

พัฒนาการเครื่องผ่าผลมังคุด

Development of Mangosteen Cutting Machine

บัณฑิต จริโมภาส¹ กิตติเดช โพธิ์นิยม² และ สุชาติ สุขารมณ์³
Bundit Jarimopas, Kittidet Phoetiniyom, and Supachart Sukharomana

ABSTRACT

This research was to design, construct, test, and evaluate the Mangosteen Cutting Machine (MCM) for mangosteen freezing export industry. The developed MCM was categorized into a) the manually operated type comprising steel cylindrical base of 70 mm. radius and 25 mm. high, 47 mm. cylindrical rubber supporter which was bored hemispherically to hold the fruit firmly during cutting, knife with horizontal and vertical screw control and b) the semi-automatic type comprising the 220 V. 50 Hz 1- Phase 1/4 Hp. driving motor, 1:20 gear reducer, gearing system, cutting knife of semi-elliptical shape with 2 cm. wide and 6 cm. long., a replacable rubber seat according to fruit sizes. Timer switch was also included and the knife was controlled by 1 kg./cm. solenoid switch.

Testing of the manually-operated MCM revealed that the machine could cut small (S), medium (M), and large (L) mangosteens at the rate of 109, 107 and 101 fruits/hr., respectively. One hundred percentage of smooth cut and cutting openability were obtained. Less than 20% of fruit samples showed not close-loop cut.

Two prototypes of semi-automatic MCM with similar principal components were developed. Rubber seat of the first MCM was built to hold mangosteen stationarily during cutting without hands while that of the second MCM needed a hand to do so.

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Kamphaengsaen, Nakornpathom 73140, Thailand.

² ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

National Agricultural Machinery Center, Kasetsart University Research and Development Institute, Kasetsart University, Kamphaengsaen, Nakornpathom 73140, Thailand.

³ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Agricultural Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

Cutting experiments with the newly-harvested mangosteen of 3 different sizes (small, medium and large), 50 fruits each showed that the first MCM could cut mangosteens at the capacity of 237, 214 and 216 fruits/hr. for S, M and L sizes. All fruits were easily openable. More than 80% of the cut mangosteen has close cut. More than 92% of the samples had neat cut. The second MCM could cut mangosteen fruits of lower quality (open-market mangosteen) better than the first MCM, ie, for S, M and L sizes it could cut mangosteen at the capacity of 413, 363 and 377 fruits/hr. with no close-loop cut less than 10%. Openability of the cut was 100%. Small fruit could be easily opened while bigger fruits were difficult to open. This might be due to some mechanical damage inherent to the fruits from the market.

Economic study showed that the investment on materials and labor amounting to 7,130 baht to construct a MCM. Expenses on mechanical cutting of 100 mangosteen fruits did not exceed 7.50 baht.

Key words : postharvest machinery, mangosteen

บทคัดย่อ

งานวิจัยและพัฒนานี้เพื่อที่จะออกแบบ สร้าง ทดสอบและประเมินผลเครื่องผ่าผลมังคุด เพื่อการส่งออกผลมังคุดแช่แข็ง เครื่องผ่าผลมังคุดที่ได้ถูกพัฒนาขึ้นมี 2 แบบ ก) เครื่องผ่าผลมังคุดแบบทำงานด้วยมือ ประกอบด้วย ฐานทำด้วยเหล็กทรงกระบอกรัศมี 70 มม. สูง 25 มม. แท่นรองรับผลมังคุดทำด้วยยางรูปทรงกระบอกรัศมี 47 มม. ตรงกลางถูกคว้านครึ่งวงกลมเพื่อให้ผลมังคุดวางอยู่ได้สนิท ชุดใบมีดที่ควบคุมให้ปรับได้ทั้งแนวดิ่งและแนวระดับ ข) เครื่องผ่าผลมังคุดแบบกึ่งอัตโนมัติ ประกอบด้วยมอเตอร์ต้นกำลังขนาด 220 V. 50 Hz. เฟสเดียว 1/4 แรงม้า เกียร์ทดอัตรา 1:20 ชุดเฟืองขับ ชุดใบมีดผ่าลักษณะครึ่งวงรี ฐานกว้าง 2 ซม. สูง 6 ซม. ควบคุมการทำงานด้วยสวิทช์โซลินอยด์ขนาด 1 กก./ซม. เบ้าขังติดตั้งผลมังคุดที่ถอดปรับเปลี่ยนขนาดได้ตามขนาดมังคุดและสวิทช์ Timer

การทดลองใช้เครื่องผ่าผลมังคุดแบบทำงานด้วยมือ ผ่าผลมังคุด ปรากฏว่า เครื่องสามารถผ่าได้ 109, 107 และ 101 ผล/ชม. สำหรับผลมังคุดขนาดเล็ก (S)

กลาง (M) และใหญ่ (L) รอยผ่าเรียบและเปิดออกได้ง่ายทั้งหมด รอยผ่าไม่บรรจบกันต่ำกว่าร้อยละ 20

เครื่องต้นแบบกึ่งอัตโนมัติที่ได้มี 2 แบบ มีส่วนประกอบหลักเหมือนกันแต่แบบแรกเข้าข้างปรับให้จับผลมังคุดอยู่กับที่ได้ระหว่างการผ่าโดยไม่ต้องใช้มือคนจับผลมังคุด แบบที่สองต้องใช้มือคนกดผลมังคุดให้กระชับกับเบ้าขังตลอดการผ่าจากการทดลองใช้แบบแรกผ่าผลมังคุดเก็บใหม่จากสวน 3 ขนาด (เล็ก กลาง ใหญ่) อย่างละ 50 ผล พบว่า เครื่องสามารถเปิดผลมังคุดได้ 237, 214 และ 216 ผล/ชม. สำหรับมังคุดผลเล็ก กลาง ใหญ่ โดยสามารถเปิดผลมังคุดออกได้ง่ายทุกผล กว่าร้อยละ 80 ของผลมังคุดที่ถูกผ่ามีรอยผ่าบรรจบกัน ร้อยละ 92 ขึ้นไปของตัวอย่างมีรอยผ่าเรียบ เครื่องผ่าผลมังคุดแบบที่ 2 สามารถเปิดผลมังคุดที่คุณภาพด้อยกว่า (มังคุดจากตลาดสด) ได้เร็วกว่ากล่าวคือ สำหรับผลมังคุดขนาด S, M และ L สามารถเปิดออกได้ 413, 363 และ 377 ผล/ชม. โดยมีรอยผ่า ที่ไม่บรรจบกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ความสามารถในการเปิด ออกได้หมดทุกผล เปิดได้ง่ายในผลเล็กแต่ผลโตขึ้นจะค่อนข้างยากอันนี้น่าจะเนื่องมาจากความเสียหายเชิงกลของผลโตที่มีมาจากตลาด

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า เครื่องผ่าม้งคุดทั้งสองแบบ ใช้เงินลงทุนเฉพาะค่าวัสดุและแรงงานประมาณ 7,130 บาท/เครื่อง ค่าใช้จ่ายในการผ่าม้งคุดต่อม้งคุด 100 ผล ไม่เกิน 7.50 บาท

คำนำ

ม้งคุดเป็นผลไม้ไทยที่เป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศมาก (นิรนาม, 2532 ก., 2533) ปริมาณการส่งออกของไทยตอบสนองตลาดได้น้อยมาก (1-2% ของปริมาณที่ผลิตได้) รูปแบบหนึ่งของม้งคุดที่เป็นที่นิยมของตลาดญี่ปุ่น คือ ม้งคุดแช่แข็ง ราคาผลม้งคุดในตลาดญี่ปุ่นผลละประมาณ 80-100 บาท การขายม้งคุดในตลาดโพม ขนาด 50-55 ผล มีราคาดีถึงตลาดละ 1,700 บาท ในอังกฤษม้งคุดมีราคาผลละ 75 บาท (นิรนาม, 2532 ข.)

ตลาดญี่ปุ่นต้องการม้งคุดที่มีขนาดมากกว่า 100 กรัม/ผลขึ้นไป ในขณะที่ตลาดยุโรปต้องการม้งคุดที่มีขนาดข้อมกว่า คือ 70-100 กรัม/ผล บัณฑิต และคณะ (2533) ได้ศึกษาเบื้องต้นหากลไกการผ่าผลม้งคุดและพบว่า การผ่าม้งคุดด้วยเครื่องจักรกล ต้องให้ใบมีดหมุนตัดรอบผล โดยผลม้งคุดอยู่กับที่ และได้ลักษณะและรูปร่างใบมีดที่ใช้กรีดผลม้งคุดที่ได้ให้เรียบร้อยและบรรจบกันสนิท งานวิจัยนี้จึงมุ่งต่อไปที่จะออกแบบ สร้าง ทดสอบและประเมินผลเครื่องผ่าผลม้งคุดที่มีประสิทธิภาพ

ส่วนประกอบและการทำงาน

1) เครื่องผ่าผลม้งคุดทำงานด้วยมือ

Figure 1 แสดงไดอะแกรมสามมิติเครื่องผ่าม้งคุดทำงานด้วยมือ ซึ่งประกอบด้วย ฐานทำด้วยเหล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 70 มม. หนา 25 มม. แท่นรองรับผลม้งคุดเป็นยางถูกคว้านเป็นเบ้าให้วางผลม้งคุด

ลงได้สนิท เป็นยึด ใบมีด ใบมีดทำด้วยเหล็กใบเลื่อย สกรูล็อกการเคลื่อนที่ชุดใบมีดในแนวระดับและแนวตั้ง และสปริง

การผ่าม้งคุดกระทำได้โดยปรับใบมีดให้ยื่นออกมาเพียงพอเพื่อล็อกม้งคุดให้ขาดแต่ไม่ทำอันตรายเนื้อแล้วล็อกใบมีดไว้ ปรับความสูงของชุดใบมีดให้ได้กึ่งกลางผลเหมาะกับขนาด (เล็ก กลาง ใหญ่) ของผลม้งคุดและล็อกไว้ นำผลม้งคุดวางลงในแท่นรองรับผลม้งคุดในลักษณะเอาหัวและกลีบเลี้ยงอยู่ด้านบนปรับชุดใบมีดให้เคลื่อนเข้าหาผลม้งคุดในแนวระดับ ใบมีดแทงเข้าไปในผลม้งคุดเป็นการเริ่มการผ่าล็อกใบมีดแล้วมือหนึ่งหมุนชุดใบมีดผ่าผลม้งคุดไปโดยรอบ ในขณะที่อีกมือจับผลม้งคุดให้ยึดติดกับแท่นยาง เมื่อครบรอบผ่าแล้ว กลายนิ้วหมายเลข 5 เลื่อนชุดใบมีดออกจากผลม้งคุดและเอาผลม้งคุดออกจากแท่นยาง

2) เครื่องผ่าผลม้งคุดแบบกึ่งอัตโนมัติ

Figure 2 แสดงไดอะแกรมสามมิติเครื่องผ่าม้งคุด รุ่นที่ 1 ประกอบด้วย มอเตอร์ต้นกำลังขนาด 220 V. 50 Hz 1/4 แรงม้า ส่งกำลังที่ 1400 รอบ/นาที เกียร์ทดขนาด 1:20 ชุดเพื่อบีบม้งคุดผ่าผลม้งคุด ลักษณะครึ่งวงรี ฐานกว้าง 2 ซม. สูง 6 ซม. ที่ควบคุมการทำงานด้วยสวิทช์โซลีนอยด์มีขนาด 1 Kg/ cm. เบ้ายางติดตั้งผลม้งคุดที่ถอดเปลี่ยนได้และมีขนาดต่างๆ ตามขนาดม้งคุด (เล็ก กลาง ใหญ่) ให้เลือก

การผ่าม้งคุดกระทำได้โดย นำเอาผลม้งคุดวางลงในเบ้ายางในลักษณะเอาหัวและกลีบเลี้ยงอยู่ด้านบนดึงปลอกเหล็กขึ้นให้เบ้ารัดผลม้งคุดให้กระชับ ปิดสวิทช์ให้ใบมีดทำการผ่าผลม้งคุด ใบมีดจะทำการผ่าโดยอัตโนมัติจนบรรจบครบรอบผลและใบมีดถอนตัวออกจากผลกลับสู่ตำแหน่งปกติ เครื่องผ่าผลม้งคุด รุ่นที่ 2 ส่วนประกอบเกือบทั้งหมดเหมือนรุ่นที่ 1 ต่างกันที่เบ้ายางตรงกลางมีสวิทช์ควบคุมการผ่าแกนลำชั้นเบ้าเป็นเหล็กทรงกระบอกชั้นเดียว (Figure 2) การผ่าผลม้งคุดทำได้เร็วกว่า เพราะผู้ปฏิบัติการเพียง

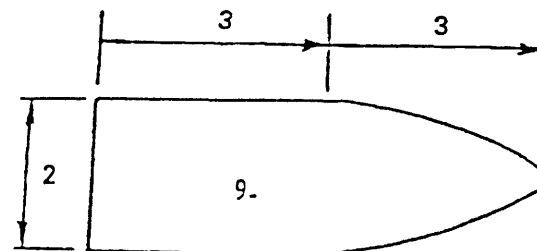
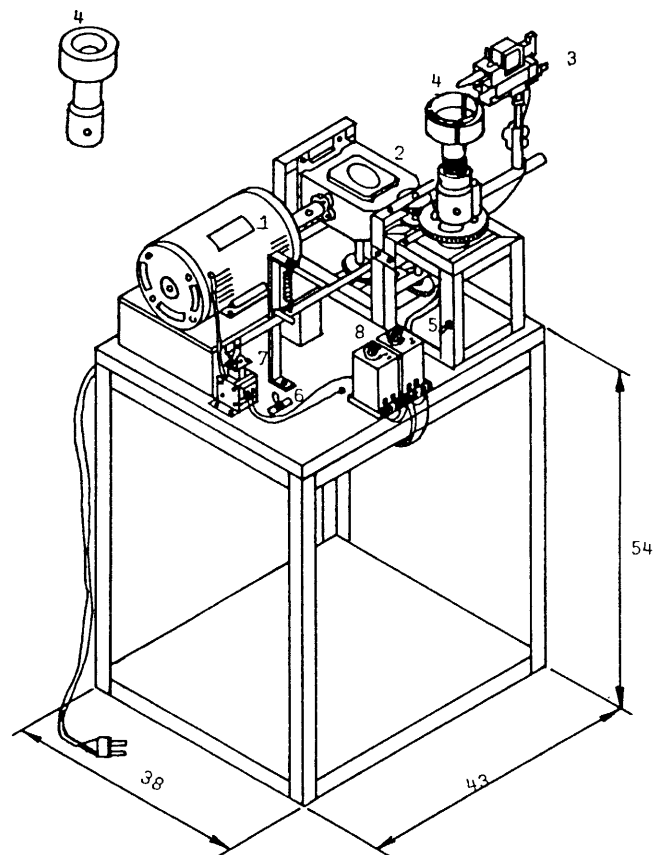


Figure 2 Schematic diagram of Mangosteen Cutting Machine : Type 1

1 = Driving motor, AC. 220 V, 1-Phase, 50 HZ 1/4 HP.

2 = Torque reducer 1 : 20.

3 = Cutting knife set-up with solenoid (1 kg./cm.)

4 = Rubber seat holding mangosteen (varying diameter : 5.0, 5.5 & 6.0 cm)

[Rubber seat no. 4 shown at the left corner was for MCM type 2.]

5 = Switch controlling the knife (one way 220 V. 3 A.)

6 = Switch controlling the whole cutting machine (one way 220 V. 3 A.)

7 = Solenoid (1 kg./cm.)

8 = Timer switch. (0-30 seconds)

9 = Cutting knife.

แต่ว่าผลมังคุดลงในเบ้ากดเล็กน้อยให้ผลสัมผัสสทวิทซ์ไบมีดจะเคลื่อนที่แทงผลมังคุดและผ่าไปโดยรอบผล และเคลื่อนที่ถอนจากผลกลับที่เดิมโดยอัตโนมัติ ผู้ปฏิบัติจะหยิบผลที่ผ่าแล้วออกไป และสามารถเริ่มผ่าผลใหม่ได้ทันที

การทดสอบ

อุปกรณ์การทดสอบ

- เครื่องชั่งไฟฟ้า ขนาด 0-10 กก.
- เวอร์เนียแคลิเปอร์
- นาฬิกาจับเวลา

สำหรับเครื่องรุ่นแรกใช้มังคุดที่เก็บจากต้นใหม่ ๆ 3 ขนาด ๆ ละ 50 ผล ขนาดเล็ก (น้ำหนักเฉลี่ย 69.8 กรัม) ขนาดกลาง (น้ำหนักเฉลี่ย 83.0 กรัม) ขนาดใหญ่ (น้ำหนักเฉลี่ย 107.9 กรัม) ทดสอบผ่าผลมังคุดแต่ละกลุ่มต่อเนื่อง โดยเก็บข้อมูลดังนี้ เวลาในการผ่ามังคุดแต่ละผล น้ำหนัก เส้นผ่าศูนย์กลางผลมังคุดลักษณะรอยผ่า (บรรจบ หรือไม่บรรจบ เรียบดี หรือไม่ดี) สามารถเปิดผลมังคุดออกได้หรือไม่ได้

ในการทดสอบเครื่องรุ่นที่สอง ใช้ผลมังคุดจากท้องตลาด 3 ขนาด ๆ ละ 30 ผล (เล็ก น้ำหนักเฉลี่ย 48.6 กรัม กลาง น้ำหนักเฉลี่ย 68.6 กรัม ใหญ่ น้ำหนักเฉลี่ย 110.5 กรัม) ลักษณะข้อมูลที่เก็บมาวิเคราะห์เหมือนของเครื่องรุ่นที่ 1

การทดสอบเครื่องผ่ามังคุดแบบทำงานด้วยมือ ใช้ผลมังคุดจากท้องตลาด 3 ขนาด ๆ ละ 30 ผล (เล็ก น้ำหนักเฉลี่ย 61.8 กรัม กลาง น้ำหนักเฉลี่ย 83.9 กรัม และใหญ่ น้ำหนักเฉลี่ย 109.7 กรัม) ลักษณะข้อมูลที่เก็บมาวิเคราะห์เหมือนของเครื่องผ่ามังคุดแบบกึ่งอัตโนมัติ

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ที่สัมพันธ์กับเครื่องผ่ามังคุด ครอบคลุมการวิเคราะห์ต้นทุน ค่าก่อสร้าง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และการทดสอบความ

อ่อนไหวของค่าใช้จ่ายในการผ่ามังคุด

ผลและวิจารณ์

1. เครื่องผ่าผลมังคุดทำงานด้วยมือ

Table 1 แสดงผลการวิเคราะห์การทำงานของเครื่องผ่าผลมังคุดปรากฏว่าเครื่องสามารถผ่าผลมังคุดได้ 109, 107, และ 101 ผล/ชม. สำหรับผลมังคุดขนาดเล็ก (S) กลาง (M) ใหญ่ (L) ตามลำดับ ผลมังคุดที่ถูกผ่าสามารถเปิดออกได้ง่ายทั้งหมด รอยผ่ามีลักษณะเรียบทั้งหมด แต่รอยผ่าไม่บรรจบกันไม่เกินร้อยละ 20 สมรรถนะในการผ่ายังอยู่ในเกณฑ์ไม่ดีกว่าวิธีปัจจุบันที่ใช้มือคนผ่า โดยใช้มีดโดยตรง (รัชนี, 2536) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 100 - 120 ผล/คน/ชม.

2. เครื่องผ่าผลมังคุดแบบกึ่งอัตโนมัติ

Figure 3 แสดงเครื่องผ่าผลมังคุดรุ่นที่ 1 Table 1 แสดงผลการวิเคราะห์การทำงานของเครื่องผ่ามังคุดดังกล่าว ปรากฏว่าเครื่องสามารถเปิดผลมังคุดได้ 237, 214 และ 216 ผล/ชม. สำหรับผลมังคุดเล็ก (S) กลาง (M) และใหญ่ (L) โดยสามารถเปิดผลมังคุดออกได้ง่ายทุกผล กว่าร้อยละ 80 ของรอยผ่าบรรจบกันประมาณร้อยละ 16 หรือน้อยกว่านั้นของผลมังคุดตัวอย่างที่ถูกนำมาผ่ามีรอยผ่าไม่บรรจบ นี่น่าจะเป็นผลมาจากเบ้าไม่สามารถยึดผลมังคุดให้แน่นอยู่กับที่ได้อย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามร้อยละ 92 หรือมากกว่าที่รอยผ่าเรียบแสดงว่ามีความคมดี เครื่องผ่าผลมังคุดรุ่นที่ 2 สามารถเปิดผลมังคุดที่คุณภาพด้อยกว่าได้เร็วกว่า กล่าวคือ สำหรับผลมังคุดขนาด S, M และ L สามารถเปิดออกได้ 413, 363 และ 377 ผล/ชม. โดยมีรอยผ่าที่ไม่บรรจบกันไม่เกินร้อยละ 10 คุณสมบัติข้อนี้ที่ปรากฏดีกว่าเครื่องรุ่นแรกน่าจะมาจากการบังคับผลมังคุดอยู่ในเบ้าด้วยมือระหว่างการผ่าในเครื่องรุ่นที่ 2 ที่กระชับแน่นดีกว่าการปล่อยให้เบ้าจับผลมังคุดเองในเครื่องรุ่นแรก อย่างไรก็ตามการใช้

Table 1 Evaluation of Mangosteen Cutting Machine Performance (L = Large, M = Medium and S = Small).

Machine Type	Physical Characteristics of Mangosteen		Capacity (Fruit/hr.)	Cut. Appearance (%)					Openability (%)		
				Close-loop Cut			Neat Cut (IV)	Broken Cut (V)	Easy	Difficult	Inopenable
	Grade	Average Weight (gm)		Good (I)	Not good (II)	Not (III)					
Manually- operated	L	109.7	101.4	mv*	mv	0	100	-	100	-	-
	M	83.9	107.2	mv	mv	14.3	100	-	100	-	-
	S	61.8	109.1	mv	mv	20.0	100	-	100	-	-
MCM Type 1	L	107.9	216.3	12.2	73.2	14.6	97.6	2.4	100	-	-
	M	83.0	213.9	40	58	2	92	8	100	-	-
	S	69.8	237.2	12	72	16	92	8	100	-	-
MCM Type 2	L	110.5	376.6	23.3	66.7	10.0	26.7	73.3	80	20	-
	M	68.6	362.5	96.7	-	3.3	46.7	53.3	90	10	-
	S	48.6	413.3	96.7	3.3	0	83.3	16.7	100	-	-

* mv = missing value

(I) + (II) + (III) = 100%

(IV) +(V) = 100%

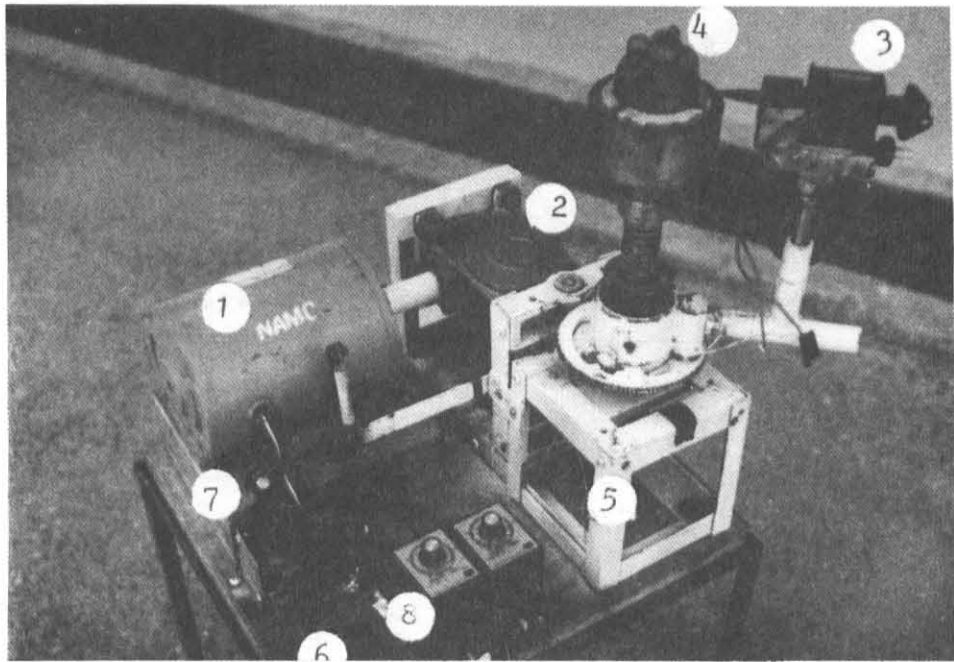


Figure 3 Mangosteen Cutting Machine Type 1.

- 1 = Driving motor, AC. 220 V, 1-Phase, 50 HZ 1/4 HP.
- 2 = Torque reducer 1 : 20.
- 3 = Cutting knife set-up with solenoid (1 kg./cm.)
- 4 = Rubber seat holding mangosteen (varying diameter : 5.0, 5.5 & 6.0 cm.)
- 5 = Switch controlling the knife (one way 220 V. 3 A.)
- 6 = Switch controlling the whole cutting machine (one way 220 V. 3 A.)
- 7 = Solenoid (1 kg./cm.)
- 8 = Timer switch. (0-30 seconds)

ผลมั่งคุดจากท้องตลาดที่ผ่านการขนถ่ายขกตกกระทบ กระแทกหลายครั้ง ทำให้ตัวอย่างการทดลองน่าจะมีความเสียหายเชิงกลมากกว่าตัวอย่างของการทดลอง ในเครื่องรุ่นแรกส่งผลให้ขอบรอยผ่าแตกสูงประมาณ ร้อยละ 17-74 ความสามารถในการเปิดออกได้หมด ทุกผล เปิดได้ง่ายในผลเล็กแต่ผลโตขึ้นจะค่อนข้างยาก อันนี้น่าจะเนื่องมาจากความเสียหายเชิงกลของผลโตที่ มีมาจากตลาด

เครื่องรุ่นที่ 2 มีสมรรถนะดีกว่าแบบแรก คาด

ว่าถ้านำไปผ่าผลมั่งคุดเก็บใหม่น่าจะสามารถผ่าได้ 500 ผล/ชม. ทั้งนี้เนื่องจากผลมั่งคุดจากตลาดมีความเสียหายเชิงกลบ่อยครั้งที่จะมีเปลือกแข็ง ทำให้การผ่าเสีย เวลามาก และลดสมรรถนะของเครื่องผ่าลง

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า

1) ค่าก่อสร้าง

เครื่องผ่ามั่งคุดต้นแบบ (MCM) ใช้ค่าก่อสร้างทั้งสิ้น 7,130 บาท/เครื่อง (Table 2) ค่าใช้จ่าย ดังกล่าวพิจารณาเฉพาะค่าวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงงาน

Table 2 Fabrication cost of MCM type 1.

List	amount	cost (Baht)
1. Materials and small equipment		
1.1 1/4 HP. Electric motor	1	1,500
1.2 1 kg/cm. Solenoid	2	900
1.3 Gear reducer	1	1,200
1.4 Gears	5	450
1.5 Bearings	2	180
1.6 Rubber bar	2	300
1.7 Timer switch	2	1,000
1.8 Other electrical materials		600
1.9 Steel and wooden frame		500
Total(1)		6,630
2. Labor		500
3. Sum (1+2)		7,130

ในการก่อสร้าง ร้อยละ 92.98 ของค่าใช้จ่ายดังกล่าว เป็นค่าวัสดุอุปกรณ์ ค่าก่อสร้างเครื่องฟ้ามังคุดดังกล่าว เมื่อรวมค่าสื้อหุ่ย สำหรับเครื่องจักรเครื่องมือ และการบริหารงาน เพื่อการผลิตเครื่องฟ้ามังคุดดังกล่าว ในอัตราร้อยละ 30 ของค่าใช้จ่ายวัสดุอุปกรณ์ และค่าแรงงานแล้วค่าก่อสร้างเครื่องฟ้ามังคุด จะมีค่าประมาณ 9,256 บาท/เครื่อง

2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

การประมาณค่าใช้จ่ายในการใช้เครื่องฟ้ามังคุด ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ที่สำคัญได้แก่ เงินทุนในเครื่องฟ้ามังคุด อัตราค่าเสื่อมราคา ค่าเสียโอกาสของทุน ค่าไฟฟ้า และค่าจ้างแรงงาน ตลอดจน จำนวนชั่วโมงในการทำงานของเครื่องในแต่ละปี จากการกำหนดเงื่อนไขของเงินลงทุน จำนวน 7,130 บาท/เครื่อง และระยะเวลาในการทำงานของเครื่องปีละ 30 วัน โดยทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายในการฟ้ามังคุด ขนาดผลใหญ่จะมีค่าประมาณ 10.82 บาท ต่อมังคุดที่ฟ้ามังคุดจำนวน 100 ผล ถ้าฟ้ามังคุดขนาดกลางและ

ขนาดเล็กจะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 10.98 และ 9.87 บาทต่อมังคุดจำนวน 100 ผล ตามลำดับ (Table 3) ค่าใช้จ่ายในการฟ้ามังคุดทั้ง 3 ขนาด จะลดลงถ้าจำนวน ชั่วโมงการทำงานของเครื่องเพิ่มสูงขึ้น กล่าวคือ ถ้ามีการใช้เครื่องฟ้ามังคุดจำนวน 120 วันต่อปี หรือ จำนวน 960 ชั่วโมงต่อปี ค่าใช้จ่ายในการฟ้ามังคุดผลขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก จะมีค่า 7.52, 7.63 และ 6.86 บาทต่อมังคุด 100 ผล ตามลำดับจากการแปรเปลี่ยน จำนวนชั่วโมงทำงานของเครื่องจะพบว่าค่าใช้จ่ายในการฟ้ามังคุดจะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 10.83 บาทต่อมังคุด 100 ผล

การทดสอบความอ่อนไหวในค่าใช้จ่ายในการฟ้ามังคุด เมื่อเงินลงทุนในเครื่องฟ้ามังคุดเพิ่มสูงขึ้น โดยสมมติให้เพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 30, 40 และร้อยละ 50 ตามลำดับ ค่าใช้จ่ายในการฟ้ามังคุดของเครื่องที่ดำเนินการเพียงปีละ 30 วัน หรือปีละ 240 ชั่วโมง จะเสียค่าใช้จ่ายสูงสุดไม่เกิน 13.21 บาทต่อมังคุด 100 ผล (Table 4)

Table 3 Expenses on operation of MCM type 1 related to time.

Description	Values corresponding to operation time			
1. Operation time (days/year) 1/	30	60	90	120
2. Hours of operation (hours/year) 2/	240	480	720	960
3. Number of cut Mangosteen				
3.1 Large 3/	51,840	103,680	155,520	207,360
3.2 Medium 4/	51,120	102,240	153,360	204,480
3.3 Small 5/	56,880	113,760	170,640	227,520
4. Fixed cost (Baht/year)				
4.1 Depreciation 6/	1,426.00	1,426.00	1,426.00	1,426.00
4.2 Interest 7/	855.60	855.60	855.60	855.60
4.3 Total 8/	2,281.60	2,281.60	2,281.60	2,281.60
5. Variable cost (Baht/year)				
5.1 Labour 9/	3,000.00	6,000.00	9,000.00	12,000.00
5.2 Electricity 10/	270.00	540.00	810.00	1,080.00
5.3 Maintenance 11/	60.00	120.00	180.00	240.00
5.4 Total 12/	3,330.00	6,660.00	9,990.00	13,320.00
6. Total cost (Baht/year) 13/	5,611.60	8,941.00	12,271.60	15,601.60
7. Average cost for cutting mangosteen (Baht/100 fruits)				
7.1 Large 14/	10.82	8.62	7.89	7.52
7.2 Medium 15/	10.98	8.75	8.00	7.63
7.3 Small 16/	9.87	7.86	7.19	6.86

- ที่มา : 1/ จากการสมมติ โดยอาศัยช่วงฤดูที่มีงอกออกผล ในกรณีของประเทศไทย 4 เดือนต่อปี โดยระยะเก็บเกี่ยว 2 เดือน ในเขตภาคตะวันออก และระยะอีก 2 เดือน เป็นช่วงการเก็บเกี่ยวในภาคใต้
- 2/ ชั่วโมงในการดำเนินการต่อวัน (8 ชั่วโมง/วัน) x จำนวนวันในการดำเนินการในรายการที่ 1
- 3/ ประสิทธิภาพในการผ่ามังคุดผลใหญ่ (216 ผล/ชม.) x จำนวนชั่วโมงในการดำเนินการต่อปีใน รายการที่ 2
- 4/ ประสิทธิภาพในการผ่ามังคุดผลกลาง (213 ผล/ชม.) x จำนวนชั่วโมงในการดำเนินการต่อปีใน รายการที่ 2
- 5/ ประสิทธิภาพในการผ่ามังคุดผลเล็ก (237 ผล/ชม.) x จำนวนชั่วโมงในการดำเนินการต่อปีใน รายการที่ 2
- 6/ มูลค่าของเงินลงทุนในเครื่อง 1 เครื่อง (7,130 บาท/เครื่อง) / อายุการใช้งาน (5 ปี)
- 7/ มูลค่าของเงินลงทุนในปีที่ 1 (7,130 บาท/เครื่อง) x อัตราดอกเบี้ย (12%)
- 8/ เท่ากับ (4.1) + (4.2)
- 9/ ชั่วโมงทำงานของเครื่องต่อปีในรายการที่ 2 x อัตราค่าจ้างแรงงาน (12.5 บาท/ชม.)
- 10/ ชั่วโมงทำงานของเครื่องต่อปีในรายการที่ 2 x ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ชั่วโมง (0.5 หน่วย/ชม.) x ราคากระแสไฟฟ้า (2.25 บาท/หน่วย)
- 11/ ชั่วโมงทำงานของเครื่องต่อปีในรายการที่ 2 x อัตราค่าบำรุงรักษา (0.25 บาท/ชม.)
- 12/ เท่ากับ (5.1) + (5.2) + (5.3)
- 13/ เท่ากับ (4.3) + (5.4)
- 14/ เท่ากับ [(6)/ (3.1)] x 100
- 15/ เท่ากับ [(6)/ (3.2)] x 100
- 16/ เท่ากับ [(6)/ (3.3)] x 100

สำหรับเครื่องรุ่นที่ 2

1. ค่าก่อสร้าง

ใกล้เคียงกับเครื่องผ่ามังคุดรุ่นที่ 1 โดยมีเงินลงทุนในการสร้างทั้งสิ้น 7,130 บาท/เครื่อง ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ได้รวมค่าสอยของเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

จากการประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ โดยอาศัยหลักการเดียวกันกับเครื่องผ่ามังคุดรุ่นที่ 1 พบว่าค่าใช้จ่ายในการผ่าผลมังคุดต่ำกว่าเครื่องผ่ามังคุดรุ่นที่ 1 ทั้งนี้ เนื่องจากประสิทธิภาพในการผ่ามังคุดสูงกว่าเครื่องรุ่นที่ 1 เมื่อกำหนดชั่วโมงในการดำเนินการต่อปี 240 ชั่วโมง ค่าใช้จ่ายในการผ่ามังคุดผลขนาดใหญ่น ขนาดกลาง และขนาดเล็กจะมีค่า 6.20,

6.44 และ 5.66 บาทต่อมังคุด 100 ผลถ้าชั่วโมงในการทำงานของเครื่องผ่ามังคุดเพิ่มสูงขึ้นเป็น 960 ชั่วโมงต่อปี ค่าใช้จ่ายในการผ่ามังคุดทั้ง 3 ขนาด จะลดลงเหลือ 4.31, 4.48 และ 3.94 บาทต่อมังคุด 100 ผล (Table 5)

จากการทดสอบความอ่อนไหวของค่าใช้จ่ายในการผ่ามังคุด ด้วยการเปลี่ยนแปลงเงินลงทุนในเครื่องผ่ามังคุด ถ้าเงินลงทุนในเครื่องผ่ามังคุดเพิ่มขึ้นร้อยละ 30, 40 และร้อยละ 50 ค่าใช้จ่ายในการผ่ามังคุดขนาดใหญ่ ณ ชั่วโมงการทำงานของเครื่อง 30 วัน หรือ 240 ชั่วโมงต่อปี จะเพิ่มเป็น 6.96, 7.21 และ 7.46 บาทต่อมังคุด 100 ผล ตามลำดับ (Table 6) ค่าใช้จ่ายสำหรับการผ่ามังคุดผลขนาดกลาง เมื่อค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพิ่มขึ้นร้อยละ 30, 40 และ 50 จะมีค่า

Table 4 Average cost (Baht/100 fruits) on operation of MCM type 1 related to varying fixed cost.

Description	Operation time (days/year)			
	30	60	90	120
Normal fixed cost				
- Large fruit	10.82	8.62	7.89	7.52
- Medium fruit	10.98	8.75	8	7.63
- Small fruit	9.87	7.86	7.19	6.86
Fixed cost plus 30% increase				
- Large fruit	12.15	9.28	8.33	7.85
- Medium fruit	12.32	9.42	8.45	7.96
- Small fruit	11.07	8.46	7.59	7.16
Fixed cost plus 40% increase				
- Large fruit	12.59	9.5	8.48	7.96
- Medium fruit	12.76	9.64	8.6	8.08
- Small fruit	11.47	8.66	7.73	7.26
Fixed cost plus 50% increase				
- Large fruit	13.03	9.72	8.62	8.07
- Medium fruit	13.21	9.86	8.75	8.19
- Small fruit	11.87	8.83	7.86	7.36

Table 5 Expenses on operation of MCM type 2 related to time.

Description	Values corresponding to operation time			
1. Operation time (days/year) 1/	30	60	90	120
2. Hours of operation (hours/year) 2/	240	480	720	960
3. Number of cut Mangosteen				
3.1 Large 3/	90,480	180,960	271,440	361,920
3.2 Medium 4/	87,120	174,240	261,360	348,480
3.3 Small 5/	99,120	198,240	297,360	396,480
4. Fixed cost (Baht/year)				
4.1 Depreciation 6/	1,426.00	1,426.00	1,426.00	1,426.00
4.2 Interest 7/	855.60	855.60	855.60	855.60
4.3 Total 8/	2,281.60	2,281.60	2,281.60	2,281.60
5. Variable cost (Baht/year)				
5.1 Labour 9/	3,000.00	6,000.00	9,000.00	12,000.00
5.2 Electricity 10/	270.00	540.00	810.00	1,080.00
5.3 Maintenance 11/	60.00	120.00	180.00	240.00
5.4 Total 12/	3,330.00	6,660.00	9,990.00	13,320.00
6. Total cost (Baht/year) 13/	5,611.60	8,941.00	12,271.60	15,601.60
7. Average cost for cutting mangosteen (Baht/100 fruits)				
7.1 Large 14/	6.20	4.94	4.52	4.31
7.2 Medium 15/	6.44	5.13	4.70	4.48
7.3 Small 16/	5.66	4.51	4.13	3.94

- ที่มา : 1/ จากการสมมติ โดยอาศัยช่วงฤดูที่มั่งคุดออกผล ในกรณีของประเทศไทย 4 เดือนต่อปี โดยระยะเก็บเกี่ยว 2 เดือน ในเขตภาคตะวันออก และระยะอีก 2 เดือน เป็นช่วงการเก็บเกี่ยวในภาคใต้
- 2/ ชั่วโมงในการดำเนินการต่อวัน (8 ชั่วโมง/วัน) x จำนวนวันในการดำเนินการในรายการที่ 1
- 3/ ประสิทธิภาพในการผ่ามั่งคุดผลใหญ่ (377 ผล/ชม.) x จำนวนชั่วโมงในการดำเนินการต่อปีใน รายการที่ 2
- 4/ ประสิทธิภาพในการผ่ามั่งคุดผลกลาง (363 ผล/ชม.) x จำนวนชั่วโมงในการดำเนินการต่อปีใน รายการที่ 2
- 5/ ประสิทธิภาพในการผ่ามั่งคุดผลเล็ก (413 ผล/ชม.) x จำนวนชั่วโมงในการดำเนินการต่อปีใน รายการที่ 2
- 6/ มูลค่าของเงินลงทุนในเครื่อง 1 เครื่อง (7,130 บาท/เครื่อง) / อายุการใช้งาน (5 ปี)
- 7/ มูลค่าของเงินลงทุนในปีที่ 1 (7,130 บาท/เครื่อง) x อัตราดอกเบี้ย (12%)
- 8/ เท่ากับ (4.1) + (4.2)
- 9/ ชั่วโมงทำงานของเครื่องต่อปีในรายการที่ 2 x อัตราค่าจ้างแรงงาน (12.5 บาท/ชม.)
- 10/ ชั่วโมงทำงานของเครื่องต่อปีในรายการที่ 2 x ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 ชั่วโมง (0.5 หน่วย/ชม.) x ราคากระแสไฟฟ้า (2.25 บาท/หน่วย)
- 11/ ชั่วโมงทำงานของเครื่องต่อปีในรายการที่ 2 x อัตราค่าบำรุงรักษา (0.25 บาท/ชม.)
- 12/ เท่ากับ (5.1) + (5.2) + (5.3)
- 13/ เท่ากับ (4.3) + (5.4)
- 14/ เท่ากับ [(6)/ (3.1)] x 100
- 15/ เท่ากับ [(6)/ (3.2)] x 100
- 16/ เท่ากับ [(6)/ (3.3)] x 100

Table 6 Average cost (Baht/100 fruits) on operation of MCM type 2 related to varying fixed cost.

Description	Operation time (days/year)			
	30	60	90	120
Normal fixed cost				
- Large fruit	6.20	4.94	4.52	4.31
- Medium fruit	6.44	5.13	4.70	4.48
- Small fruit	5.66	4.51	4.13	3.94
Fixed cost plus 30% increase				
- Large fruit	6.96	5.32	4.77	4.50
- Medium fruit	7.23	5.52	4.96	4.67
- Small fruit	6.35	4.86	4.36	4.11
Fixed cost plus 40% increase				
- Large fruit	7.21	5.45	4.86	4.56
- Medium fruit	7.49	5.66	5.04	4.74
- Small fruit	6.58	4.97	4.43	4.17
Fixed cost plus 50% increase				
- Large fruit	7.46	5.57	4.94	4.63
- Medium fruit	7.75	5.79	5.13	4.80
- Small fruit	6.81	5.09	4.51	4.22

ที่มา : ตารางที่ 5

7.23, 7.49 และ 7.75 บาทต่อมังคุด 100 ผล ตามลำดับ สำหรับมังคุดขนาดเล็ก ค่าใช้จ่ายในการผ่ามังคุดเมื่อเงินลงทุนในอัตราดังกล่าวจะมีค่า 6.35, 6.58 และ 6.81 บาทต่อมังคุด 100 ผล ตามลำดับ ผลจากการทดสอบความอ่อนไหวนี้ แสดงให้เห็นว่าถ้าเงินลงทุนในเครื่องผ่ามังคุดเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 50 ในขณะที่ระยะเวลาการทำงานของเครื่อง 30 วันต่อปี หรือ 240 ชั่วโมงต่อปี ค่าใช้จ่ายในการผ่ามังคุด จะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 7.76 บาทต่อมังคุด 100 ผล และเมื่อระยะเวลาดำเนินการเพิ่มสูงขึ้นค่าใช้จ่ายในการผ่ามังคุดจะลดลง

สรุปและข้อเสนอแนะ

งานการศึกษานี้มุ่งที่จะวิจัยและพัฒนาเครื่องผ่า

มังคุดสำหรับอุตสาหกรรมส่งออกมังคุดแช่แข็ง การทดสอบเครื่องผ่าผลมังคุดแบบทำงานด้วยมือ พบว่าสามารถผ่าผลมังคุดที่ซื้อจากตลาดได้ 109, 107 และ 101 ผล/คน/ชั่วโมง สำหรับผลมังคุดขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ ได้ โดยผลมังคุดทุกผลเปิดออกทั้งหมด และรอยผ่าเรียบทั้งหมดด้วย เครื่องแบบนี้มีสมรรถนะต่ำ และให้รอยผ่าไม่บรรจบกันไม่เกินร้อยละ 20 การทดสอบเครื่องผ่าผลมังคุดแบบกึ่งอัตโนมัติรุ่นที่ 1 พบว่ามีสมรรถนะผ่าผลมังคุดเก็บใหม่จากสวนขนาดผลเล็ก กลาง ใหญ่ ได้ 237, 213 และ 216 ผลต่อชั่วโมง ผลมังคุดทุกผลเปิดออกได้ง่ายมีปัญหาอยู่เล็กน้อยเกี่ยวกับรอยผ่าไม่บรรจบและขอบรอยผ่าปริแตก เครื่องต้นแบบรุ่นที่ 2 มีสมรรถนะดีกว่า คือ ผลมังคุดขนาดเล็ก กลางและใหญ่ผ่าได้ 413, 363 และ 377 ผลต่อ

ชั่วโมง ตามลำดับเปิดผลมังคุดออกได้ทุกผลมีปัญหาเล็กน้อยเกี่ยวกับการเปิดออกยากในบางผล รอยผ่าไม่บรรจบและขอบรอยผ่าปริแตกมาก

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ค่าใช้จ่ายในการผ่ามังคุดด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติรุ่นแรกเป็น 13.03 13.2 และ 11.87 บาท สำหรับผลมังคุด ใหญ่ กลาง และเล็ก ตามลำดับ ต่อผลมังคุด 100 ผล ในขณะที่สำหรับเครื่องกึ่งอัตโนมัติรุ่นที่ 2 ค่าใช้จ่ายต่อมังคุด 100 ผล จะเป็น 7.46, 7.75 และ 6.81 บาท สำหรับผลใหญ่ กลาง และเล็ก เมื่อพิจารณาระยะเวลาการดำเนินการ 240 ชั่วโมงต่อปี และค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องจริง เพิ่มขึ้น 50%

เครื่องกึ่งอัตโนมัติรุ่นที่ 2 มีศักยภาพดี ที่สมควรปรับปรุงไปสู่การค้า คาดว่าถ้าทดสอบกับผลมังคุดเก็บใหม่จากสวน จะมีสมรรถนะเพิ่มสูงประมาณ 500 ผลต่อชั่วโมง ประเด็นในการปรับปรุงควรมุ่งไปที่การพัฒนาให้มีคุณภาพดี เพื่อให้ได้รอยผ่าที่เรียบไม่มีการปริแตก

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัย ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำหรับการใช้อุปกรณ์วัด และสถานที่ทดสอบต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

- นิรนาม 2532.ก เพิ่มคุณภาพมังคุดเพื่อการส่งออก ต้องเป็นระบบ. เดลินิวส์ (18 สิงหาคม 2532) : 7
- นิรนาม 2532.ข มังคุด...ซื้อหรือไม่ซื้อก็อย่าบีบมัน จะแข็ง เดลินิวส์ (7 สิงหาคม. 2532) : 7-8
- นิรนาม 2533. พังจาวมพลังเพิ่มคุณภาพมังคุด. เดลินิวส์ (2 กุมภาพันธ์. 2533) : 11
- บัณฑิต จริโมภาส, กุลวดี อาศัย และวิมล มณีวัฒนา เศรษฐ. 2533. กลไกการผ่ามังคุดด้วยเครื่องจักรกล. รายงานการวิจัยเลขที่ 013/33. ศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน, นครปฐม. 19 น.
- รัชณี. 2536. การติดต่อด่วนตัว Universal Freezing Food Co.