



รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

การพัฒนารูปแบบและประเมินผลเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ

**Design, Development and Evaluation of a Automatic
Orange Juice Squeezer**

โดย

เสมอขวัญ ตันติกุล

2551



รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การพัฒนาออกแบบและประเมินผลเครื่องคั้นน้ำส้มอัดโนมัต

Design, Development and Evaluation of a Automatic Orange Juice Squeezer

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2550

จำนวน 300,000 บาท

หัวหน้าโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล

ผู้ร่วมโครงการ -

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

วันที่ 20 มิถุนายน 2551

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้สนับสนุนงบประมาณสำหรับงานวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2550 ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อนุญาตให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับสร้างและทดสอบเครื่องต้นแบบ เครื่องมือและอุปกรณ์สำนักงาน ตลอดจนคอมพิวเตอร์ของภาควิชาในการจัดเตรียมเอกสารและเก็บข้อมูล และให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณทีมงานวิจัย กรุง จันทรศรี และฉิรวัฒน์ วงษาเทียม ที่มีส่วนมากสำหรับการสร้างเครื่องต้นแบบและประเมินผลเครื่องต้นแบบ

งานวิจัยครั้งนี้คงไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและให้ข้อเสนอแนะจากผู้จัดการสถานประกอบการแปรรูปน้ำส้ม “สวนเชิงคอย” ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลความต้องการเครื่องคั้นน้ำส้มของผู้ประกอบการ และขอขอบคุณรองศาสตราจารย์กิตติพงษ์ วุฒิจำนง ที่ให้คำปรึกษาตลอดทั้งโครงการ

เสมอขวัญ ตันติกุล

มิถุนายน 2551

บทคัดย่อ

การพัฒนาออกแบบและประเมินผลเครื่องคั่นน้ำส้มอัดโนมัต

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างและประเมินผลเครื่องคั่นน้ำส้มอัดโนมัตต้นแบบ มีวิธีดำเนินการวิจัยคือ ศึกษาคุณสมบัติของส้มที่จะนำมาคั่นเพื่อนำข้อมูลไปพิจารณาออกแบบและประเมินผลเครื่องต้นแบบมีรายละเอียดคือ ส้มที่นิยมนำมาคั่นคือส้มเบอร์ 2 และเบอร์ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง ความหนาเปลือก เฉลี่ยเท่ากับ 52.61, 46.06 และ 2.50 มิลลิเมตร ตามลำดับสำหรับส้มเบอร์ 2 และ 47.84, 43.89 และ 2.34 มิลลิเมตร ตามลำดับสำหรับส้มเบอร์ 3 จึงออกแบบชุดคั่นให้ขนาดความโตของลูกคั่นและหลุมคั่นสามารถรองรับกับขนาดของผลส้มที่ 45-55 มิลลิเมตร มีความลึกของหลุมคั่นและความสูงของหัวคั่นไม่ต่ำกว่า 25 มิลลิเมตร มีระยะห่างระหว่างลูกคั่นและหลุมคั่นไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้ถุงน้ำมันที่เปลือกส้มแตกขณะทำการคั่นมีผลทำให้น้ำส้มมีรสขมได้ ผลการทดสอบแรงที่ใช้คั่นพบว่าใช้แรงกดอัดสูงสุดเฉลี่ยคือ 646.76 นิวตัน และมุมไบเมดที่ใช้พลังงานและแรงตดน้อยที่สุดคือ 45 องศา เครื่องต้นแบบออกแบบให้มีความกว้าง ความยาวและความสูงเท่ากับ 820, 900, และ 1,480 มิลลิเมตร ตามลำดับ ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 แรงม้า ชุดคั่นประกอบด้วยหลุมคั่นที่ทำจากกระบอกสแตนเลส ออกแบบให้มีหลุมคั่นทั้งสิ้น 24 หลุมคั่นและออกแบบให้มีหัวคั่นจำนวน 24 หัว ติดตั้งบนสกรูสแตนเลสที่สามารถปรับระยะได้ อุปกรณ์ป้อนผลส้มป้อนลูกกลิ้งสแตนเลสขนาด 63.5 มิลลิเมตร จำนวน 5 ชุด ขับเคลื่อนด้วยฟันเฟืองและโซ่ และผ่าผลส้มด้วยใบมีดสแตนเลสติดตั้งบนแผ่นประคองที่ทำจากแผ่นสแตนเลสออกแบบให้เป็นรูปสามเหลี่ยมยาวตลอดชุดคั่น จากผลการทดสอบเครื่องคั่นพบว่า ผลส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร มีความสามารถในการคั่นเฉลี่ย 477.16 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 6,456.19 ผลต่อชั่วโมง มีอัตราการคั่นน้ำส้มเฉลี่ย 221.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการคั่นเฉลี่ยเท่ากับ 93.07 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผลส้มขนาด 55-60 มิลลิเมตร มีความสามารถในการคั่น 594.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 6,695.00 ผลต่อชั่วโมง มีอัตราการคั่นน้ำส้ม 262.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการคั่นเฉลี่ยเท่ากับ 87.82 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า เมื่อทำการคั่นส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร ต้องทำการคั่นน้ำส้ม 114,858 กิโลกรัม จึงจะคุ้มทุน มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ระหว่าง 0.13- 0.90 ปี (48-329วัน) และเมื่อคั่นส้มขนาด 55-60 มิลลิเมตร จะต้องทำการคั่นน้ำส้ม 111,501 กิโลกรัม จึงจะคุ้มทุน มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ระหว่าง 0.10-0.68 ปี (36.5-248.2 วัน)

Abstract

Design, Development and Evaluation of a Automatic Orange Juice Squeezer

This research project was aimed to design, fabricate and evaluate the prototype of an automatic orange juice squeezer. The research methodology was to study the properties of oranges which would be taken for squeezing and for utilizing information considered to design and evaluate the prototype as detailed shown: The favorite oranges for squeezing were orange No. 2 and orange No. 3 with averages of diameter, height and thickness of peel of 52.61, 46.06 and 2.50 mm, respectively for No.2 and 47.84, 43.89 and 2.34 mm, respectively for No.3. The squeezer's specifications was to design the squeezing set which size of squeezing ball and pit could be supported for orange sizes of 45-55 mm. The depth of squeezing pit and the height of squeezing head was not less than 25 mm. The range between squeezing ball and the pit was not less than 2.5 mm. These specifications deigned were for protecting the breaking of oil bags at orange peel during squeezing which would affect orange juice bitter. Results showed that the average maximum compression force was 646.76 Newton and the angle of the blade which required minimum cutting energy and power was 45 degree. The specifications of the prototype were as follows: Dimensions of the prototype were 820 mm wide, 900 mm long and 1,480 mm high. The machine was primarily powered by electrical motor of 1 hp. The squeezing set consisted of squeezing bucket made of stainless cylinder and designed for 24 squeezing pits. It was also designed of 24 squeezing head installing on the stainless screw which ranges could be adjusted. The oranges feeder was 5 sets of 63.5 mm of stainless rolling balls powered by sprocket and chains. Each orange was cut into halves by stainless blade installing on supporting plate made of stainless steel in form of triangle along the squeezing set. Results also showed that the 50-55 mm orange size could squeeze average of 477.16 kg/hr or 6,456.19 fruits/hr, yielded oranges juice of 221.99 kg/hr in average. The squeezing efficiency was average of 93.07 percent. According to the economic analysis, it was found that the break-even point for squeezing a 50-55 mm orange was 114,858 kg of orange juice, resulting the pay back period of 0.13-0.90 year (48-329 days). For squeezing a 55-60 mm orange, there were 111,501 kg of orange juice and 0.10-0.68 year (36.5-248.2 days), respectively.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VII
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	4
1.4 เป้าหมายของการวิจัย	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับส้ม	5
2.2 การจำแนกพันธุ์ส้ม	9
2.3 พื้นที่ปลูกและปริมาณการผลิต	12
2.4 การคัดขนาดส้ม	13
2.5 รูปแบบการสกัดน้ำผลไม้	15
2.6 ประเภทการคั้นน้ำผลไม้	16
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
2.8 การพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มอัดโนมิตีที่ผ่านมา	21
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	
3.1 อุปกรณ์และวัสดุ	31
3.2 วิธีการ	31
3.3 การประเมินเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบ	38
3.4 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์	36
บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล	
4.1 ศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับส้มที่จะนำมาคั้น	41

	หน้า
4.2 ศึกษาแรงที่ใช้สำหรับการบีบคั้นผลส้มและการผ่าผลส้ม	43
4.3 ผลการออกแบบเครื่องคั้นแบบ	51
4.4 การทดสอบการทำงานเครื่องคั้นแบบ	54
4.5 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	55
บทที่ 5 สรุป	
5.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของส้มที่จะนำมาคั้น	62
5.2 คุณสมบัติเครื่องคั้นน้ำส้มอัดโนมิตคั้นแบบ	62
5.3 สรุปผลการทดสอบ	63
5.4 ข้อเสนอแนะ	63
เอกสารอ้างอิง	64
ภาคผนวก	
ก. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	67

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของส้ม	8
ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติเบื้องต้น (กายภาพ) ของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง เบอร์ 2	41
ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติเบื้องต้น (กายภาพ) ของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง เบอร์ 3	42
ตารางที่ 4.3 น้ำหนักก่อนและหลังคั้นและแรงที่ใช้กดคั้นซีกด้านบน ที่ระยะ 2.5 มิลลิเมตร	44
ตารางที่ 4.4 น้ำหนักก่อนและหลังคั้นและแรงที่ใช้กดคั้นซีกด้านล่าง ที่ระยะ 2.5 มิลลิเมตร	45
ตารางที่ 4.5 แรงที่ใช้กดคั้นและประสิทธิภาพการคั้น ที่ระยะ 2.5 มิลลิเมตร	45
ตารางที่ 4.6 น้ำหนักก่อนและหลังคั้นและแรงที่ใช้กดคั้นซีกด้านบน ที่ระยะ 3 มิลลิเมตร	46
ตารางที่ 4.7 น้ำหนักก่อนและหลังคั้นและแรงที่ใช้กดคั้นซีกด้านล่าง ที่ระยะ 3 มิลลิเมตร	46
ตารางที่ 4.8 แรงที่ใช้กดคั้นและประสิทธิภาพการคั้น ที่ระยะ 3 มิลลิเมตร	47
ตารางที่ 4.9 น้ำหนักก่อนและหลังคั้นและแรงที่ใช้กดคั้นซีกด้านบน ที่ระยะ 3.5 มิลลิเมตร	48
ตารางที่ 4.10 น้ำหนักก่อนและหลังคั้นและแรงที่ใช้กดคั้นซีกด้านล่าง ที่ระยะ 3.5 มิลลิเมตร	48
ตารางที่ 4.11 แรงที่ใช้กดคั้นและประสิทธิภาพการคั้น ที่ระยะ 3.5 มิลลิเมตร	49
ตารางที่ 4.12 พลังงานและแรงตัดที่ใช้เมื่อมุมวางใบมีดกระทำกับวัสดุที่ทำการตัด 90 องศา	50
ตารางที่ 4.13 พลังงานและแรงตัดที่ใช้เมื่อมุมวางใบมีดกระทำกับวัสดุที่ทำการตัด 60 องศา	50
ตารางที่ 4.14 พลังงานและแรงตัดที่ใช้เมื่อมุมวางใบมีดกระทำกับวัสดุที่ทำการตัด 45 องศา	51
ตารางที่ 4.15 ส่วนประกอบหลักและคุณลักษณะของเครื่องคั้นน้ำอัดโนมัต	52
ตารางที่ 4.16 งบประมาณในการสร้างเครื่องต้นแบบ	53
ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบ	54
ตารางที่ ก.1 ผลตอบแทนและระยะเวลาการคืนทุน เมื่อทำการคั้นน้ำส้มขาย โดยใช้ส้มขนาด 45-50 มิลลิเมตร	67
ตารางที่ ก.2 ผลตอบแทนและระยะเวลาการคืนทุน เมื่อทำการคั้นน้ำส้มขาย โดยใช้ส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร	68

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของคอกส้ม	6
รูปที่ 2.2 ภาพตัดขวางผลส้มของผลส้ม	7
รูปที่ 2.3 สัมพันธุ์สายน้ำผึ้ง	11
รูปที่ 2.4 การคัดขนาดส้มของสวนส้มธนาธร	14
รูปที่ 2.5 การทำงานของเครื่องคั้นแบบลูกสูบ	16
รูปที่ 2.6 การทำงานของเครื่องคั้นแบบคันโยก	16
รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่องคั้นแบบหมุนคว้าน	17
รูปที่ 2.8 การทำงานของ Cake press extractor และ Continuous roller press extractor	17
รูปที่ 2.9 การทำงานของ Rotary juice press ในการสกัดน้ำผลไม้ตระกูลส้ม	18
รูปที่ 2.10 ชุดย่อยเนื้อผลไม้แบบตีปั่นด้วยใบพัดตีหมุน	18
รูปที่ 2.11 เครื่องคั้นน้ำส้มอัดโนมัติ	20
รูปที่ 2.12 เครื่องคั้นน้ำส้มแบบโรตารี	20
รูปที่ 2.13 แสดงภาพด้านข้างและด้านหน้าของเครื่องคั้นน้ำส้มดันแบบเพื่อทดสอบ	21
รูปที่ 2.14 มุมเตะกะร่าประมาณ 45 องศาและตัวกะร่าที่ทำจากสแตนเลส	22
รูปที่ 2.15 ภาพด้านหน้าและด้านข้างของชุดคั้น	22
รูปที่ 2.16 โครงสร้างเครื่องคั้นที่ปรับปรุงใหม่	24
รูปที่ 2.17 เปรียบเทียบเครื่องคั้นดันแบบกับเครื่องคั้นดันแบบเพื่อทดสอบ	24
รูปที่ 2.18 ตะกร้ารองรับผลส้ม	25
รูปที่ 2.19 การ์ดป้องกันโซ่และตะขอที่ใช้ตัดผลส้ม	25
รูปที่ 2.20 หลุมคั้นและลูกคั้นและการคั้นโดยลูกคั้นและหลุมคั้น	26
รูปที่ 2.21 ชุดใบมีดผ่าผลส้มและการติดตั้งใบมีดระหว่างหลุมคั้น	26
รูปที่ 2.22 ชุดตะขอเขี่ยเปลือกส้มและช่องปล่อยเปลือกส้ม	27
รูปที่ 2.23 การป้อนพร้อมคัดผลส้ม การลำเลียงส้ม และการล้างส้ม	27
รูปที่ 2.24 แสดงด้านข้างและด้านหน้าของเครื่องคั้นน้ำส้มดันแบบเพื่อทดสอบ	28
รูปที่ 2.25 ระบบลำเลียงผลส้มเข้าสู่ระบบการคั้น	29
รูปที่ 2.26 ระบบการจับผลส้มและลำเลียงผลส้มเข้าสู่ระบบคั้น (ซ้าย) ชุดผ่าผลส้ม(ขวา)	29
รูปที่ 2.27 ระบบการคั้นน้ำส้ม	29

	หน้า
รูปที่ 3.1 การวัดขนาดผลส้ม	32
รูปที่ 3.2 การทดสอบหาแรงกดอัด	32
รูปที่ 3.3 การทดสอบหามุมตัดของใบมีด	32
รูปที่ 3.4 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องคั้นน้ำส้มอัดโนมัตคั้นแบบ	33
รูปที่ 3.5 ชุดคั้นกำลังและระบบส่งกำลัง	34
รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ลำเลียงผลส้ม	34
รูปที่ 3.7 ชุดหลุมคั้น	35
รูปที่ 3.8 ชุดหัวคั้น	35
รูปที่ 3.9 ใบมีดและแผ่นประคอง	36
รูปที่ 3.10 ตำแหน่งการติดตั้งใบมีด	36
รูปที่ 3.11 ถาดรองรับน้ำส้ม	37
รูปที่ 3.12 ตะแกรงคัดแยกน้ำส้มและเปลือกส้ม	37
รูปที่ 4.1 ชุดหัวคั้นและหลุมคั้นที่ใช้ทดสอบ	44
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและปริมาณการใช้งานเมื่อทำการคั้นน้ำส้มจำหน่าย โดยใช้ส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร	57
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและปริมาณการใช้งานเมื่อทำการคั้นน้ำส้มจำหน่าย โดยใช้ส้มขนาด 55-60 มิลลิเมตร	58
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนปริมาณการใช้งานและระยะเวลาดำเนินทุน เมื่อทำการคั้นน้ำส้มจำหน่าย โดยใช้ส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร	59
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนปริมาณการใช้งานและระยะเวลาดำเนินทุน เมื่อทำการคั้นน้ำส้มจำหน่าย โดยใช้ส้มขนาด 55-60 มิลลิเมตร	60
รูปที่ 4.6 การหาจุดคุ้มทุนที่ขนาดผลส้ม 50-55 มิลลิเมตร	61
รูปที่ 4.7 การหาจุดคุ้มทุนที่ขนาดผลส้ม 55-60 มิลลิเมตร	61

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	=	จำนวนวันที่ปฏิบัติงานต่อปี
Cap	=	ความสามารถในการทำงาน
CR	=	อัตราราคาน้ำสัมผัสกิโลกรัม
D	=	ค่าเสื่อมราคา
e	=	อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า
E	=	ค่าพลังงานไฟฟ้า
FC	=	ค่าใช้จ่ายคงที่
h	=	ชั่วโมงการทำงาน
i	=	อัตราดอกเบี้ย
I	=	ค่าดอกเบี้ย
L	=	ค่าแรงงาน
N	=	แรงกดที่ใช้
P	=	ราคาต้นทุนของเครื่อง
PBP	=	ระยะเวลาคืนทุน
R&M	=	ค่าซ่อมบำรุง
S	=	มูลค่าซาก
TC	=	ค่าใช้จ่ายรวม
VC	=	ค่าใช้จ่ายแปรผัน
Y	=	อายุการใช้งานของเครื่อง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ส้มเป็นผลไม้ที่มีตลอดฤดูกาลมีสีที่ดึงดูดใจ มีกลิ่นรสพิเศษเฉพาะตัว อุดมไปด้วยวิตามินซี และปัจจุบันส้มถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญประเภทหนึ่ง ซึ่งนำเงินตราเข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก จากความสำคัญทางเศรษฐกิจของส้ม ทำให้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติกำหนดให้ส้มเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ โดยสนับสนุนส่งเสริมให้เกษตรกรเพิ่มทั้งคุณภาพ และปริมาณผลผลิตให้มากขึ้น เพื่อให้เป็นที่ยอมรับของตลาด และเพียงพอต่อความต้องการสำหรับบริโภคและส่งออก จากข้อมูลกรมส่งเสริมการเกษตร ปี พ.ศ. 2546 พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกส้มรวม 185,000 ไร่ เป็นพื้นที่ที่ให้ผลผลิตแล้ว 101,000 ไร่ มีผลผลิตส้มรวมทั้งประเทศ 283,000 ตัน ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้บริโภคภายในประเทศ ผลผลิตบางส่วนส่งออกในรูปผลสด 154 ตัน และน้ำส้ม 3,643 ตัน มีมูลค่า 2.7 และ 33 ล้านบาท ตามลำดับ

ส้มโดยเฉพาะส้มเขียวหวานมีพื้นที่ปลูกเกือบทั่วทุกภาคของประเทศ โดยเฉพาะภาคเหนือกำลังเป็นที่นิยมปลูกส้มมาก เนื่องจากผลผลิตส้มที่ได้มีผิวและรสชาติดี เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ ปกติส้มสามารถนำมาบริโภคได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งทางอ้อมนั้นสามารถทำได้โดยการนำผลส้มมาคั้น ซึ่งในปัจจุบันนี้จะมีการนำน้ำส้มคั้นมาบรรจุภาชนะในรูปแบบต่าง ๆ และมีการผลิตเป็นอุตสาหกรรมทั้งขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก โดยในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กนั้นจะเน้นการใช้แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ หากต้องการคั้นครั้งละมาก ๆ วิธีการคั้นโดยใช้แรงงานคนจะทำให้เกิดความล่าช้า และความเมื่อยล้าสูง ดังนั้นเพื่อให้อุตสาหกรรมดังกล่าวมีการขยายตัวเพียงพอ กับความต้องการที่สูงขึ้น ปัจจุบันจึงได้มีการคิดค้นและพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มขึ้นเพื่อใช้แก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น

ซึ่งการพัฒนาเครื่องจักรที่ใช้ในการคั้นน้ำส้มที่เรียกว่า “เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ” (Automatic orange juice squeezer) ซึ่งจะทำให้มีความสะดวกและรวดเร็วในการคั้นมากยิ่งขึ้น แต่จากการศึกษาค้นคว้าพบปัญหาของเครื่องคั้นน้ำ ส้มอัตโนมัติมีดังต่อไปนี้ คือ

1. เครื่องคั้นน้ำส้มที่มีใช้กันอยู่ยังจัดว่าไม่มีความสะดวก เนื่องจากต้องปอกเปลือกส้มก่อนทำการคั้น (เฉพาะเครื่องคั้นน้ำส้มแบบต้องแกะเปลือกส้มออกก่อนคั้น)

2. มีราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพที่สามารถทำได้ (เครื่องคั้นที่นำเข้าจากต่างประเทศ)

3. น้ำส้มที่คั้นได้จากเครื่องคั้นส่วนใหญ่ยังมีรสขมและมีสิ่งเจือปนค่อนข้างมาก เนื่องจาก การออกแบบหลุมคั้นและลูกคั้นมีระยะชิดกันมากเกินไป ตลอดจนลูกคั้น และหลุมคั้นมีขนาดใหญ่ จึงไม่เหมาะสมสำหรับคั้นส้มเปลือกหนาและส้มลูกเล็ก

4. การถอดและประกอบเครื่องเพื่อทำความสะอาดยังไม่มีความสะดวกเท่าที่ควร

5. เครื่องคั้นดังกล่าวส่วนใหญ่ออกแบบมาสำหรับคั้นส้มผลโต ซึ่งปกติส้มที่นำมาคั้นมักเป็นส้มขนาดกลางและขนาดเล็ก (ส้มผลโคนิยมใช้ทานสดมากกว่า) เนื่องจากมีราคาสูงกว่า ทำให้ต้นทุนการผลิตไม่สูงเกินไป

6. เครื่องดังกล่าวไม่มีระบบการคัดแยกผลส้มที่มีขนาดไม่เหมาะสมออกจากระบบการคั้น (การคั้นส้มที่มีขนาดไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดการสูญเสียหรือเกิดความขมมาก)

7. เครื่องคั้นที่นำเข้าส่วนใหญ่มีถึงหรืออาชนะสำหรับบรรจุผลส้มขนาดเล็ก ทำให้ต้องคอยเติมผลส้มบ่อยครั้ง ทำให้เกิดความไม่สะดวก และทำให้เกิดความเมื่อยล้าต่อผู้ปฏิบัติงาน

8. กรณีที่มีน้ำส้มตกค้างอยู่ที่เปลือกผิวส้มมาก ทำให้เกิดการสูญเสียมาก เนื่องจากไม่มีตะแกรงและถาดรองรับน้ำส้มที่ไหลออกจากเปลือกส้มที่ผ่านจากระบบคั้นแล้ว

อย่างไรก็ตามก่อนหน้านี้ผู้วิจัยได้รับทุนจากทบวงมหาวิทยาลัย เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติแบบโรตารี ในปี พ.ศ. 2546 และได้รับทุนจากสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อออกแบบเครื่องคั้นแบบใหม่ เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติแบบจานหมุน ในปี พ.ศ. 2549 ซึ่งจากการประเมินผลการทำงาน และสอบถามจากผู้ปฏิบัติงานและผู้นำเครื่องดังกล่าวไปใช้งาน พบว่ายังมีข้อด้อยหรือข้อจำกัดดังต่อไปนี้

ก. ตะแกรงกรองน้ำส้มมีขนาดเล็กเกินไป แม้ในขั้นตอนจะออกแบบให้มีตะแกรงกรองน้ำส้ม 2 ชุด เพื่อความสะดวกในการทำความสะอาดตะแกรงโดยไม่ต้องหยุดเครื่องเพื่อทำความสะอาด แต่เนื่องจากพื้นที่ตะแกรงค่อนข้างน้อย ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงความเพิ่มพื้นที่ของตะแกรงกรองให้มากขึ้น

ข. ตำแหน่งการติดตั้งมอเตอร์ต้นกำลังยังไม่เหมาะสม เนื่องจากติดตั้งบริเวณด้านล่างของถังบรรจุผลส้ม น้ำที่ติดค้างที่เปลือกส้มอาจไหลหยดลงบนมอเตอร์ แม้ว่าที่มอเตอร์จะติดตั้งฝาครอบไว้แล้วก็ตาม เพื่อความปลอดภัยควรย้ายตำแหน่งมอเตอร์ดังกล่าวไปตำแหน่งอื่น

ค. โซ่ลำเลียงผลส้มแม้ว่าจะมีการป้องกันผลส้มสัมผัสกับโซ่แล้วก็ตาม แต่โอกาสที่สารหล่อลื่นที่ตัวโซ่จะกระเด็นถูกผลส้มก็มีโอกาสเป็นไปได้ ดังนั้นควรใช้โซ่หรือกระพ้อที่ทำจากพลาสติก หรืออาจใช้สารหล่อลื่นที่ใช้กับอาหารได้ เป็นต้น

ง. หลักการคั่นสั้มแบบโรตารียังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการปนเปื้อนของน้ำสั้มอยู่บ้าง เนื่องจากขณะทำการคั่น น้ำมันหรือสารเคมีที่เปลือกสั้มอาจถูกคั่นออกมาด้วย ทำให้น้ำสั้มมีรสขม และหากมีสารเคมีปนเปื้อนก็จะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

จ. หลักการคั่นแบบโรตารียังมีข้อจำกัดในเรื่องสิทธิบัตร ดังนั้นหากจะผลิตเพื่อจำหน่ายให้เกษตรกรในราคาถูกจึงยังมีข้อจำกัด ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงควรออกแบบเครื่องคั่นน้ำสั้มให้มีลักษณะการทำงานที่มีขั้นตอนการทำงานที่สูงกว่า ความสามารถในการทำงานที่สูงกว่า มีการปนเปื้อนน้อยกว่า และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียต่ำกว่า เป็นต้น

ฉ. สำหรับการออกแบบเครื่องคั่นแบบจานหมุนซึ่งเป็นเครื่องคั่นหลักการใหม่ แม้จะมีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี แต่เป็นการออกแบบที่ซับซ้อนมากเกินไป การซ่อมและบำรุงรักษายาก และมีผลทำให้ราคาเครื่องสูงมาก จนไม่เหมาะที่จะขยายผลสู่ผู้ประกอบการได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อออกแบบ สร้าง และประเมินผลเครื่องคั่นน้ำสั้มอัตโนมัติ โดยพัฒนาจากองค์ความรู้ที่ได้จากการค้นคว้าและออกแบบเครื่องคั่นน้ำสั้มอัตโนมัติที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันและเครื่องคั่นน้ำสั้มที่ได้ศึกษาวิจัยดังที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อให้ได้เครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ไม่มีปัญหาเรื่องสิทธิบัตร และทดแทนเครื่องคั่นน้ำสั้มที่นำเข้าจากต่างประเทศ ทั้งนี้มีวัตถุประสงค์เฉพาะ ดังต่อไปนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาและออกแบบระบบต่าง ๆ ของเครื่องคั่นน้ำสั้มแบบอัตโนมัติ โดยพัฒนาจากเครื่องคั่นน้ำสั้มที่มีอยู่ในปัจจุบันและเครื่องคั่นน้ำสั้มที่ได้ศึกษาวิจัย

1.2.2 เพื่อพัฒนาและปรับปรุงเครื่องคั่นน้ำสั้มให้มีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานให้สูงขึ้นแต่มีราคาที่ถูกลง

1.2.3 เพื่อสร้างเครื่องคั่นแบบสำหรับคั่นน้ำสั้มอัตโนมัติ ที่เหมาะสมกับสั้มลูกเล็ก

1.2.4 เพื่อส่งเสริมให้อุตสาหกรรมการแปรรูปขนาดกลางและขนาดเล็กให้มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น

1.2.5 เพื่อลดการนำเข้าเครื่องคั่นน้ำสั้มอัตโนมัติจากต่างประเทศที่มีราคาสูง

1.2.6 เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกสั้มและกลุ่มผู้แปรรูปสั้ม

1.2.7 เพื่อเพิ่มมูลค่าของสั้มให้สูงมากขึ้นและลดปัญหาการสูญเสียเมื่อสั้มล้นตลาด

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 เครื่องคั้นน้ำส้มที่ออกแบบจะทำการคั้น โดยไม่ต้องปอกเปลือกส้ม

1.3.2 เครื่องคั้นที่ออกแบบเป็นเครื่องคั้นที่มีระบบลำเลียงผลส้มเข้าสู่ชุดคั้น มีระบบผ่าผลส้ม ระบบคั้น และระบบแยกเปลือกส้มและน้ำส้มออกจากกัน ซึ่งอยู่ในเครื่องตัวเดียวกันมีระบบการทำงานแบบต่อเนื่อง

1.3.3 ส้มที่จะทำการคั้นเป็นส้มสายน้ำผึ้งผลเล็ก ขนาด 45-60 มิลลิเมตร

1.3.4 เครื่องคั้นที่ออกแบบสามารถรองรับกับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดใหญ่

1.4 เป้าหมายของการวิจัย

ภายหลังการวิจัยนี้ จะได้เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติต้นแบบหลักการใหม่ ที่ได้พัฒนาปรับปรุงต่อจากเครื่องต้นแบบดั่งที่กล่าวมาแล้ว โดยเครื่องดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานอยู่ในเกณฑ์สูง ทำให้เกษตรกรกลุ่มเป้าหมายหรือผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดใหญ่สามารถแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ลดความเมื่อยล้าในการทำงาน นอกจากนั้นยังช่วยลดปัญหาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1.4.1 ช่วยลดการสูญเสียของส้มภายหลังการเก็บเกี่ยวและเป็นการลดปัญหาส้มล้นตลาดโดยการนำมาแปรรูปเป็นน้ำส้มคั้น

1.4.2 ช่วยลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ โดยไม่ต้องนำเข้าเครื่องจักรกลสำหรับการแปรรูปจากต่างประเทศ

1.4.3 ทำให้เกิดการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์น้ำส้มคั้นที่มีคุณภาพเพื่อจำหน่ายในท้องถิ่น ท้องตลาดทั่วไป

1.4.4 ช่วยลดเวลาและต้นทุนการผลิตน้ำส้มคั้น ซึ่งจะสามารถเพิ่มรายได้และเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลไม้ไทยให้สูงขึ้น

1.4.5 ได้แนวทางในการประยุกต์นำเครื่องดังกล่าวไปใช้กับผลไม้อื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน

1.4.6 ได้ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ สำหรับพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มแบบอัตโนมัติที่มีหลักการทำงานในลักษณะดังกล่าว

1.4.7 เป็นข้อมูลสำหรับผู้ศึกษา เพื่อพัฒนาและวิจัยในโอกาสต่อไป

นอกจากนั้นผลงานวิจัยที่ได้นี้จะมีประโยชน์ต่อ โรงงานอุตสาหกรรมผู้ผลิตเครื่องจักรกลเกษตรภายในประเทศ หน่วยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลเพื่อจะพัฒนาต่อไป และภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับส้ม

“ส้ม” เป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการอาหารสูง และเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ในแง่ของเกษตรกรเองก็นับได้ว่าเป็นพืชที่ให้ผลตอบแทนต่อไร่สูงกว่าพืชชนิดอื่น ๆ มากและกำลังอยู่ในความสนใจของเกษตรกร พันธุ์ส้มที่มีการปลูกมากที่สุดนับเป็นแสนไร่คือ ส้มเขียวหวาน ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่การปลูกส้มออกไปอย่างรวดเร็ว กระจายแพร่หลายในทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะในเขตภาคกลางแถบ ปทุมธานี นครนายก สระบุรี และภาคเหนือ จังหวัดเชียงรายแพร่ น่าน เป็นต้น และปัจจุบันมีแนวโน้มว่า การขยายพื้นที่ปลูกไปสู่แหล่งใหม่ ๆ มีมากขึ้น

2.1.1 ต้นกำเนิด

คำว่า “ส้ม” หรือ “พืชตระกูลส้ม” หมายถึงพืชที่อยู่ในสกุลซิตรีส (Citrus genus) ทั้งหมดเช่น มะปัด มะนาว มะกรูด ส้มจี๊ด ส้มเขียวหวาน ส้มเกลี้ยง ส้มजूและส้มโอ เป็นต้น รวมทั้งพืชสกุลใกล้เคียง (Citrus relatives) อีกหลายชนิด จึงนับได้ว่าเป็นพืชกลุ่มใหญ่มากกลุ่มหนึ่ง ต้นกำเนิดของส้มอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อาจเป็นแถบตอนใต้ของประเทศจีนหรือหมู่เกาะมาลาเย เชื่อกันว่าไทยอาจเป็นแหล่งกำเนิดของส้มแห่งหนึ่งได้เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามไม่มีใครสามารถยืนยันได้ว่าแหล่งกำเนิดที่แท้จริงอยู่ที่ใด สำหรับประวัติการนำส้ม โดยเฉพาะส้มเขียวหวานเข้ามาปลูกในประเทศไทยนั้น ไม่มีหลักฐานปรากฏชัดเจน แต่เชื่อว่าชาวจีนเป็นผู้นำเข้ามาเมื่อประมาณ ปี พ.ศ. 2400-2410 จุฑามาส (2547) กล่าวว่า การปลูกส้มเขียวหวานเป็นอาชีพทำกันมาประมาณ 80 ปีที่ผ่านมาเอง โดยปลูกกันมากในเขตตำบลบางมด ซึ่งอยู่ในเขตราชบุรีบูรณะ และเขตบางขุนเทียน ส้มเขียวหวานที่ปลูกในแถบนี้จะเรียกว่า “ส้มบางมด” ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งผลิตส้มที่มีชื่อเสียงในด้านคุณภาพตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ระยะเวลาต่อมาสภาพสวนบริเวณบางมดเปลี่ยนไป รวมทั้งปัญหาน้ำเค็ม น้ำเสีย ทำให้พื้นที่สวนส้มเขียวหวานลดลงเกือบหมด แต่ยังมีผู้ที่ใจรักในด้านการปลูกส้มเขียวหวานได้ไปหาแหล่งปลูกที่อื่น ๆ ที่สามารถปลูกส้มบางมดได้ ทำให้พื้นที่ปลูกกระจายออกไปทั่ว เช่น พื้นที่จังหวัดปทุมธานี สระบุรี นครนายก ลพบุรี นอกจากนี้ยังแพร่กระจายไปปลูกในแหล่งอื่น ๆ เช่น เชียงราย น่าน แพร่ จันทบุรี ตรัง เป็นต้น

2.1.2 สภาพดินฟ้าอากาศ

ส้มเป็นผลไม้กึ่งเมืองร้อน ไม่ชอบสภาพอากาศที่หนาวจัดหรือร้อนจัด สามารถปลูกได้ทุกลักษณะดินที่ไม่มีน้ำขัง เช่น ดินร่วน ดินร่วนปนทราย หรือดินเหนียวที่ได้รับปรับปรุงสภาพที่เหมาะสม มีความอุดมสมบูรณ์และระบายน้ำได้ดี สภาพดินที่ใช้ควรเป็นกรดเล็กน้อย มีค่า pH ประมาณ 5.7-6.9 ส้มเป็นไม้ผลที่ต้องการน้ำอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นพื้นที่ปลูกจึงควรมีแหล่งน้ำอย่างเพียงพอ ความเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล ช่วงอุณหภูมิ จะมีผลต่อคุณภาพของส้ม เช่นการปลูกส้มในภาคเหนือของไทย ที่มีอากาศเย็น ผิวส้มจะมีสีเหลืองเข้มขึ้นมากขึ้น (เปรมปรี, 2538)

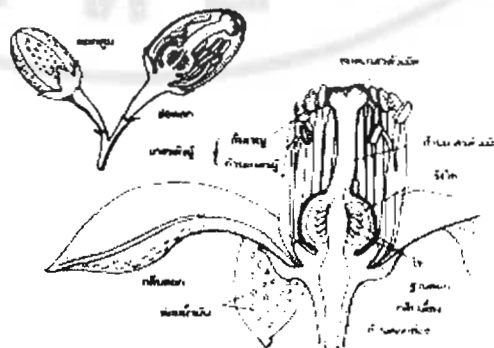
2.1.3 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

สำหรับลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้ม นั้น จูฑามาต (2547) กล่าวว่า ส้มมีชื่อสามัญว่า Mandarin หรือ Tangerine ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulata* ข้อมูลจำเพาะทางด้านพืชสวนของส้มที่น่าสนใจ หรือลักษณะพบบ่งชี้ได้ดังนี้

ลำต้น : เป็นไม้ผลยืนต้น ทรงพุ่มขนาดปานกลาง เส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่มประมาณ 4-6 เมตร ความสูงของทรงพุ่มประมาณ 3.5-5 เมตร ลำต้นไม่มีหนาม กิ่งแก่มีสีเขียวเข้ม ไม่มีขน มีรอยแผลเป็นของใบและต่อมน้ำมันกระจายอยู่ทั่วไป ลักษณะของกิ่งอ่อนเป็นเหลี่ยมเรียว

ใบ : มีลักษณะรูปไข่ ค่อนข้างยาว รูปโล่ หรือรูปหอก ปลายและฐานใบมีลักษณะมน ส่วนปลายสุดของใบมีรอยเว้าเข้า ผิวท้องใบ มีสีเขียวอมเหลือง ผิวหลังใบเป็นมันเขียวเข้ม มีกลิ่นใบ ก้านใบมีปีกแคบ หรือไม่มีปีก มีสีเขียวอมเหลือง ใบมีขนาดเล็ก ความกว้าง 1.54-4 เซนติเมตร และยาว 3.5-8 เซนติเมตร

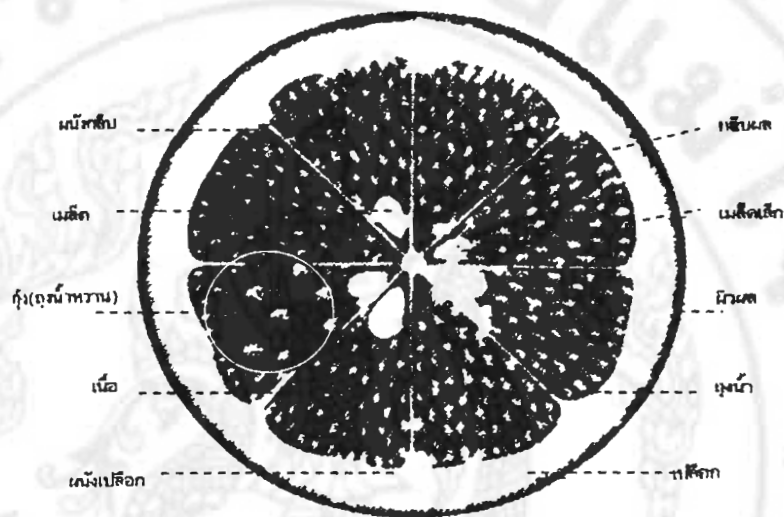
ดอก : มีขนาดเล็ก ขนาดของดอกตูมมีความยาว 0.5-0.7 เซนติเมตร ดอกบานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร ส่วนกลีบ ดอกสีขาว และมีต่อมน้ำมันกระจายอยู่แต่ละดอก มีเกสรตัวผู้อยู่ในลักษณะแยกกัน 18-23 อัน ออกดอกในตำแหน่งซอกใบ เป็นดอกเดี่ยวหรือดอกช่อ แสดงดังภาพที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของดอกส้ม

ดัดแปลงจาก: จูฑามาต อ่อนวิมล. 2547.

ผล : มีรูปร่างกลมแบน ผิวเปลือกสีเขียว, สีเขียวอมเหลืองหรือส้มอมเหลือง จนถึงแดงอมส้ม ลักษณะผิวเปลือกจะเรียบมีต่อมน้ำมันอยู่ภายใน ส่วนเปลือกบาง มีความหนาประมาณ 0.2-0.3 เซนติเมตร มีกลิ่นหอมแรงเปลือกด้านในมีสีเหลืองอ่อน ภายในหนึ่งผลประกอบด้วยกลีบผลจำนวน 10-15 กลีบ แต่ละกลีบจะมีผนังบาง เนื้อมีน้ำมาก สีส้มรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ก้านผลมีขนาดสั้น ขนาดผลแตกต่างกันไป ตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 5-8 เซนติเมตร ยาว 4-7 เซนติเมตร ติดผลในลักษณะห้อยหัวลงแสดงดังภาพที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ภาพตัดขวางผลส้มของผลส้ม
ที่มา: จุฬามาส อ่อนวิมล. 2547.

เมล็ด : รูปร่างรูปไข่กลับหัว เนื้อเยื่อส่วนสะสมอาหารมีสีเขียวอ่อน หรือเขียวอมเหลือง จำนวนเมล็ดมีมากน้อยแตกต่างกันในแต่ละกลีบ จากหนึ่งเมล็ดสามารถเพาะต้นกล้าได้เป็นจำนวนมาก

อายุของต้น : อายุของต้นที่สามารถเริ่มให้ผลผลิตประมาณ 4-5 ปี ภายหลังจากการปลูก และเริ่มให้ผลผลิตเต็มที่ตั้งแต่ 5-6 ปี หลังปลูก กรณีที่ปลูกจากกิ่งตอนสามารถให้ผลผลิตคุ้มค่าทางเศรษฐกิจจนอายุประมาณ 2 ปี หรือมากกว่า 20 ปี หากปลูกโดยอาศัยหลักวิชา หรือ โดยการใช้ต้นตอพันธุ์ (Root stock) ที่เหมาะสม

ผลผลิต : จัดเป็นไม้ผลยืนต้นชนิดหนึ่งในไม้ผลไม้ที่ชนิดที่สามารถให้ผลผลิตตลอดปีโดยใช้หลักวิชาการด้านไม้ผลวิทยา บังคับให้ออกดอกผลเป็นรุ่นตามต้องการ และสามารถบังคับการออกผลได้ประมาณ 2-4 รุ่นในรอบปี หรือหากต้องการผลผลิตเพียงรุ่นเดียวก็สามารถเลือกปฏิบัติได้

ผลส้มสามารถที่จะ “รอ” การเก็บเกี่ยวได้ กล่าวคือ สามารถเริ่มเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เมื่อผลอายุประมาณ 8-9 เดือน หรือปล่อยให้สุกเต็มที่เพื่อรสชาติที่สูงขึ้นจนอายุประมาณ 11-12 เดือนหลังดอกบาน

2.1.4 การขยายพันธุ์

จุฑามาส (2547) กล่าวว่า การขยายพันธุ์ส้มมี 2 แบบ คือ ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและขยายพันธุ์โดยใช้ส่วนอื่น ๆ ได้แก่ กิ่งยอด ตา โดยวิธีการที่แตกต่างกันออกไป เช่น การปักชำ ตอน ตัดตา และการต่อกิ่ง เสียบยอด ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของส้มที่มีความยากหรือง่ายในการงอกราก

การขยายพันธุ์ส้มนั้นยังนิยมใช้กันมาตราบจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากพืชตระกูลส้มเกือบทุกชนิดทุกพันธุ์ มีคุณสมบัติให้ต้นกล้าได้มากกว่า 1 ต้นต่อเมล็ด ทำให้สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดได้โดยมีเปอร์เซ็นต์การกลายพันธุ์น้อย แม้กระนั้นก็ตามเกษตรกรยังนิยมขยายพันธุ์โดยวิธีการตอน ตัดตา และต่อกิ่ง เนื่องจากส้มจะให้ผลผลิตเร็วกว่าการเพาะเมล็ด และทรงพุ่มแผ่กว้างทำให้เก็บเกี่ยวผลผลิตสะดวก นอกจากนี้การใช้ต้นตอที่เหมาะสมจะทนทานต่อโรครากเน่าและโคนเน่า แต่มีข้อเสียบ้าง คือ เกิดการแพร่ระบาดของโรคไวรัสได้ง่ายจากการใช้เครื่องมือ

เปรมปรี (2538) กล่าวว่า สำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตส้มจะแนะนำให้ใช้วิธีการปลิดดอก โดยใช้มือจับบริเวณด้านใต้ผลแล้วหักพับให้ส่วนขั้วผลไปทางด้านใดด้านหนึ่งแล้วผลส้มจะหลุดออกได้โดยง่าย ช่วงที่ให้ผลผลิตมากอยู่ระหว่างเดือนกันยายนถึงธันวาคม แต่โดยทั่วไปประเทศไทยสามารถผลิตส้มได้ตลอดปี

2.1.5 คุณค่าทางโภชนาการ

คุณค่าทางโภชนาการของส้ม ส้มเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ดังข้อมูลการวิเคราะห์ของกองโภชนาการ กรมอนามัย พบว่าจากส่วนของผลส้มที่รับประทานได้จำนวน 100 กรัม มีปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ดังแสดงตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของส้ม

สารอาหาร	ปริมาณต่อส้ม 100 กรัม
ความชื้น	88.7 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	9.90 กรัม
โปรตีน	0.60 กรัม
ไขมัน	0.20 กรัม
แคลเซียม	31.0 มิลลิกรัม
เหล็ก	0.80 มิลลิกรัม
วิตามินเอ	4,000 หน่วยสากล

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของส้ม (ต่อ)

สารอาหาร	ปริมาณต่อส้ม 100 กรัม
วิตามินบี 1	0.04 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.05 มิลลิกรัม
วิตามินซี	18.0 มิลลิกรัม
เส้นใย	0.20 กรัม
แคลอรี	44.0 หน่วย

ที่มา: พาณิชย ย์ศปัญญา. 2540.

2.2 การจำแนกพันธุ์ส้ม

ส้มเป็นพืชตระกูลใหญ่ตระกูลหนึ่ง ประกอบด้วยพวกส้มต่าง ๆ มากมาย แต่ละพวกก็มีชนิดพันธุ์ต่าง ๆ มากมาย การแบ่งพวกแบ่งกลุ่มของส้มจะแตกต่างกันออกไปบ้างตามวัตถุประสงค์ นอกจากนี้ส้มก็ยังแบ่งออกเป็นพันธุ์ได้อีกหลายพันธุ์ เพื่อให้เข้าใจได้โดยง่ายในที่นี้จะแบ่งส้มออกเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

2.2.1 ส้มพองแกน (Ponkan or honey orange) ผลมีขนาดใหญ่ สุกในช่วงต้นฤดู การเก็บเกี่ยวจะต้องขลิบทีละผล ถ้าเก็บด้วยการปลิดผล เปลือกที่ขั้วจะแยกออกเป็นแผลผล ส้มพันธุ์นี้มีคุณภาพดี ลำต้นตรงกิ่งเปราะหักง่าย โดยเฉพาะช่วงการให้ผล ผลตก และมักติดผลปีเว้นปี มีปลูกกันบ้างพอสมควร

2.2.2 ส้มชักชูมำ (Satsuma Mandarin) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus unshiu* (Marc) ลักษณะของพันธุ์นี้สามารถทนทานต่อสภาพอากาศทั้งในฤดูร้อนและฤดูหนาวได้ดีมาก ให้ผลคุณภาพดี ไม่มีเมล็ด ผิวเปลือกสีส้มแก่ไม่สวยงาม โดยเฉพาะพันธุ์โอวาริ (Owari) เป็นพันธุ์เดียวที่ปลูกกันเป็นการค้า และมีปลูกมากทางตอนเหนือของฟลอริดา รวมทั้งพื้นที่ในประเทศญี่ปุ่นด้วย

2.2.3 ส้มออแลนโด (Orlando tangelo) เป็นส้มพันธุ์ลูกผสมระหว่างพันธุ์คันแดนกับส้มแคนซี่ มีลำต้นแข็งแรงสามารถทนทานต่ออากาศหนาวได้ดี ลักษณะขอบใบจะห่ออย่างเด่นชัด ผลที่ได้มีขนาดค่อนข้างใหญ่ เปลือกบางและติดค่อนข้างแน่นกับเนื้อ ผิวเปลือกสีส้ม คุณภาพของผลให้รสชาติดี ทนทานในการขนส่ง แต่ผลแก่เร็ว ในรัฐฟลอริดาเป็นแหล่งปลูกที่แพร่หลายที่สุด

2.2.4 ส้มแทนเจอริน (Tangerrine) พันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้าได้แก่ คลิเมนไทล์ (Clementine) และ แคนซี่ (Dancy) ผลส้มขนาดกลางค่อนข้างเล็ก ผิวเปลือกผลสีแดงอมส้มแก่ เป็นพันธุ์ที่ให้ผลดก ปริมาณผลตอบแทนที่ได้ขึ้นอยู่กับวิธีการปฏิบัติดูแลบำรุงรักษาที่ดี ส่วนของกิ่งมีลักษณะเปราะและหักง่าย ผลส้มสีเปลือกอ่อน พร้อมทั้งเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมกับเขตปลูกที่ร้อนชื้น

2.2.5 ส้มคิง (King Mandarin) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus robilis* (Lour) เป็นพันธุ์ส้มเปลือกอ่อนที่มีขนาดผลใหญ่ที่สุด เปลือกผลมีลักษณะหยาบและค่อนข้างหนา ผิวเปลือกผลและเนื้อมีสีเหลืองเข้มหรือส้มอ่อน ผลแก่ค่อนข้างปลายฤดู ส่วนของเมล็ดสามารถทนต่อสภาพอากาศร้อนได้ ผลส้มพันธุ์นี้จัดได้ว่ามีคุณภาพดีมาก ปลูกมากในออสเตรเลีย โดยเฉพาะพันธุ์เอมเพอร์ (Emperor) ซึ่งนิยมปลูกเป็นการค้า แต่ก็ยังปลูกกันไม่มากหรือกล่าวได้ว่าไม่เป็นที่นิยมนัก

2.2.6 ส้มเพจ (Page) เป็นลูกผสมของส้มพันธุ์มินเนโอลากับส้มคลิเมนไทน์ ผลไม่ดก ขนาดผลที่ได้ไม่สม่ำเสมอ เปลือกผลสีเหลือง เนื้อสีเข้ม รสดีมาก แต่ไม่เป็นที่นิยมนัก

2.2.7 ส้มเมอคอต (Murcott honey) ผลรูปทรงกลมค่อนข้างแบน เปลือกผลบริเวณที่ติดกับขั้วยังคงเป็นสีเขียวอยู่ ผิวเปลือกโดยทั่วไปเป็นสีส้มแก่แต่ไม่เข้มเท่ากับผลส้มซัทซูมา ผิวเปลือกมีลักษณะบางทำให้ลอกได้ง่าย

2.2.8 ส้มมินเนโอลา (Minneola tangerine) เป็นส้มพันธุ์ลูกผสมที่มีกำเนิดมาจากส้มออแลนโด ลำต้นแข็งแรงทนต่อสภาพอากาศหนาวได้บ้าง แต่ไม่ดีเท่าส้มออแลนโด ขนาดใบใหญ่ ปลายใบแหลม ให้ผลลักษณะค่อนข้างกลม มีจุด เปลือกผลค่อนข้างหนา แต่ไม่ติดแน่นกับส่วนเนื้อเท่าส้มออแลนโด ผิวเปลือกมีลักษณะเรียบ สีสวยจำนวนเมล็ดต่อผลน้อย และให้รสชาติดี

2.2.9 ส้มลูกผสมอื่นๆ ได้แก่ ส้มออสซีโอลา (Osceola) ส้มโนวา (Nova) ส้มลี (Lee) และส้มโรบินสัน (Robinson) เป็นต้น ซึ่งเป็นส้มลูกผสมที่มีน้ำมากและรสชาติดี

ส่วนพันธุ์ส้มที่ปลูกในประเทศไทยได้แก่

ส้มแหลมทอง หรือแสงทอง เป็นสายพันธุ์ที่ปลูกกันอยู่เดิมในเขตจังหวัดราชบุรี ลักษณะลำต้นขนาดใหญ่ ทรงพุ่มใหญ่ ผลติดค่อนข้างยาก ไม่ดก ผลขนาดปานกลางแต่มีรสหวานจัด ถึงแม้ผลยังไม่ถึงอายุการเก็บเกี่ยวก็ไม่เปรี้ยว ปัจจุบันปลูกกันน้อยเพราะคนผู้ส้มธรรมดาไม่ได้

ส้มบางมด เป็นพันธุ์ส้มเขียวหวานที่แต่เดิมปลูกกันในเขตบางมด บางขุนเทียน ชนิดพันธุ์ผิวเรียบเปลือกบางเรียกว่าส้มบางล่าง แหล่งปลูกเดิมคือ บางมด ชนิดที่เปลือกค่อนข้างหนาผลใหญ่ มีลูกนูนเล็กน้อยเรียกว่า ส้มบางบน รสไม่หวานมาก เดิมปลูกกันมากบริเวณบางขุนนนท์ บางกรวย บางกอกน้อย ปัจจุบันปลูกกันมากแถวรังสิต นครปฐม และดำเนินสะดวก มีผู้นำไปปลูกในเขตอื่นแล้วเรียกชื่อต่างกันไป เช่น ส้มผิวทอง ส้มสีทอง ส้มพันธุ์นี้ปลูกได้ทั่วไป

สามารถกล่าวได้ว่าพันธุ์ส้มที่นิยมปลูกทั่วไปในเมืองไทยส่วนใหญ่แล้วเป็นพันธุ์บางมด ให้ผลขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ทรงผลค่อนข้างกลมแป้นเล็กน้อย ก้นผลราบหรือเว้าเล็กน้อย ผิวเปลือกมีต่อมน้ำมันที่เต็มผิว ลักษณะของเปลือกบาง ล่อน ผิวเรียบ มีสีเขียวอมเหลือง หรือเหลืองเข้มเมื่อปลูกทางภาคเหนือ เนื้อผลสีส้ม ชานนึ่ม ผนังกลีบบาง รกน้อย ตัวกึ่งมีขนาดสั้น ฉ่ำน้ำ รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย

ส้มฟริมองต์ เป็นลูกผสมระหว่างพันธุ์กลีเมนไทน์และพันธุ์ฟองแกน เกิดในรัฐฟลอริดา แต่ได้รับการคัดเลือกและพัฒนาสายพันธุ์ในรัฐแคลิฟอร์เนีย มีการนำส้มพันธุ์นี้มาปลูกในภาคเหนือของไทยเมื่อ 20 ปีที่ผ่านมา และสามารถปรับตัวได้ดีและแพร่หลายไปยังแหล่งอื่น ๆ

ลักษณะพุ่มเป็นทรงสูง ใบเขียวเข้มและตั้งพุ่มโปร่งกว่าส้มเขียวหวาน ออกผลเมื่อปลูกเพียง 20 เดือนเท่านั้น ที่สำคัญคือ ทรงต้น กิ่ง แข็งแรงรับน้ำหนักทรงต้นได้ดี ขนาดผลใกล้เคียงกับส้มเขียวหวาน เปลือกผลค่อนข้างหนาและเหนียว ปอกยากกว่า ผิวเปลือกขรุขระและเป็นสีเข้มกว่า เนื้อผลมีลักษณะค่อนข้างแน่นทำให้สามารถเก็บผลได้นานหลังจากเก็บจากต้นแล้ว 30 วัน รสชาติหวานอมเปรี้ยว มีกลิ่นหอม การติดผลชุดแรก ๆ ขณะที่อายุยังน้อยอยู่จะมีปัญหาผลแตกมากโดยเฉพาะผลที่มีอายุ 3-5 เดือน แต่ช่วงระยะต่อไปเมื่อผลอายุมากขึ้นการแตกของผลจะลดลง

ส้มโชกุน เป็นพันธุ์ที่ปลูกจากเมล็ดทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งได้นำพันธุ์มาจากประเทศจีน อาจรู้จักกันในนามของส้มสายน้ำผึ้ง หรือส้มเพชรยะลา เป็นที่นิยมกันมากในปัจจุบัน ดังภาพที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง

ส้มพันธุ์นี้มีลักษณะทรงต้นและขนาดต้นใกล้เคียงกับส้มเขียวหวาน แต่ทรงพุ่มค่อนข้างแน่นกว่า กิ่งและใบจะตั้งขึ้นมากกว่าแกน ลักษณะผลใกล้เคียงกับส้มเขียวหวาน แต่มีสะดือเป็นเอกลักษณ์พิเศษ เนื้อมีลักษณะแน่น ชานนึ่งและให้น้ำส้มปริมาณมาก รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ผลอาจเกิดการแตกง่ายกว่าส้มเขียวหวาน เหมาะที่จะปลูกทางใต้ แต่ถ้าจะปลูกในภาคอื่น ควรมีการจัดการน้ำที่ดีเพื่อลดการแตกของผล

2.3 พื้นที่ปลูกและปริมาณการผลิต

ส้มเขียวหวานเป็นไม้ผลที่คนไทยนิยมบริโภคกันทั่วไป ส่วนใหญ่จะผลิตขึ้นเพื่อบริโภคกันภายในประเทศแต่ก็สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้หลายสิบล้านบาท เช่นกัน ตลาดส่วนใหญ่อยู่ในเอเชีย อย่างไรก็ตามส้มเขียวหวานมีโรคสำคัญอยู่คือ โรคกรีนนิ่ง และทริสเตซ่า ซึ่งมีผลทำให้ผลผลิตลดลงและต้นล้มตาย เป็นปัญหาสำคัญอยู่ในปัจจุบัน ขณะนี้ได้มีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือ การใช้พันธุ์ส้มเขียวหวานปลอดโรค ซึ่งถ้าหากสามารถแก้ไขได้ก็จะทำให้การผลิตส้มเขียวหวานสามารถผลิตได้มากขึ้น และสามารถส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้มากยิ่งขึ้น (กรมส่งเสริมทางการเกษตร, 2546)

2.3.1 แหล่งที่ปลูก

ภาคเหนือ ปลูกมากในจังหวัด เชียงใหม่ น่าน แพร่ สุโขทัย พะเยา เชียงราย กำแพงเพชร
ภาคกลาง ปลูกมากในจังหวัด ชัยนาท สิงห์บุรี สระบุรี ปทุมธานี พระนครศรีอยุธยา ลพบุรี
ภาคตะวันออก ปลูกมากในจังหวัด นครนายก จันทบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี ชลบุรี ระยอง
ภาคตะวันตก ปลูกมากในจังหวัด นครปฐม สมุทรสาคร สุพรรณบุรี ราชบุรี กาญจนบุรี
ภาคใต้ ปลูกมากในจังหวัด ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ระนอง ปัตตานี ยะลา

2.3.2 พื้นที่ปลูก (ประมาณการ)

พื้นที่ให้ผลผลิตแล้ว 336,981 ไร่
พื้นที่ยังไม่ให้ผลผลิต 127,420 ไร่
พื้นที่ปลูกรวม 464,401 ไร่

2.3.3 ผลผลิต

ผลผลิตรวมทั้งประเทศ (ประมาณ)	585,167 ตัน
ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่	1,736 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

2.3.4 ปริมาณและมูลค่าการส่งออก

ผลสด	ปริมาณ	154 ตัน	มูลค่า	2.7 ล้านบาท
น้ำส้มทุกชนิด	ปริมาณ	3,643 ตัน	มูลค่า	33.0 ล้านบาท
รวม	ปริมาณ	3,797 ตัน	มูลค่า	35.7 ล้านบาท

2.4 การคัดขนาดของผลส้ม

การคัดขนาดผลส้มก็มีผลดีเพื่อให้ความสะดวกในการกำหนดราคาและการจำหน่าย ซึ่งการคัดขนาดผลส้มนี้จะมีเครื่องมือเพื่อช่วยให้ได้ขนาดผลส้มที่มีขนาดสม่ำเสมอ และเป็นมาตรฐานที่ยอมรับของวงการตลาด โดยเครื่องมือคัดขนาดส้มที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 แบบ แบบแรกทำด้วยไม้ และแบบที่สองทำด้วยแผ่นเหล็กบาง มีมอเตอร์ช่วยในการหมุนของช่องคัดขนาดผลส้ม ซึ่งจะทำให้สามารถทำงานได้เร็วกว่าแบบแรกที่ต้องใช้แรงมือหมุน ขนาดของผลส้มที่คัดแยกได้จากขนาดของช่องที่แตกต่างกันจะถูกจัดเป็นเบอร์ต่าง ๆ ดังนี้

เบอร์ 1 : ผลส้มมีขนาดกลาง เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6 เซนติเมตร จัดเป็นขนาดที่นิยมซื้อไปบริโภคสดเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจเนื่องมาจากมีขนาดพอเหมาะกำลังดี ทั้งผลมักมีคุณภาพดี

เบอร์ 2 : ผลส้มมีขนาดเล็กกว่าเบอร์ 1 แต่ขนาดใกล้เคียงกับส้มเบอร์ 3 โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5.5 เซนติเมตร

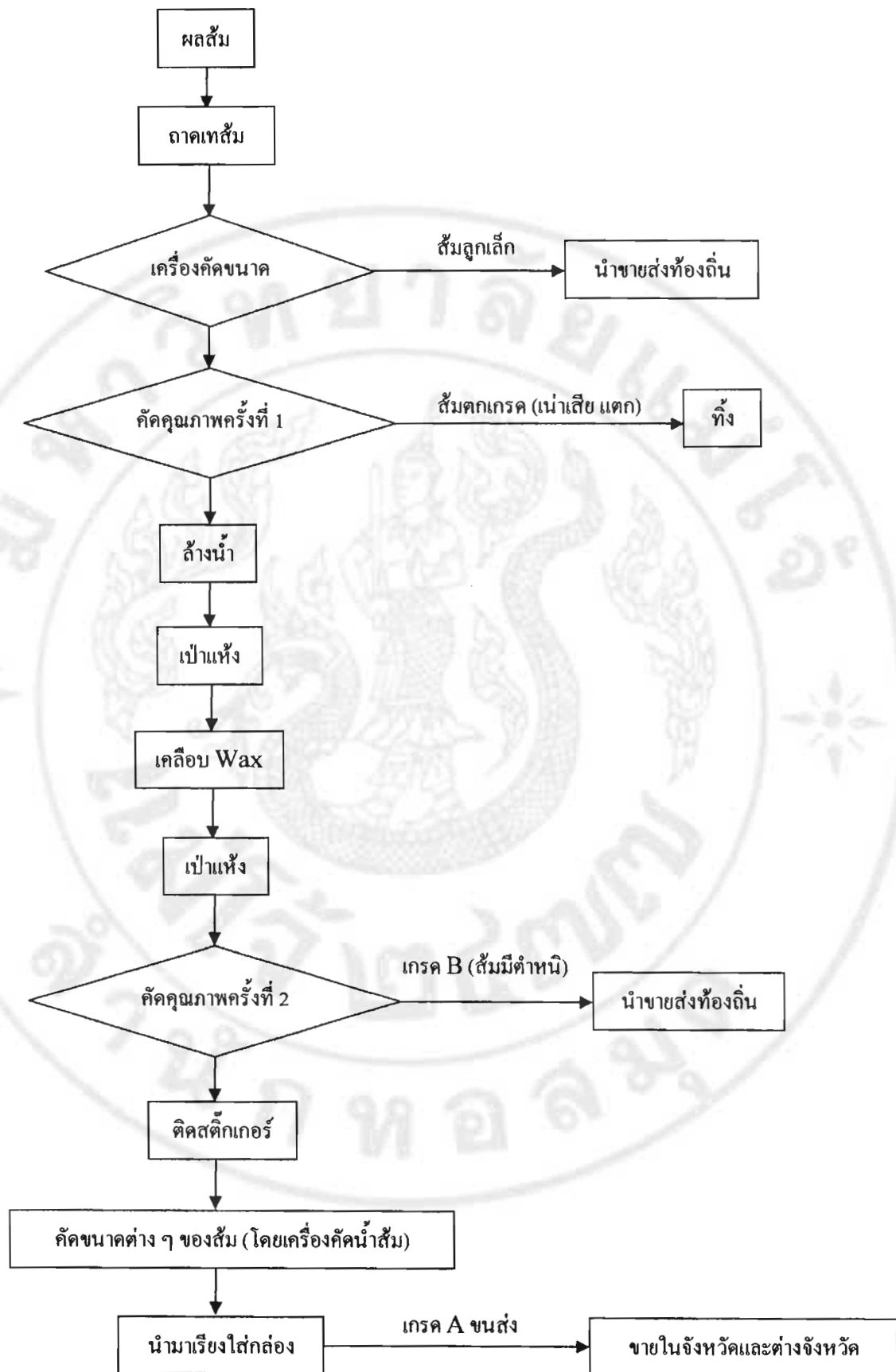
เบอร์ 3 : ผลส้มมีขนาดเล็กสุด เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 เซนติเมตร มีราคาจำหน่ายต่ำ ส่วนมากนิยมนำไปคั้นเป็นน้ำส้มเพื่อการบริโภคหรือการจำหน่ายอีกรูปแบบหนึ่ง

เบอร์ 0 : ผลส้มมีขนาดใกล้เคียงกับส้มเบอร์ 1 มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นที่นิยมบริโภคของผู้บริโภคเช่นเดียวกัน

เบอร์ 00 : ผลส้มมีขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7 เซนติเมตร ซึ่งคุณภาพของผลไม่ค่อยดี เปลือกผลค่อนข้างหนา เนื้อผลมักจะฟ้าม มีรสจืดจืด จึงไม่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค

เบอร์ 000 : ผลส้มมีขนาดใหญ่มากเป็นพิเศษ ขนาดใหญ่กว่าเบอร์ 00 ขึ้นไป และไม่มีช่องให้ลงมีรสจืดคล้ายกับส้มเบอร์ 00 ไม่นิยมบริโภคและมีปริมาณน้อย

ซึ่งรูปแบบของการคัดขนาดของผลส้มที่ใช้อยู่ในปัจจุบันก็จะมีลักษณะคล้าย ๆ กัน เช่น ของสวนส้มธรรมชาติ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การคัดขนาดส้มของสวนส้มธารนาร

ดัดแปลงจาก: พาณิชย ษปญญา. 2540.

2.5 รูปแบบการสกัดน้ำผลไม้

การสกัดน้ำผลไม้เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญของการแปรรูปทำน้ำผลไม้ เพื่อแยกเอาน้ำออกจากส่วนเนื้อของผลไม้กรรมวิธีในการสกัดน้ำผลไม้แต่ละชนิด จะมีขั้นตอนรายละเอียดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ โครงสร้างของเนื้อเยื่อผลไม้แต่ละชนิด และลักษณะความชุ่มชื้นของน้ำผลไม้ที่ต้องการ ดังนี้

2.5.1 การสกัดน้ำแบบคั้นสด ใช้กับผลไม้ส่วนใหญ่ทั่วไป ซึ่งเป็นประเภทที่มีทั้งน้ำและเนื้อมาก เติรมเฉพาะเนื้อส่วนที่บริโภคได้ เช่น ปอกเปลือกออก เอาเมล็ดขนาดใหญ่ออก หั่นเป็นชิ้น มักจะมีขั้นตอนการสกัด 2 ขั้นตอน คือ การตีย่อยขนาด และการบีบคั้นน้ำ (ยกเว้นผลไม้ประเภทที่มีน้ำมากแต่เนื้อน้อย เช่น ส้ม องุ่น แดงโม ฯลฯ สามารถบีบคั้นน้ำได้เลยโดยไม่ต้องผ่านการตีย่อยขนาด) เมื่อกรองน้ำแยกกากออก จะได้น้ำผลไม้แท้ 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกรรมวิธีในการสกัดน้ำผลไม้แบบที่เกษตรกรปฏิบัติมีดังนี้

ก. ผลไม้ประเภทที่มีน้ำและเนื้อมาก ได้แก่ สับปะรด แดงโม แบ่งรูปแบบการสกัดออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

- การตีปั่นด้วยถ้วยปั่นแล้วคั้นน้ำด้วยมือ
- การตีปั่นด้วยเครื่องแล้วคั้นน้ำด้วยเครื่อง
- การตีปั่นและคั้นน้ำในเครื่องเดียวกันอย่างต่อเนื่อง

ข. ผลไม้ประเภทที่มีน้ำมากแต่เนื้อน้อย ได้แก่ ส้ม แบ่งรูปแบบการสกัดออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

- การคั้นน้ำด้วยมือ
- การคั้นน้ำด้วยเครื่อง
- การคั้นน้ำด้วยเครื่องเดียวกันอย่างต่อเนื่อง

2.5.2 การสกัดน้ำแบบต้มแล้วบีบคั้น คือ การนำเอาผลไม้ที่ต้องการคั้นมาผ่านกระบวนการต้มก่อนแล้วจึงนำไปคั้น เมื่อกรองน้ำแยกกากออก จะได้น้ำผลไม้กึ่งแท้ผลไม้ การต้มแล้วคั้นมักนิยมใช้กับผลไม้ประเภทที่มีน้ำน้อยและเนื้อน้อยได้แก่ มะขาม พุทรา ฯลฯ แบ่งรูปแบบออกเป็น 3 แบบ คือ

- การต้มแล้วคั้นน้ำด้วยมือ
- การต้มแล้วคั้นน้ำด้วยเครื่อง
- การต้มแล้วคั้นน้ำด้วยเครื่องอย่างต่อเนื่อง

2.6 ประเภทการคั้นน้ำผลไม้

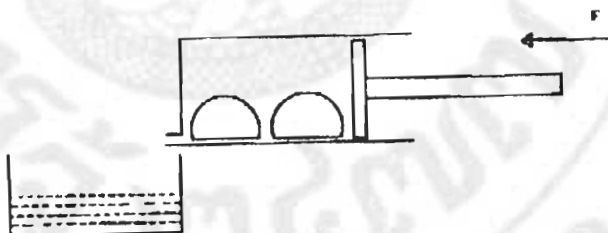
การคั้นน้ำผลไม้สามารถแบ่งประเภทของการคั้นได้หลายรูปแบบ แต่ที่นิยมใช้กันทั่วไปแบ่งออกได้ดังนี้

2.6.1 การคั้นน้ำโดยใช้แรงงานคน

ก. การคั้นน้ำผลไม้ด้วยมือ คือ การคั้นน้ำผลไม้ที่ใช้แรงงานคนเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการใช้เครื่องมืออย่างอื่นช่วย

ข. การใช้อุปกรณ์ช่วยในการคั้นโดยใช้แรงงานคน คือ การคั้นน้ำผลไม้จำเป็นต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์บางอย่างเข้ามาช่วย เพื่อให้การคั้นน้ำโดยใช้แรงงานคนมีประสิทธิภาพดีขึ้น เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่นำมาใช้ได้แก่การคั้นแบบใช้แรงบีบอัดหรือหนีบ เช่น การหนีบน้ำอ้อยสด ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 แบบ คือ

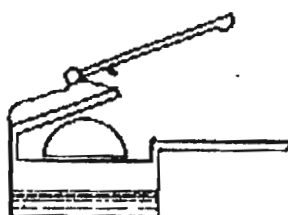
แบบที่ 1 มีหลักการคล้ายการทำงานของกระบอกสูบ โดยการนำผลสั้มที่ทำการผ่าเรียบร้อยแล้วไปใส่ไว้ในตัวรองกดผลสั้ม จากนั้นตัวกดผลสั้มก็จะกดผลสั้มโดยการโยกคันโยก ส่งผลให้ผลสั้มถูกบีบอัดและน้ำสั้มจะไหลผ่านตัวกรองลงมา ดังภาพที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การทำงานของเครื่องคั้นแบบลูกสูบ

ที่มา: สินธนา สีนานุรักษ์. 2542.

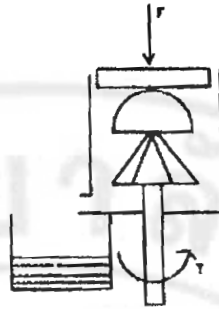
แบบที่ 2 โดยการนำผลสั้มที่ทำการผ่าเรียบร้อยแล้ว นำไปใส่ในถ้วย จากนั้นก็โยกคันโยกเพื่อให้ตัวกดบีบอัดผลสั้มให้น้ำไหลออกมา ดังภาพที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การทำงานของเครื่องคั้นแบบคันโยก

ที่มา: สินธนา สีนานุรักษ์. 2542.

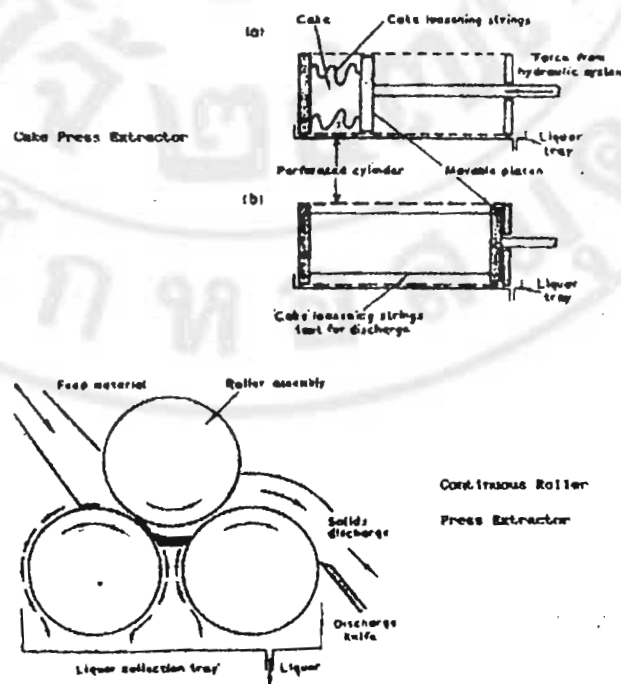
แบบที่ 3 การคั้นแบบหมุนคว้าน โดยการคว้านในลักษณะนี้จะสามารถคั้นสั้มได้เพียงครั้งละ
ครึ่งลูกเท่านั้น มีหลักการทำงาน โดยการหมุนคว้านเนื้อในของผลสั้ม ดังภาพที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การทำงานของเครื่องคั้นแบบหมุนคว้าน
ที่มา: สินธนา สีนานุรักษ์. 2542.

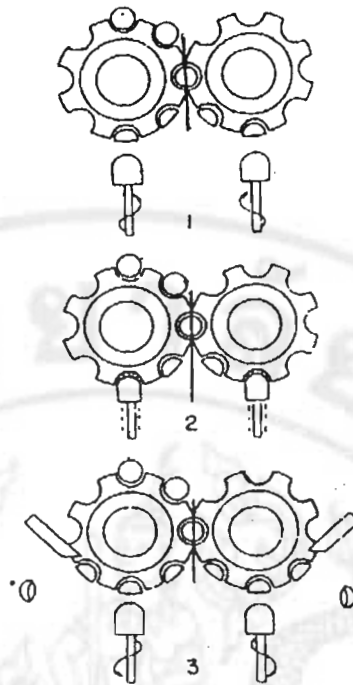
2.6.2 การคั้นโดยใช้เครื่องจักรกล แบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ

ก. ระบบการบีบอัด (Pressing) เป็นวิธีการสกัดน้ำ โดยใช้แรงอัดเพื่อบีบส่วนที่เป็นของเหลว
ออกจากผลไม้ส่วนมากจะใช้ในกรณีที่ต้องการผลิตน้ำผลไม้ชนิดใส วิธีการสกัดแบบนี้จะมีผลคือ จะมี
อัตราการละลายของออกซิเจนในน้ำผลไม้ที่สกัดได้ต่ำกว่าน้ำผลไม้ที่ได้จากการตีปั่น (สินธนา, 2542)
อุปกรณ์ที่ใช้ในการบีบอัดน้ำผลไม้มีหลายชนิด เช่น Cake press extractor, Rotary juice press
extractor และ Continuous roller press เป็นต้น ดังภาพที่ 2.8 และ ภาพที่ 2.9



รูปที่ 2.8 การทำงานของ Cake press extractor และ Continuous roller press extractor

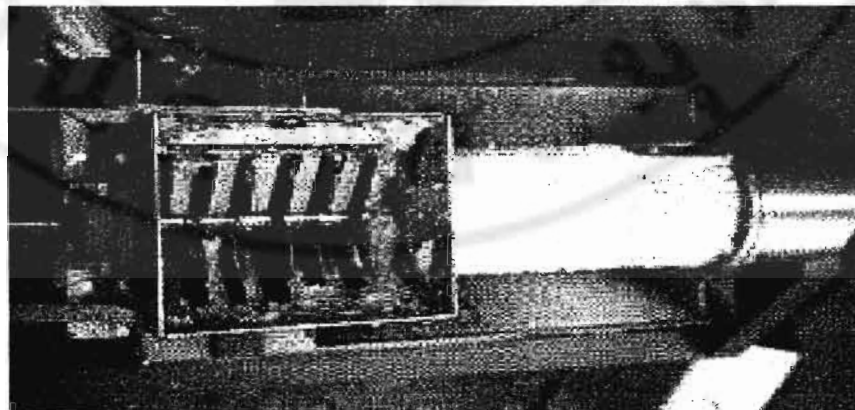
ที่มา: Brennan et al., 1976.



รูปที่ 2.9 การทำงานของ Rotary juice press ในการสกัดน้ำผลไม้ตระกูลส้ม

ที่มา: Nagy and Shaw, 1980

ข. การตีป่น (Pulping) เป็นวิธีการสกัดน้ำ โดยการตีป่นให้เนื้อของผลไม้มีขนาดเล็กลงมีสภาพเป็นของเหลวกึ่งของแข็ง เครื่องมือที่ใช้ในการสกัดน้ำโดยวิธีนี้เรียกรวมว่า Pulper (สินธนา, 2542) นิยมใช้กับมะเขือเทศ เสาวรส มะละกอ ฝรั่ง เป็นต้น ดังภาพที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ชุดย่อยเนื้อผลไม้แบบตีป่นด้วยใบพัดตีหมุน

ที่มา: ชัยวัฒน์ เฝ้าสันตคพาณิชย์. 2543.

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรศิลป์ และวิชาญ (2537) ได้ออกแบบเครื่องคั้นน้ำส้มอัดโนมัตติแบบกด ซึ่งการทำงานของเครื่องผู้ใช้สามารถนำผลส้มใส่ลงในเครื่องได้เลยโดยไม่ต้องทำการปอกเปลือก ซึ่งผลส้มที่ใส่ลงในเครื่องจะถูกผ่าออกเป็น 2 ส่วน ด้วยชุดคั้นผลส้มให้ผ่านใบมีด จากนั้นผลส้มก็จะถูกลำเลียงมาผ่านชุดกดผลส้ม เพื่อทำการคั้นน้ำส้ม กากที่เหลือจากการคั้นจะถูกแยกออกจากกันโดยอัตโนมัติ ซึ่งเครื่องที่ทำการออกแบบนี้จะมีประสิทธิภาพในการคั้นน้ำส้มประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และสามารถคั้นได้เร็วกว่าการคั้นด้วยมือประมาณ 30 เท่า ที่ความเร็วของตัวรองรับผลส้มประมาณ 0.20 เมตรต่อวินาที

ทวิภูมิ ธนศิษฐ์ และมิลลดา (2541) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องคั้นน้ำส้มอัดโนมัตติ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 746 วัตต์ (1 แรงม้า) เป็นต้นกำลัง ซึ่งเครื่องคั้นมีถึงป้อนผลส้ม ซึ่งมีความจุประมาณ 10 กิโลกรัม ใช้กับผลส้มที่มีขนาด 3-5 เซนติเมตร มีระบบการทำงานที่สำคัญ 2 ระบบ คือ ระบบผ่าผลส้มโดยผ่าออกเป็น 2 ส่วน และระบบคั้นน้ำส้ม โดยใช้เพลาค้นเพื่อทำการคั้นน้ำส้ม จากผลการทดสอบเครื่องคั้นน้ำส้มพบว่า ที่ระยะห่างระหว่างเพลาค้นกับถาดคั้นประมาณ 5 มิลลิเมตร ได้ประสิทธิภาพดีที่สุด ในอัตราการคั้น 162-176 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งเร็วกว่าการคั้นด้วยแรงงานคนประมาณ 16-20 เท่า เมื่อใช้เวลาเท่ากัน

ชนะทิศ และคณะ (2542) ได้ออกแบบเครื่องคั้นน้ำส้มแบบอัดโนมัตติ ทำงานโดยใช้กระบอกสูบนิวเมตริกส์ควบคุมด้วยไฟฟ้า 1 กระบอกบีบผลส้มครั้งละ 2 ผล โดยมีการป้อนผลส้มสู่ชุดงานง่าย ซึ่งชุดงานง่ายนี้จะจ่ายผลส้มให้ชุดบีบที่ละลูก ซึ่งหัวกดผลส้มได้ออกแบบให้มีลักษณะเป็นทรงกรวยมุม 60 องศา มีใบมีดติดอยู่บนหัวกดเพื่อช่วยแหวกเปลือกส้ม และกรีดเปลือกส้ม ซึ่งเครื่องที่ทำการออกแบบนี้สามารถคั้นน้ำส้มได้ดีที่ความดันลมป้อนเข้าสู่ระบบ 3 บาร์ เวลากดค้างของหัวกด 4 วินาที ได้อัตราการคั้นส้มประมาณ 1,093 ผลต่อชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 2.11

ชัยวัฒน์ (2543) ได้ออกแบบเครื่องคั้นน้ำผลไม้ระดับครัวเรือน เป็นเครื่องคั้นน้ำและแยกกาก มีระบบการย่อยขนาดเนื้อผลไม้โดยใช้ลูกหนามชุด มีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 2 ส่วน คือ ชุดย่อยขนาดเนื้อผลไม้ ประกอบด้วยห้องย่อยพร้อมลูกหนามชุด และชุดคั้นน้ำแยกกากประกอบด้วย ห้องตะแกรงคั้นน้ำ ห้องแยกกาก และชุดใบกวาด มีประสิทธิภาพในการคั้น 200-250 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยใช้ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 746 วัตต์ (1 แรงม้า)

กรุง และสมภพ (2545) ได้ออกแบบเครื่องคั้นน้ำส้มแบบโรตารี ทำงานโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 373 วัตต์ (1/2 แรงม้า) เป็นต้นกำลังและทศรอบโดยใช้เฟืองทดเพื่อให้ได้รอบตามที่ออกแบบไว้ ระบบการทำงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ ระบบการลำเลียง ระบบการคัดขนาด ระบบการผ่า และระบบการคั้น ระบบการลำเลียงประกอบไปด้วยชุดโซ่ลำเลียงวางในแนวตั้ง ปลายด้านบนและด้านล่างยึดติดกับเฟือง มีความยาว 304.8 เซนติเมตร ระบบการคัดขนาดประกอบไปด้วยชุดคัดขนาดจำนวน 3

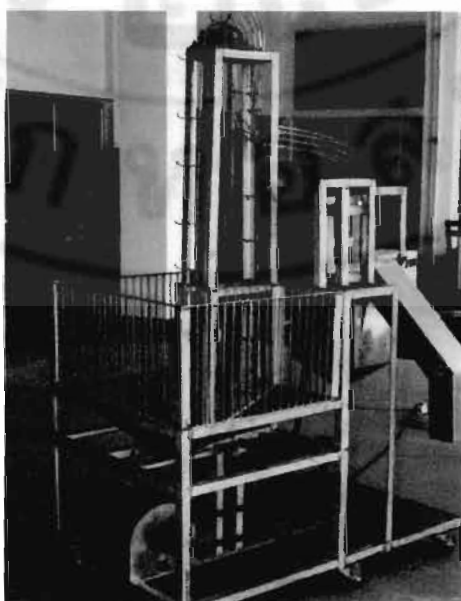
ชุด ระบบการผ่าประกอบไปด้วยใบมีดสแตนเลส ติดตั้งอยู่ระหว่างชุดคันแบบโรตารีทั้งสองชุด และระบบการคันประกอบด้วยชุดคันแบบโรตารีจำนวนสองชุด วางขนานกันในแนวระดับสามารถคั้นน้ำส้มได้ในอัตรา 200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพการคั้นเท่ากับ 93 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบของชุดคัน 6 รอบต่อนาที เป็นความเร็วรอบที่ได้ประสิทธิภาพการคั้นดีที่สุด ดังภาพที่ 2.12

ชัยวัฒน์ และวิสันต์ (2547) ได้ออกแบบโมเดลเครื่องคั้นน้ำส้มดันแบบโดยไม่ต้องผ่าผลส้ม โดยโมเดลที่ได้เป็นแบบคันโยกใช้หัวเจาะสแตนเลส ขนาด 13 มิลลิเมตร ใช้แรงงานคนในการคั้น ทำการคั้นครั้งละ 1 ลูก เปอร์เซ็นต์การคั้นเฉลี่ยได้เท่ากับ 79.32 เปอร์เซ็นต์ เครื่องคั้นระบบนี้พบว่ามีปริมาณสารปนเปื้อนน้อยกว่าระบบโรตารี แต่มากกว่าการคั้นด้วยมือเล็กน้อย ดังภาพที่ 2.13



รูปที่ 2.11 เครื่องคั้นน้ำส้มอัดโนมดิ

ที่มา: ชนะทิศ วรเคชมงคล และคณะ. 2542.

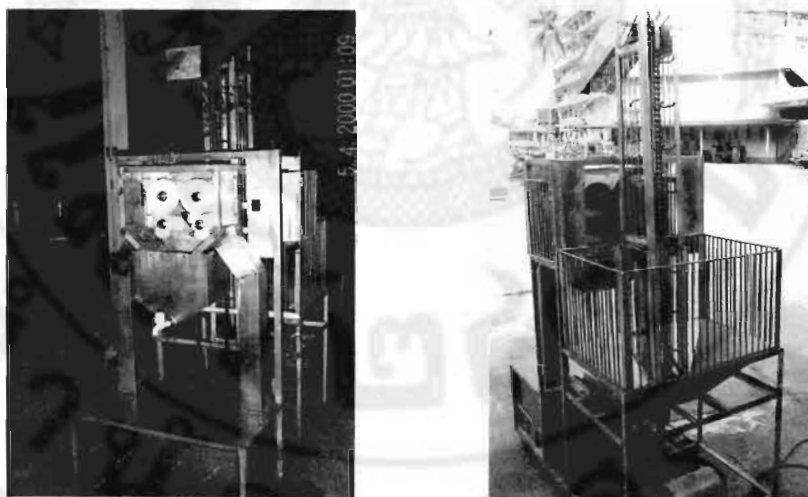


รูปที่ 2.12 เครื่องคั้นน้ำส้มแบบโรตารีที่ได้พัฒนาขึ้นก่อนหน้านี้

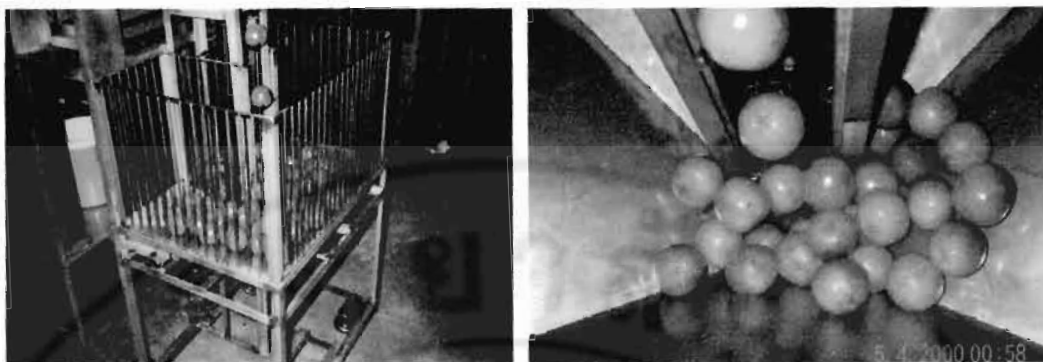
2.8 การพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติที่ผ่านมา

2.8.1 เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติแบบโรตารี

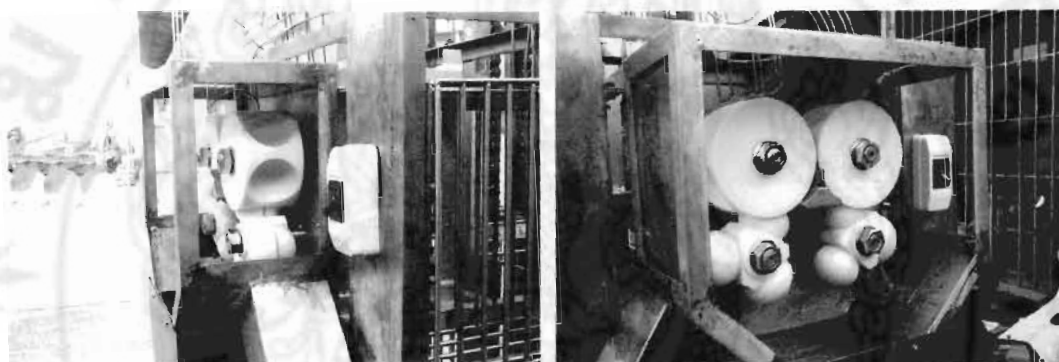
ผู้วิจัยได้รับทุนจากทบวงมหาวิทยาลัยเพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติแบบโรตารี ในปี พ.ศ. 2546 โดยได้ออกแบบเครื่องคั้นน้ำส้มแบบโรตารีต้นแบบเพื่อทดสอบ (รูปที่ 2.13) ซึ่งเครื่องดังกล่าวมีระบบการคัดขนาดของผลส้มก่อนการคั้น เพื่อให้เครื่องคั้นทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด มีการออกแบบให้มีภาชนะขนาดใหญ่ให้สามารถรองรับผลส้มเพื่อให้เครื่องสามารถทำการคั้นผลส้มได้อย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 2) ออกแบบให้มีถาดรองรับเปลือกส้มและถาดรองรับน้ำส้มที่ยังคงเหลือที่เปลือกส้ม ในการออกแบบใช้วัสดุทั้งหมดที่ผลิตภายในประเทศ ชุดลูกคั้นและหุ้มน้ำส้มใช้พลาสติกพิเศษออกแบบสร้าง (ซูเปอร์ลีน) ดังรูปที่ 3 ที่สามารถใช้กับอาหาร เครื่องดังกล่าวสามารถใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียงคนเดียว มีความสามารถในการคั้นสูงสุด 193.43 กิโลกรัม/น้ำส้ม/ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 8.77 เปอร์เซ็นต์ อัตราการใช้ไฟฟ้า 0.704 บาท/ชั่วโมง ราคาเครื่องเท่ากับ 45,000 บาท เมื่อนำไปคั้นส้มที่มีขนาด 50-60 มิลลิเมตร ต้องทำการคั้นน้ำส้ม 7,500 กิโลกรัม/ปี (0.2 ปี) จึงจะคุ้มทุน



รูปที่ 2.13 แสดงภาพด้านหน้าและด้านหลังของเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบเพื่อทดสอบ



รูปที่ 2.14 ตะกร้าที่ทำจากสแตนเลส (ซ้าย) และมูมเตตะกร้าประมาณ 45 องศา (ขวา)



รูปที่ 2.15 ภาพด้านหน้าและภาพด้านข้างของชุดคัน

จากการทดสอบเครื่องคันน้ำสัมนัดโนมิตันแบบเพื่อทดสอบ (รูปที่ 2.13) ทำให้ได้แนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องคันน้ำสัมนัดโนมิตันแบบ โดยอาศัยข้อมูลที่เป็นข้อดีหรือข้อ จำกัดในการทำงานของเครื่องคันแบบเพื่อทดสอบ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ควรมีการออกแบบชุดคันให้สามารถคันสัมนัดโนมิตันขนาดเล็กกว่านี้ เนื่องจากในทางปฏิบัติทั่วไปพบว่าผลสัมนัดโนมิตันในทางอุตสาหกรรม (ขนาดเล็กถึงขนาดใหญ่) จะใช้สัมนัดโนมิตันเล็ก (35-50 มิลลิเมตร) เนื่องจากมีราคาถูกลงค่อนข้างมาก (ประมาณ 4-18 บาท/กิโลกรัม แล้วปริมาณสัมนัดโนมิตันในตลาด) สำหรับสัมนัดโนมิตัน 50-70 มิลลิเมตร เป็นสัมนัดโนมิตันที่นิยมนำมาบริโภคมากกว่า ขณะเดียวกันราคาก็ค่อนข้างสูง มีผลทำให้ต้นทุนการผลิตสูงจนอาจไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

2. ควรออกแบบเครื่องให้มีขนาดที่เล็กและกะทัดรัดกว่าเดิม เพื่อความสะดวกในการใช้งานและการขนย้าย เนื่องจากเครื่องคันแบบยังมีขนาดค่อนข้างใหญ่ และมีความสูงมาก ทำให้การขนย้ายผ่านประตูที่มีความสูงปกติทั่วไปกระทำได้ยาก และมีน้ำหนักโดยรวมค่อนข้างมาก

3. ตะขอสำหรับดักและลำเลียงผลสัมนัดโนมิตันควรออกแบบโดยใช้วัสดุที่ทำจากสแตนเลส เนื่องจากตะขอและลำเลียงสัมนัดโนมิตันของเครื่องคันแบบเพื่อทดสอบใช้เหล็กเส้นกลมดัดขึ้นรูปแล้วสวมด้วยท่อ

พลาสติกใส ซึ่งบางครั้งอาจมีผลทำให้เกิดความสกปรกได้ง่าย และตรงตะขอเหล็กอาจเกิดสนิมเมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่ง

4. ควรออกแบบตะแกรงกรองให้เป็นแบบล้นชัก อย่างน้อย 2 ชั้น เพื่อสลับการทำงานได้โดยไม่หยุดการทำงานเมื่อต้องการทำความสะอาดตะแกรง เนื่องจากการออกแบบการวางตะแกรงกรองน้ำส้มของเครื่องคันแบบยังไม่เหมาะสม ซึ่งเมื่อต้องการล้างตะแกรงกรองดังกล่าวจะต้องถอดชุดภาชนะรองรับน้ำส้มออกก่อนจึงจะสามารถถอดตะแกรงกรองออกได้ ขณะเดียวกันเนื่องจากการคันส้อมอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดปัญหาตะแกรงกรองเกิดการอุดตัน ทำให้บางครั้งจำเป็นต้องหยุดการทำงานของเครื่องเพื่อทำความสะอาดตะแกรงดังกล่าว มีผลทำให้เกิดความล่าช้า หรือความสามารถในการทำงานลดลง

5. การส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังชุดลำเลียงผลส้ม และการส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังชุดคั้นน้ำส้มควรใช้โซ่และชุดฟันเฟือง เพื่อแก้ปัญหากลั่นไถลของสายพาน เนื่องจากการใช้งานเครื่องเป็นเวลานาน มีผลให้สายพานหย่อนจึงเกิดการลั่นไถลของสายพานขึ้น ทำให้ความสัมพันธ์ของของชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องทำงานผิดพลาดขึ้นได้

6. ควรมีการออกแบบชุดคั้นให้สามารถคั้นส้มได้หลายขนาด ให้สอดคล้องกับขนาดของผลส้ม ที่มีขนาดที่หลากหลาย ในบางฤดูกาลอาจมีปริมาณส้มมากจนล้นตลาด ส้มที่มีขนาดผลโตอาจมีราคาถูกลงจนสามารถนำมาคั้นได้ และในทางตรงข้ามในช่วงที่มีปริมาณส้มในท้องตลาดน้อย อาจต้องคั้นส้มที่มีขนาดผลเล็กมากจึงจะคุ้มทุน

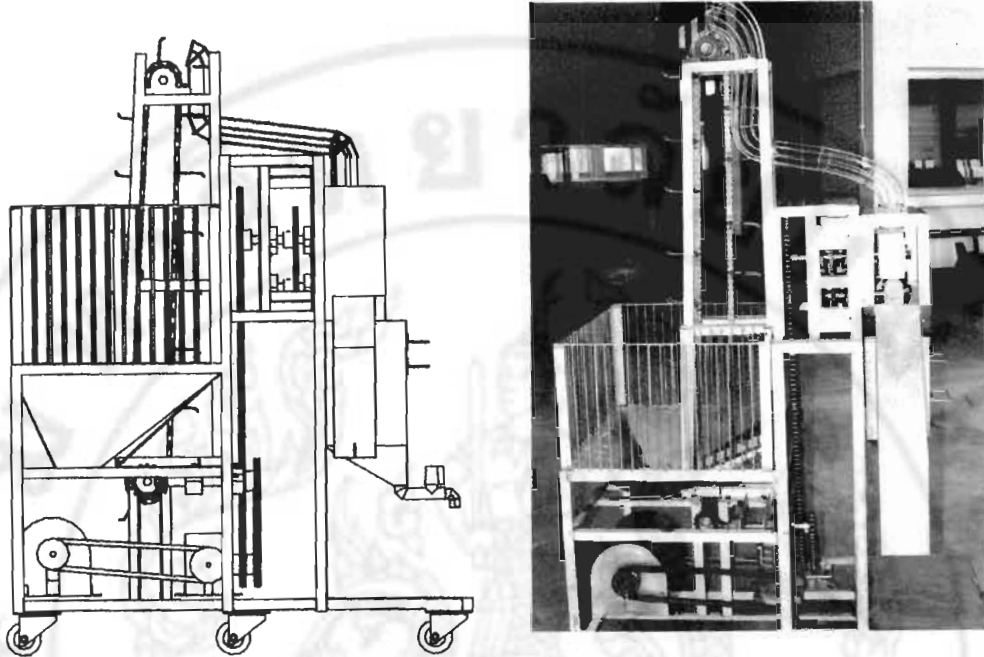
7. ไม่มีความจำเป็นต้องมีถาดรองรับเปลือกส้ม และถาดรองรับน้ำส้มที่ตกค้างอยู่ที่เปลือกส้ม เนื่องจากในทางปฏิบัติพบว่าเปลือกส้มจะเต็มถาดเร็วมาก เมื่อนำเปลือกส้มออกจากถาดรองรับเปลือกส้มจะต้องหยุดการทำงานของเครื่องก่อนเสมอ ทำให้การทำงานต้องหยุดชะงักไม่ต่อเนื่อง และที่เปลือกส้มมีปริมาณน้ำส้มตกค้างอยู่น้อยมาก (ประสิทธิภาพการคั้นสูง) จึงไม่มีน้ำส้มไหลลงที่ถาดรองรับน้ำส้มที่ค้างบนเปลือก

8. ไม่จำเป็นต้องมีชุดคัดขนาดผลส้ม เนื่องจากส้มที่ซื้อขายในท้องตลาดทั่วไปจะมีการคัดขนาดหรือคัดเกรดมาแล้ว หากจะคั้นผลส้มที่มีขนาดแตกต่างออกไปควรใช้วิธีเปลี่ยนขนาดของชุดคั้นน่าจะสะดวกมากกว่า

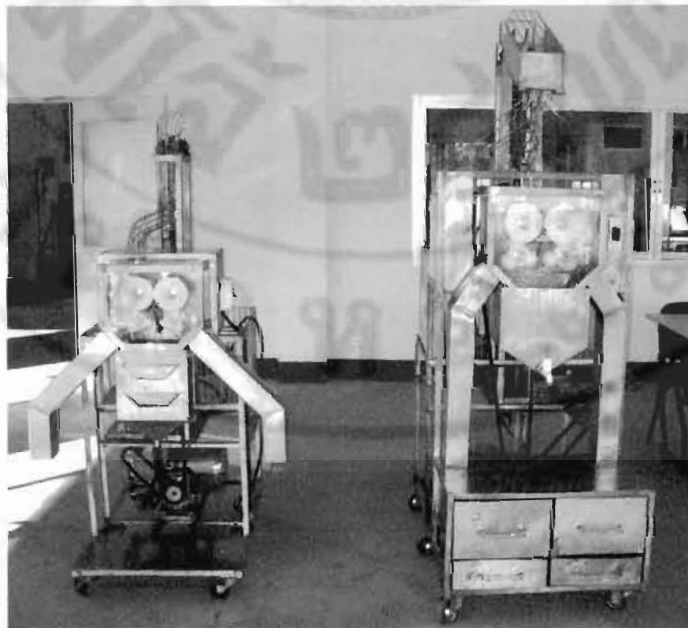
9. ชิ้นส่วนโดยเฉพาะมอเตอร์ไฟฟ้า สายพานส่งกำลัง ควรมีฝาครอบป้องกันน้ำที่หยดจากผลส้มที่ตะกร้ารองรับผลส้ม ซึ่งตะกร้ารองรับผลส้มจะอยู่ด้านบนมอเตอร์ไฟฟ้าและสายพานส่งกำลัง ทำให้เกิดอันตรายกับอุปกรณ์และผู้ปฏิบัติงาน

10. ควรออกแบบการป้องกันไม่ให้ผลส้มกระทบหรือสัมผัสกับโซ่โดยตรง เนื่องจากที่ตัวโซ่จะมีสารหล่อลื่นอยู่ ดังนั้นหากส้มมีโอกาสสัมผัสกับตัวโซ่ก็จะเกิดการปนเปื้อนขึ้นทำให้น้ำส้มที่ได้ไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

เมื่อรวบรวมข้อดีหรือข้อจำกัดต่าง ๆ แล้ว ก็นำข้อมูลดังกล่าวมาพิจารณาในการออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.16 ซึ่งหากเปรียบเทียบกับเครื่องแรกจะมีขนาดเล็กลงกว่า มาก ดังแสดงในรูปที่ 2.17



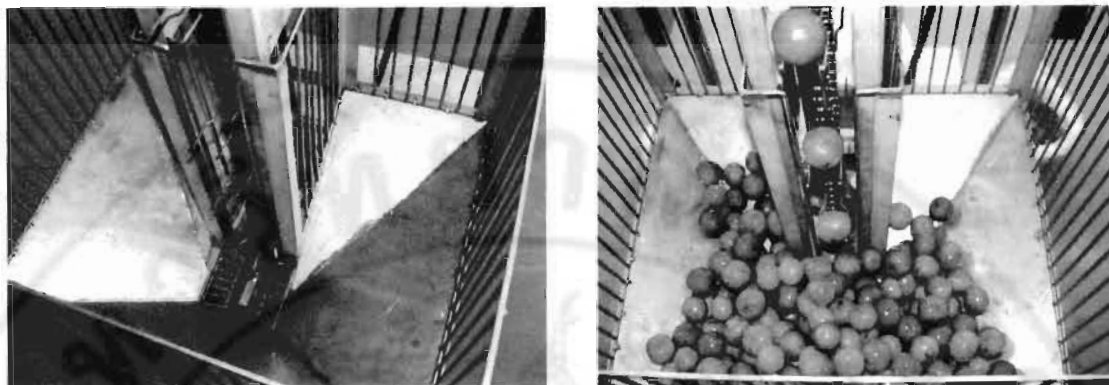
รูปที่ 2.16 โครงสร้างเครื่องต้นแบบที่ปรับปรุงใหม่



รูปที่ 2.17 เปรียบเทียบเครื่องต้นแบบ (ซ้าย) กับเครื่องต้นแบบคั้นแบบเพื่อทดสอบ

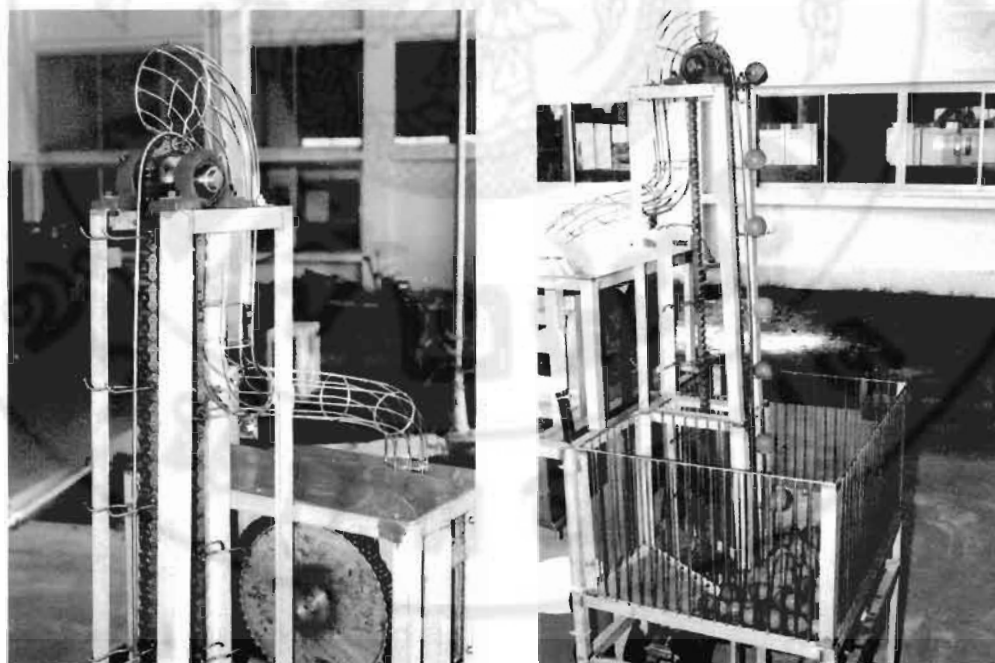
การออกแบบตะกร้าหรือภาชนะรองรับผลส้ม ตะกร้ารองรับผลส้มที่จะทำการคั้นออกแบบใหม่ ให้มีขนาดเล็กลง เพื่อให้สอดคล้องกับขนาดของเครื่องที่ลดลง และออกแบบมุมเทที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

โดยไม่ทำให้เกิดชอกช้ำทำให้เกิดการบดอัดการไหลของส้ม ตัวตะกร้าออกแบบให้สามารถถอดยกออกได้ง่าย ส่วนประกอบทั้งหมดทำด้วยสแตนเลส ดังแสดงในรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 ตะกร้ารองรับผลส้ม

การออกแบบการป้องกันผลส้มสัมผัสโซ่ลำเลียง โดยออกแบบง่ายๆ โดยใช้ลวดสแตนเลสเส้นกลม ยึดโยงไว้ด้านนอกของโซ่ โดยติดตั้งจากด้านล่างที่ตะกร้ารองรับผลส้มไปจนถึงท่อป้อนส้มเข้าสู่ชุดคั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.19 (ซ้าย) ส่วนตะขอที่ใช้ตัดผลส้มใช้ลวดสแตนเลสดัดขึ้นรูป 2.19 (ขวา)



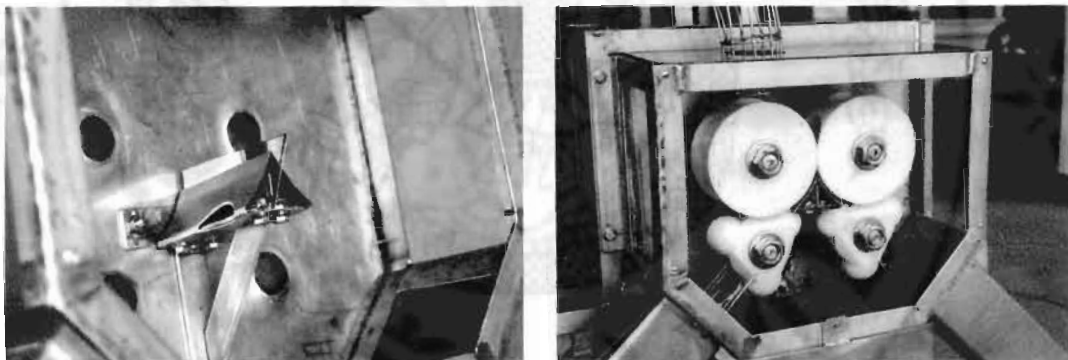
รูปที่ 2.19 การ์ดป้องกันโซ่ (ซ้าย) และตะขอที่ใช้ตัดผลส้ม (ขวา)

ชุดคั้นยังคงใช้หลักการคั้นแบบโรตารี ซึ่งเป็นหลักการคั้นของเครื่องคั้นที่นำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งเครื่องคั้นที่นำเข้าจากต่างประเทศส่วนใหญ่ออกแบบมาสำหรับคั้นผลส้มลูกโต จึงไม่เหมาะสำหรับคั้นส้มลูกเล็ก ดังนั้นจึงออกแบบชุดลูกคั้นและหลุมคั้นให้ใช้กับส้มลูกเล็ก โดยออกแบบเป็น 2 ชุด คือ ขนาดที่ใช้กับผลส้มขนาด 40-45 มิลลิเมตร และขนาด 45-50 มิลลิเมตร การทำลูกคั้นและหลุม

กันโดยใช้วัสดุรูปเปอร์ลินที่ใช้กับอาหารกลิ้งขึ้นรูปด้วยเครื่อง ซี.เอ็น.ซี และออกแบบให้สามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย เพียงแค่คลายสกรูยึดออกเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.20 และที่ช่องว่างระหว่างหลุมคั้นจะติดตั้งโม่คั้นสำหรับผ่าผลส้ม วัสดุทั้งหมดทำด้วยสแตนเลส และออกแบบให้สามารถเปลี่ยนโม่คั้นได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.21

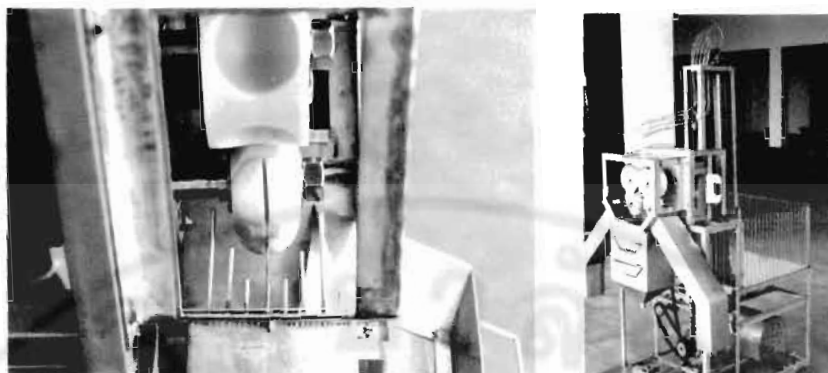


รูปที่ 2.20 หลุมคั้นและลูกคั้น (ซ้าย) การคั้นโดยลูกคั้นและหลุมคั้น (ขวา)



รูปที่ 2.21 ชุดโม่คั้นผ่าผลส้ม (ซ้าย) การติดตั้งโม่คั้นระหว่างหลุมคั้น (ขวา)

การออกแบบตะขอยึดเปลือกส้ม และช่องปล่อยเปลือกส้มชุดตะขอยึดเปลือกส้มออกแบบให้สามารถถอด-ประกอบได้ง่าย และออกแบบให้มีขาประคองมากขึ้น เพื่อป้องกันเปลือกส้มพลิกตกลงที่ภาชนะรองรับน้ำส้ม สำหรับช่องปล่อยเปลือกส้มออกแบบให้เป็นท่อปลายเปิด ซึ่งจะบังคับให้เปลือกส้มหล่นลงบริเวณด้านข้างของเครื่องทั้งสอง ซึ่งทำให้สามารถรองรับเปลือกส้มด้วยถังพลาสติก หรือถุงดำก็ได้ ทำให้สะดวกกับการจัดการกับเปลือกส้มได้ง่ายขึ้น ชุดตะขอยึดเปลือกส้มและช่องปล่อยเปลือกส้มดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ชุดตะขอเขี่ยเปลือกส้ม (ซ้าย) และช่องปล่อยเปลือกส้ม (ขวา)

การประเมินเครื่องต้นแบบภายหลังจากนำเครื่องต้นแบบดังกล่าวไปใช้งานพบว่า ผู้ใช้มีความพึงพอใจต่อเครื่องสูง ไม่ปรากฏการชำรุดเสียหายจากการทำงานอย่างต่อเนื่อง มีความสามารถในการทำงานเท่ากับ 660 กิโลกรัม/วัน (เมื่อทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน) แต่ในทางปฏิบัติพบว่า จะทำการคั้นส้มประมาณ 250-300 กิโลกรัม/วัน เท่านั้น โดยใช้เวลาในการคั้นประมาณ 3 ชั่วโมง/วัน ซึ่งใช้คนปฏิบัติงาน 3 คน คือคนที่หนึ่งทำหน้าที่คัดผลส้มที่เสียทิ้งพร้อมกับป้อนผลส้มให้กับโซ่ลำเลียง (ป้องกันส้มเสียเข้าสู่ระบบการคั้น) คนที่สองทำหน้าที่ลำเลียงผลส้มมายังเครื่องคั้นพร้อมทั้งคอยเปลี่ยนภาชนะรองรับน้ำส้มและภาชนะรองรับเปลือกส้ม และคนสุดท้ายทำหน้าที่ล้างผลส้ม (ในทางปฏิบัติส้มที่ล้าง



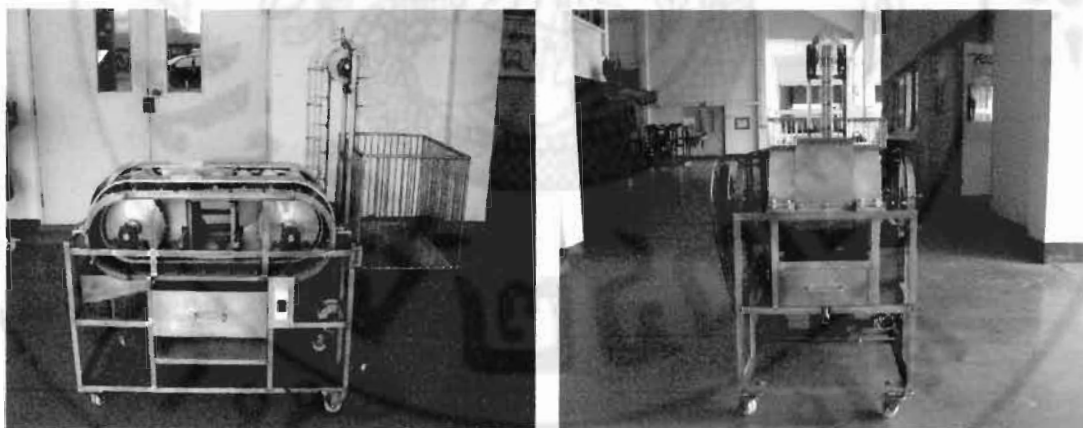
รูปที่ 2.23 การป้อนพร้อมคัดผลส้ม (ซ้าย) การลำเลียงส้ม (กลาง) และการล้างส้ม (ขวา)

ในวันดังกล่าวจะนำไปคั้นในวันต่อไป) ดังแสดงในรูปที่ 2.23

อย่างไรก็ตามจากการสังเกตการทำงาน และสอบถามจากผู้ปฏิบัติงานพบว่ามีข้อด้อยหรือข้อจำกัดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

2.8.1 เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติแบบจานหมุน

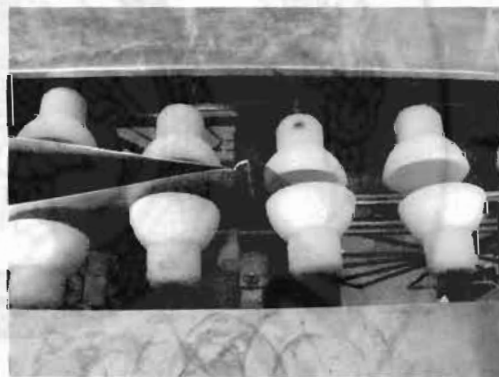
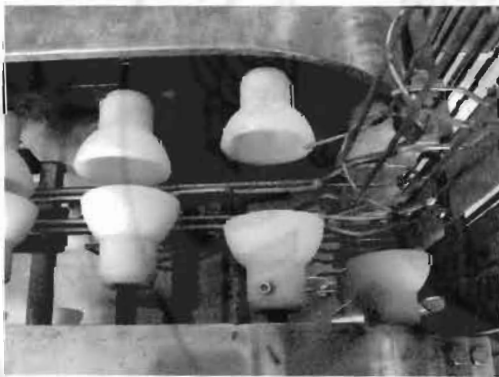
โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติแบบซึ่งมีหลักการทำงานแบบใหม่ที่แตกต่างไปจากเครื่องคั้นอัตโนมัติในปัจจุบัน (เครื่องคั้นแบบโรตารี) แต่ยังคงมีหลักการคั้นแบบบีบอัดคล้ายกับแบบโรตารี ชุดคั้นประกอบด้วยหัวคั้นทำด้วย แสตนเลสกลึงขึ้นรูปจำนวน 16 หัวคั้น ยึดอยู่บนแผ่นแสตนเลสจานกลมขนาด 365 มิลลิเมตร ส่วนหลุมคั้นหรือถ้วยจับผล สัมทำจากซูเปอร์รีนกลึงขึ้นรูป และยึดอยู่บนก้านจับจำนวน 40 ถ้วย ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ผลการทดสอบโดยแปรค่าความเร็วรอบของชุดคั้นเป็น 4 ระดับ คือ 3, 3.5, 4 และ 4.5 รอบ ต่อนาที ขนาดของผลส้ม 2 ขนาด คือขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45-50 และ 50-55 มิลลิเมตร พบว่าเมื่อคั้น ส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร ที่ความเร็วชุดคั้น 4.5 รอบต่อนาที เครื่องมีความสามารถในการคั้นสูงสุด 82.56 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพการคั้นสูงสุด 90.66 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสีย 9.34 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เมื่อเครื่องคั้นต้นแบบมีราคาเท่ากับ 100,000 บาท พบว่าจะต้องทำการคั้น อย่างน้อย 57,639 กิโลกรัมจึงจะคุ้มทุน โดยมีระยะเวลาคืนทุน 0.14- 0.96 ปี (51-350วัน)



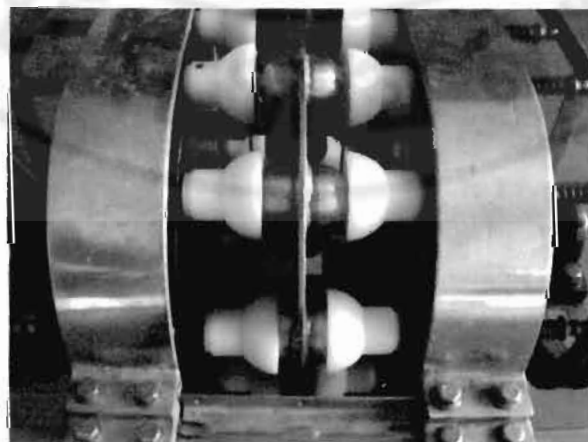
รูปที่ 2.24 แสดงด้านข้างและด้านหน้าของเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบเพื่อทดสอบ



รูปที่ 2.25 ระบบลำเลียงผลส้มเข้าสู่ระบบการคั้น



รูปที่ 2.26 ระบบการจับผลส้มและลำเลียงผลส้มเข้าสู่ระบบคั้น (ซ้าย) ชุดผ่าผลส้ม(ขวา)



รูปที่ 2.27 ระบบการคั้นน้ำส้ม

จากการประเมินในภาพรวม แม้เครื่องคั่นน้ำส้มแบบจานหมุนคันแบบจะมีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานที่ดี แต่ยังมีข้อจำกัดที่ขาดต่อการแก้ไข ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1 การออกแบบมีความซับซ้อนมากเกินไป นอกจากทำให้ต้นทุนราคาของเครื่องที่ค่อนข้างสูงแล้ว ยังมีผลทำให้ขาดต่อการซ่อมบำรุงรักษาในระดับผู้ใช้งานหรือผู้ประกอบการ

2 การออกแบบดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในเรื่องของโอกาสในด้านการปนเปื้อนที่เกิดขึ้นในน้ำส้มที่คั้น เนื่องจากการส่งกำลังด้วยโซ่และมีการทำงานแบบกลไกจำเป็นต้องทำการหล่อลื่นด้วยสารหล่อลื่น

3 การทดสอบล้มเหลวการรับผลสัมฤทธิ์ผลสัมฤทธิ์ในจำนวนมากเกินไปจะมีผลทำให้ตะขอเกี่ยวผลสั้มน้ำส้มที่ถูกกดทับกันทำให้เกิดการแตกเสียหายได้

จากปัญหาดังที่กล่าวมาทั้งหมดแม้จะออกแบบเครื่องคั่นน้ำส้มออกมาหลายโมเดล แต่ทว่ายังคงมีข้อจำกัดค่อนข้างมาก ดังนั้นหากสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับจากการศึกษามาพัฒนาเพื่อให้ได้เครื่องที่เหมาะสมที่สุด ลดปัญหาความยุ่งยากซับซ้อน มีลักษณะการทำงานที่เรียบง่าย แต่ต้องมีประสิทธิภาพและความสามารถในการทำงานสูงกว่าเครื่องโมเดลก่อนหน้านี้ที่ก่อกำเนิดให้เกิดประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมเครื่องจักรกลเกษตร และลดการนำเข้าเครื่องจักรกลเกษตรจากต่างประเทศ

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องคั้นน้ำส้มดันแบบ	1 เครื่อง
- เครื่องทดสอบหาค่าแรงกดอัด	1 เครื่อง
- เครื่องทดสอบหาค่าแรงเฉือน	1 เครื่อง
- เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล	1 เครื่อง

3.2 วิธีการ

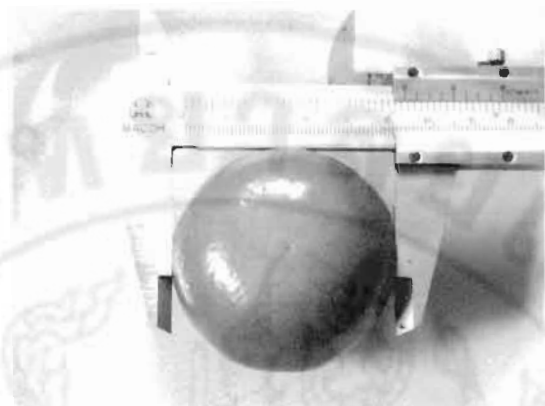
เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น จึงมีวิธีการศึกษาดังนี้ คือ การศึกษาหาคุณสมบัติทางกายภาพของส้ม การออกแบบเครื่องคั้นน้ำส้มแบบจานหมุนดันแบบ การทดสอบและประเมินผลการทำงาน และการวิเคราะห์ผล โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การศึกษาสมบัติทางกายภาพของส้มที่จะนำมาคั้น

สมบัติทางกายภาพที่ทำการศึกษานี้ เน้นสมบัติที่มีผลต่อการคั้นน้ำส้ม ซึ่งได้แก่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของส้ม ความหนาของเปลือกส้ม

ส้มที่ใช้ในการทดสอบเป็นส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่มีปลูกกันทั่วไป การวัดขนาดต่าง ๆ ของส้มจะใช้ส้มจำนวน 20 ตัวอย่าง โดยแสดงตำแหน่งการวัดดังรูปที่ 3.1 ส่วนการวัดแรงกดอัดที่ใช้คั้นน้ำส้ม วัดโดยเครื่องทดสอบหาค่าแรงกดอัด (Universal testing machine) ดังรูปที่ 3.2 โดยใช้ส้ม 40 ตัวอย่าง ทำการวัดโดยการผ่าส้มครึ่งซีกตามแนวขวาง ทดสอบ 3 ตำแหน่ง ๆ ละ 10 ตัวอย่าง ส่วนที่เหลืออีก 10 ตัวอย่างทำการวัดโดยการผ่าครึ่งซีกตามแนวยาวตำแหน่งที่ทดสอบตามแนวขวางเหมาะสมที่สุด และการทดสอบหามุมตัดของใบมีด วัดโดยเครื่องทดสอบหาค่าแรงเฉือน (Pendulum impact tester) ทำการทดสอบที่ 3 ตำแหน่ง ๆ ละ 10 ตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.3

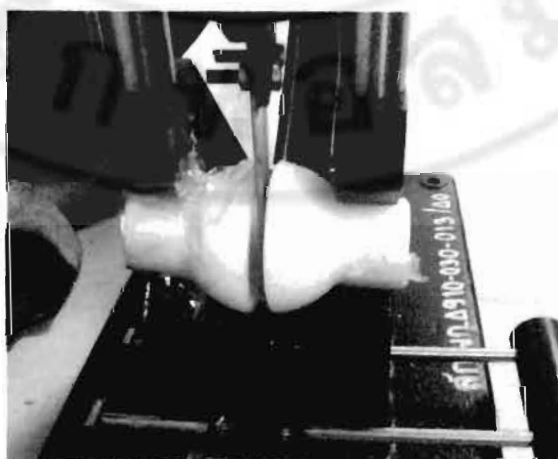
ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ดังแสดงในภาคผนวก ก. ซึ่งให้ เห็นว่าการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพื่อนำมาออกแบบด้วยจับผลส้ม และความหนาของเปลือกส้มนั้นนำมาออกแบบในการปรับระยะระหว่างด้วยจับผลส้มกับหัวคั่น ส่วนน้ำหนักผลใช้ในการคำนวณหาขนาดสายพานลำเลียง



รูปที่ 3.1 การวัดขนาดผลส้ม



รูปที่ 3.2 การทดสอบหาแรงกดอัด



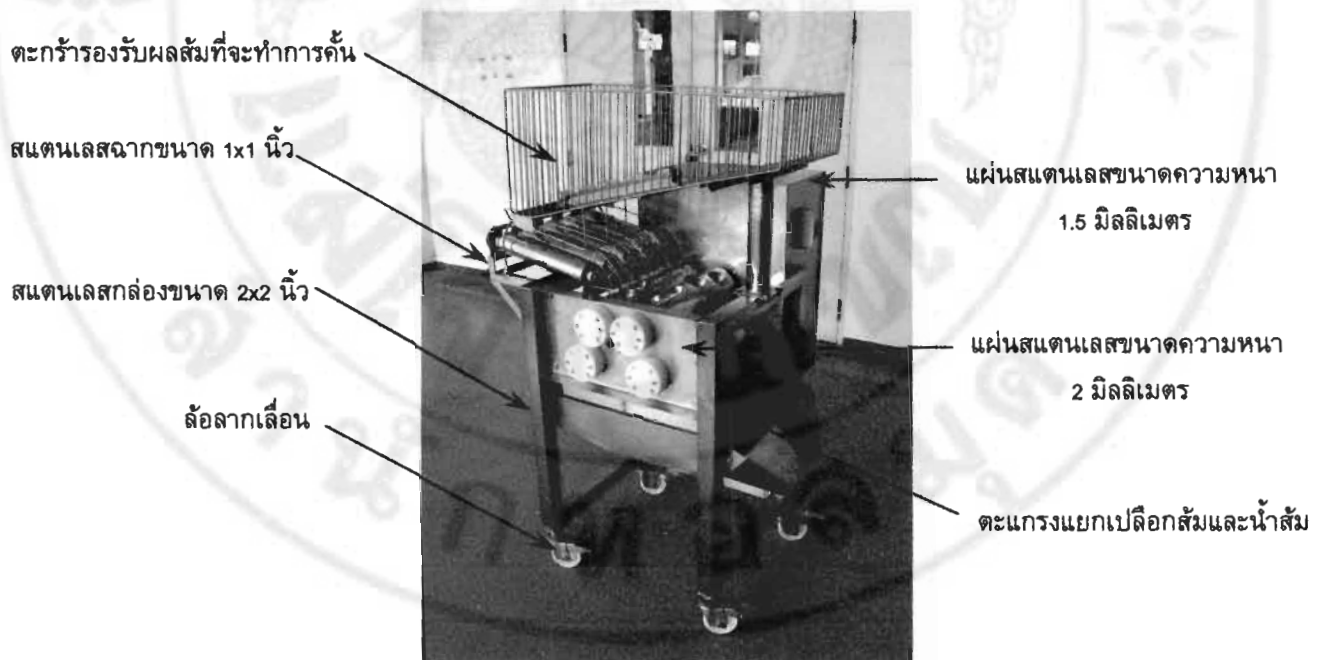
รูปที่ 3.3 การทดสอบหามุมคดของใบมีด

3.2.2 ออกแบบและคำนวณแบบ

การออกแบบประกอบไปด้วย การออกแบบตะกร้ารองรับผลส้ม การออกแบบระบบส่งกำลัง การออกแบบระบบลำเลียงและป้อน การออกแบบระบบการคั้น และการออกแบบระบบแยกน้ำส้มและเปลือกส้ม ทั้งนี้โดยใช้ข้อมูลสมบัติทางกายภาพของส้มจากหัวข้อที่ 3.2.1 มาพิจารณาประกอบการออกแบบ ซึ่งมีผลการออกแบบในแต่ละส่วนดังนี้

ข. การออกแบบโครงสร้างเครื่อง

โครงสร้างของเครื่องคั้นน้ำส้ม ใช้สแตนเลสกล่องขนาด 2x2 นิ้ว สแตนเลสฉากขนาด 1 นิ้ว แผ่นสแตนเลสขนาด 1.5 และ 2 มิลลิเมตร มาประกอบเป็นโครงเครื่องโดยเน้นความกะทัดรัดและสะดวกในการทำงาน มีขนาดความสูง 120 เซนติเมตร มีความกว้าง 77 เซนติเมตร และมีความยาว 85 เซนติเมตร โดยโครงสร้างนี้ ทำหน้าที่รองรับชิ้นส่วนและอุปกรณ์ทั้งหมดของเครื่อง เช่น ดันกำลัง ชุดส่งกำลัง ชุดคั้นน้ำส้ม ชุดลำเลียงผลส้ม และชุดคัดแยกน้ำส้มและเปลือกส้ม เป็นต้น

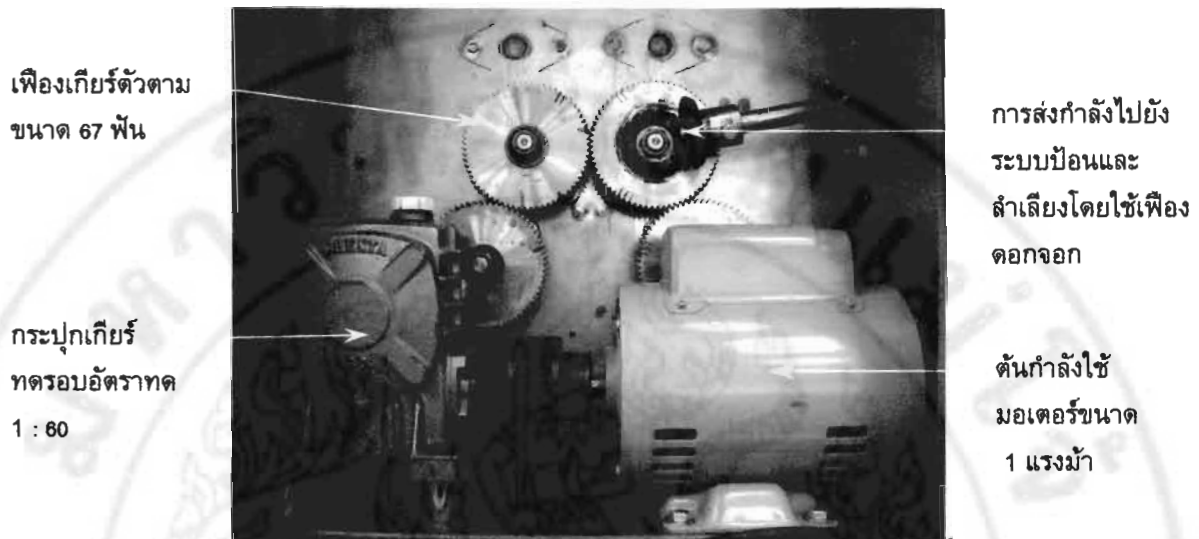


รูปที่ 3.4 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติต้นแบบ

ก. การออกแบบระบบส่งกำลัง

ระบบการส่งกำลังที่ใช้กับเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัตินี้ประกอบไปด้วย มอเตอร์เป็นต้นกำลัง เฟืองทดรอบ กระปุกเกียร์ เฟืองคอกจอก แบร้งค์ โช้และเฟืองเกียร์ โดยกำลังจะส่งถูกส่งไป 2 ด้าน คือ ส่งไปยังชุดฟัดเฟืองเพลาลูกคั้นและส่งต่อไปยังฟันเฟืองเพลาลูกคั้น โดยใช้กระปุกเกียร์เป็นอุปกรณ์

ทศรอบในระบบส่งกำลัง และกำลังอีกส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่านเฟืองคอกจอกส่งไปยังระบบป้อนและลำเลียงผลส้มเข้าสู่ชุดคั้น ซึ่งใช้โซ่เป็นอุปกรณ์ส่งกำลังขับเคลื่อนลูกกลิ้ง



รูปที่ 3.5 ชุดต้นกำลังและระบบส่งกำลัง

ค. การออกแบบระบบการป้อนและลำเลียงผลส้มเข้าสู่ชุดคั้น

ระบบการป้อนและลำเลียงผลส้ม มีทำหน้าที่ในการป้อนลำเลียงผลส้มจากตะกร้ารองรับผลส้มมายังชุดคั้น โดยมีลูกกลิ้งลำเลียงส้มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 63.5 มิลลิเมตร จำนวน 5 ชุด ทำหน้าที่หมุนกลิ้งผลส้มและส่งผลส้มไปยังชุดคั้น ในการออกแบบได้คำนึงถึงความเหมาะสมของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางส้อมที่ใช้ในการคั้น เพื่อรองรับส้อมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 45-55 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ลำเลียงผลส้ม

ง. การออกแบบชุดคั้น

การออกแบบระบบการคั้นนั้นจะเน้นถึงความสะดวกในการสร้าง การใช้งาน และความง่ายต่อการทำความสะอาด โดยที่ระบบคั้นนั้นประกอบด้วยชุดคั้นน้ำส้มซึ่งมีรูปแบบการทำงานแบบโรตารี มีหัวคั้นทั้งหมด 4 ชุด ชุดละ 3 หัวคั้น รวมหัวคั้นทั้งหมดเป็น 24 หัวคั้น ชุดหลุมคั้นจะติดตั้งที่ส่วนบน ทำหน้าที่จับผลส้มสำหรับผ่าส้มออกเป็น 2 ซีก และประคองให้ส้มทั้ง 2 ซีก ให้สามารถอยู่ในแนวที่จะทำการคั้นทำมาจากสแตนเลสชนิดที่ใช้กับอาหาร เป็นวัสดุในการออกแบบ โดยนำท่อแสดงขนาด 4.5 นิ้ว มาเจาะให้มีขนาดที่สามารถติดตั้งหลุมคั้นเข้ากับเพลาดังกล่าวจากนั้นเชื่อมให้ติดเป็นชิ้นเดียวกัน ส่วนชุดคั้นส่วนล่างจะทำหน้าที่บีบอัดคั้นน้ำส้มจากผลส้ม ทำจากซูเปอร์รีน (Superrin) และสแตนเลสชนิดที่ใช้กับอาหารได้เป็นวัสดุในการออกแบบ โดยเพลาก้านปรับระดับจะทำมาจากสแตนเลส ส่วนลูกคั้นจะทำจากซูเปอร์รีน (Superrin) กลิ้งขึ้นรูป

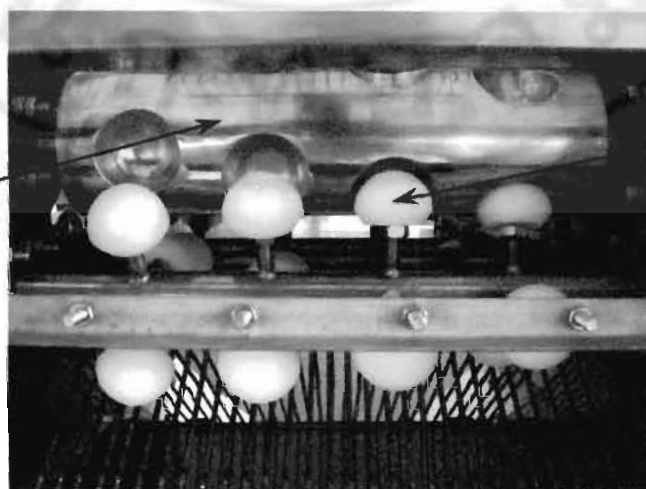


หลุมคั้นทำจาก
สแตนเลส

หัวคั้นทำจาก
ซูเปอร์รีน

รูปที่ 3.7 ชุดหลุมคั้น

ชุดหลุมคั้นจะ
ติดตั้งไว้บริเวณ
ส่วนบน

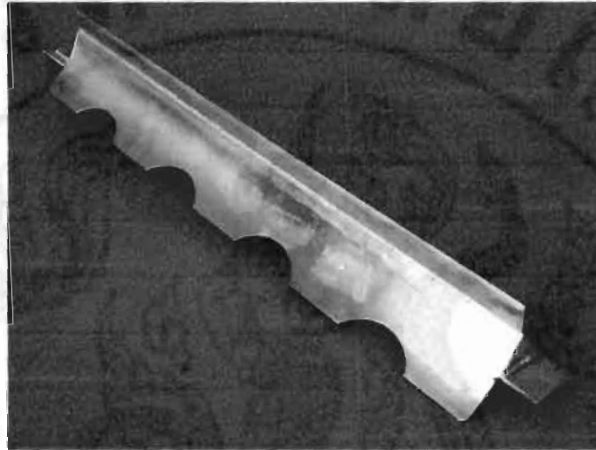


ชุดหัวคั้นที่ติดตั้ง
บริเวณส่วนล่าง
ของหลุมคั้น

รูปที่ 3.8 ชุดหัวคั้น

จ. การออกแบบระบบผ่าผลส้ม

การออกแบบระบบผ่าผลส้ม โดยติดตั้งใบมีดไว้อยู่กับที่ตรงกลางของชุดหลุมกันด้านล่าง สามารถที่จะถอดออกโดยการเลื่อนสไลด์ออกมาทางด้านหน้าเพื่อทำความสะอาดได้ ใบมีดสแตนเลสที่ใช้มีความหนา 1.2 มิลลิเมตร และภายหลังผลส้มที่ถูกผ่าจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ซีก และจะถูกประคองให้อยู่ในถ้วยกัน (หลุมกัน) ด้วยแผ่นประคองที่ทำจากแผ่นสแตนเลส ดังรูปที่ 3.9 และ 3.10



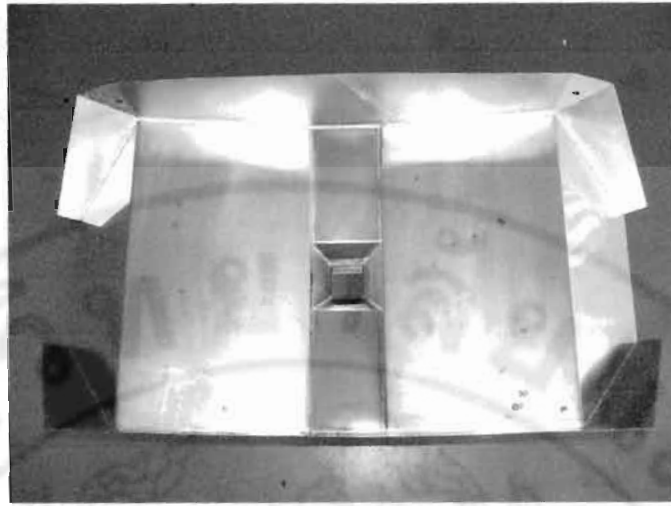
รูปที่ 3.9 ใบมีดและแผ่นประคอง



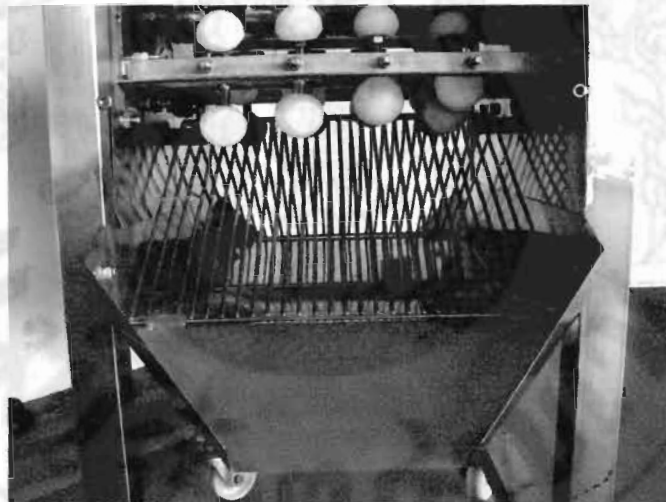
รูปที่ 3.10 ตำแหน่งการติดตั้งใบมีด

ฉ. การออกแบบอาคารรองรับน้ำส้มและการคัดแยกเปลือกส้ม

การออกแบบอาคารรองรับน้ำส้มจากชุดคั้น ใช้ถาดสแตนเลสรองรับน้ำส้มบริเวณด้านล่างชุดคั้น เพื่อรวบรวมน้ำส้มให้ไหลลงตรงกลางถาด และนำน้ำส้มไปเก็บยังภาชนะที่ใช้รองรับน้ำส้ม โดยจะมีตะแกรงสแตนเลสทำหน้าที่แยกเปลือกออกและป้องกันไม่ให้เปลือกส้มหล่นลงไปในอาคารรองรับน้ำส้ม



รูปที่ 3.11 ถาดรองรับน้ำส้ม



รูปที่ 3.12 ตะแกรงคัดแยกน้ำส้มและเปลือกส้ม

3.2.3 การทดสอบการทำงาน

ในการทดสอบการคั้นน้ำส้ม ได้ทำการทดสอบหาความสามารถในการทำงาน ซึ่งอาศัยน้ำหนักส้มก่อนคั้นและหลังคั้นเป็นเกณฑ์ โดยทำการทดสอบระดับความเร็วรอบ ที่ 10 รอบต่อนาที ขนาดผลส้ม 2 ขนาดคือ 50-55 มิลลิเมตร และ 55-60 มิลลิเมตร โดยมีการทดสอบ 3 ครั้ง ครั้งละ 5 กิโลกรัมผลส้มสด โดยมีค่าชี้ผลดังต่อไปนี้

- ความสามารถในการคั้น ซึ่งหาได้จากน้ำหนักของน้ำส้มและจำนวนผลส้มที่คั้นได้ในระยะเวลา 1 ชั่วโมง
- ประสิทธิภาพการคั้น ซึ่งหาได้จากน้ำหนักน้ำส้มที่เครื่องทำการคั้นได้

3.2.4 ขั้นตอนการทดสอบ

การทดสอบมีการดำเนินงานโดยสังเขปดังนี้

1. ทำการปรับความเร็วรอบของชุดคันให้มีค่าเท่ากับ 10 รอบต่อนาที
2. ดำเนินการทดสอบการคั่นน้ำส้มโดยใช้ส้มจำนวน 5 กิโลกรัม ซึ่งในแต่ละขนาดผลส้ม

จะทำการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ

3. บันทึกน้ำหนักส้มที่คั่นได้ น้ำหนักน้ำส้มที่คั่งในเปลือกและน้ำหนักเปลือก

3.3 การประเมินผลเครื่องคั่นน้ำส้มต้นแบบ

กำหนดตัวแปรต้นคือขนาดของผลส้มที่นำมาคั่น 2 ขนาด คือ ส้มขนาดระหว่าง 50-55 มิลลิเมตร และส้มขนาดระหว่าง 55-60 มิลลิเมตร ตัวแปรควบคุมคือ ความเร็วรอบชุดคัน (10 รอบต่อนาที) พันธุ์ส้ม ซึ่งส้มที่ใช้ทดสอบคือส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง โดยให้ความสามารถในการคั่น อัตราการป้อนผลส้ม อัตราการคั่นน้ำส้ม และประสิทธิภาพการคั่นเป็นตัวแปรตาม สำหรับสถิติที่ใช้สำหรับประเมินใช้สถิติง่าย ๆ เช่น ร้อยละ เป็นต้น

3.4 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ การประเมินค่าใช้จ่ายในการคั่นน้ำส้ม ระยะเวลาคือทุน และอัตราผลตอบแทนในการคั่นทุน

3.4.1 ค่าใช้จ่ายในการคั่นน้ำส้ม ประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed cost) และค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable cost) สำหรับค่าใช้จ่ายคงที่ได้แก่ ค่าเสื่อมราคาและค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามปริมาณการใช้งาน สำหรับค่าใช้จ่ายผันแปร ได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน ค่าพลังงานไฟฟ้า และค่าซ่อมบำรุงรักษา ซึ่งค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนตามการใช้งานของเครื่อง

หากกำหนดให้

TC = ค่าใช้จ่ายรวมในการคั่นน้ำส้ม (บาทต่อปี)

FC = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาทต่อปี)

VC = ค่าใช้จ่ายผันแปร (บาทต่อปี)

PBP = ระยะเวลาคืน (ปี)

P = ราคาต้นทุนของเครื่อง (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

D = ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)

- Y = อายุการใช้งาน (ปี)
 I = ค่าดอกเบี้ย (บาทต่อปี)
 R&M = ค่าซ่อมบำรุง (บาทต่อวัน)
 I = อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์ต่อปี)
 A = จำนวนวันที่ปฏิบัติงานต่อปี (วันต่อปี)
 h = ชั่วโมงการทำงานต่อวัน (ชั่วโมงต่อวัน)
 Cap = ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
 CR = ค่าจ้างในการคั่นน้ำส้มต่อกิโลกรัม (บาท)
 L = ค่าแรงงาน (บาทต่อคนต่อวัน)
 E = อัตราค่าใช้ไฟฟ้า (บาทต่อวัน)
 e = อัตราค่าไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

ดังนั้น

$$TC = FC + VC \quad \dots(3.1)$$

เมื่อ

$$FC = D + I \quad \dots(3.2)$$

และ

$$VC = L + E + R\&M \quad \dots(3.3)$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม)} = \frac{TC}{(Cap)(h)(A)} \quad \dots(3.4)$$

3.4.2 การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback period: PBP) คือ ระยะเวลาจากการเริ่มลงทุนจนถึงที่เวลารายได้สุทธิเฉลี่ยต่อปีจากการใช้เครื่องคั่นน้ำส้มมีค่าเท่ากับต้นทุน ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปสมการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{จำนวนเงินลงทุน (P)}}{\text{รายได้สุทธิจากการคั่น}} \quad \dots(3.5)$$

$$\text{รายได้สุทธิจากการคั่น} = \text{รายได้จากการคั่น} - \text{ค่าใช้จ่ายรวมการคั่น} \quad \dots(3.6)$$

3.4.3 ผลตอบแทนสุทธิ ได้จากส่วนแตกต่างระหว่างผลตอบแทนจากการทำงานของเครื่องกับค่าใช้จ่ายในการคั่นน้ำส้ม ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ว่า

$$\text{ผลตอบแทนสุทธิ(บาท/ปี)} = [(CR)(CAP)(h)(A)-TC] \quad \dots(3.7)$$

3.4.4 จุดคุ้มทุน หมายถึง ปริมาณการทำงานที่ทำให้รายรับมีค่าเท่ากับรายจ่าย

$$\text{จุดคุ้มทุน (กิโลกรัม)} = \frac{\text{ราคาเครื่อง}}{\text{อัตราค่าน้ำส้มต่อกิโลกรัม- ค่าใช้จ่ายต่อกิโลกรัม}} \quad \dots(3.8)$$



บทที่ 4

ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

โครงการนี้ดำเนินการโดยการออกแบบเครื่องคั้นน้ำส้มอัดโน้มัตดินแบบ ผลการออกแบบและผลการทดสอบมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับส้มที่จะนำมาคั้น

การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของส้มที่จะนำมาคั้นในครั้งนี้ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง ความหนาของเปลือกส้ม และน้ำหนักของผลส้ม โดยปกติแล้วส้มที่มักนิยมนำมาคั้นได้แก่ส้มเบอร์ 2 และเบอร์ 3 ซึ่งเป็นส้มขนาดผลเล็ก มีรายละเอียด คือ

ส้มที่ใช้ในการทดสอบเป็นส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งที่มีปลูกกันทั่วไป (โดยเฉพาะทางภาคเหนือตอนบน) การวัดขนาดต่าง ๆ ของส้มจะใช้ส้มจำนวน 20 ผล โดยแสดงลักษณะการวัดรูปที่ 3.1 ผลการศึกษาสมบัติเบื้องต้นแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 จากผลการศึกษาและทดสอบดังกล่าวเพื่อนำมาใช้ออกแบบด้วยจับผลส้ม และความหนาของเปลือกส้มก็นำมาใช้ออกแบบระยะห่างระหว่างด้วยจับผลส้มกับหัวคั้น (หลุมคั้นและหัวคั้น) ส่วนน้ำหนักของผลส้มใช้ในการออกแบบระบบสายพานลำเลียงผลส้มที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติเบื้องต้น (กายภาพ) ของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง เบอร์ 2

ผลที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ความสูง	ความหนาเปลือก	น้ำหนักผล
1	50.06	47.08	2.45	84.15
2	50.46	45.86	2.54	74.87
3	53.85	46.29	2.46	87.78
4	51.41	45.78	2.52	85.45
5	53.05	45.32	2.51	83.54
6	51.15	45.67	2.49	81.31
7	52.31	44.32	2.46	76.95
8	54.34	48.68	2.47	88.18
9	53.86	48.04	2.49	85.62
10	53.55	48.16	2.50	85.75
11	52.15	47.56	2.51	81.45

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติเบื้องต้น (กายภาพ) ของสัมพันธู์สายน้ำผึ้ง เบอร์ 2 (ต่อ)

12	52.05	44.64	2.53	78.88
13	50.13	44.86	2.49	73.65
14	51.65	44.95	2.54	71.15
15	54.45	47.68	2.54	83.30
16	55.15	44.24	2.50	79.98
17	56.15	47.86	2.48	85.26
18	52.33	44.58	2.49	75.04
19	53.02	44.68	2.53	78.44
20	51.15	44.98	2.54	76.45
เฉลี่ย	52.61	46.06	2.50	80.86

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติเบื้องต้น (กายภาพ) ของสัมพันธู์สายน้ำผึ้ง เบอร์ 3

ผลที่	เส้นผ่านศูนย์กลาง	ความสูง	ความหนาเปลือก	น้ำหนักผล
1	49.00	45.25	2.35	59.10
2	48.75	45.10	2.40	58.10
3	45.60	41.85	2.50	57.10
4	49.75	46.00	2.31	58.75
5	46.65	42.90	2.40	58.35
6	47.30	43.15	2.50	58.10
7	48.15	44.20	2.40	58.90
8	46.40	43.80	2.45	57.75
9	47.35	43.00	1.50	58.35
10	48.80	45.05	1.46	58.25
11	49.10	44.80	2.45	58.85
12	46.30	42.75	2.40	57.10
13	46.75	43.10	2.45	57.50
14	48.90	44.50	2.55	58.25
15	49.25	44.90	2.40	58.80
16	47.55	43.10	2.46	58.90

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติเบื้องต้น (กายภาพ) ของสั้มน้ำฝั่ง เบอร์ 3 (ต่อ)

17	45.95	44.25	2.48	57.85
18	46.80	42.10	2.40	58.55
19	48.90	43.80	2.46	58.85
20	49.50	44.10	2.45	59.25
เฉลี่ย	47.84	43.89	2.34	58.33

จากตารางที่ 1 และ 2 พบว่า ผลสั้มน้ำฝั่ง 2 มีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง ความหนาเปลือก เท่ากับ 52.61, 46.06 และ 2.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ และน้ำหนักผลสั้มน้ำฝั่งเท่ากับ 80.86 กรัม สำหรับสั้มน้ำฝั่ง 3 มีค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง ความหนาเปลือก เท่ากับ 47.84, 43.89 และ 2.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักผลสั้มน้ำฝั่งเท่ากับ 56.33 กรัม

จากข้อมูลที่ได้จึงนำมาพิจารณาในการออกแบบชุดคั้่นโดยให้ขนาดความโตของลูกคั้่นและหลุมคั้่นให้สามารถรองรับกับขนาดของผลสั้มน้ำฝั่งที่ 45-55 มิลลิเมตร มีความลึกของหลุมคั้่นและความสูงของหัวคั้่นไม่ต่ำกว่า 25 มิลลิเมตร มีระยะห่างระหว่างลูกคั้่นและหลุมคั้่นไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันมิให้ถุ้่งน้ำฝั่งที่เปลือกสั้มน้ำฝั่งแตกขณะทำการคั้่น มีผลทำให้น้ำฝั่งมีรสขมได้

4.2 ศึกษาแรงที่ใช้สำหรับการบีบคั้่นผลสั้มน้ำฝั่งและการผ่าผลสั้มน้ำฝั่ง

การวัดแรงกดคั้่นที่ใช้สำหรับบีบคั้่นน้ำฝั่ง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้การหาค่าแรงดังกล่าวได้จากการทดสอบ โดยเครื่องทดสอบหาค่าแรงกดคั้่น (Universal testing machine) ดังรูปที่ 3.2 เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและรองรับกับลักษณะการทำงานจริงการคั้่นของเครื่องคั้่นจริง ๆ จึงได้ออกแบบชุดหัวคั้่นและหลุมคั้่นสำหรับเพื่อใช้ในการทดสอบ ดังรูปที่ 4.1 การออกแบบโดยใช้รูปเปอร์ริเมเตอร์รูปวงรีให้มีขนาดตามเงื่อนไขที่ได้จากผลการทดลองในหัวข้อ 4.1 คือหัวคั้่นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ด้วยคั้่นมีความโต 55 มิลลิเมตร มีความสูงหัวคั้่นถึงฐานยึดเท่ากับ 30 มิลลิเมตร จากนั้นนำมาติดตั้งกับเครื่องทดสอบดังกล่าว



รูปที่ 4.1 ชูคหัวคั้นและหลุมคั้นที่ใช้ทดสอบ

ในการทดสอบหาค่าแรงที่ใช้ในการกดคั้นครั้งนี้เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น จะแบ่งผลสัม
ออกเป็น 2 ส่วน (ซีกด้านบนและซีกด้านล่าง) จากนั้นทำการทดสอบหาค่าแรงกดคั้นแยกผลสัมซีก
ด้านบนและซีกด้านล่าง โดยในการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 3 ระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้น คือ
2.5, 3 และ 3.5 มิลลิเมตร ดังแสดงผลการทดสอบในตารางที่ 3-11

ตารางที่ 4.3 น้ำหนักก่อนและหลังคั้น และแรงที่ใช้กดคั้นของผลสัมซีกด้านบน เมื่อทดสอบที่ระยะห่าง
ระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร

ผลที่	น้ำหนัก (กรัม) ผลครึ่งซีกด้านบน					แรงกดอัด (นิวตัน)
	ก่อนคั้น	หลังคั้น	น้ำหนักเปลือก	น้ำส้มที่คั้นได้	น้ำส้มทั้งหมดครึ่งผล	
1	43.92	19.38	18.87	24.54	25.05	676.4
2	39.08	21.38	19.52	17.70	19.56	617.1
3*	45.14	21.8	20.65	23.34	24.49	582.9
4	44.46	21.84	20.31	22.62	24.15	680.3
5*	42.87	21.65	19.71	21.22	23.16	650.4
6	43.49	23.63	20.31	19.86	23.18	676.0
7	40.15	22.3	20.59	17.85	19.56	649.1
8*	41.17	21.88	20.31	19.29	20.86	507.0
9*	44.69	23.58	20.25	21.11	24.44	765.0
10*	42.12	23.65	20.52	18.47	21.60	883.1

หมายเหตุ * หมายถึงเปลือกส้มแตกภายหลังการคั้น

ตารางที่ 4.4 น้ำหนักก่อนและหลังคั้น และแรงที่ใช้กดคั้นของผลส้มชิกด้านล่าง เมื่อทดสอบที่ระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร

ผลที่	น้ำหนัก (กรัม) ผลครึ่งชิกด้านล่าง					แรงกดอัด (นิวตัน)
	ก่อนคั้น	หลังคั้น	น้ำหนัก เปลือก	น้ำส้มที่คั้นได้	น้ำส้มทั้งหมด ครึ่งผล	
1	39.90	18.58	17.27	21.32	22.63	720.9
2	35.60	18.37	17.44	17.23	18.16	532.9
3*	42.26	19.46	18.45	22.80	23.81	690.2
4	40.12	19.26	17.53	20.86	22.59	710.1
5*	40.02	19.00	18.21	21.02	21.81	580.3
6	37.57	18.12	17.51	19.45	20.06	696.7
7	36.90	18.32	17.89	18.58	19.01	530.3
8*	46.80	22.84	21.32	23.96	25.48	489.8
9*	40.93	22.28	21.56	18.65	19.37	738.3
10*	43.25	24.10	21.15	19.15	22.10	558.4

หมายเหตุ * หมายถึงเปลือกส้มแตกภายหลังการคั้น

ตารางที่ 4.5 แรงที่ใช้กดคั้นและประสิทธิภาพการคั้น เมื่อทดสอบที่ระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร

ลำดับที่	น้ำหนักผลเต็ม (กรัม)	ขนาด (มิลลิเมตร)	แรงกด (นิวตัน)	น้ำส้มที่คั้น ได้ (กรัม)	น้ำส้มทั้งหมด ในผลส้ม (กรัม)	ประสิทธิภาพ การคั้น (เปอร์เซ็นต์)
1	83.82	52.8	698.65	45.86	47.68	96.18
2	74.68	52.2	575.00	34.93	37.72	92.60
3	87.40	53.9	636.55	46.14	48.3	95.53
4	84.58	52.1	695.20	43.48	46.74	93.03
5	82.89	53.1	615.35	42.24	44.97	93.93
6	81.06	54.2	686.35	39.31	43.24	90.91
7	77.05	53.4	589.70	36.43	38.57	94.45

ตารางที่ 4.5 แรงที่ใช้กดคั้นและประสิทธิภาพการคั้น เมื่อทดสอบที่ระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นเท่ากับ 2.5 มิลลิเมตร (ต่อ)

8	87.97	54.3	498.40	43.25	46.34	93.33
9	85.62	54.9	751.65	39.76	43.81	90.76
10	85.37	54.6	720.75	37.62	43.7	86.09
		เฉลี่ย	646.76	40.90	44.11	92.73

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักก่อนและหลังคั้น และแรงที่ใช้กดคั้นของผลส้มชิกด้านบน เมื่อทดสอบที่ระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นเท่ากับ 3.0 มิลลิเมตร

ผลที่	น้ำหนัก (กรัม) ผลครึ่งชิกด้านบน					แรงกดอัด (นิวตัน)
	ก่อนคั้น	หลังคั้น	น้ำหนักเปลือก	น้ำส้มที่คั้นได้	น้ำส้มทั้งหมดครึ่งผล	
1	45.50	21.12	20.15	24.38	25.35	612.1
2	41.37	20.65	18.25	20.72	23.12	487.2
3	40.83	21.24	20.32	19.59	20.51	473.9
4	35.97	21.45	19.80	14.52	16.17	483.7
5	43.41	22.67	19.96	20.74	23.45	448.3
6	39.42	22.36	20.10	17.06	19.32	677.5
7	46.16	23.65	19.87	22.51	26.29	458.5
8	41.65	21.04	19.56	20.61	22.09	472.6
9	41.46	21.12	19.20	20.34	22.26	482.4
10	43.75	22.45	20.25	21.30	23.50	489.2

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักก่อนและหลังคั้น และแรงที่ใช้กดคั้นของผลส้มชิกด้านล่าง เมื่อทดสอบที่ระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นเท่ากับ 3.0 มิลลิเมตร

ผลที่	น้ำหนัก (กรัม) ผลครึ่งชิกด้านล่าง					แรงกดอัด (นิวตัน)
	ก่อนคั้น	หลังคั้น	น้ำหนักเปลือก	น้ำส้มที่คั้นได้	น้ำส้มทั้งหมดครึ่งผล	
1	38.49	19.45	18.07	19.04	20.42	387.4
2	37.19	20.25	17.53	16.94	19.66	439.7
3	32.56	19.64	18.80	12.92	13.76	345.2

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักก่อนและหลังคั้น และแรงที่ใช้กดคั้นของผลส้มชิกด้านล่าง เมื่อทดสอบที่ระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นเท่ากับ 3.0 มิลลิเมตร (ต่อ)

4	35.18	21.19	19.58	13.99	15.60	507.8
5	41.51	23.26	19.91	18.25	21.60	480.2
6	40.42	23.91	20.15	16.51	20.27	405.2
7	40.86	22.17	18.50	18.69	22.36	390.2
8	33.56	20.65	19.52	12.91	14.04	403.7
9	37.42	20.46	17.02	16.96	20.40	435.3
10	32.54	20.26	17.98	12.28	14.56	386.8

ตารางที่ 4.8 แรงที่ใช้กดคั้นและประสิทธิภาพการคั้น เมื่อทดสอบที่ระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นเท่ากับ 3.0 มิลลิเมตร

ลำดับที่	น้ำหนักผลเต็ม (กรัม)	ขนาด (มิลลิเมตร)	แรงกด (นิวตัน)	น้ำส้มที่คั้น ได้ (กรัม)	น้ำส้มทั้งหมด ในผลส้ม (กรัม)	ประสิทธิภาพ การคั้น (เปอร์เซ็นต์)
1	83.99	52.2	499.75	43.42	45.77	94.87
2	78.56	53.1	463.45	37.66	42.78	88.03
3	73.39	51.4	409.55	32.51	34.27	94.86
4	71.15	51.9	495.75	28.51	31.77	89.74
5	84.92	54.6	464.25	38.99	45.05	86.55
6	79.84	55.3	541.35	33.57	39.59	84.79
7	87.02	56.3	424.35	41.20	48.65	84.69
8	75.21	52.4	438.15	33.52	36.13	92.78
9	78.88	53.1	458.85	37.30	42.66	87.44
10	76.29	51.3	438.00	33.58	38.06	88.23
		เฉลี่ย	463.35	36.03	40.47	89.20

ตารางที่ 4.9 น้ำหนักก่อนและหลังคั้น และแรงที่ใช้กดคั้นของผลส้มซีกด้านบน เมื่อทดสอบที่ระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นเท่ากับ 3.5 มิลลิเมตร

ผลที่	น้ำหนัก (กรัม) ผลครึ่งซีกด้านบน					แรงกดอัด (นิวตัน)
	ก่อนคั้น	หลังคั้น	น้ำหนักเปลือก	น้ำส้มที่คั้นได้	น้ำส้มทั้งหมดครึ่งผล	
1	41.08	23.14	20.11	17.94	20.97	358.9
2	44.07	23.46	21.35	19.00	22.72	415.6
3	41.58	23.96	20.20	17.62	21.38	390.1
4	39.60	24.46	22.68	15.14	16.92	436.2
5	41.38	23.52	20.31	17.86	21.07	342.3
6	39.70	21.66	19.52	18.04	20.18	342.6
7	43.56	23.92	21.65	19.64	21.91	412.8
8	39.92	24.36	22.15	15.56	17.77	380.6
9	42.55	25.06	21.23	17.49	21.32	466.6
10	39.60	22.50	20.46	17.10	19.14	378.4

ตารางที่ 4.10 น้ำหนักก่อนและหลังคั้น และแรงที่ใช้กดคั้นของผลส้มซีกด้านล่าง เมื่อทดสอบที่ระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นเท่ากับ 3.5 มิลลิเมตร

ผลที่	น้ำหนัก (กรัม) ผลครึ่งซีกด้านล่าง					แรงกดอัด (นิวตัน)
	ก่อนคั้น	หลังคั้น	น้ำหนักเปลือก	น้ำส้มที่คั้นได้	น้ำส้มทั้งหมดครึ่งผล	
1	34.02	21.25	18.20	12.77	15.82	222.4
2	40.53	22.05	18.46	18.48	22.07	398.5
3	34.61	21.43	18.82	13.18	15.79	350.4
4	42.31	24.71	19.30	17.6	23.01	371.1
5	37.19	22.15	18.43	15.04	18.76	298.8
6	41.52	23.41	19.82	18.11	21.7	356.1
7	40.68	22.46	18.82	18.22	21.86	387.3
8	42.27	23.65	19.14	18.62	23.13	396.3
9	39.65	21.81	18.56	17.84	21.09	415.9
10	42.53	22.50	18.02	20.03	24.51	356.3

ตารางที่ 4.11 แรงที่ใช้กดคั้นและประสิทธิภาพการคั้น เมื่อทดสอบที่ระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นเท่ากับ 3.5 มิลลิเมตร

ลำดับที่	น้ำหนักผลเต็ม (กรัม)	ขนาด (มิลลิเมตร)	แรงกด (นิวตัน)	น้ำส้มที่คั้น ได้ (กรัม)	น้ำส้มทั้งหมด ในผลส้ม (กรัม)	ประสิทธิภาพ การคั้น (เปอร์เซ็นต์)
1	75.10	53.1	290.65	30.71	36.79	83.47
2	84.60	53.7	407.05	37.48	44.79	83.68
3	76.19	53.4	370.25	30.8	37.17	82.86
4	81.91	54.3	403.65	32.74	39.93	81.99
5	78.57	53.2	320.55	32.90	39.83	82.60
6	81.22	54.0	349.35	36.15	41.88	86.32
7	84.24	53.1	400.05	37.86	43.77	86.50
8	82.19	54.0	388.45	34.18	40.9	83.57
9	82.20	44.3	441.25	35.33	42.41	83.31
10	82.13	53.1	367.35	37.13	43.65	85.06
		เฉลี่ย	373.86	34.53	41.11	83.94

จากตารางผลการทดสอบจะเห็นว่า เมื่อกดหลุมคั้นกดอัดผลส้มที่รองรับด้วยหัวคั้นจะใช้แรงกดอัดสูงสุดเฉลี่ยคือ 646.76 นิวตัน เมื่อให้ระยะห่างระหว่างหลุมคั้นและหัวคั้นน้อยสุด คือ 2.5 มิลลิเมตร และที่เงื่อนไขดังกล่าวจะให้ประสิทธิภาพการคั้นสูงสุด แต่ทำให้เกิดการแตกของเปลือกส้ม ซึ่งอาจทำให้น้ำส้มมีรสขมได้ เนื่องจากน้ำมันที่เปลือกส้มแตกตัวปนออกมากับน้ำส้ม และเมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างหลุมคั้นและหัวคั้นมากขึ้น แม้จะใช้แรงในการกดอัดน้อยลง แต่ก็ทำให้ประสิทธิภาพการคั้นลดลงด้วยเช่นกัน

สำหรับการหาค่าแรงที่ใช้สำหรับการผ่าผลส้ม โดยจะศึกษาเปรียบเทียบการวางมุมใบมีดที่ผ่าผลส้ม ซึ่งการศึกษานี้เพื่อพิจารณาหามุมวางใบมีดที่ใช้พลังงานในการคั้นน้อยที่สุด โดยในการทดสอบหาค่าแรงครั้งนี้ได้ดัดแปลงเครื่องทดสอบแรงกระแทก (Pendulum impact tester) ซึ่งการดัดแปลงกระทำโดยการติดตั้งใบมีดไว้ที่ปลายแขนของเครื่องมือทดสอบ และออกแบบให้มุมวางคมมีดกระทำกับวัสดุที่จะทำการคั้นเท่ากับ 90, 60 และ 45 องศา ทำการทดสอบที่มุมวางใบมีดละ 10 ซ้ำ ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 4.12-4.14

ตารางที่ 4.12 พลังงานและแรงตัดที่ใช้เมื่อมูมวางใบมีดกระทำกับวัสดุที่จะทำการตัดเท่ากับ 90 องศา

ผลที่	น้ำหนักผลเต็ม (กรัม)	ขนาด (มม.)	มูม (องศา)	มูม (เรเดียน)	พลังงานสะสมที่ใช้ ผ่าผลส้ม (จูล)	แรงตัด (นิวตัน)
1	83.18	53.40	56	0.977	1.74	7.74
2	84.54	52.75	60	1.047	1.66	7.36
3	83.77	55.10	55	0.959	1.76	7.84
4	65.57	51.20	75	1.308	1.31	5.81
5	76.08	51.55	67	1.169	1.50	6.66
6	71.83	51.50	72	1.256	1.38	6.13
7	75.02	53.45	66	1.151	1.52	6.76
8	81.34	54.34	65	1.134	1.54	6.86
9	84.00	52.80	65	1.134	1.54	6.86
10	86.55	57.05	51	0.890	1.84	8.20
เฉลี่ย	79.19	53.31	63.2	1.100	1.58	7.02

ตารางที่ 4.13 พลังงานและแรงตัดที่ใช้เมื่อมูมวางใบมีดกระทำกับวัสดุที่จะทำการตัดเท่ากับ 60 องศา

ลำดับที่	น้ำหนักผลเต็ม (กรัม)	ขนาด (มม.)	มูม (องศา)	มูม (เรเดียน)	พลังงานสะสมที่ใช้ ผ่าผลส้ม (จูล)	แรงตัด (นิวตัน)
1	88.60	53.15	71	1.239	1.40	6.24
2	82.94	53.40	76	1.326	1.28	5.70
3	77.11	54.00	74	1.291	1.33	5.92
4	77.91	53.25	72	1.256	1.38	6.13
5	77.7	52.10	72	1.256	1.38	6.13
6	67.21	51.35	68	1.186	1.47	6.56
7	82.43	53.15	72	1.256	1.38	6.13
8	84.19	54.30	81	1.413	1.16	5.15
9	74.81	51.05	72	1.256	1.38	6.13
10	79.14	53.20	76	1.326	1.28	5.70
เฉลี่ย	79.20	52.90	73.4	1.280	1.35	5.98

ตารางที่ 4.14 พลังงานและแรงคัตที่ใช้เมื่อมูมวางใบมีดกระทำกับวัสดุที่จะทำการคัตเท่ากับ 45 องศา

ลำดับที่	น้ำหนักผลเต็ม (กรัม)	ขนาด (มม.)	มูม (องศา)	มูม (เรเดียน)	พลังงานสะสมที่ใช้ ผ่าผลส้ม (จูล)	แรงคัต (นิวตัน)
1	77.40	54.20	68	1.186	1.47	6.56
2	71.11	50.40	76	1.326	1.28	5.70
3	79.73	53.20	81	1.413	1.16	5.15
4	70.05	51.05	87	1.518	1.01	4.48
5	81.9	55.80	70	1.221	1.43	6.35
6	85.29	54.70	72	1.256	1.38	6.13
7	76.96	54.65	85	1.483	1.06	4.70
8	72.45	53.70	81	1.413	1.16	5.15
9	78.32	53.50	76	1.326	1.28	5.70
10	77.13	54.15	79	1.378	1.21	5.37
เฉลี่ย	77.03	53.54	77.5	1.352	1.24	5.53

สรุปจากตารางที่ 4.12-4.14 จะเห็นว่ามูมวางใบมีดที่ใช้พลังงานและแรงคัตน้อยที่สุดคือมูมวางใบมีดที่ 45 องศา กับวัตถุที่คัต ดังนั้นในการออกแบบชุดใบมีดที่ใช้ผ่าผลส้มของเครื่องต้นแบบ ควรกระทำมูมกับผลส้มที่ต้องการผ่าเป็นมูม 45 องศา

4.3 ผลการออกแบบเครื่องต้นแบบ

เครื่องคั้นน้ำส้มที่ออกแบบ มีส่วนประกอบหลักและคุณลักษณะดังแสดงในตารางที่ 4.15 โดยมีงบประมาณในการสร้างแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.15 ส่วนประกอบหลักและคุณลักษณะของเครื่องคั้นน้ำอัดโนมัต

ส่วนประกอบหลัก	คุณลักษณะ
1. ดันกำลัง	มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส ขนาด 1 แรงม้า ติดตั้งภายในกล่อง
2. กระปุกเกียร์	กระปุกเกียร์ทรงรอบขนาด 1 แรงม้า อัตราทด 1: 60
3. ชุดคั้น	ชุดคั้นแบบโรตารีประกอบด้วยหลุมคั้นที่ทำจากกระบอก สเตนเลส จำนวน 2 ท่อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 114 มิลลิเมตร ออกแบบให้มีหลุมคั้น 12 หลุมคั้นต่อท่อน และหัว คั้นที่ทำจากซูเปอร์รีน (PA) จำนวน 24 หัว ติดตั้งบนสกรู สเตนเลสที่สามารถปรับระยะได้ และติดตั้งอยู่บนเพลลา สเตนเลสหมุนสัมพันธ์กับเพลลาหลุมคั้น
4. เฟืองเกียร์	ขนาด 67 ฟัน จำนวน 4 ชุด และ 26 ฟัน 1 ชุด
5. อุปกรณ์ป้อนผลส้ม	ลูกกลิ้งขนาด 63.5 มิลลิเมตร จำนวน 5 ชุด มีระบบ ขับเคลื่อนด้วยฟันเฟืองและโซ่
6. ตะกร้าบรรจุส้ม (กว้างxยาวxสูง)	ทำจากสเตนเลส ขนาด 380x800x350 มิลลิเมตร
7. โครงสร้างเครื่อง (กว้างxยาวxสูง)	ทำจากสเตนเลสกล่อง ขนาด 820x900x1,480 มิลลิเมตร
8. ระบบผ่าผลส้ม	ใบมีดผ่าผลส้มทำด้วยสเตนเลส ติดตั้งบนแผ่นประคองที่ทำ จากแผ่นสเตนเลส ขาวตลอดความยาวชุดคั้น
9. ระบบการแยกน้ำส้มและเปลือกส้ม	เปลือกส้มและน้ำส้มจะถูกแยกออกจากกันด้วยตะแกรง สเตนเลสที่ติดตั้งไว้ด้านล่างชุดคั้นทั้งสองด้าน และทำมุมซึ่ง กันและกัน

ตารางที่ 4.16 งบประมาณในการสร้างเครื่องต้นแบบ

รายการ	จำนวน	หน่วยละ	ราคา
1 ท่อแสดนเลส 4.5 นิ้ว	1	6,800	6,800
2 ล้อเลื่อน	4	500	2,000
3 ชูปเปอร์ลินขนาด 60 มม.	2	1,200	2,400
4 ชูปเปอร์ลินขนาด 100 มม.	1	1,400	1,400
5 แสดนเลสกล่องขนาด 2 นิ้ว	1	3,700	3,700
6 เพลาแสดนเลส ขนาด 2 หุน	6	380	2,280
7 เพลาแสดนเลส ขนาด 3 หุน	1	880	880
8 เพลาแสดนเลส ขนาด 1 นิ้ว	4	640	2,560
9 แผ่นแสดนเลส 1.2 มม. ขนาด 38 * 90 ซม.	1	800	800
10 แผ่นแสดนเลส 2 มม. ขนาด 100 * 50 ซม.	1	2,500	2,500
11 แผ่นแสดนเลส 1.5 มม. ขนาด 35 * 65 ซม.	2	800	1,600
12 แผ่นแสดนเลส 1.5 มม. ขนาด 35 * 50 ซม.	1	700	700
13 แผ่นแสดนเลส 2 มม. ขนาด 35 * 60 ซม.	1	900	900
14 แผ่นแสดนเลส 1.2 มม. ขนาด 54.5 * 69 ซม.	1	800	800
15 แผ่นแสดนเลส 1.5 นิ้ว. ยาว 150 ซม.	1	700	700
16 น็อตแสดนเลส	1	2,300	2,300
17 ฝาปิดแสดนเลส 2.5 นิ้ว	24	60	1,440
18 แบร้งยูนิตขนาดเพลาสวม 1"	4	160	640
19 ลูกปืนแบบปรับศูนย์ได้	4	318	1,272
20 ค่าจ้างกลึงตั้งศูนย์ชุดคัน	2	1,000	2,000
21 ค่าจ้างกลึงเลื้อลูกปืน	4	300	1,200
22 ค่าจ้างตัดท่อแสดนเลส	2	100	200
23 ค่าจ้างเชื่อมชุดคัน	2	2,700	5,400
24 เกียร์ทดรอบ 1: 60	1	2,950	2,950
25 มอเตอร์ 1 แรง	1	3,480	3,480
26 คัปปลิง	1	560	560
27 ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	1	25,000	25,000
		รวม	74,942

4.4 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ

การทดสอบเครื่องคั้นน้ำส้มแบบอัตโนมัติ โดยทำการทดสอบที่ความเร็วรอบชุดคั้น 10 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นความเร็วรอบที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งผลการทดสอบออกเป็น 2 ขนาดความโคผลส้ม คือ ส้มขนาดผล 50-55 มิลลิเมตร และ 55-60 มิลลิเมตร โดยหาค่าประสิทธิภาพการคั้นน้ำส้ม ความสามารถในการคั้น และเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย ผลการทดสอบในภาคผนวก ง. สามารถสรุปผลการทดสอบดังแสดงตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบเครื่องคั้นน้ำส้มต้นแบบ

ขนาดผลส้ม (มิลลิเมตร)	ความสามารถในการคั้น (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	อัตราป้อนผลส้ม (ผลต่อชั่วโมง)	อัตราการคั้นน้ำส้ม (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ประสิทธิภาพการคั้น (เปอร์เซ็นต์)
50-55	477.16	6,456.19	221.99	93.07
55-60	594.40	6,695.00	262.88	87.82

จากการประเมินผลเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติต้นแบบ เมื่อนำมาคั้นส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งขนาดเส้นศูนย์กลางระหว่าง 50-55 มิลลิเมตรพบว่า มีความสามารถในการคั้น อัตราป้อนผลส้ม อัตราการคั้นน้ำส้ม และประสิทธิภาพการคั้น เท่ากับ 477.16 กิโลกรัมต่อชั่วโมง, 6,456.19 ผลต่อชั่วโมง, 221.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 93.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อนำมาคั้นส้มขนาดเส้นศูนย์กลางระหว่าง 55-60 มิลลิเมตรพบว่า มีความสามารถในการคั้น อัตราป้อนผลส้ม อัตราการคั้นน้ำส้ม และประสิทธิภาพการคั้น เท่ากับ 594.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง, 6,695.00 ผลต่อชั่วโมง, 262.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 87.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการทดสอบแม้จะมีความเร็วรอบในการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องต้นแบบที่เท่ากัน แต่ผลการทดสอบจะได้ค่าความสามารถในการคั้นและอัตราป้อนผลส้มไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของผลส้มมีผลต่อการป้อนผลส้มเข้าสู่ชุดคั้นและการคั้น ส้มขนาดผลเล็กมักเกิดการขัดตัวของผลส้มในรางลำเลียงผลส้มเข้าสู่ชุดคั้น จึงมีผลทำให้การเคลื่อนที่ของผลส้มลงชุดคั้นอาจเกิดการชะงักเป็นบางจังหวะ ทำให้อัตราป้อนผลส้ม (ผลต่อชั่วโมง) ต่ำกว่าส้มผลโต และมีผลทำให้อัตราการคั้นน้ำส้มต่ำตามไปด้วย อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าขนาดผลส้ม 50-55 มิลลิเมตร จะมีประสิทธิภาพการคั้นสูงกว่า ทั้งนี้เนื่องจากการออกแบบข้างต้นต้องการคั้นผลส้มผลเล็ก ที่มีราคาถูก และเป็นส้มที่นิยมนำมาใช้คั้นมากที่สุดด้วย (ขนาดหลุมคั้นออกแบบให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร) ดังนั้นเมื่อนำมาคั้นผลส้มที่มีขนาดโตกว่า 55 มิลลิเมตร จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการคั้นลดลง

อย่างไรก็ตามเมื่อลองทดสอบกับผลสัมที่เล็กมาก ๆ ก็เกิดปัญหาขึ้นเช่นกันคือ ผลสัมจะถูกป้อนเข้าหลุมคันมากกว่าหนึ่งผล มีผลทำให้ระบบผ่าผลสัมทำงานผิดพลาด และมีผลทำให้น้ำมันที่เปลือกสั้หลุมคันออกมากับน้ำสั้คันข้างมาก

4.5 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

เงื่อนไขต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินผลมีดังนี้

1. ใช้วิธีเส้นตรงในการคิดค่าเสื่อมราคา
2. ไม่คิดค่าโรงเรือน ค่าภาษี และค่าประกัน
3. คิดค่าใช้จ่ายในปี 2551 เป็นฐานการคำนวณ
4. ใช้ผู้ปฏิบัติงาน 2 คน
5. การวิเคราะห์นี้เปรียบเทียบกับเสมือนเป็นผู้ประกอบการเอง

การประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์ครอบคลุมถึงค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงาน ระยะเวลาคืนทุน และผลตอบแทนที่ได้รับ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ

- P = 100,000 บาท (ราคาเครื่องรวมต้นกำลัง)
- S = 10 เปอร์เซ็นต์ของ P
- Y = 10 ปี (อายุการใช้งาน)
- I = 7.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี
- h = 6 ชั่วโมงต่อวัน
- L = 318 บาทต่อวัน (อัตราค่าแรงขั้นต่ำจังหวัดเชียงใหม่ ตามประกาศกระทรวงแรงงาน พุทธศักราช 2551 คือ 159 บาท/คน/วัน)
- e = 3 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
- Cap = 477.16 และ 594.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
- E = 0.746 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง
- = 4. บาทต่อวัน (คิดชั่วโมงการทำงานวันละ 6 ชั่วโมง)
- R&M = 50 เปอร์เซ็นต์ของ E
- = 3.357 บาทต่อวัน
- CR = 1 บาทต่อกิโลกรัม
- A = 50,100,150,200,250,300 วันต่อปี

จากข้อกำหนดต่าง ๆ ดังกล่าว สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

1. กรณีที่ใช้สัมมนาด 50-55 มิลลิเมตร

TC (บาทต่อปี)	$= 15,750 + 324.71A$	...(4.1)
ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม)	$= (15,750 + 324.71A) / 2,862.96A$	...(4.2)
ผลตอบแทนสุทธิ	$= 2,862.96A(CR)A - 324.71A - 15,750$	...(4.3)
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	$= 100,000 / [2,862.96A(CR)A - 324.71A - 15,750]$	...(4.4)

2. กรณีที่ใช้สัมมนาด 55-60 มิลลิเมตร

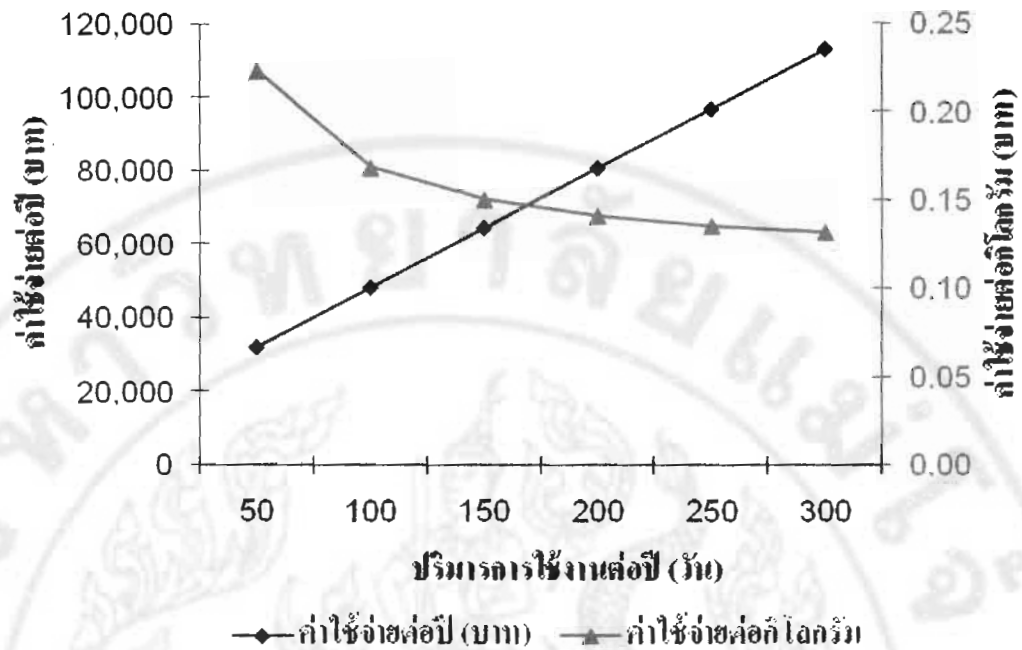
TC (บาทต่อปี)	$= 15,750 + 324.71A$	...(4.5)
ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม)	$= (15,750 + 324.71A) / 3,566.40A$	...(4.6)
ผลตอบแทนสุทธิ	$= 3,566.40 (CR)A - 324.71A - 15,750$	...(4.7)
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	$= 100,000 / [3,566.40 (CR)A - 324.71A - 15,750]$	...(4.8)

จากผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ (ภาคผนวก ง.) สามารถแยกวิเคราะห์ออกเป็น 2 ข้อ คือ ค่าใช้จ่ายในการทำงานและผลตอบแทน ดังแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.5.1 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน

ก. กรณีเมื่อทำการคั่นน้ำส้มจำหน่ายโดยใช้สัมมนาด 50-55 มิลลิเมตร

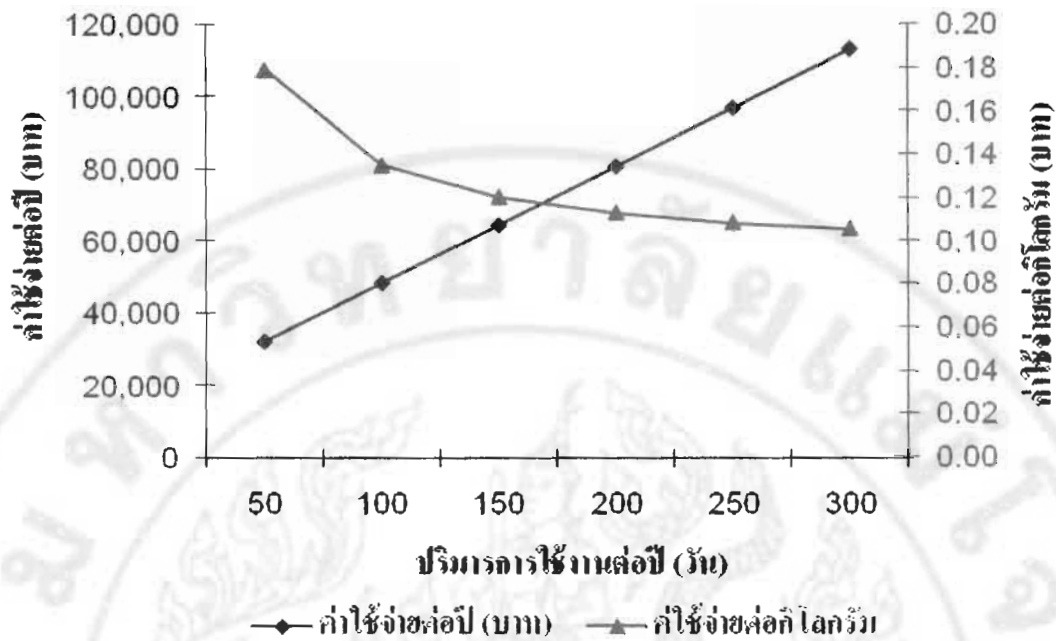
การวิเคราะห์แสดงในภาพที่ 4.2 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายการทำงานเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้งาน แต่ค่าใช้จ่ายต่อกิโลกรัมลดลง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.13-0.22 บาทต่อกิโลกรัม



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและปริมาณการใช้งานเมื่อทำการคั่นน้ำส้มจำหน่าย โดยใช้
สั้มนขนาด 50-55 มิลลิเมตร

ข. กรณีเมื่อทำการคั่นน้ำส้มจำหน่ายโดยใช้สั้มนขนาด 55-60 มิลลิเมตร

ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการทำงานแสดงในภาพที่ 4.3 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าค่าใช้จ่ายการทำงานเพิ่มขึ้นตามปริมาณการใช้งาน แต่ค่าใช้จ่ายต่อกิโลกรัมลดลง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.11-0.18 บาทต่อกิโลกรัม



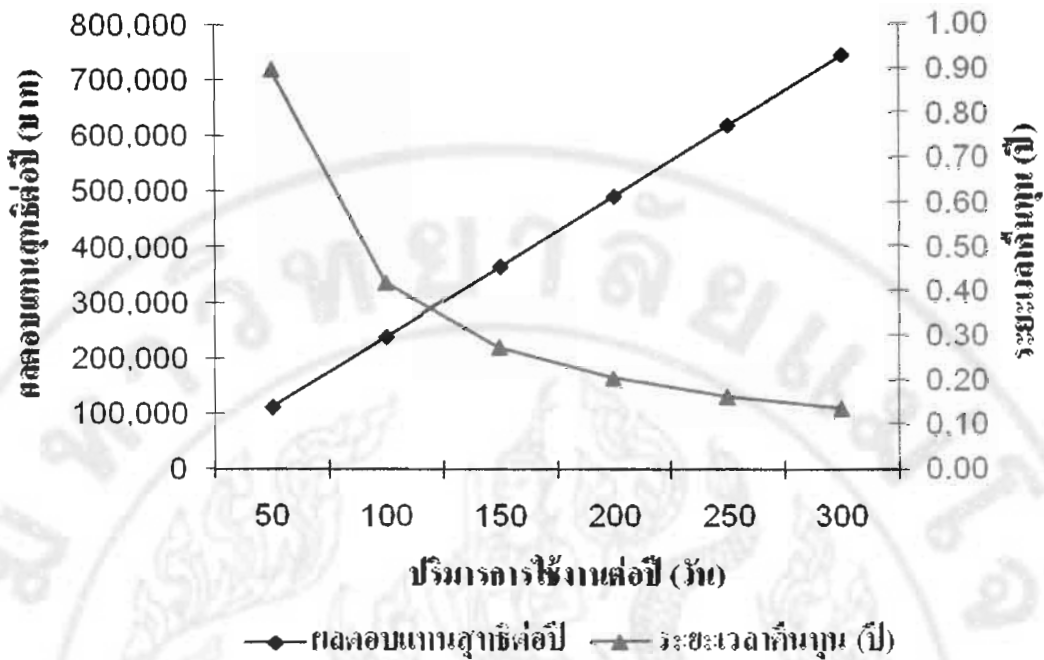
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายและปริมาณการใช้งานเมื่อทำการคั่นน้ำส้มจำหน่าย โดยใช้ส้มขนาด 55-60 มิลลิเมตร

4.5.2 ผลตอบแทนในการทำงาน

การกำหนดอัตราค่ารับจ้างในการคั่นน้ำส้ม จะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพเศรษฐกิจ ค่าจ้างแรงงานคนในการคั่นน้ำส้ม เป็นต้น ทั้งนี้ อัตราค่ารับจ้างที่นำมาวิเคราะห์เป็นเพียงข้อเสนอแนะในการปฏิบัติงานจริง ในที่นี้จะใช้อัตราค่ารับจ้างในการคั่นน้ำส้ม 2 บาทต่อกิโลกรัม เมื่อทำการคั่นน้ำส้มจำหน่ายโดยใช้ส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร และขนาด 55-60 มิลลิเมตร 2 ระดับ โดยใช้ข้อมูลจากหัวข้อ 4.5 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ดังนี้

ก. กรณีเมื่อทำการคั่นน้ำส้มจำหน่ายโดยใช้ส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร

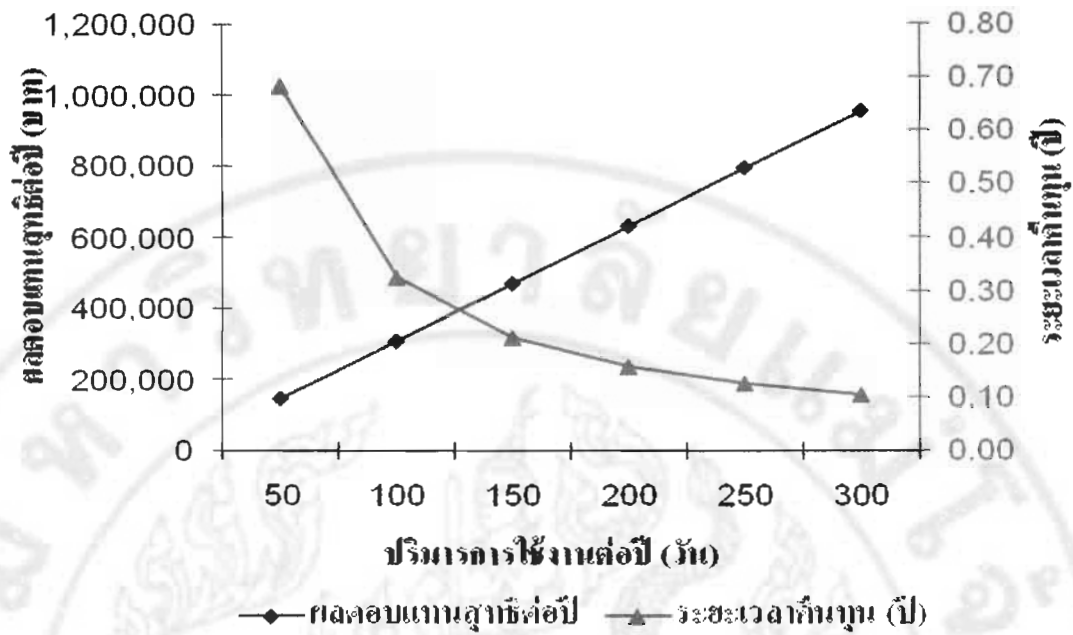
การวิเคราะห์แสดงในภาพที่ 4.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าปริมาณการใช้งานต่อปีเพิ่มขึ้น ผลตอบแทนสุทธิก็จะเพิ่มขึ้น แต่ระยะเวลาคืนทุนจะลดลงเรื่อย ๆ จนเกือบคงที่ นั่นคือผลตอบแทนสุทธิจะแปรผันตรงกับปริมาณการใช้งานเครื่องต่อปี และระยะเวลาคืนทุนลดลงก็จะได้ทุนในระยะเวลาอันรวดเร็ว โดยระยะเวลาคืนทุนอยู่ในช่วง 0.13- 0.90 ปี (48-329 วัน)



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนปริมาณการใช้น้ำและระยะเวลาคืนทุน เมื่อทำการคั้นน้ำส้มจำหน่าย โดยใช้ส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร

ข. กรณีเมื่อทำการคั้นน้ำส้มจำหน่ายโดยใช้ส้มขนาด 55-60 มิลลิเมตร

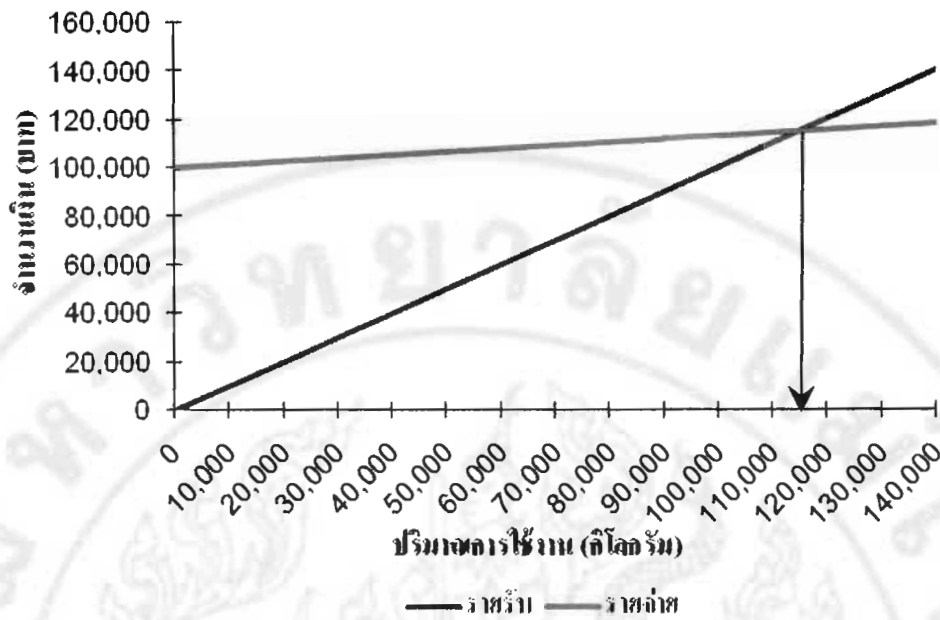
ผลการวิเคราะห์แสดงในภาพที่ 4.5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การดำเนินงานกิจการมีแนวโน้มของผลตอบแทนสุทธิและระยะเวลาคืนทุนใกล้เคียงกับกรณีเมื่อทำการคั้นน้ำส้มจำหน่ายโดยใช้ส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร โดยระยะเวลาคืนทุนจะสั้นกว่าการคั้นน้ำส้มจำหน่ายโดยใช้ส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร นั่นคือ จะได้คืนทุนเร็วกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับที่ปริมาณการใช้น้ำต่อปีเท่ากัน ซึ่งระยะเวลาคืนทุนอยู่ในช่วง 0.10-0.68 ปี (36.5-248.2 วัน)



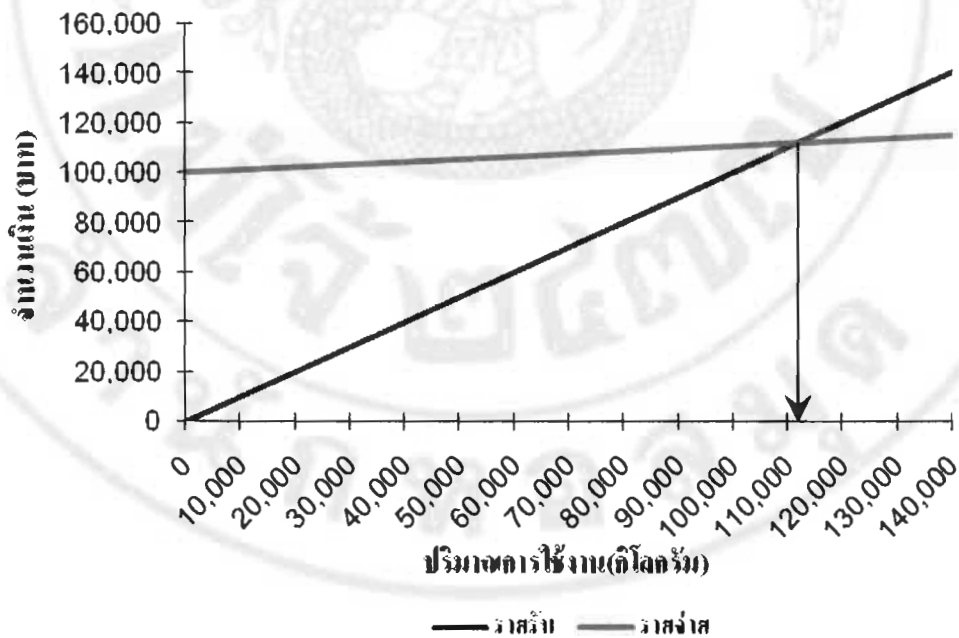
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างผลตอบแทนปริมาณการใช้งานและระยะเวลากู้ทุน เมื่อทำการ
คั่นน้ำส้มจำหน่าย โดยใช้ส้มขนาด 55-60 มิลลิเมตร

4.3.3 จุดคุ้มทุน

จากภาพที่ 4.6 และ 4.7 ถ้านำส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร มาทำการคั่นจำหน่ายต้องทำการคั่นส้ม
อย่างน้อย 114,858 กิโลกรัมจึงจะคุ้มทุน และถ้านำส้มขนาด 55-60 มิลลิเมตรมาทำการคั่นจำหน่ายต้อง
ทำการคั่นส้มอย่างน้อย 111,501 กิโลกรัมจึงจะคุ้มทุน



รูปที่ 4.6 การหาจุดคุ้มทุนที่ขนาดผลส้ม 50-55 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.7 การหาจุดคุ้มทุนที่ขนาดผลส้ม 55-60 มิลลิเมตร

บทที่ 5

สรุป

การออกแบบเครื่องคั้นน้ำส้มแบบอัตโนมัติต้นแบบ มีขั้นตอนการวิจัยคือ การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของส้ม เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปออกแบบเครื่องต้นแบบตามเกณฑ์การออกแบบ ซึ่งจะเน้นความสามารถในการทำงาน ประสิทธิภาพการคั้น และคุณภาพของน้ำส้มที่ได้ โดยค่าชี้ผลได้แก่ความสามารถในการคั้น และประสิทธิภาพการคั้นน้ำส้มของเครื่อง

5.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของส้มที่จะนำมาคั้น

ส้มที่นิยมนำมาคั้นคือส้มเบอร์ 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง ความหนาเปลือก เฉลี่ยเท่ากับ 52.61, 46.06 และ 2.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนส้มเบอร์ 3 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง ความหนาเปลือก เฉลี่ยเท่ากับ 47.84, 43.89 และ 2.34 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงนำมาพิจารณาในการออกแบบชุดคั้นโดยให้ขนาดความโตของลูกคั้นและหลุมคั้นสามารถรองรับกับขนาดของผลส้มที่ 45-55 มิลลิเมตร มีความลึกของหลุมคั้นและความสูงของหัวคั้นไม่ต่ำกว่า 25 มิลลิเมตร มีระยะห่างระหว่างลูกคั้นและหลุมคั้นไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันมิให้น้ำมันที่เปลือกส้มแตกขณะทำการคั้น มีผลทำให้น้ำส้มมีรสขมได้

และผลการทดสอบแรงที่ใช้คั้นน้ำส้มพบว่าจะใช้แรงกดอัดสูงสุดเฉลี่ยคือ 646.76 นิวตัน เมื่อให้ระยะห่างระหว่างหลุมคั้นและหัวคั้นน้อยสุด คือ 2.5 มิลลิเมตร ซึ่งที่เงื่อนไขดังกล่าวจะให้ประสิทธิภาพการคั้นสูงสุด แต่ทำให้เกิดการแตกของเปลือกส้ม ซึ่งอาจทำให้น้ำส้มมีรสขมได้ เนื่องจากน้ำมันที่เปลือกส้มแตกตัวปนออกมากับน้ำส้ม และเมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างหลุมคั้นและหัวคั้นมากขึ้น แม้จะใช้แรงในการกดอัดน้อยลง แต่ก็ทำให้ประสิทธิภาพการคั้นลดลงด้วยเช่นกัน

สำหรับการศึกษามุมวางใบมีดที่ใช้สำหรับผ่าผลส้มพบว่า มุมวางใบมีดที่ใช้พลังงานและแรงตัดน้อยที่สุดคือมุมวางใบมีดที่ 45 องศา กับวัตถุที่ตัด ดังนั้นในการออกแบบชุดใบมีดที่ใช้ผ่าผลส้มของเครื่องต้นแบบจะต้องวางมุมใบมีดกับผลส้มที่ต้องการผ่าเป็นมุม 45 องศาเสมอ

5.2 คุณสมบัติเครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติต้นแบบ

โครงสร้างเครื่องทำจากสเตนเลสสตีลขนาด 2x2 นิ้ว ออกแบบให้มีมิติความกว้าง ความยาว และความสูงเท่ากับ 820, 900, และ 1,480 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดันกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส 1 แรงม้า ส่งกำลังผ่านกระปุกเกียร์อัตราทด 60 : 1 ผ่านเฟืองเกียร์ขนาด 67 ฟัน จำนวน 4 ชุด และ 26 ฟัน

1 ชุด ชุดคั้นเป็นแบบโรตารีประกอบด้วยหลุมคั้นที่ทำจากกระบอกสแตนเลส จำนวน 2 ท่อน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 114 มิลลิเมตร ออกแบบให้มีหลุมคั้นทั้งสิ้น 24 หลุมคั้น และหัวคั้นที่ทำจากซูเปอร์รีนจำนวน 24 หัว ติดตั้งบนสกรูสแตนเลสที่สามารถปรับระยะได้ และติดตั้งอยู่บนเพลลา สแตนเลสหมุนสัมพันธ์กับเพลลาหลุมคั้น ออกแบบตะกร้ารองรับผลส้มให้มีมิติความกว้าง ความยาว และความสูงเท่ากับ 380, 800, และ 350 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเพื่อให้ผลส้มถูกป้อนเข้าชุดคั้นอย่างเป็นระบบจึงออกแบบอุปกรณ์ป้อนผลส้มโดยออกแบบเป็นลูกกลิ้งสแตนเลสขนาด 63.5 มิลลิเมตร จำนวน 5 ชุด ขับเคลื่อนด้วยฟันเฟืองและโซ่ การผ่าผลส้มใช้ใบมีดสแตนเลสติดตั้งบนแผ่นประกอบที่ทำจากแผ่นสแตนเลส ออกแบบให้เป็นรูปสามเหลี่ยมยาวตลอดชุดคั้น และการแยกเปลือกส้มและน้ำส้มจะถูกแยกออกจากกันด้วยตะแกรงสแตนเลส ซึ่งติดตั้งไว้ด้านล่างชุดคั้นทั้งสองด้าน

5.3 สรุปผลการทดสอบ

เมื่อทำการประเมินผลการทำงานของเครื่องคั้นแบบและทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า

1. จากผลการทดสอบเครื่องคั้นน้ำส้มด้วยความเร็วรอบชุดคั้น 10 รอบต่อนาที พบว่า การทดสอบด้วยขนาดผลส้ม 50-55 มิลลิเมตร มีความสามารถในการคั้นเฉลี่ย 477.16 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 6,456.19 ผลต่อชั่วโมง มีอัตราการคั้นน้ำส้มเฉลี่ย 221.99 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการคั้นเฉลี่ยเท่ากับ 93.07 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดสอบด้วยขนาดผลส้ม 55-60 มิลลิเมตรมีความสามารถในการคั้น 594.40 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและ 6,695.00 ผลต่อชั่วโมง มีอัตราการคั้นน้ำส้ม 262.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพในการคั้นเฉลี่ยเท่ากับ 87.82 เปอร์เซ็นต์

2. จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่าถ้าปริมาณการใช้งานต่อปีเพิ่มขึ้น ผลตอบแทนสุทธิก็จะเพิ่มขึ้น ระยะเวลาคืนทุนจะลดลง โดยเมื่อทำการคั้นส้มที่มีขนาด 50-55 มิลลิเมตร ต้องทำการคั้นน้ำส้ม 114,858 กิโลกรัมจึงจะคุ้มทุน มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ระหว่าง 0.13- 0.90 ปี (48-329วัน) และเมื่อทำการคั้นน้ำส้มที่มีขนาด 55-60 มิลลิเมตร จะต้องทำการคั้นน้ำส้ม 111,501 กิโลกรัมจึงจะคุ้มทุน มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ระหว่าง 0.10- 0.68 ปี (36.5-248.2 วัน)

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. การออกแบบตะกร้ารองรับผลส้มอยู่ในตำแหน่งที่ค่อนข้างสูง อาจเกิดความไม่สะดวกในขณะปฏิบัติงานระยะยาว ดังนั้นหากสามารถลดความสูงของตะกร้าดังกล่าวลงน่าจะลดปัญหาดังกล่าวลงได้

2. ควรจะมีการประเมินผลระยะยาวกว่านี้เพื่อหาข้อดีหรือข้อจำกัดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น โดยการนำไปให้ผู้ประกอบการนำไปใช้งานจริงและให้ผู้ใช้งานประเมินเครื่องคั้นแบบอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2549. **พืชเศรษฐกิจที่สำคัญ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://www.doae.go.th/data/kasetF.htm>

กรุง จันทรีศรี และสมภพ แก้วเย็น. 2545. **การออกแบบและประเมินผลเครื่องคั้นน้ำส้ม**.

โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและ
อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

จุฑามาส อ่อนนิมิต. 2547. **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสวนส้ม**. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: เกษตรสาส์น

ชนะเลิศ วรเศรษฐกิจ ธีรภักดิ์ โสธิตาภา นกมล แสงนกร และวสิน สารวิทย์. 2542.

เครื่องคั้นน้ำส้มแบบอัตโนมัติ. โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยวัฒน์ เผ่าตันทดพาณิชย์. 2543. **เครื่องคั้นน้ำผลไม้ระดับครัวเรือน**. [ออนไลน์].

เข้าถึงได้จาก: <http://www.doa.go.th/data-agri/machine/mach72.html>

ชัยวัฒน์ รัตนชัยสกุล และวิสันต์ แก้วมณี. 2546. **การศึกษาและออกแบบโมเดลชุดคั้นน้ำส้มโดยไม่ผ่าผลส้ม**.

โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ทวีภูมิ ไคว้ตระกูล ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย และมิธคา เกื้อนมูลแสน. 2541. **เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ**.

โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เปรมปรี ฌ สงขลา. 2538. **รวมกลยุทธส้ม**. กรุงเทพฯ: เจริญรัฐการพิมพ์

พาณิชย์ ยศปัญญา. 2540. **คัมภีร์มีอาชีพศาสตร์แห่งส้ม**. กรุงเทพฯ: มติชน

วรศิลป์ วิจิประทีปจิตร และวิชาญ วรรณเลิศศรี. 2537. **เครื่องคั้นน้ำส้มอัตโนมัติ**.

โครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สินธนา ลีนานุรักษ์. 2542. **การแปรรูปผักและผลไม้**. ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 ภาควิชาเทคโนโลยี

ทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

เสมอขวัญ ดันติกุล. 2546. **การวิจัยและพัฒนาการออกแบบ สร้าง และประเมินผลเครื่องคั้น**

อัตโนมัติ และถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจชุมชน. รายงานการวิจัย

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.



ตารางที่ ก.1 ผลตอบแทนและระยะเวลาการคืนทุน เมื่อทำการคั่นน้ำส้มขายโดยใช้ส้มขนาด 50-55 มิลลิเมตร

คำใช้จ่าย	ปริมาณการทำงานต่อปี (วัน)						
	50	100	150	200	250	300	
1. รายได้							
1.1 อัตราค่าจ้างคั่นส้ม (บาทต่อลิตร)	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ปริมาณการทำงาน (กิโลกรัมต่อปี)	143,148	286,296	429,444	572,592	715,740	858,888	858,888
1.3 รายได้ (บาทต่อปี)	143,148	286,296	429,444	572,592	715,740	858,888	858,888
2. ค่าใช้จ่ายคงที่							
2.1 ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
2.2 ค่าดอกเบี้ย (บาทต่อปี)	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750
2.3 รวม (บาทต่อปี)	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750
3. ค่าใช้จ่ายผันแปร							
3.1 ค่าแรงงาน (บาทต่อปี)	15,900	31,800	47,700	63,600	79,500	95,400	95,400
3.2 ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อปี)	671.40	1342.80	2014.20	2685.60	3357.00	4028.40	4028.40
3.3 ค่าซ่อมบำรุง (บาทต่อปี)	335.70	671.40	1007.10	1342.80	1678.50	2014.20	2014.20
4. รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาทต่อปี)	32,657.10	49,564.20	66,471.30	83,378.40	100,285.50	117,192.60	117,192.60
5. ผลตอบแทนสุทธิ (บาทต่อปี)	110,490.90	236,731.80	362,972.70	489,213.60	615,454.50	741,695.40	741,695.40
6. ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม)	0.22	0.17	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13
7. ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	0.90	0.43	0.27	0.20	0.16	0.13	0.13

ตารางที่ ก.2 ผลตอบแทนและระยะเวลาการคืนทุน เมื่อทำการค่นน้ำดื่มขายโดยใช้สั้ขนาด 55-60 มิลลิเมตร

ค่าใช้จ่าย	ปริมาณการทำงานต่อปี (วัน)					
	50	100	150	200	250	300
1. รายได้						
1.1 อัตราค่าจ้างคนส้ม (บาทต่อลิตร)	1	1	1	1	1	1
1.2 ปริมาณการทำงาน (กิโลกรัมต่อปี)	178,320	356,640	534,960	713,280	891,600	1,069,920
1.3 รายได้ (บาทต่อปี)	178,320	356,640	534,960	713,280	891,600	1,069,920
2. ค่าใช้จ่ายคงที่						
2.1 ค่าเสื่อมราคา (บาทต่อปี)	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000
2.2 ค่าคอกกบี่ (บาทต่อปี)	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750	6,750
2.3 รวม (บาทต่อปี)	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750	15,750
3. ค่าใช้จ่ายผันแปร						
3.1 ค่าแรงงาน (บาทต่อปี)	15,900	31,800	47,700	63,600	79,500	95,400
3.2 ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อปี)	671.40	1342.80	2014.20	2685.60	3357.00	4028.40
3.3 ค่าซ่อมบำรุง (บาทต่อปี)	335.70	671.40	1007.10	1342.80	1678.50	2014.20
4. รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาทต่อปี)	32,657.10	49,564.20	66,471.30	83,378.40	100,285.50	117,192.60
5. ผลตอบแทนสุทธิ (บาทต่อปี)	145,662.90	307,075.80	468,488.70	629,901.60	791,314.50	952,727.40
6. ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (บาทต่อกิโลกรัม)	0.18	0.14	0.12	0.12	0.11	0.11
7. ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	0.68	0.32	0.21	0.16	0.12	0.10