและความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นน้ำส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ของผลส้มเบอร์ 2

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ระยะห่างชุดคั้น (มิลลิเมตร)			ค่าเฉลี่ย
	2	2.5	3	
5	110.77±3.14	109.87±2.30	108.49±2.83	109.71±2.76 ^c
10	219.23±4.07	218.46±4.59	214.45±2.32	217.38±3.66 ^b
15	⁶ 328.66±6.20	326.01±2.09	324.77±5.75	326.48±4.68 ^a

หมายเหตุ ค่าความสามารถในการคั้นน้ำส้มที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 18 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างชุดคั้นและความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั้นน้ำส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ของผลส้มเบอร์ 3

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ระยะห่างชุดคั้น (มิลลิเมตร)			ค่าเฉลี่ย
	2	2.5	3	
5	137.01±2.91	135.26±4.14	132.31±2.43	134.86±3.16 ^c
10	273.99±0.60	269.00±6.22	268.75±3.02	270.58±3.28 ^b
15	411.80±2.73	411.74±1.68	411.67±0.66	411.74±1.69 ^a

หมายเหตุ ค่าความสามารถในการคั้นน้ำส้มที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 19 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างชุดคั่นและความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสามารถในการคั่นน้ำส้ม (กิโกรัมต่อชั่วโมง) ของผลส้มเบอร์ 4

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ระยะห่างชุดคั่น (มิลลิเมตร)			
	2	2.5	3	ค่าเฉลี่ย
5	166.01±3.12	164.01±3.32	162.94±4.70	164.32±3.71 ^c
10	327.75±7.54	325.94±3.01	322.98±3.38	325.56±4.64 ^b
15	488.33±7.99	485.53±4.26	478.77±3.84	484.21±5.36 ^a

หมายเหตุ ค่าความสามารถในการคั่นน้ำส้มที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังแสดงใน ตารางผนวก 29-31 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า มีระยะห่างชุดคั่นและความเร็วรอบอย่างน้อย 1 ระดับที่ทำให้ประสิทธิภาพการคั่นแตกต่างจากชุดอื่น เมื่อทำการทดสอบต่อเนื่องแบบจับคู่พหุคูณ ด้วยวิธีการของ DUNCAN ดังแสดงในตาราง 20-22 ซึ่งเป็นผลการเปรียบเทียบระยะห่างชุดคั่นและความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการคั่นของผลส้มเบอร์ 2 เบอร์ 3 และเบอร์ 4 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความเร็วรอบที่มีค่ามากขึ้นนั้นจะทำให้ชุดคั่นสามารถทำการคั่นต่อเวลาได้เพิ่มขึ้นแต่จะทำให้เวลาสำหรับการบีบคั้นเอาน้ำส้มออกจากเปลือกส้มลดลง ทำให้ยังมีน้ำส้มค้างอยู่ที่เปลือก เป็นผลให้ประสิทธิภาพการคั่นมีค่าลดลง และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระยะห่างของชุดคั่นที่มีค่ามากขึ้นนั้นจะทำให้การบีบคั้นเอาน้ำส้มออกจากเปลือกส้มได้ลดลง จึงทำให้ประสิทธิภาพการคั่นมีค่าลดลงและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที และระยะห่างชุดคั่น 2 มิลลิเมตรจึงทำให้มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการคั่นน้ำส้มสูงสุด

ตาราง 20 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างชูดกั้นและความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการ
 กั้น (ร้อยละ) ของผลส้มเบอร์ 2

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ระยะห่างชูดกั้น (มิลลิเมตร)		
	2	2.5	3
5	96.73±0.042 ^a	95.78±0.095 ^b	92.84±0.120 ^d
10	96.58±0.101 ^a	95.64±0.150 ^b	92.61±0.201 ^d
15	95.64±0.186 ^b	94.53±0.312 ^c	91.73±0.306 ^c

หมายเหตุ ค่าประสิทธิภาพการกั้นที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่าง
 กันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 21 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างชูดกั้นและความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการ
 กั้น (ร้อยละ) ของผลส้มเบอร์ 3

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ระยะห่างชูดกั้น (มิลลิเมตร)		
	2	2.5	3
5	97.60±0.072 ^a	96.33±0.112 ^b	93.30±0.162 ^c
10	97.58±0.025 ^a	96.43±0.114 ^b	93.72±0.171 ^d
15	96.38±0.150 ^b	95.43±0.092 ^c	92.41±0.154 ^f

หมายเหตุ ค่าประสิทธิภาพการกั้นที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่าง
 กันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 22 ผลการเปรียบเทียบระยะห่างชุดค้ำและความเร็วรอบที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการค้ำ (ร้อยละ) ของผลส้มเบอร์ 4

ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ระยะห่างชุดค้ำ (มิลลิเมตร)		
	2	2.5	3
5	96.25±0.110 ^a	95.38±0.131 ^b	92.48±0.185 ^d
10	96.14±0.148 ^a	95.13±0.078 ^b	92.05±0.232 ^d
15	95.00±0.131 ^b	93.69±0.542 ^c	91.18±0.333 ^c

หมายเหตุ ค่าประสิทธิภาพการค้ำที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

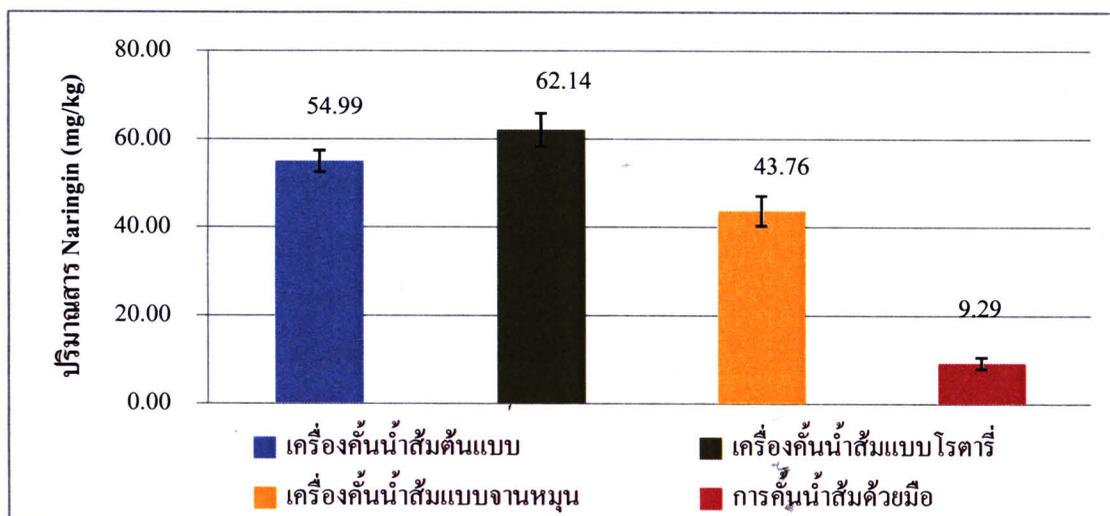
จากผลการทดสอบการทำงานเครื่องค้ำน้ำส้มต้นแบบพบว่า เมื่อพิจารณาถึงการใช้งานเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการค้ำที่สูงที่สุด จึงควรใช้ระยะห่างชุดค้ำ 2 มิลลิเมตรและใช้ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที เนื่องจากให้ประสิทธิภาพในการค้ำไม่แตกต่างจากการใช้ความเร็วรอบ 5 รอบต่อนาที และทำให้ได้ความสามารถในการค้ำผลส้มและน้ำส้มมากขึ้น โดยค่าความสามารถในการค้ำผลส้ม ความสามารถในการค้ำน้ำส้มและประสิทธิภาพการค้ำของผลส้มขนาดต่าง ๆ สามารถแสดงได้ในตาราง 22

ตาราง 23 ค่าความสามารถในการค้ำผลส้ม ความสามารถในการค้ำน้ำส้มและประสิทธิภาพการค้ำที่ระยะห่างชุดค้ำ 2 มิลลิเมตรและความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที

ขนาดผลส้ม (เบอร์)	ความสามารถในการค้ำผล ส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ความสามารถในการค้ำ น้ำส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ประสิทธิภาพการค้ำ (ร้อยละ)
2	482.25±1.40	219.23±4.07	96.58±0.10
3	603.16±5.56	273.99±0.60	97.58±0.02
4	722.91±2.81	327.75±7.54	96.14±0.148

ผลการหาปริมาณสารนารินจिनจากน้ำส้มที่ได้จากเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบ

การหาปริมาณสารนารินจिनด้วยการใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดความขมจากน้ำส้มนั้น ได้ทำการเปรียบเทียบน้ำส้มที่ได้จากการคั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบ เครื่องคั้นน้ำส้มแบบโรตารี เครื่องคั้นน้ำส้มแบบจานหมุน และการคั้นน้ำส้มด้วยมือ ซึ่งทำให้ได้ปริมาณสารนารินจिनที่เจือปนอยู่ในน้ำส้มดังกล่าว 50 แสดงให้เห็นว่าเครื่องคั้นน้ำส้มแบบโรตารีนั้นมีค่ามากที่สุด เนื่องจากในขณะที่ทำการคั้นนั้น ระบบการคั้นถูกออกแบบให้ต้องคั้นผลส้มในขณะที่ยังมีเปลือกติดอยู่ ซึ่งสารนารินจिनส่วนมากจะอยู่ที่เปลือกของส้ม จึงหลุดและเจือปนออกมากับน้ำส้มในขณะที่ทำการคั้น ส่วนเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบนี้ถึงแม้ว่าจะใช้ระบบการคั้นเช่นเดียวกับเครื่องคั้นน้ำส้มแบบโรตารี แต่ก็ยังให้ค่าที่น้อยกว่าเล็กน้อย ซึ่งเกิดจากการออกแบบที่ทำให้สามารถปรับตั้งระยะห่างชุดคั้นได้ ในขณะที่เครื่องคั้นน้ำส้มแบบโรตารีโดยทั่วไปจะปรับตั้งไม่ได้ หรือปรับได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ส่วนเครื่องคั้นน้ำส้มแบบจานหมุน นั้นระบบการคั้นจะแตกต่างออกไปซึ่งมีผลให้น้ำส้มที่คั้นได้มีโอกาสน้อยที่จะสัมผัสกับเปลือกจึงทำให้ปริมาณสารนารินจिनที่เจือปนอยู่ในน้ำส้มมีค่าน้อยกว่าการคั้นด้วยวิธีที่ได้กล่าวไปข้างต้น ส่วนการคั้นน้ำส้มด้วยมือนั้นน้ำส้มกับเปลือกส้มนั้นมีโอกาสน้อยมากที่จะสัมผัสกันจึงทำให้การคั้นน้ำส้มด้วยมือมีปริมาณสารนารินจिनที่เจือปนอยู่ในน้ำส้มมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งทำให้ค่าเฉลี่ยปริมาณสารนารินจिनจากการคั้นน้ำส้มด้วยเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบ เครื่องคั้นน้ำส้มแบบโรตารี เครื่องคั้นน้ำส้มแบบจานหมุน และการคั้นน้ำส้มด้วยมือ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางผนวก 33



ภาพ 50 การเปรียบเทียบปริมาณสารนารินจिनจากการคั้นน้ำส้มด้วยเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบ เครื่องคั้นน้ำส้มแบบโรตารี เครื่องคั้นน้ำส้มแบบจานหมุน และการคั้นน้ำส้มด้วยมือ

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เงื่อนไขต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินผลมีดังนี้

1. ใช้วิธีเส้นตรงในการคิดค่าเสื่อมราคา
2. ไม่คิดค่าโรงเรือน ค่าภาษี และค่าประกัน
3. คิดค่าใช้จ่ายในปี 2553 เป็นฐานการคำนวณ
4. ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน
5. ค่าความสามารถในการคั้นผลส้ม ได้จากการปรับตั้งเครื่องคั้นน้ำส้มที่ ความเร็ว

รอบของชุดคั้น 10 รอบต่อวันที่ ระยะห่างชุดคั้น 2 มิลลิเมตร และขนาดผลส้มเบอร์ 3 ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากที่สุด

การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ครอบคลุมถึงค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน ระยะเวลาค้ำทุน และผลตอบแทนที่ได้รับ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

$$P = 100,000 \text{ บาท}$$

$$S = 10 \text{ เปอร์เซ็นต์ของ } P$$

$$Y = 10 \text{ ปี}$$

$$I = 7.5 \text{ เปอร์เซ็นต์ ต่อปี}$$

$$h = 6 \text{ ชั่วโมงต่อวัน}$$

$$L = 342 \text{ บาทต่อวัน (อัตราค่าแรงขั้นต่ำจังหวัดเชียงใหม่ ตามประกาศกระทรวง}$$

แรงงานพุทธศักราช 2553 คือ 171 บาท/คน/วัน

$$e = 3 \text{ บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง}$$

$$\text{Cap} = 603.16 \text{ กิโลกรัมต่อชั่วโมง}$$

$$E = 0.746 \text{ กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง}$$

$$= 13.428 \text{ บาทต่อวัน (คิดชั่วโมงการทำงานวันละ 6 ชั่วโมง)}$$

$$\text{R\&M} = 50 \text{ เปอร์เซ็นต์ของ } E$$

$$= 6.714 \text{ บาทต่อวัน}$$

$$\text{CR} = 1 \text{ บาทต่อกิโลกรัม}$$

$$A = 50, 100, 150, 200, 250, 300 \text{ วันต่อปี}$$

จากข้อกำหนดต่าง ๆ ดังกล่าว สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\text{TC (บาทต่อปี)} = 15,750 + 362.142A \quad (39)$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม)} = (15,750 + 362.142A) / 3,598.44A \quad (40)$$

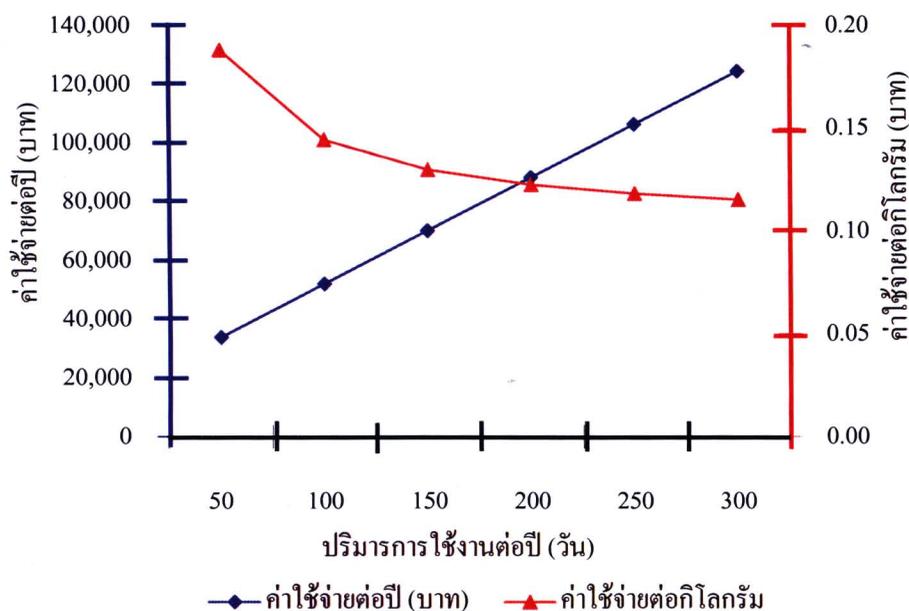
$$\text{ผลตอบแทนสุทธิ} = 3,598.44A(\text{CR}) - 362.142A - 15,750 \quad (41)$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = 100,000 / [3,598.44A(\text{CR}) - 362.142A - 15,750] \quad (42)$$

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (ภาคผนวก) สามารถแยกวิเคราะห์ออกเป็น ค่าใช้จ่ายในการทำงาน ระยะเวลาคืนทุนและผลการตอบแทนในการทำงาน และจุดคุ้มทุน ดังแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

การวิเคราะห์แสดงในภาพ 51 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายการทำงานจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้งาน แต่จะทำให้ค่าใช้จ่ายต่อกิโลกรัมลดลง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.12-0.19 บาทต่อกิโลกรัม

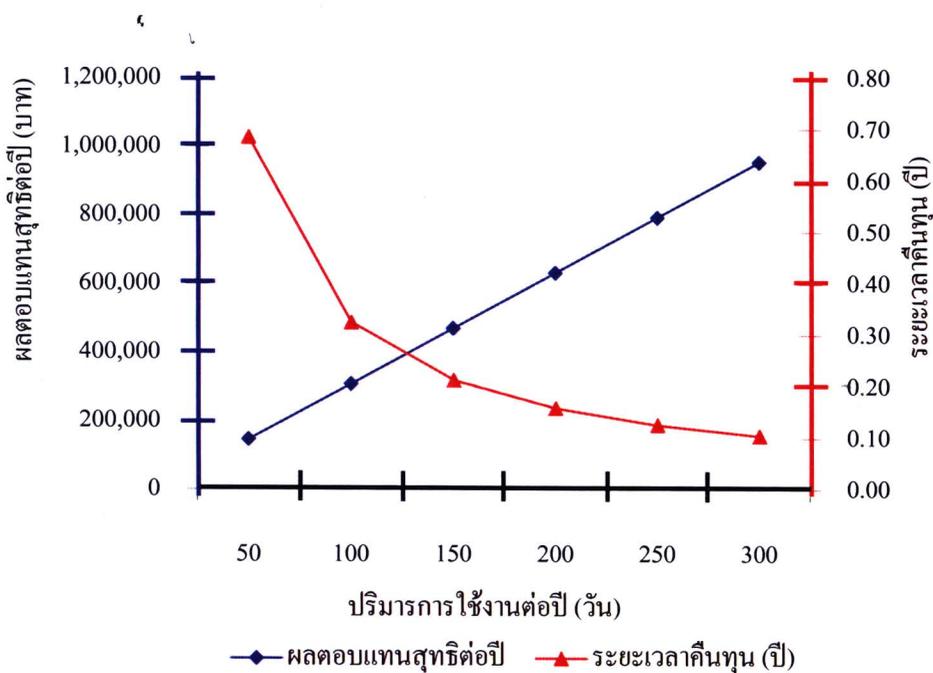


ภาพ 51 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและปริมาณการใช้งาน

ผลตอบแทนในการทำงานและระยะเวลาดำเนินงาน

การกำหนดอัตราค่าจ้างในการคั้นน้ำส้ม จะขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาวะเศรษฐกิจ ค่าจ้างแรงงานคนในการคั้นน้ำส้ม เป็นต้น ทั้งนี้ อัตราค่าจ้างที่นำมาวิเคราะห์เป็นเพียงข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงานจริง ในที่นี้จะใช้อัตราค่าจ้างในการคั้นน้ำส้ม 1 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ดังนี้

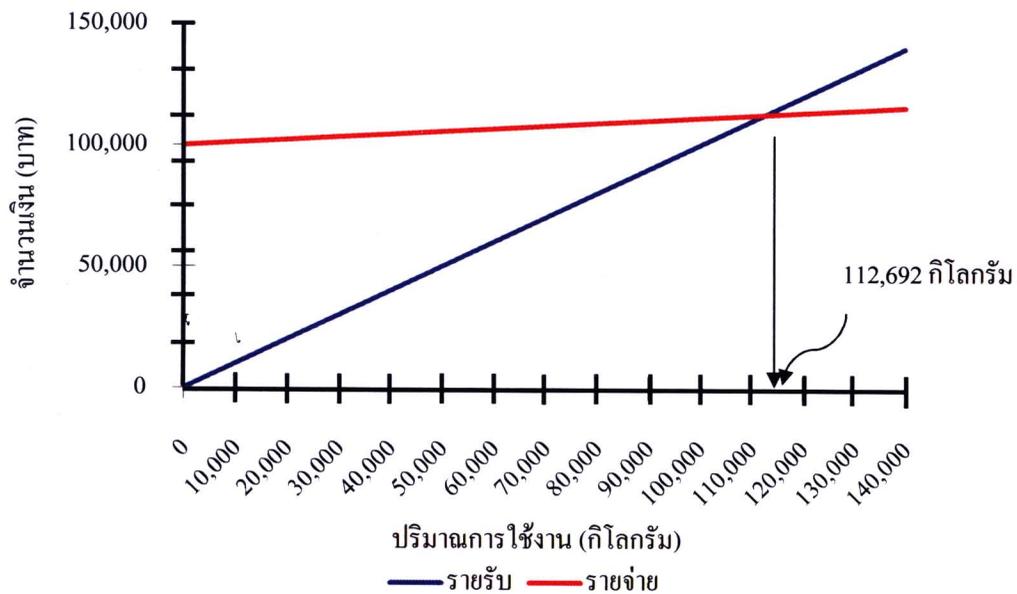
การวิเคราะห์แสดงในภาพ 52 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าปริมาณการใช้งานต่อปีเพิ่มขึ้น ผลตอบแทนสุทธิก็จะเพิ่มขึ้น แต่ระยะเวลาดำเนินงานจะลดลงจนเกือบคงที่ นั่นคือผลตอบแทนสุทธิจะแปรผันตรงกับปริมาณการใช้งานเครื่องต่อปี และระยะเวลาดำเนินงานลดลงก็จะได้ทุนในระยะเวลานับรวดเร็ว โดยระยะเวลาดำเนินงานอยู่ในช่วง 0.10-0.68 ปี (48-329 วัน)



ภาพ 52 ความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนปริมาณการใช้งานและระยะเวลาดำเนินงาน

จุดคุ้มทุน

จากภาพ 53 เมื่อนำส้อมมาทำการคั้นจำหน่ายจะต้องทำการคั้นส้อม 112,692 กิโลกรัม จึงจะถึงจุดคุ้มทุน



ภาพ 53 จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องคั้นน้ำส้อมต้นแบบมาทำการคั้นน้ำส้อมจำหน่าย