รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ

Research and Development on Rambutan Pitting Machine

คุรุวรรณ์ ภามาตย์
Kuruwan Pramart

ปี พ.ศ. 2561

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ

Research and Development on Rambutan Pitting Machine

คุรุวรรณ์ ภามาตย์
Kuruwan Pramart

ปี พ.ศ. 2561

คำปรารภ

การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลทางการเกษตรสำหรับการแปรรูปผลไม้เป็นการช่วยแก้ปัญหาสินค้าทางการเกษตรอีกแนวทางหนึ่ง ในผลไม้บางชนิดเช่นเงาะยังขาดเครื่องจักรที่เหมาะสมสำหรับการจัดการ ในการคว้านเงาะสำหรับแปรรูปหรือเงาะบรรจุกระป๋องยังคงใช้แรงงานในการทำงาน ทำให้ต้องใช้แรงงานจำนวนมาก คุณภาพและความสม่ำเสมอที่ต่ำ ทำให้ต้นทุนในการผลิตเงาะกระป๋องสูง จึงทำให้ราคาสินค้าที่จำหน่ายสูงไม่เป็นที่นิยมบริโภคเหมือนเช่นผลไม้ชนิดอื่นที่มีราคาต่ำกว่า ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการวิจัยเพื่อสร้างและพัฒนาเครื่องจักรสำหรับการคว้านเงาะขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวให้เครื่องจักรสามารถแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานคนที่มีทักษะ โดยผลเงาะที่ได้ยังคงมีคุณสมบัติและคุณภาพเช่นเดียวกันกับการใช้แรงงานคนในการคว้าน มีความเหมาะสมเพื่อทดแทนแรงงานต่อไป

นายคุรุวรรณ์ ภามาตย์
วันที่ 1 มกราคม 2562

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....	1
ผู้วิจัย	2
บทคัดย่อ.....	5
บทนำ.....	6
ระเบียบวิธีการวิจัย	11
ผลการวิจัย.....	12
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	16
บรรณานุกรม.....	18
ภาคผนวก	19

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ ด้วยความอนุเคราะห์จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการบริหารงานวิจัย สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตรทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและข้อแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเกษตรกรผู้ปลูกเงาะและผลิตเงาะกระป๋องในจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบ และข้อแนะนำต่างๆ รวมทั้งผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิจัยครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และให้กำลังใจมาโดยตลอด ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรและผู้สนใจทั่วไป ตลอดจนจะเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ในการสร้างเครื่องคว้านเงาะต่อไป

คุรุวรรณ์ ภามาตย์
วันที่ 1 มกราคม 2562

ผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย	นายคุรุวรรณ์ ภามาตย์	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร
ผู้ร่วมงาน	นายพุทธธินันทร์ จารุวัฒน์	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร
	จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม	สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
	นายวสุ อุดมเพทายกุล	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

เงาะจัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจสำคัญอันดับต้นๆของประเทศ มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 2.5 แสนไร่ ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 987 กิโลกรัม ผลผลิตรวมทั้งประเทศประมาณ 2.5 แสนตันต่อปี แหล่งผลิตที่สำคัญคือภาคตะวันออก, ภาคกลาง,ภาคใต้เป็นพื้นที่ผลิตที่สำคัญ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ผลผลิตเงาะมีการจำหน่ายทั้งในรูปผลผลิตสดและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในระดับอุตสาหกรรม จากสถานการณ์ในปัจจุบันที่ต้นทุนการผลิตในด้านต่างๆเพิ่มสูงขึ้นมาก ทั้งในด้านค่าแรงงานและปัจจัยการผลิตต่างๆ โดยพบว่าการผลิตเงาะมีต้นทุนรวมเฉลี่ย 973.97 บาท/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) และให้อัตราผลตอบแทนที่ต่ำมาก ดังนั้นแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงควรให้ความสำคัญกับการแปรรูปเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป ซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าของผลผลิตและดีกว่าการจำหน่ายในรูปของผลผลิตสด รวมถึงลดปัญหาด้านมาตรการกีดกันสินค้าด้านโรคพืช แมลง และสารเคมีตกค้างได้อีกแนวทางหนึ่ง

ปัจจุบันการแปรรูปเงาะส่วนใหญ่เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเงาะบรรจุกระป๋อง โดยในขั้นตอนของการนำเมล็ดออกจากเนื้อเงาะจะต้องใช้แรงงานคน โดยใช้มีดปลายแหลมขนาดเล็กแทงและคว้านเอาเมล็ดออก ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญของแรงงานและใช้แรงงานจำนวนมาก เพื่อให้ได้เนื้อเงาะที่มีสภาพดีและสมบูรณ์ที่สุดสำหรับนำไปแปรรูปต่อไป บางครั้งเกิดความผิดพลาดจากแรงงานคนทำให้เนื้อเงาะเสียหายและสูญเสีย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิต นอกจากนั้นปัญหาการขาดแคลนแรงงานจำนวนมากนับเป็นปัญหาที่สำคัญ ที่โรงงานอุตสาหกรรมเงาะบรรจุกระป๋องกำลังประสบอยู่ ซึ่งมีความต้องการแรงงานจำนวนมาก เพื่อให้เพียงพอต่อกำลังการผลิตของโรงงาน

ในปัจจุบันเครื่องสำหรับการคว้านเนื้อเงาะออกจากเมล็ดที่มีอยู่ยังไม่เหมาะสมในการใช้งาน งานวิจัยนี้จะทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือสำหรับการคว้านเนื้อเงาะ เพื่อใช้ทดแทนแรงงานคนและให้ได้เนื้อเงาะมีคุณภาพดีมีความสม่ำเสมอ มีลักษณะเช่นเดียวกับการใช้แรงงานในการคว้าน เพื่อใช้สำหรับนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรมเงาะบรรจุกระป๋องหรือผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่นๆต่อไป

วิจัยและพัฒนาเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ

Research and Development on Rambutan Pitting Machine

ชื่อผู้ร่วมงาน

คุรุวรรณ์ ภามาตย์	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร
พุทธธินันทร์ จารุวัฒน์	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร
จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม	สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
วสุ อุดมเพทายกุล	ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Kuruwan Pramart	Agricultural Engineering Research Center Chanthaburi, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture.
Puttinun Jarruwat	Agricultural Engineering Research Center Chanthaburi, Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture.
Charuwan Rattanasakultham	Postharvest and Processing Research and Development Office , Department of Agriculture
Vasu Udompetaikul	Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

คำสำคัญ : เครื่องคว้าน, เมล็ดเงาะ,สมองกลฝังตัว

Keywords: seed removed machine, rambutan seed, embedded system

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะที่สามารถคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะได้เพื่อทดแทนการใช้แรงงานคนในการคว้าน โดยผลเงาะที่ได้มีสภาพที่ดี มีความสูญเสียเนื้อเงาะที่ต่ำ เหมาะสำหรับการนำไปแปรรูปต่อไป เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะต้นแบบ มีขนาดกว้าง 0.30 เมตร ยาว 0.65 เมตร สูง 0.40 เมตร อาศัยหลักการและวิธีการคว้านเช่นเดียวกับการใช้มีดคว้านโดยใช้แรงงานคน โดยเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะประกอบด้วย ส่วนควบคุมการจับยึดผลเงาะโดยใช้กลไกแบบม่านตา(Iris Mechanic) และส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ใบมีดคว้าน โดยใช้ระบบสมองกลฝังตัว(embedded system)โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino MEGA2560 ในการควบคุมมอเตอร์ทั้งหมด เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะต้นแบบมีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติโดยความเร็วเฉลี่ยในการทำงานในการคว้านเม็ดเงาะ 0.05 ผล/วินาที(20 วินาที/ผล)หรือความสามารถในการคว้าน 180 ผล/ชั่วโมง (ประมาณ 7 กิโลกรัม/ชั่วโมง)ที่ผลเงาะขนาด 26 ผล/กิโลกรัม อัตราความสูญเสียเนื้อเงาะเฉลี่ยสูงกว่าการคว้านใช้แรงงานคน 5.1 % โดยน้ำหนัก และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน 60 วัตต์ ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมได้ว่า เครื่องต้นแบบเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะมีจุดคุ้มทุนอยู่ที่การผลิต 459.25 กิโลกรัม/ปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 68 วัน เมื่อใช้เครื่องต้นแบบทำงานปีละ 480 ชัวโมง

คำหลัก: เครื่องคว้าน, เมล็ดเงาะ,สมองกลฝังตัว

Abstract

The research objectives are to invent the rambutan’s seed removed machine, which replaces manual seed removing and results the good rambutan’s quality, low fruit wastage that optimize to use in the processing. The rambutan’s seed removed machine was designed in dimension of 0.30 m width 0.65 m length and 0.40 m height. The prototype was developed from the principle of manual operation principle and it had 2 main parts. The part of fruit holding control system was operated by Iris Mechanic and the part of knife-arms moving were done by stepping motor which controlled by the embedded system; Arduino MEGA 2560 was applied. The prototype was semi-automated control, the capacity was 180 rambutans per hour (about 7 kilograme with the size of 26 rambutan fruits per kilograme). The fruit wastage was 5.1 percentage higher than manual practice. The power consumtion was 60 watt. The machinery operation costs analysis showed the returns 68 days when machinery was 480 hour operated annually. The breakeven point was 459.25 kilograme per year.

Key Word: seed removed machine, rambutan seed, embedded system

บทนำ

เงาะจัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจสำคัญอันดับต้นๆของประเทศ มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 2.5 แสนไร่ ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 987 กิโลกรัม ผลผลิตรวมทั้งประเทศประมาณ 2.5 แสนตันต่อปี แหล่งผลิตที่สำคัญคือภาคตะวันออก, ภาคกลาง,ภาคใต้เป็นพื้นที่ผลิตที่สำคัญ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ผลผลิตเงาะมีการจำหน่ายทั้งในรูปผลผลิตสดและการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในระดับอุตสาหกรรม จากสถานการณ์ในปัจจุบันที่ต้นทุนการผลิตในด้านต่างๆเพิ่มสูงขึ้นมาก ทั้งในด้านค่าแรงงานและปัจจัยการผลิตต่างๆ โดยพบว่าการผลิตเงาะมีต้นทุนรวมเฉลี่ย 973.97 บาท/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) และให้อัตราผลตอบแทนที่ต่ำมาก ดังนั้นแนวทางในการแก้ปัญหาดังกล่าวจึงควรให้ความสำคัญกับการแปรรูปเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แปรรูป ซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าของผลผลิตและดีกว่าการจำหน่ายในรูปของผลผลิตสด รวมถึงลดปัญหาด้านมาตรการกีดกันสินค้าด้านโรคพืช แมลง และสารเคมีตกค้างได้อีกแนวทางหนึ่ง

ปัจจุบันการแปรรูปเงาะส่วนใหญ่เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเงาะบรรจุกระป๋อง โดยในขั้นตอนของการนำเมล็ดออกจากเนื้อเงาะจะต้องใช้แรงงานคน โดยใช้มีดปลายแหลมขนาดเล็กแทงและคว้านเอาเมล็ดออก ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญของแรงงานและใช้แรงงานจำนวนมาก เพื่อให้ได้เนื้อเงาะที่มีสภาพดีและสมบูรณ์ที่สุดสำหรับนำไปแปรรูปต่อไป บางครั้งเกิดความผิดพลาดจากแรงงานคนทำให้เนื้อเงาะเสียหายและสูญเสีย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิต นอกจากนั้นปัญหาการขาดแคลนแรงงานจำนวนมากนับเป็นปัญหาที่สำคัญ ที่โรงงานอุตสาหกรรมเงาะบรรจุกระป๋องกำลังประสบอยู่ ซึ่งมีความต้องการแรงงานจำนวนมาก เพื่อให้เพียงพอต่อกำลังการผลิตของโรงงาน

ในปัจจุบันเครื่องสำหรับการคว้านเนื้อเงาะออกจากเมล็ดที่มีอยู่ยังไม่เหมาะสมในการใช้งาน งานวิจัยนี้จะทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือสำหรับการคว้านเนื้อเงาะ เพื่อใช้ทดแทนแรงงานคนและให้ได้เนื้อเงาะมีคุณภาพดีสม่ำเสมอ สำหรับนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรมเงาะบรรจุกระป๋องหรือผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่นๆต่อไป

วัตถุประสงค์

วิจัยและพัฒนาเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ เพื่อทดแทนแรงงานคน และได้เนื้อเงาะที่มีคุณภาพดี ลดการสูญเสีย สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเงาะบรรจุกระป๋องหรือกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเงาะอื่นๆ

การทบทวนวรรณกรรม จากการศึกษาคุณสมบัติและลักษณะของผลเงาะที่มีการจัดจำหน่ายในตลาดสินค้าการเกษตรสากลและธนาคารเชื้อพันธุกรรมพบว่า ในฤดูการเก็บเกี่ยวตั้งแต่เดือนมิถุนายน,กรกฎาคม,สิงหาคม ค.ศ.2008 มีค่าดัชนีรูปร่างผล (ความยาว/เส้นผ่าศูนย์กลางผล) ระหว่าง 43.7- 51.0 มีน้ำหนักผล 22.4- 34.7 กรัม จำนวนผลต่อน้ำหนัก 28.9- 45.0 ผล/กิโลกรัม ปริมาณเนื้อใน 10.5-17.3 กรัม (45.9 to 49.9% ของน้ำหนักผล) มีน้ำหนักเมล็ดใน 2.2- 2.5 กรัม (7.0-10.0% ของน้ำหนักผล) มีน้ำหนักเมล็ดรวมทั้งส่วนหุ้มเมล็ด 8.9-13.1 กรัม (37.5- 41.4% ของน้ำหนักผล) ในผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ 17.8-20.4 องศาบริกซ์ (Marian et al,2008).

การแปรรูปเงาะสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้หลายรูปแบบ ซึ่งเป็นการเพิ่มความหลากหลายให้กับผู้บริโภค และที่สำคัญเป็นการเพิ่มมูลค่าของเงาะให้มีราคาสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วไม่สามารถเก็บได้นาน เพราะเนื้อผลจะเละและมีน้ำหวานไหลเยิ้ม โดยเฉพาะในปีใดที่ผลผลิตเงาะออกสู่ท้องตลาดมาก ราคาผลผลิตจะตกต่ำ การแปรรูปเป็นการแก้ปัญหาราคาผลผลิตตกต่ำได้เช่น การทำเป็นเงาะแช่อิ่มอบแห้ง, การทำเงาะกระป๋องและเงาะกวน เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2557)

กระบวนการแปรรูปเงาะกระป๋อง โดยปกติแล้วเงาะจะเป็นผลไม้ที่มีฤดูกาลในการให้ผลผลิตซึ่งมักเป็นช่วงเวลาสั้น อีกทั้งผลผลิตที่เก็บเกี่ยวจากต้นแล้วจะมีอายุการเก็บรักษาไม่นาน ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องใช้กระบวนการในการถนอมรักษาอาหารให้สามารถมีผลผลิตรับประทานได้ในช่วงนอกฤดูกาล หรือเพื่อส่งสินค้าไปยังพื้นที่หรือประเทศอื่นที่มีระยะทางห่างไกล กระบวนการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋องจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ในการยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เงาะกระป๋องได้นาน 1-2 ปี

เงาะกระป๋องในน้ำเชื่อม (Canned rambutan in syrup) เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเงาะ ด้วยการบรรจุกระป๋อง (canning) จัดอยู่ในกลุ่มอาหารปรับกรด (acidified food) มีขั้นตอนในการผลิตดังนี้

1.การเตรียมวัตถุดิบ เลือกเงาะที่มีคุณภาพดี ไม่ช้ำหรือเน่าเสีย นำมาล้างทำความสะอาด และนำไปปลอกเปลือกและคว้านเอาเมล็ดออก (รูปที่ 3 และ รูปที่ 4) คัดเฉพาะลูกที่มีลักษณะดีเนื้อเงาะมีลักษณะสมบูรณ์สะอาด หรือเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเงาะสอดไส้สับปะรดในภาชนะบรรจุ (มอก. 372-2541) เป็นต้น

2.นำเงาะชั่งน้ำหนักและบรรจุในกระป๋อง
3.นำกระป๋อง ผ่านอุโมงค์ลมเพื่อไล่อากาศโดย
4.ผ่านกระป๋องในน้ำร้อนและน้ำเย็นเพื่อทำ
5.บรรจุหีบห่อและเก็บรักษาเพื่อใช้บริโภคต่อไป

1 สังกะสีเคลือบดีบุก และเติมน้ำเชื่อมให้เต็ม ใช้ความร้อน และปิดฝากระป๋องให้สนิท การฆ่าเชื้อโรค

รูปที่ 1 แสดงเงาะผลสดที่จำหน่ายในตลาดและการคว้านเมล็ดเงาะโดยแรงงานคน

รูปที่ 2 เนื้อเงาะที่ผ่านการคว้านเมล็ดและเมล็ดในเงาะ

จากกรรมวิธีข้างต้นพบว่า ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบนั้นในปัจจุบันยังคงต้องใช้แรงงานคนในขั้นตอนการนำเมล็ดออกจากผลเงาะโดยการใช้มีดปลายแหลมขนาดเล็กแทงและคว้านเอาเมล็ดออก โดยแรงงานคนในการคว้านเมล็ดเงาะเพื่อผลิตในอุตสาหกรรมเงาะบรรจุกระป๋อง แรงงานมีความสามารถคว้านเมล็ดเงาะ 35-50 กิโลกรัม(ผลสด)/คน/วัน (ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลจากแรงงานที่มีความชำนาญ) ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญเพื่อให้ได้เงาะที่มีสภาพดีและสมบูรณ์ที่สุดเพื่อนำไปแปรรูปต่อไป อีกทั้งยังต้องแรงงานจำนวนมากเพื่อให้เพียงพอต่อกำลังผลิตของโรงงานและให้ทันต่อเวลาเพื่อให้ได้ผลเงาะแปรรูปที่มีคุณภาพดี และในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องจักรสำหรับการคว้านเมล็ดเงาะเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน

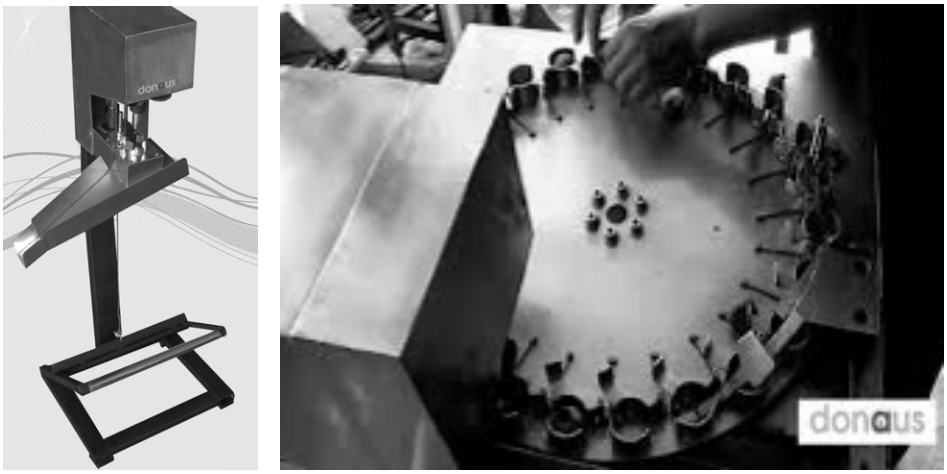
การนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในเครื่องมือทางการเกษตรและการผลิตอาหาร เริ่มมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้นเพื่อเพิ่มความสามารถของเครื่องมือ เครื่องมือมีความละเอียดและแม่นยำที่สูงขึ้น และยังช่วยลดความซับซ้อนในการออกแบบชิ้นส่วนกลไกของเครื่องมือลง ทำให้ได้เครื่องมือเครื่องจักรที่แก้ไขปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ลดความสูญเสียในขบวนการผลิต ตัวอย่างเครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตอาหาร หรือแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ดังกล่าวเช่น เครื่องคว้านเมล็ดลำไย คว้านเมล็ดลิ้นจี่ เป็นต้น

การผลิตลำไยเนื้ออบแห้ง ซึ่งใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งลำไยทั้งเปลือก แต่มีปัญหาเรื่องการคว้านเมล็ดลำไย ซึ่งต้องใช้แรงงานและเวลามาก การแปรรูปลำไยกระป๋องก็ประสบปัญหาในการคว้านเมล็ดลำไยเช่นเดียวกัน เครื่องมือที่ชาวบ้านใช้ในการคว้านเมล็ดลำไยโดยทั่วไป ทำด้วยท่อเหล็กสแตนเลส หรือใช้ช้อน ซึ่งต้องใช้ความชำนาญ มิฉะนั้นแล้วเนื้อลำไยจะฉีกขาดเสียรูปทรง ทำให้ผลผลิตมีราคาต่ำลง สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร วิจัยและพัฒนาเครื่องคว้านเมล็ดลำไยแบบกึ่งอัตโนมัติ โดย พัฒนาเครื่องมือคว้านเมล็ดลำไยให้มีประสิทธิภาพและสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้น จะช่วยทำให้ผลผลิตจากการแปรรูปมีคุณภาพดี สามารถลดต้นทุนการผลิต เครื่องคว้านเมล็ดลำไยต้นแบบประกอบด้วยหัวเจาะคว้านเมล็ดลำไยจำนวน 5 หัว ทำงานพร้อมกันและเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ใช้มอเตอร์ ขนาด ½ แรงม้า การทำงาน 1 รอบใช้เวลาประมาณ 4 วินาที โดยใช้เวลาในการเคลื่อนถาดป้อนลำไยให้หมุนไป 1 วินาที และใช้เวลาในการป้อนลำไยและคว้านเมล็ดลำไย 3 วินาที การควบคุมจังหวะการทำงานใช้ระบบลูกเบี้ยว ใช้คนป้อนลำไย 1 คน วางลำไยลงในเบ้าของถาดป้อนลำไยครั้งละ 5 ผล และใช้คนแกะเปลือกลำไยที่คว้านเมล็ดลำไยออกแล้ว 2 คน เครื่องมีความสามารถในการทำงาน 4,500 ผลต่อชั่วโมง ประหยัดแรงงานได้ 56.7% และ 102.7% เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการคว้านโดยใช้ช้อนและใช้ท่อคว้าน (กรมวิชาการเกษตร, 2557)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพเชียงใหม่ วิจัยและสร้างเครื่องจักรต้นแบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการคว้านเมล็ดลำไยออกโดยทำงานทีละสองหัวกด (รูปที่ 5) โดยเครื่องมีหัวคว้าน 2 หัวคว้าน การเจาะคว้านจะเคลื่อนที่เข้าเจาะคว้านพร้อมกันทั้ง 2 หัวคว้าน และหัวคว้านทั้ง 2 หัว ก็ถอยออกมาพร้อมกับดึงเมล็ดของลำไยออกมาด้วย และเมล็ดของลำไยจะถูกดันเอาเมล็ดทิ้งออกไปในรางเพื่อแยกออกจากเนื้อและเปลือกลำไยโดยอัตโนมัติ ส่วนเนื้อและเปลือกลำไยจะติดไปกับเบ้าจับแล้วจะถูกเขี่ยออกด้วยระบบกลไกของเครื่อง ทำให้ส่วนเนื้อและเปลือกลำไยตกแยกออกไปที่รางรับอีกทาง เครื่องคว้านสามารถคว้านเมล็ดลำไยได้พร้อมกันครั้งละ 2 ผล คว้านเมล็ดลำไยได้เร็วถึง 30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง หรือ 240 กิโลกรัมต่อ 8 ชั่งโมง เร็วกว่าแรงงานคนถึง 8 เท่า เนื้อลำไยที่ได้จากการคว้านจะมีลักษณะกลมเนื้อไม่ฉีกขาด มีชุดจานหมุนลำเลียงผลไยเจาะรูโดยรอบจำนวน 16 รู เพื่อให้ผลลำไยเข้าไปได้รูละ 1 ผล การหมุนของจานจะสัมพันธ์กับจังหวะการหมุนของชุดป้อนหรือชุดเบ้าจับลำไย มีชุดท่อส่งลำไยกลับไปยังถาด เพื่อป้องกันกรณีลำไยล้นรางหรือคนป้อนคว้านไม่ทันผลลำไยก็จะกลิ้งกลับลงมาที่เดิม ประกอบกับชุดเบ้าจับผลลำไยสามารถปรับขนาดและขยาย (ผลเล็ก-ผลโต) ได้ตามรูปทรงของผลลำไย จะช่วยแก้ปัญหาการแปรรูปลำไยได้รวดเร็วก่อนเน่าเสีย (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ, 2557)

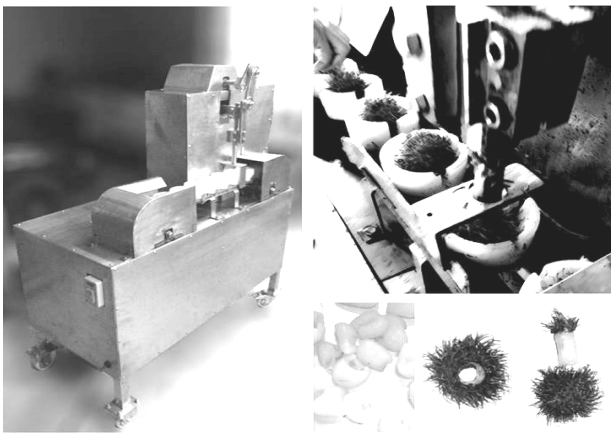
รูปที่ 3 เครื่องคว้านเมล็ดลำไยแบบ 2 หัวคว้าน

บริษัทเอกชนดำเนินการวิจัยและสร้างเครื่องจักรต้นแบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการคว้านเมล็ดลำไยออก โดยเครื่องมีความสามารถคว้านเมล็ดลำไยออกได้ 3,600 ลูก/ชั่วโมง (รูปที่ 6) (บริษัทดลอัส จำกัด, 2557)



รูปที่ 4 เครื่องคว้านเมล็ดลำไยโดยบริษัทเอกชน

บริษัทเอกชนสร้างเครื่องคว้านเงาะ โดยเครื่องมีความสามารถคว้านเงาะได้ 2,500 ลูก/ชั่วโมง เครื่องมีขนาด 80x120x120 ลบ.ซม. (รูปที่ 7) (บริษัท วินซิน เทคโนโลยี่ จำกัด, 2559)



รูปที่ 5 เครื่องคว้านเมล็ดเงาะโดยบริษัทเอกชน

ผศ.ดร.ศุภกิตต์ สายสุนทร ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร ม.เกษตรศาสตร์ ได้พัฒนาออกแบบหัวคว้านและเครื่องคว้านเมล็ดเงาะ โดยออกแบบหัวคว้านเมล็ดเงาะออกมาหลายรูปแบบ เช่น หัวคว้านแบบทรงกระบอกตัน ขนาดเล็ก-ใหญ่ และแบบทรงกระบอกกลวง ทำการทดสอบการคว้านด้วยเครื่องทดสอบครอบจักรวาล พบว่า หัวคว้านแบบกลวงมีประสิทธิภาพในการคว้านดีที่สุด เพราะไม่ทำให้เมล็ดเงาะแตก และมีเยื่อหุ้มเมล็ดติดไปกับเนื้อน้อยที่สุด ต่อมาได้สร้างต้นแบบเครื่องคว้านเมล็ดเงาะขึ้นโดยมีชิ้นส่วนหลักประกอบด้วย ชุดป้อน ชุดลำเลียง ชุดหัวคว้าน มอเตอร์ต้นกำลัง และโครงเครื่อง จากการทดสอบประสิทธิภาพและประเมินผลกับเงาะที่ปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก พบว่า เมื่อใช้คว้านเงาะแบบไม่ปอกเปลือก ขนาด 1 มีประสิทธิภาพการคว้านสูงสุดที่ 73.34% ทิศทางการคว้านจากด้านขั้วหรือด้านก้น ไม่มีผลต่อการคว้านเมล็ดเงาะ เครื่องคว้านเมล็ดเงาะมีจำนวนหัวคว้าน 10 หัวคว้าน หมุนด้วยความเร็วรอบ 18 รอบ/นาที สามารถคว้านเมล็ดเงาะได้ 180 ผล/นาที ดังนั้น 1 ชั่วโมง จึงมีกำลังการผลิตสูงถึง 10,800 ผล/ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าใช้แรงงานคนคว้านถึง 10 เท่า

สำหรับงานวิจัยนี้ได้รับรางวัล Special Award จากการประกวด 2016 Taipei Int’l Invention Show & Technomart ณ กรุงไทเป ประเทศไต้หวัน และรางวัลดีเด่นระดับนานาชาติและระดับชาติ จากงาน “การขับเคลื่อนงานวิจัยการเกษตร สู่ไทยแลนด์ 4.0” ซึ่งจัดโดย สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) หรือ (https://www.kehakaset.com/articles_details.php?view_item=614)

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

วิธีการวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ที่เป็นปัจจัยสำหรับการออกแบบเครื่องมือ ได้แก่ ขนาดผล รูปร่าง ,เปอร์เซ็นต์เนื้อ,เปอร์เซ็นต์เมล็ด ความต้านทานแรงเฉือนของเปลือก,เนื้อในและเมล็ด
2. ศึกษาขั้นตอนวิธีการคว้านเงาะโดยการใช้แรงงานคนเพื่อ ใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ เช่น ความเร็วเชิงมุมของมีดคว้าน องศามีดในการคว้าน ความถี่การเคลื่อนของมีดคว้าน เป็นต้น
3. ออกแบบและสร้างเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ โดยให้เครื่องค้วานเมล็ดเงาะ ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ ใช้แรงงานคนในการป้อนผลเงาะเข้าเครื่องต้นแบบ
4. ทดสอบเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ เบื้องต้น เพื่อหาข้อบกพร่อง และปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง
5. ทดสอบเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะที่ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง เก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ค่าชี้ผลคือ ประสิทธิภาพของเครื่องมือ, ความสามารถในการทำงาน, เปอร์เซ็นต์ความเสียหายเนื้อเงาะที่เกิดจากเครื่องมือ, อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพของเงาะที่คว้านเมล็ดออกแล้ว โดยเปรียบเทียบค่าชี้ผลกับการใช้แรงงานคนคว้าน โดยมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

$$MC = \frac{FCP}{THC} \times 100$$

$$AW = \frac{WT}{T}$$

$$LS = \frac{(WS + WM)}{WT} \times 100$$

โดยที่ MC คือ ประสิทธิภาพเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ (เปอร์เซนต์)

FCP คือ ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

THC คือ ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎีของเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

AW คือ ความสามารถในการทำงาน(กิโลกรัม/ชั่วโมง)

WT คือ น้ำหนักเงาะทั้งหมดที่ได้จากเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ (กิโลกรัม)

T คือ เวลาทั้งหมดที่ใช้การคว้านเมล็ด (ชั่วโมง)

LS คือ ความเสียหายเนื้อเงาะจากเครื่องมือ (เปอร์เซนต์)

WS คือ น้ำหนักเนื้อเงาะที่ติดไปกับเมล็ด (กิโลกรัม)

WM คือ น้ำหนักเนื้อเงาะที่เกิดความเสียหายจากเครื่อง(กิโลกรัม)

WT คือ น้ำหนักเงาะทั้งหมดที่ได้จากเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ (กิโลกรัม)

6. วิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณภาพ,วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม,สรุปผลการทดลองและจัดทำรายงาน

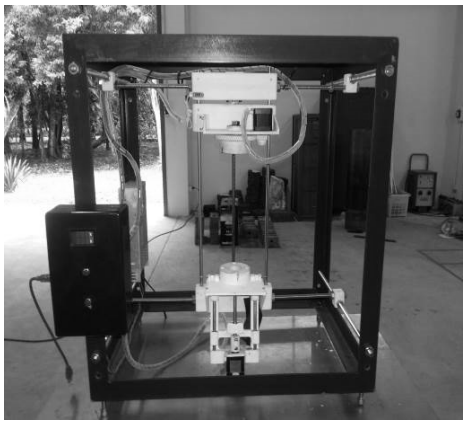
ผลการวิจัย (Results)

1.ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ที่เป็นปัจจัยสำหรับการออกแบบเครื่องมือ ได้แก่ขนาดผลเงาะ รูปร่าง ,เปอร์เซ็นต์เนื้อ,เปอร์เซ็นต์เมล็ด,เปอร์เซ็นต์เนื้อในและเมล็ด และผลการศึกษาแสดงในภาคผนวก ค1

2.ได้ผลการศึกษาขั้นตอนวิธีการคว้านเงาะโดยการใช้แรงงานคน

3.การออกแบบและดำเนินการสร้างเครื่องคว้านเมล็ดเงาะออกจากเนื้อเงาะ

ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องคว้านเมล็ดเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 1 (รูปที่ 6 และ 7) เครื่องต้นแบบประกอบด้วย ส่วนของชุดอุปกรณ์ควบคุมใบมีดที่ใช้ในการคว้านเมล็ดเงาะ (รูปที่ 8) ที่ใช้สมองกลฝังตัว-ไมโครคอนโทลเลอร์ ARDUINO ATmega2560 /clock speed 16Mbit สำหรับควบคุมการการเคลื่อนที่ของ Stepping Motor (Type NEMA17) จำนวน 6 ชุด โดยใบมีดทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stanless Steel ,GRADE-304) และชุดควบคุมการเคลื่อนที่ใบมีดโดย โดยมีควบคุมการเคลื่อนที่ดังนี้: การเคลื่อนที่ขึ้นลงของอุปกรณ์จับยึดผลเงาะ,การหมุนคว้านของอุปกรณ์จับยึดผลเงาะ,ควบคุมตำแหน่งมุมของใบมีด โดยให้องศาของใบมีดเป็นแบบคงที่



รูปที่ 6 ต้นแบบเครื่องคว้านเมล็ดเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 1

รูปที่ 7 กล่องควบคุมเครื่องคว้านเมล็ดเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 1 (ซ้าย)และอุปกรณ์การจับยึดผลเงาะและควบคุมการเคลื่อนที่ใบมีดคว้าน(ขวา)

รูปที่ 8 ลักษณะของใบมีดคว้านที่สร้างขึ้น(ซ้าย)และการติดตั้ง

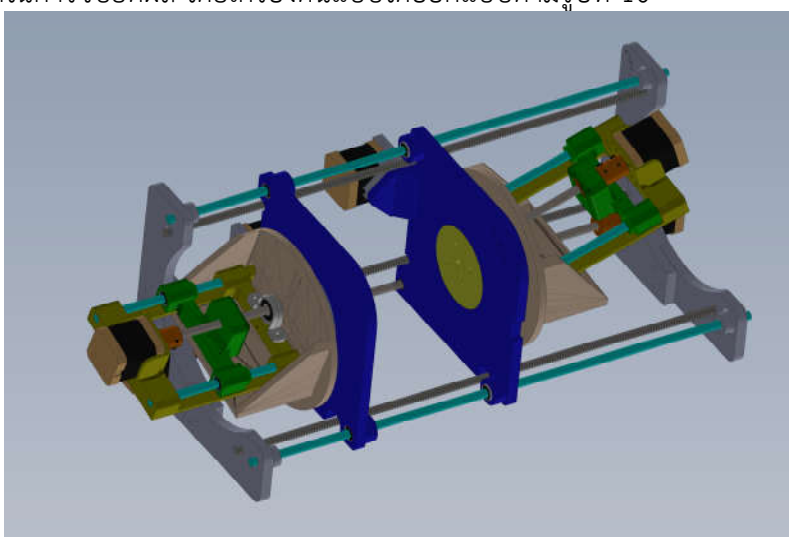
และได้ดำเนินการทดสอบเบื้องต้นกับเงาะในปีการผลิต 2560 พบว่าวิธีการที่ให้ผลดีในการคว้านเป็นดังนี้
1.แทงมีดคว้านไปที่ตำแหน่งขั้วผลให้มีมุมเฉียงเพื่อหลบเมล็ดประมาณ 15 องศา และลึกประมาณ 60%
2. ถอนมีดคว้านออกประมาณ 5 มิลลิเมตร
3. หมุนผลเงาะ 2-5 องศา พร้อมกับการเคลื่อนที่ของชุดใบมีดเข้า
4. หมุนผลเงาะจนครบ 1 รอบ(360องศา)
5.ทำซ้ำขั้นตอนกับอีกขั้วผลเงาะ

จากผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้นได้กรรมวิธีในการคว้านเม็ดเงาะสำหรับการคว้านโดยการใช้เครื่องคว้านเมล็ดจากเนื้อเงาะ โดยผลทดสอบเบื้องต้นได้เนื้อเงาะที่มีสภาพดีเทียบเท่ากับการใช้แรงงานคน(รูปที่ 9) มีความเสียหายเนื้อเงาะจากเครื่องมือ(%) น้อยกว่าน้อยกว่าการใช้ใบมีดเจาะแบบทรงกระบอก(Borring Core) และเครื่องคว้านเมล็ดจากเนื้อเงาะมีความเร็วเฉลี่ยในการทำงานในการคว้านเม็ดเงาะ 0.023 ผล/วินาที (44วินาที/ผล)เทียบเท่ากับการใช้แรงงานคนมีความเร็วเฉลี่ยในการทำงานในการคว้านเม็ดเงาะประมาณ 0.022 ผล/วินาที ความเสียหายเนื้อเงาะการใช้แรงงานคน 10.2 %,ความเสียหายเนื้อเงาะจากเครื่องต้นแบบ 20.4 % และความเสียหายเนื้อเงาะการใช้ใบมีดเจาะแบบทรงกระบอก 22.5 %

รูปที่ 9 ผลเงาะจากการคว้านด้วยแรงงานคน(แถวบน)และ ผลเงาะจากการคว้านด้วยเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติ(แถวล่าง)

เพื่อให้เครื่องคว้านด้วยเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติมีความสามารถในการทำงานที่สูงขึ้นและลดความเสียหายของผลเงาะ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 2 โดยการนำหลักการและการทำงานของต้นแบบที่ 1 มาปรับปรุงให้เครื่องมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น โดยเครื่องต้นแบบที่ 2

มีหลักการทำงานคล้ายคลึงกับแบบที่ 1 แต่มีชุดใบมีดคว้าน 2 ชุดในตำแหน่งหัวและท้ายผลและวางชุดจับใบผลเงาะในแนวนอน เพื่อแก้ปัญหาในการจับพลิกผลเงาะในขบวนการคว้านของแบบที่1 ทำให้ลดระยะเวลาในการทำงานลงและลดปัญหาในการจับยึดผล โดยเครื่องต้นแบบได้ออกแบบตามรูปที่ 10

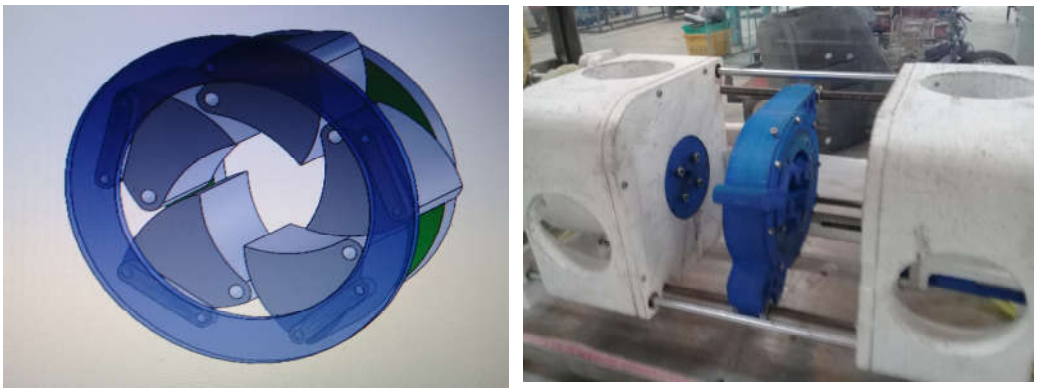


รูปที่ 10 แบบจำลองคอมพิวเตอร์แสดงเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 2

รูปที่ 11 เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 2

จากผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่2 โดยผลทดสอบเบื้องต้นได้เนื้อเงาะที่มีสภาพดีเทียบเท่ากับการใช้แรงงานคน และเครื่องคว้านเมล็ดจากเนื้อเงาะมีความเร็วเฉลี่ยในการทำงานในการคว้านเม็ดเงาะ 0.05 ผล/วินาที(20 วินาที/ผล) แต่จากการทดสอบพบว่ารูปแบบอุปกรณ์จับผลเงาะที่ออกแบบไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากรูปแบบการจับยึดไม่สามารถจับยึดผลเงาะได้ทุกขนาด (เกิดการเคลื่อนของจุดศูนย์กลางเมล็ดในกรณีเมล็ดเงาะโตหรือเล็กกว่าค่าออกแบบเบ้าจับเมล็ด)ทำให้เกิดความผิดพลาดในการคว้านกับเงาะที่มีขนาดผลเล็กหรือโตกว่าขนาดที่ออกแบบ ผู้วิจัยจึงออกได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์จับยึดผลเงาะรูปแบบใหม่ โดยมีดำเนินการสร้างและการออกแบบตามภาพที่ 13 เพื่อแก้ปัญหาการจับยึดผลเงาะที่มีขนาดที่แตกต่างกัน(จุดศูนย์กลางเมล็ดเงาะอยู่ตำแหน่งเดิมทุกขนาดเมล็ดเงาะ)

หลังจากปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดผลเงาะเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะสามารถจับยึดและคว้านผลเงาะในตำแหน่งศูนย์กลางผลเงาะทุกผลโดยผลการทดสอบเครื่องแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 12 แบบจำลองคอมพิวเตอร์แสดงอุปกรณ์จับยึดผลเงาะรูปแบบที่ปรับปรุงใหม่และการติดตั้งในเครื่องต้นแบบ

รูปที่ 13 แบบจำลองคอมพิวเตอร์แสดงอุปกรณ์จับยึดผลเงาะรูปแบบที่ปรับปรุงใหม่และการติดตั้งในเครื่องต้นแบบ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติที่ปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดผลเงาะ

ค่าชี้ผล	แรงงานคน โดยใช้มีดคว้าน	แรงงานคน โดยใบมีดเจาะแบบ ทรงกระบอก	เครื่องคว้านเมล็ดออกจาก เนื้อเงาะต้นแบบก่อนปรับปรุง	เครื่องคว้านเมล็ดออก จากเนื้อเงาะต้นแบบ
ความเสียหายเนื้อเงาะ (%)	10.21	22.50	20.4	15.30
ความเร็วเฉลี่ยในการทำงาน (ผล/วินาที)	0.02	0.18	0.06	0.05
ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	2.77	24.94	8.32	6.93

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ถ้าเครื่องต้นแบบเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะมีราคา 15,000 บาท อัตราค่าใช้จ่ายในการคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ 10 บาท/กก. จุดคุ้มทุนอยู่ที่การผลิต 459.25 กก./ปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 68 วัน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะต้นแบบมีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติโดยความเร็วเฉลี่ยในการทำงานในการคว้านเม็ดเงาะ 0.05 ผล/วินาที(20 วินาที/ผล)หรือ ความสามารถในการคว้าน 180 ผล/ชั่วโมง(ประมาณ 7 กิโลกรัม/ชั่วโมง)(ดำเนินการทดสอบที่ผลเงาะเบอร์1ขนาด 26 ผล/กิโลกรัม ตามมาตรฐานสินค้าการเกษตรและอาหาร มกอช.12-2549)อัตราความสูญเสียเนื้อเงาะเฉลี่ยสูงกว่าการคว้านใช้แรงงานคน 5.1 % โดยน้ำหนัก และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน 60 วัตต์

เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติยังคงต้องใช้แรงงานในการป้อนและจับวางผลเงาะตามทิศทางที่ถูกต้องและเครื่องยังคงสามารถทำงานทดแทนแรงงานที่มีฝีมือในการคว้านได้เพียง 2-3 เท่าซึ่งต้องพัฒนาเครื่องให้ทำงานแบบอัตโนมัติและเพิ่มความสามารถในการทำงานที่สูงขึ้นและสามารถนำไปใช้ในการทดแทนแรงงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเงาะกระป๋องต่อไป

การเผยแพร่

ในวันที่ 17 กันยายน 2561 ได้เผยแพร่ครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะสาธิตเผยแพร่ข้อมูลการใช้แก่เกษตรกรที่เข้าร่วมฝึกอบรมฯโครงการไทยนิยมยั่งยืน ณ.ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี (รูปที่ 15) และในวันที่ 20 มกราคม 2561 ได้สาธิตการใช้งานให้กับเกษตรกรผู้ผลิตเงาะในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

รูปที่ 14 การนำเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะสาธิตเผยแพร่ข้อมูลการใช้แก่เกษตรกร ในวันที่20 มกราคม 2562 ได้ร่วมจัดนิทรรศการงานพืชสวนก้าวหน้าครั้งที่ 20 จ.จันทบุรี

การนำไปใช้ประโยชน์

1) ได้เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ ที่สามารถผลิตได้ในเชิงพาณิชย์ ช่วยเพิ่มมูลค่าให้ผลิตผลทางการเกษตร ลดปัญหาสินค้าล้นตลาดราคาสินค้าตกต่ำซึ่งจะช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร
2) เผยแพร่ข้อมูลในวารสารวิชาการ
3) เผยแพร่ข้อมูลการใช้เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะสู่ผู้ประกอบการหรือผู้สนใจ
4) ถ่ายทอดผลงานแก่กลุ่มผู้ประกอบการและนักวิชาการ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะหรือนำไปต่อยอดผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. ฐานความรู้ด้านพืชของกรมวิชาการเกษตร. 2557. เครื่องจักรกลการเกษตร.
แหล่งที่มา: http://www.doa.go.th/data-agri/machine/mach47.html. (สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2557).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ.คลีนิคเทคโนโลยี. 2557.เครื่องคว้านเมล็ดลำไยแบบสองหัวคว้าน.
แหล่งที่มา:http://clinictech.rmutl.ac.th/website/index.php?option=com_content&task=view&id=61. (สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2557).
บริษัท ดลอัส จำกัด. เครื่องคว้านเมล็ดลำไย. 2557. แหล่งที่มา:http://www.donaus.com/. (สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2557).

Leland Blank, Anthony Tarquin. Engineering economy , 2016.

ภาคผนวก ก

<u>การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม</u>

การประเมินต้นทุนเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนในการประเมินค่าใช้จ่ายของการสร้างเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ เป็นดังนี้ (คิดเฉพาะราคาที่จัดซื้อหรือสร้าง ไม่คิดค่าที่ดินโรงเรือน ค่าประกันโรงเรือนและอื่นๆ)

1 ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (First Cost)

ต้นทุนเริ่มแรกคือค่าใช้จ่ายสำหรับลงทุนเริ่มต้น เช่น เครื่องจักร ที่ดิน เป็นต้น

2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating Cost)

ต้นทุนในการดำเนินการคือค่าใช้จ่ายที่ต้องเตรียมไว้เพื่อดำเนินการกับทรัพย์สินที่ต้องลงทุนไปเพื่อให้เกิดผลผลิต แบ่งเป็น

2.1 ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (Fixed Cost) คือค่าใช้จ่ายที่คงที่ไม่แปรไปตามปริมาณการผลิตเช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าเสียโอกาสของทุนในเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ

2.2 ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost) คือค่าใช้จ่ายที่แปรไปตามปริมาณการผลิตเช่น ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนตามปริมาณผลเงาะที่นำมาคว้านเมล็ด

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ หาได้จาก

$$AC = FC + VC \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ

AC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะต่อปี (บาทต่อปี)

FC = ค่าเสื่อมราคาของเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ(D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน(R)

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

ค่าเสื่อมราคา (คิดวิธีเส้นตรง)

$$D = (P - S)/L \quad \text{.....(2)}$$

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน

$$R = ((P+S)xi)/2 \quad \text{.....(3)}$$

เมื่อ

P = ราคาซื้อหรือสร้างเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ(บาท)

L = อายุการใช้งานเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ(สึกหรอน้อย) = 10ปี

S = ราคาเครื่องเมื่อครบ 10 ปี = 0.1 P (บาท)

D = ค่าเสื่อมราคาต่อปี (บาท/ปี)

R = ค่าเสียโอกาสในการลงทุนต่อปี (บาท/ปี)

I = อัตราดอกเบี้ย 8.77% ต่อปี (เมื่อเดือน ธันวาคม 2561)

จุดคุ้มทุน (Break even point, BEP)

Blank และ Tarquin (1998) เสนอสมการการหาจุดคุ้มทุนไว้ดังนี้

$$BEP_S = FC / (SU_U \,.\, VC_U) \quad \text{.....(4)}$$

เมื่อ

BEP_S = จุดคุ้มทุน (หน่วย)

FC = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)

SU_U = ราคาขายต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

VC_U = ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

ระยะเวลาในการคืนทุน

PBP = MC/P ..... (5)

เมื่อ

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

MC = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (บาท)

P = กำไร (บาท/ปี)

<u>การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม</u>

ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ รวม 15,000 บาท

<u>ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ</u>

กำหนดให้ราคาเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ(P) มีค่า 15,000 บาท มูลค่าซากของเครื่องเมื่อสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10% ของราคาเครื่อง และอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 8.77%ต่อปี

มูลค่าซาก (S)= 0.1P= 0.1 x 15,000 = 1,500 บาท

ค่าเสื่อมราคา (D)= (P-S)/L = (15,000 -1,500)/10= 1,350 บาท/ปี

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน(R) = ((P+S)/2) x I

= ((15,000 +1,500)/2) x 0.0877 = 723.52 บาท/ปี

ต้นทุนคงที่ (FC)= ค่าเสื่อมราคา (D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)

= 1,350 + 723.52

= 2,073.52 บาท/ปี

กำหนดให้อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท (กำหนดอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำ)

จำนวนคนทำงาน 1 คน ทำ งานปีละ 60 วัน และค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4.50 บาท สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า 0.06 หน่วย/ชม. ทำ งานวันละ 8 ชั่วโมง ค่าบำรุงรักษาเครื่องเฉลี่ยวันละ 5 บาท

ค่าจ้างแรงงาน (W) = 1 x 300 x 60 = 18,000 บาท/ปี

ค่าไฟฟ้า (E) = 0.06 x 4.50 x 8 x 60 = 129.6 บาท/ปี

ค่าบำรุงรักษา (M) = 5 x 60 = 300 บาท/ปี

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

= 18,000 + 129.6 + 300

= 18,429.6 บาท/ปี

ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC) = ต้นทุนคงที่ (FC) + ต้นทุนแปรผัน (VC)

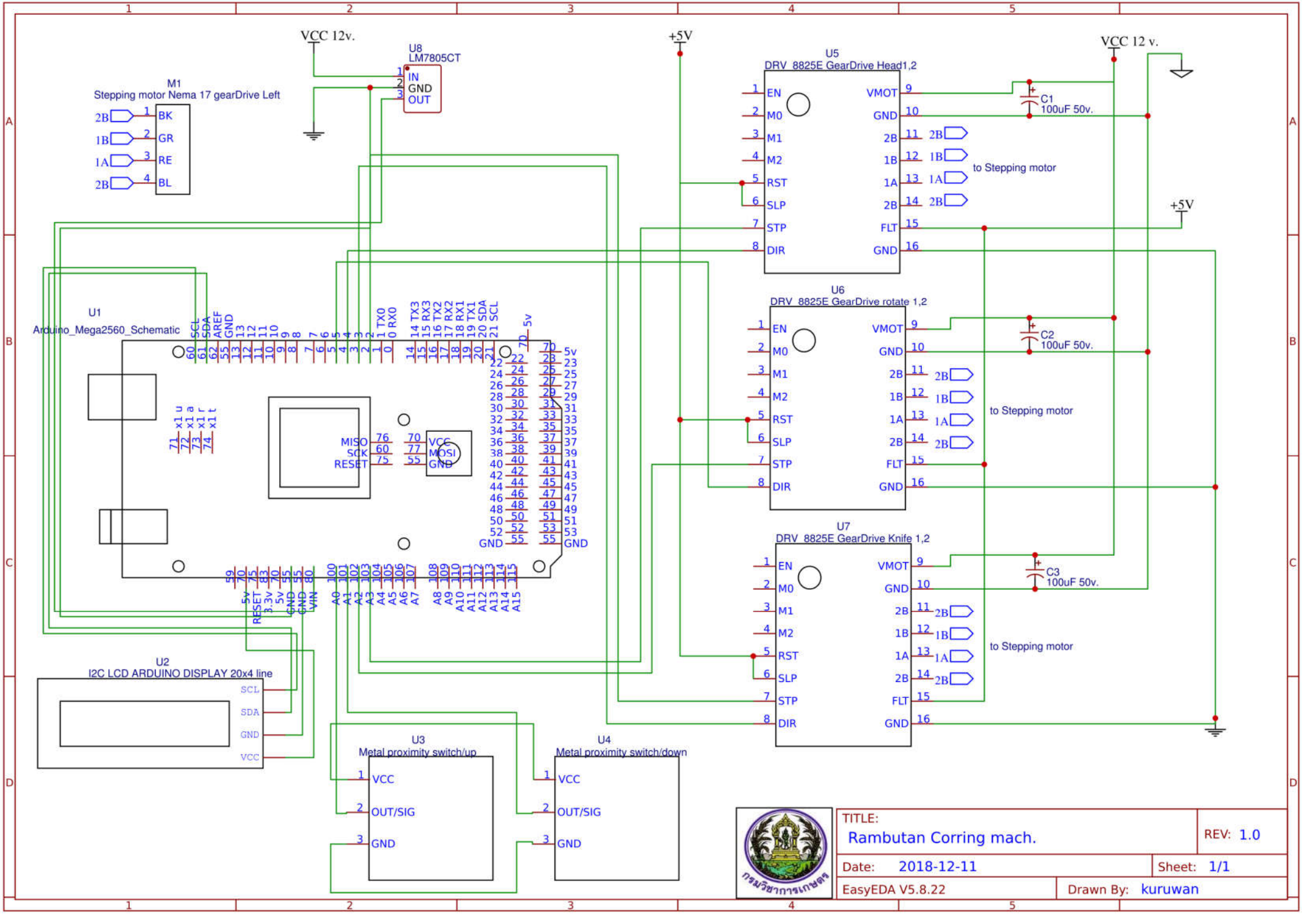
= 2,073.52 + 18,429.6

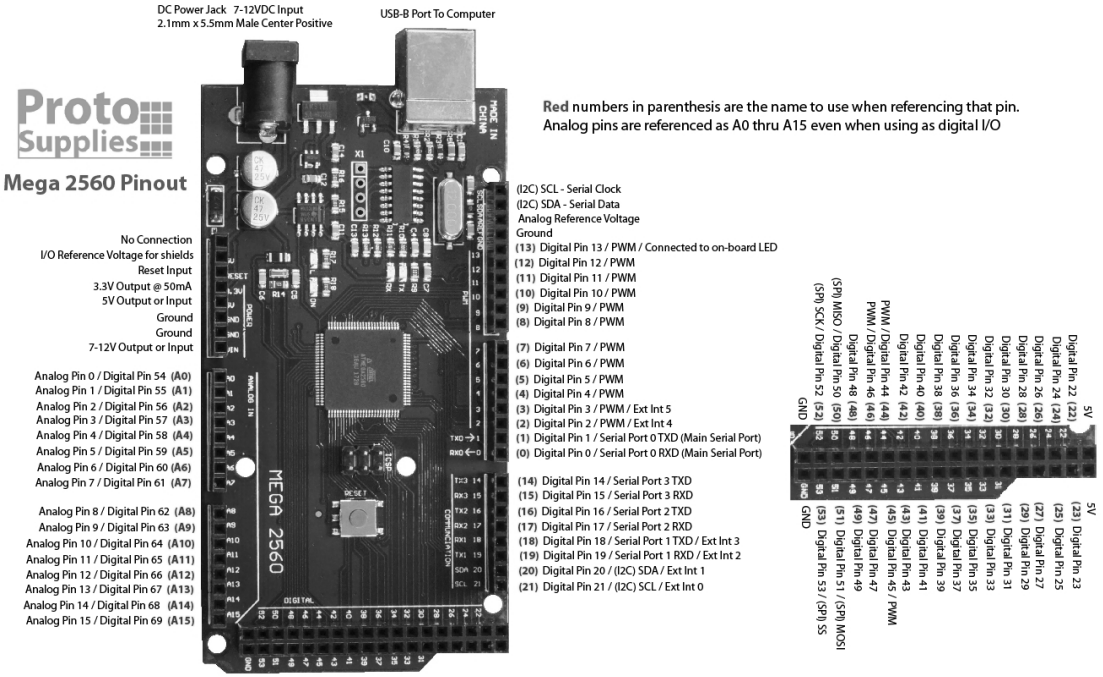
= 20,503.12 บาท/ปี

จุดคุ้มทุนของเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ
กำหนดให้ค่าจ้างใช้เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ 10 บาท/กก. และภายในระยะเวลา 1 ปี เครื่อง
ทำงาน 60 x 8 = 480 ชม. ความสามารถในการคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ =56 กิโลกรัม/วัน
ฉะนั้นเครื่องสามารถทำงาน
ได้ =56x60=3,360 กก./ปี
จุดคุ้มทุน (BEP_S) = ต้นทุนคงที่ (FC) / ((ราคาค่าใช้เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ/ กก.,SP_U) - (ต้นทุนแปรผัน / กก.,VC_U))
= 2,073.52 / (10- (18,429.6/ 3,360)) = 2,073.52 / (10- 5.485)
= 459.25 กก./ปี
ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ
จากรายได้ในการรับจ้างใช้เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ = 10 บ./กก. และ 1 ปี เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะได้
3,360 กก.จึงมีรายได้ 10 x 3,360 = 33,600 บาท/ปี
ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP) = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC) / กำไร (P) และ
กำไร (P) = รายได้ (R) - ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)
= 33,600 - 20,503.12
= 13,096.88 บาท
ดังนั้น
ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP) = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC) / กำไร (P)
= 15,000 / 13,096.88x60วัน/ปี
= 68 วัน

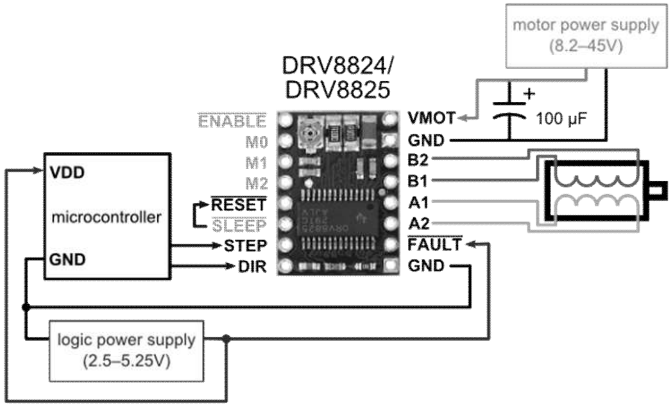
จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม ถ้าเครื่องต้นแบบเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ มีราคา 15,000 บาท อัตราค่าใช้จ่ายในการคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ 10 บาท/กก. จุดคุ้มทุนอยู่ที่การผลิต 459.25 กก./ปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 68วัน

ภาคผนวก ข แบบวงจรไฟฟ้าอิเลคทรอนิคส์/เครื่องกล


VCC 12v.
U8
LM7805CT
IN
GND
OUT
M1
Stepping motor Nema 17 gearDrive Left
BK
GR
RE
BL
U1
Arduino_Mega2560_Schematic
U2
I2C LCD ARDUINO DISPLAY 20x4 line
SCL
SDA
GND
VCC
U3
Metal proximity switch/up
VCC
OUT/SIG
GND
U4
Metal proximity switch/down
VCC
OUT/SIG
GND
+5V
U5
DRV 8825E GearDrive Head1,2
EN
M0
M1
M2
RST
SLP
STP
DIR
VMOT
GND
2B
1B
1A
2B
FLT
GND
to Stepping motor
C1
100uF 50v.
VCC 12 v.
+5V
U6
DRV 8825E GearDrive rotate 1,2
to Stepping motor
C2
100uF 50v.
U7
DRV 8825E GearDrive Knife 1,2
to Stepping motor
C3
100uF 50v.
TITLE:
Rambutan Corring mach.
REV: 1.0
Date: 2018-12-11
Sheet: 1/1
EasyEDA V5.8.22
Drawn By: kuruwan



แผงวงจรคบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO MEGA 2560 แสดงขาควบคุมต่างๆ



วงจรการควบคุมมอเตอร์แบบ Stepping Motor โดยใช้แผงวงจรรวม DRV8825/DRV8824

ชุดคำสั่งสำหรับควบคุมเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ โดยใช้แผงวงจรคบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO MEGA 2560 โดยใช้โปรแกรม ARDUINO IDE 1.8.5

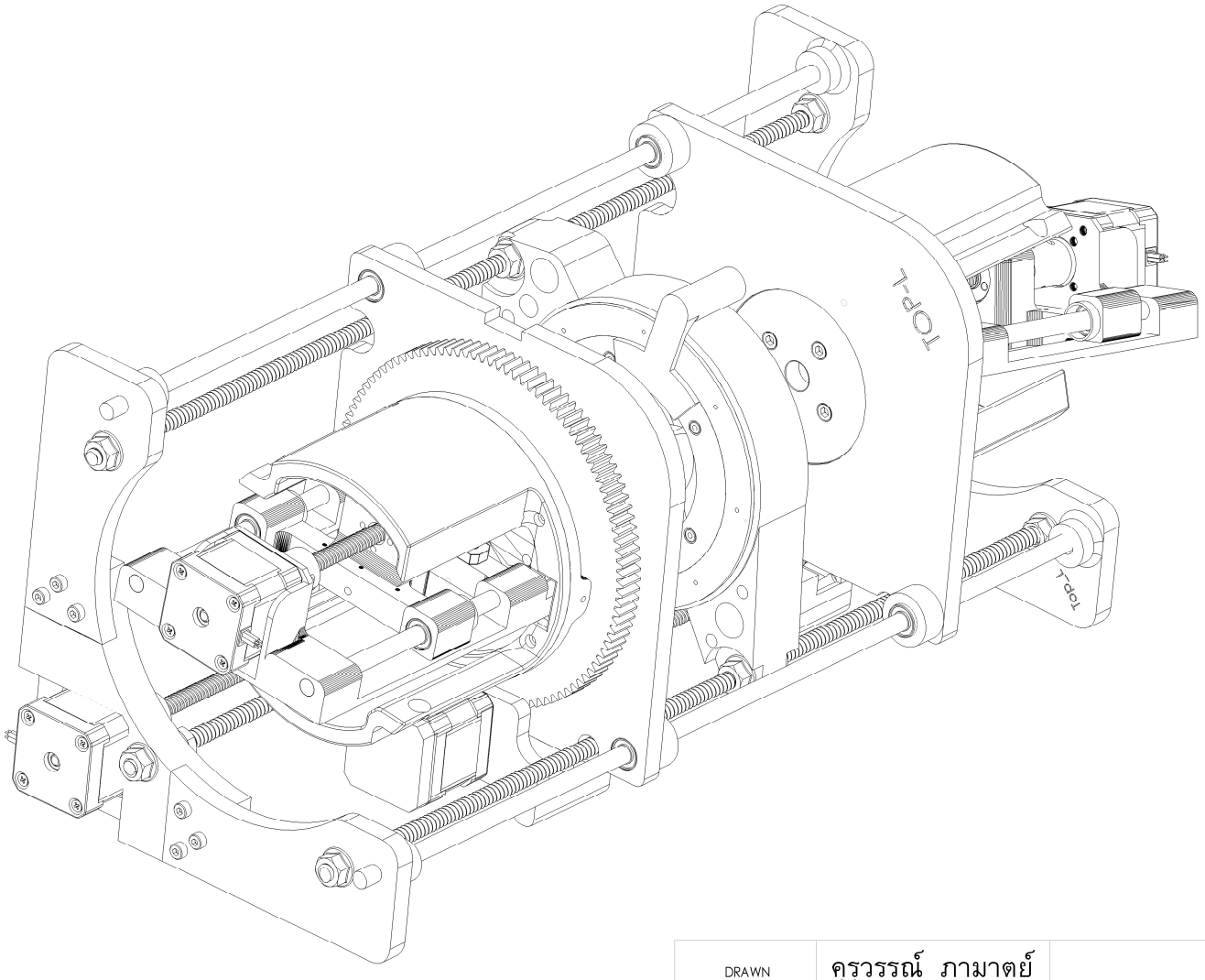
```
// Rambutan corring maching v01_03 for arduino mega2560
// Design by kuruwan p. DOA thailand
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_PCF8574.h>
LiquidCrystal_PCF8574 lcd(0x3f);  // set the LCD address to 0x27 for a 16 chars and 2 line display
// defines pins numbers
const int step1Pin = 57;
const int dir1Pin = 4;
const int step2Pin = 56;
const int dir2Pin = 5;
const int step3Pin = 2; //d2
const int dir3Pin = 3; //d3
const int downSWPin = 55;
const int upSWPin = 54;
int ValdownSW = 1;
int ValupSW = 1;
float count = 0.00;
void setup() {
  // Sets the two pins as Outputs
pinMode(step1Pin,OUTPUT);
pinMode(dir1Pin,OUTPUT);
pinMode(step2Pin,OUTPUT);
pinMode(dir2Pin,OUTPUT);
pinMode(step3Pin,OUTPUT);
pinMode(dir3Pin,OUTPUT);
pinMode(downSWPin,INPUT);
//pinMode(upSWPin,INPUT);
 lcd.begin(20, 4); // initialize the lcd
  //show monitor
   lcd.setBacklight(255);
    lcd.home();
    lcd.clear();
    lcd.noBlink();
    lcd.noCursor();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("  RAMBUTAN CORRING");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("      MACHINE");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("Design By Kuruwan P.");
```

```
    lcd.setCursor(0, 3);
    lcd.print("    DOA-0848929336");
    delay(5000);
}
void loop() {
    lcd.clear();
ValdownSW=digitalRead(downSWPin);
ValupSW=digitalRead(upSWPin);
  if(ValdownSW==LOW){
   digitalWrite(dir1Pin,LOW); // for DOWN motor-01
  // Makes 200 pulses for making one full cycle rotation
      lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("HEAD STATE:MOVE DOWN");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Knife OFF");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("SPIN OFF");
    lcd.setCursor(0, 3);
  count=count;
  lcd.print("count:")&lcd.print(count);
  for(int x = 0; x < 2000; x++) {
    digitalWrite(step1Pin,HIGH);
    delayMicroseconds(800);
    digitalWrite(step1Pin,LOW);
    delayMicroseconds(800);
  }
//  ขบวนการควบคุมมีด-----------------------------------------------------------------
 digitalWrite(dir3Pin,HIGH); // for rotate motor3-(knife)เข้าสุด
     lcd.clear();
    lcd.print("HEAD STATE:MOVE DOWN");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Knife  ON");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("SPIN Wait!");
    lcd.setCursor(0, 3);
  count=count;
  lcd.print("count:")&lcd.print(count);
  for(float y = 0; y < 600; y++) {
//lcd.setCursor(0, 1);
//lcd.print("Knife(%):")&lcd.print(y/599*100);
digitalWrite(step3Pin,HIGH);
delayMicroseconds(1000);
digitalWrite(step3Pin,LOW);
delayMicroseconds(1000);
```

```
  }
for(float z = 0; z < 150; z++) { //หมุน  1 รอบ base75
  digitalWrite(dir3Pin,LOW);
     lcd.setCursor(0, 2);
     lcd.print("COMPLETE:")&lcd.print(z/79*100)&lcd.print("%");
          for(int y = 0; y < 50; y++) { // for control stroke knife
    digitalWrite(step3Pin,HIGH);
    delayMicroseconds(1000);
    digitalWrite(step3Pin,LOW);
    delayMicroseconds(1000);
   }
   digitalWrite(dir2Pin,HIGH); // for rotate motor2-(turn rambutam)
 for(int x = 0; x < 6; x++) {   // for control angle12
    digitalWrite(step2Pin,HIGH);
    delayMicroseconds(2500);//ความเร็วการหมุน
    digitalWrite(step2Pin,LOW);
    delayMicroseconds(2500);
                              }
  for(int y = 0; y < 50; y++) {   // for control stroke knife
 digitalWrite(dir3Pin,HIGH);
     digitalWrite(step3Pin,HIGH);
    delayMicroseconds(1000);
    digitalWrite(step3Pin,LOW);
    delayMicroseconds(1000);
                     }
  }
 digitalWrite(dir3Pin,LOW); // for rotate motor3-(knife)ออกสุด
for(int y = 0; y < 600; y++) {


    digitalWrite(step3Pin,HIGH);
    delayMicroseconds(800);
    digitalWrite(step3Pin,LOW);
    delayMicroseconds(800);
  }
// ---------------------------------------------------------------------------
  digitalWrite(dir1Pin,HIGH); // for up motor-01
  // Makes 200 pulses for making one full cycle rotation
       lcd.clear();
       lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("HEAD STATE:MOVE UP");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Knife OFF");
    lcd.setCursor(0, 2);
```

```
    lcd.print("SPIN OFF");
    lcd.setCursor(0, 3);
  count=count+1;
  lcd.print("count:")&lcd.print(count);
  for(int x = 0; x < 2000; x++) {
    digitalWrite(step1Pin,HIGH);
    delayMicroseconds(800);
    digitalWrite(step1Pin,LOW);
    delayMicroseconds(800);
  }
  }
   if(ValupSW==LOW){
   digitalWrite(dir1Pin,HIGH); // for up motor-01
  // Makes 200 pulses for making one full cycle rotation
  for(int x = 0; x < 2000; x++) {
    digitalWrite(step1Pin,HIGH);
    delayMicroseconds(800);
    digitalWrite(step1Pin,LOW);
    delayMicroseconds(800);
  }
  }
      lcd.clear();
       lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("HEAD STATE:READY");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("----------");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("----------");
    lcd.setCursor(0, 3);
  count=count;
  lcd.print("count:")&lcd.print(count)&lcd.print("Pc.");
delay(50);
}
```



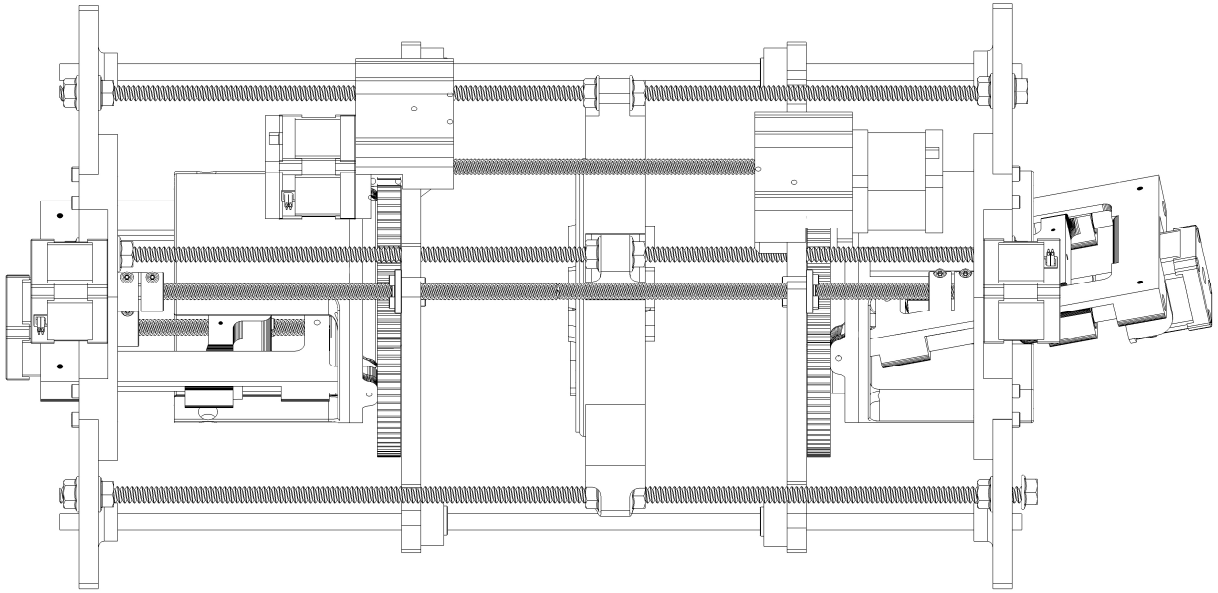
DRAWN	คุรุวรรณ์ ภามาตย์	REVISION 1.0	
DATE	14/12/2018	SCALE : 1:3	ISO-01

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร

TITLE: Isometric View

DWG NO. ISO-01

A4



FRONT VIEW

SCALE 1:4

DRAWN	คุรุวรรณ์ ภามาตย์	REVISION	1.0
DATE	14/12/2018	SCALE :	1:4

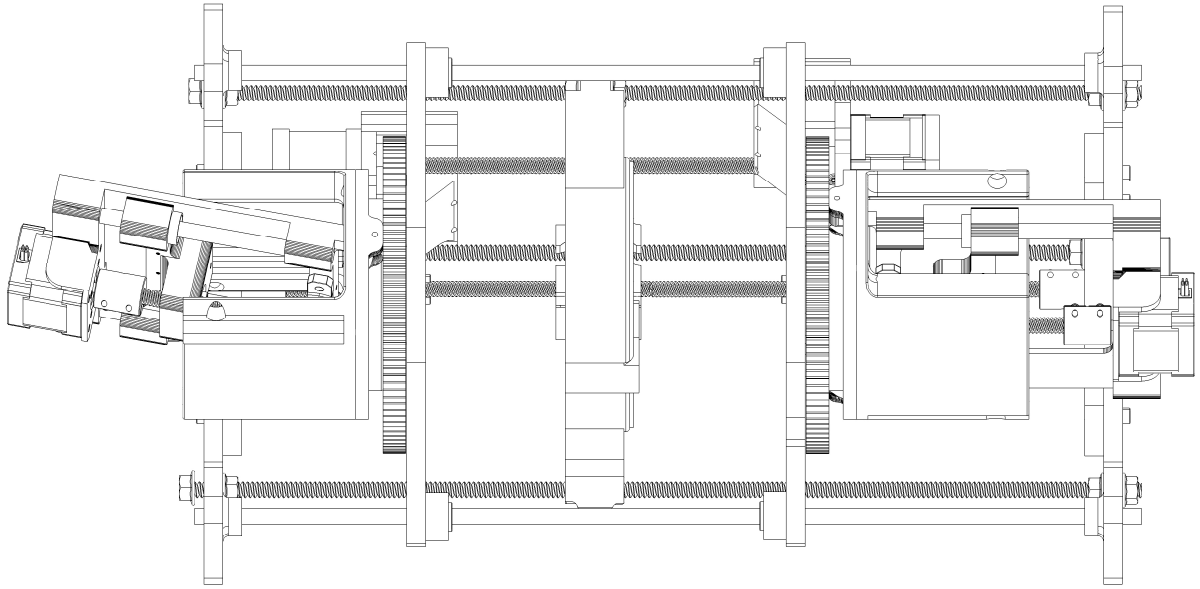
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร

TITLE:

DWG NO. Front View

F-01

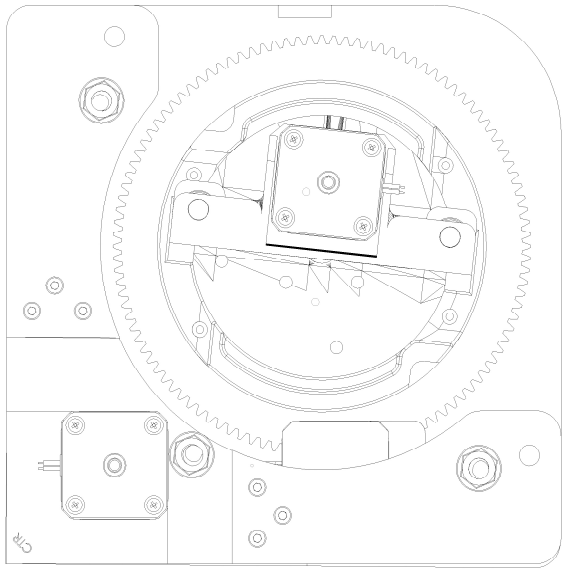
A4



TOP VIEW

SCALE 1:4

DRAWN	คุรุวรรณ์ ภามาตย์	REVISION	1.0
DATE	14/12/2018	SCALE : 1:4	
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร		TITLE: Top View DWG NO. TOP-01	A4



SIDE VIEW

SCALE 1:3

DRAWN	คุรุวรรณ์ ภามาตย์	REVISION	1.0
DATE	14/12/2018	SCALE :	1:3

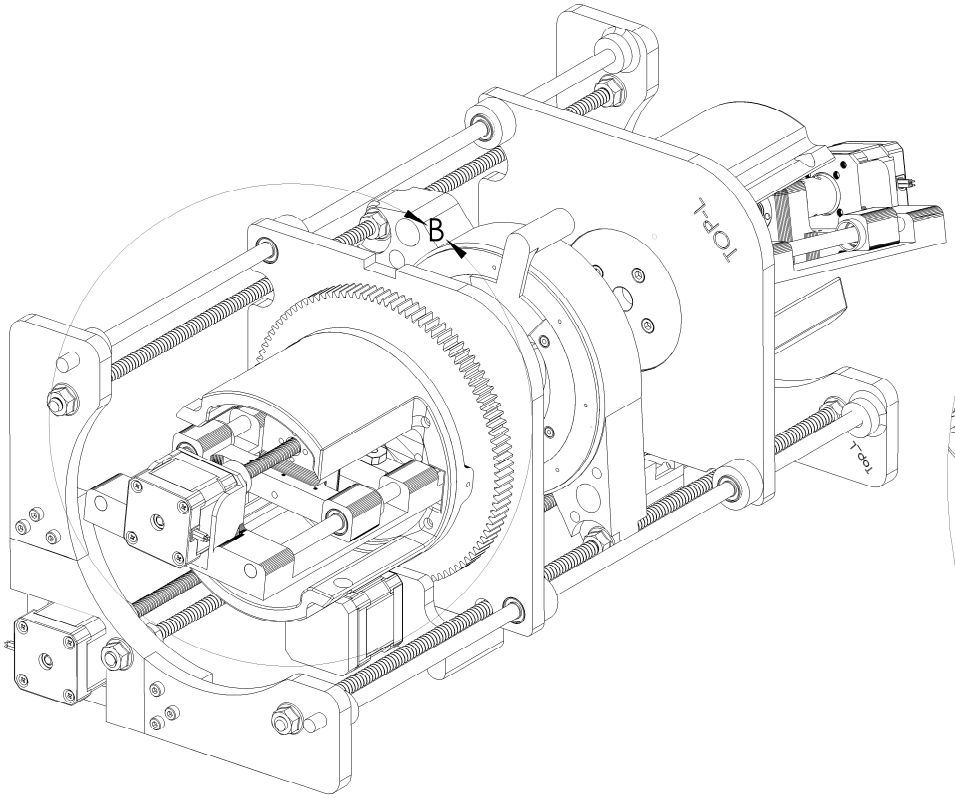
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร

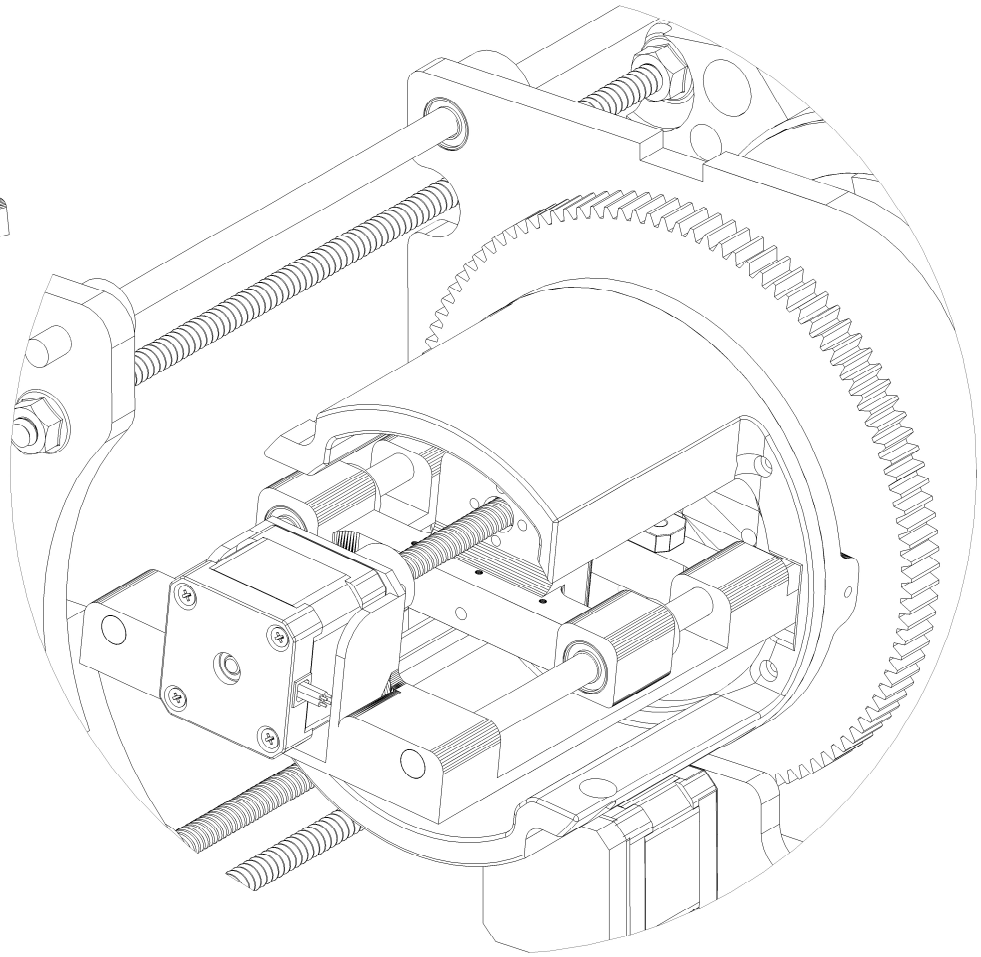
TITLE:

DWG NO. Side View

SIDE-01

A4





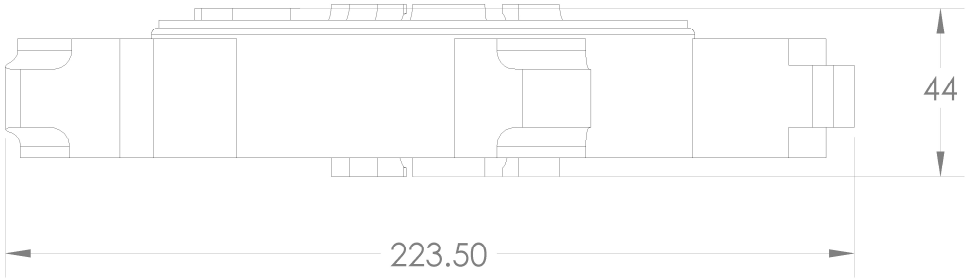
DETAIL B
SCALE 1 : 2

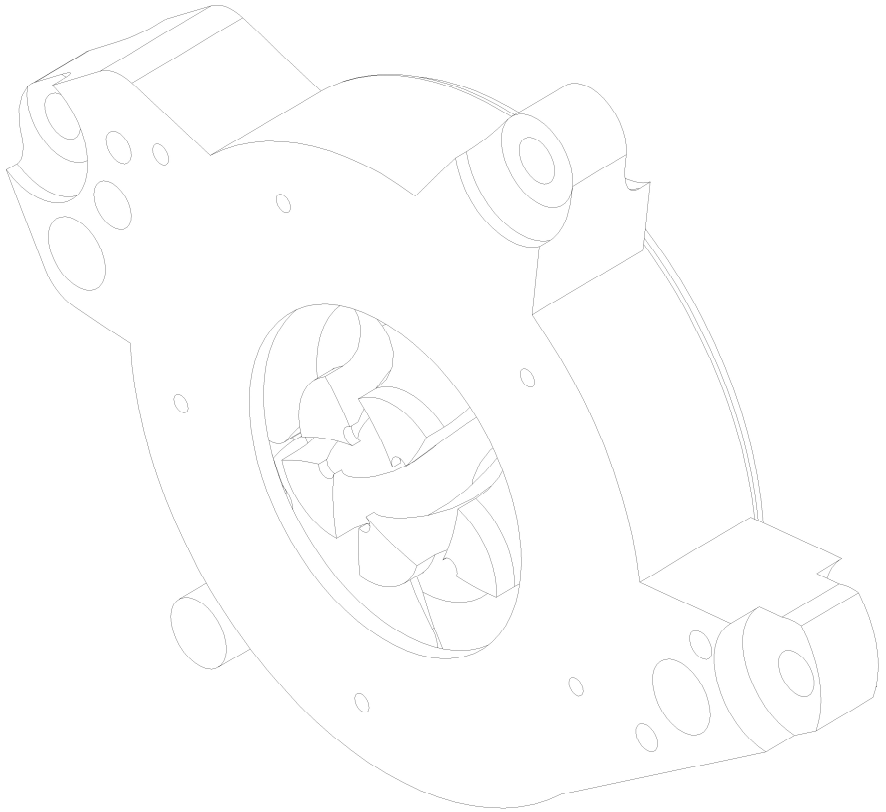
DRAWN	คุรุวรรณ์ ภามาตย์	REVISION	1.0
DATE	14/12/2018	SCALE : 1:4	ISO-01

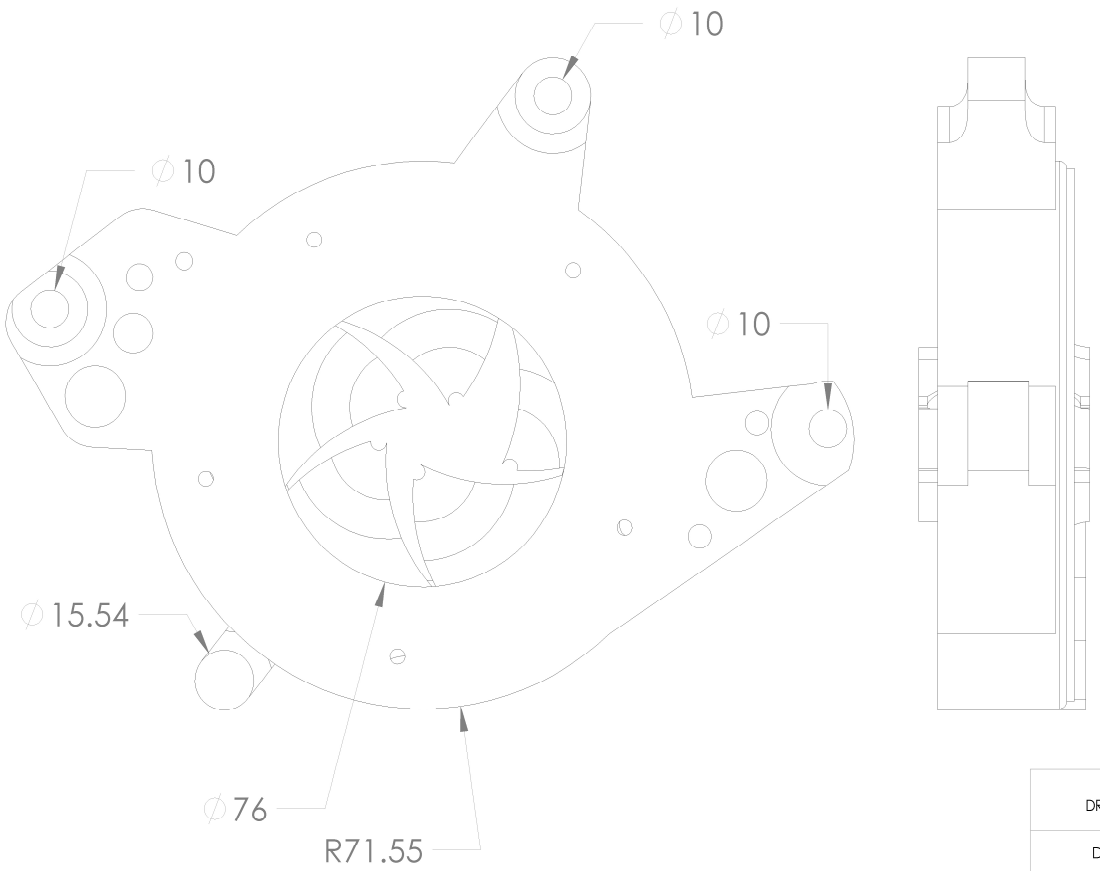
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร

TITLE:
DWG NO. Knife Detail
Det.01

A4







แบบหัวจับผลเงาะ

SCALE 2:3

DRAWN	คุรุวรรณ์ ภามาตย์	REVISION	1.0
DATE	14/12/2018	SCALE : 1:4	ISO-01

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
กรมวิชาการเกษตร

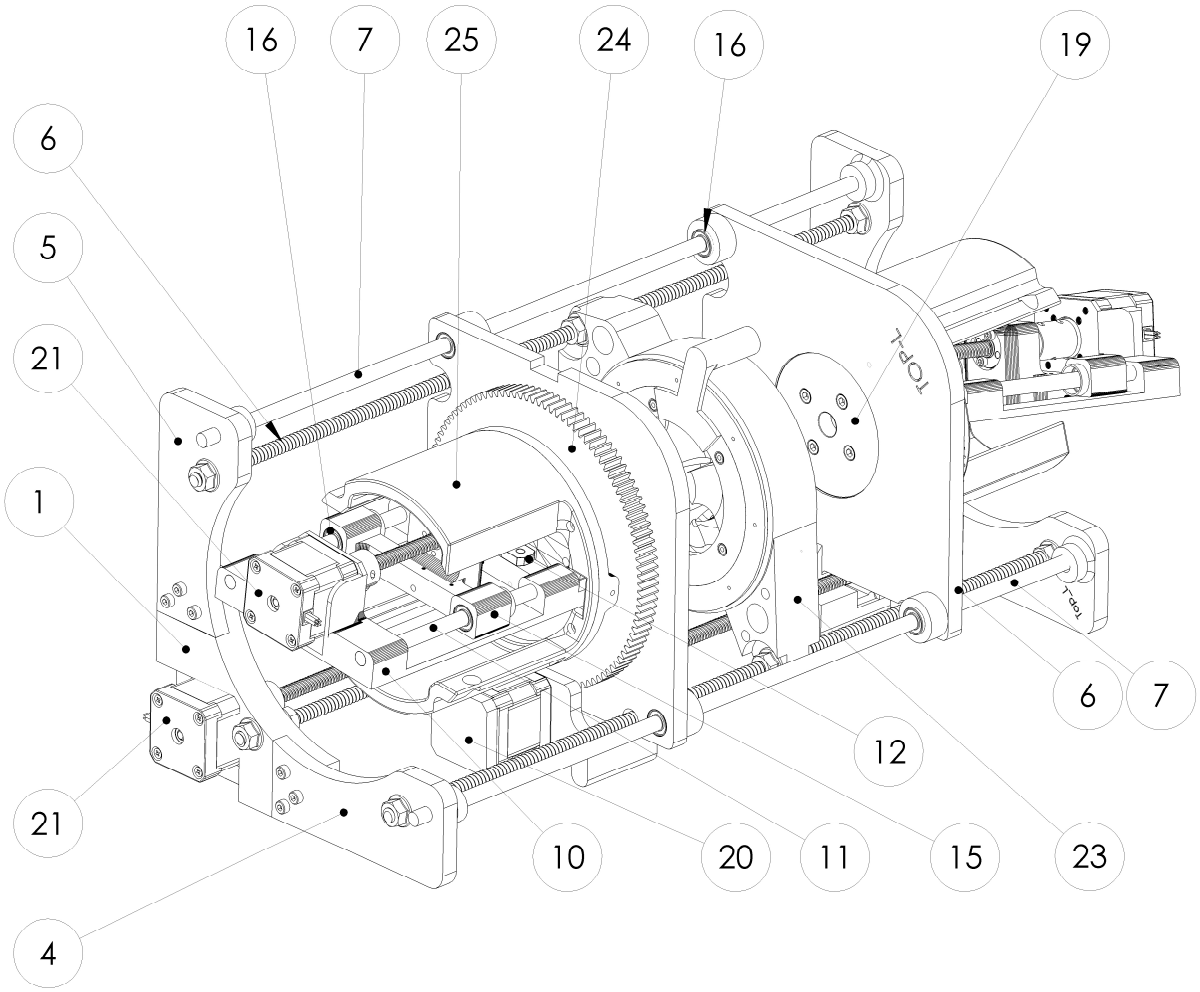
TITLE:

DWG NO. แบบหัวจับผลเงาะ

A4

knf-01

ITEM NO.	PART NUMBER	Default/QTY.
1	joint_R	1
2	support_Left1	1
3	support_Left_3	1
4	support_right1	1
5	support_right3	1
6	Stud_main - 500mm	3
7	slide_rod8m500mm	2
8	frame rotate	1
9	frame rotate_Left	1
10	frame_knife	2
11	slide_rod8mm_knife^Assem1	4
12	KP08	2
13	Trapezoidal lead screw tr8x8-4-knifedrive	2
14	5x8_Rigid_Coupling_20x25	5
15	slide_knife	2
16	LM8UU	8
17	Trapezoidal lead screw Nut tr8x8-4	4
18	Trapezoidal lead screw tr8x8-4-200mm	3
19	joint_rotate	2
20	nema17	2
21	17HM15-0904S_sw2018	4
22	lowplate_part01	2
23	หัวจับ	1
24	Part_maingear	2
25	frame_adjust	2
26	frame_motor01	2
27	drivegear	2
28	joint_L	1
29	17HM15-0904S	1
30	B18.2.2.4M - Hex flange nut, M8 x 1.25 --N	17
31	B18.3.1M - 4 x 0.7 x 20 Hex SHCS -- 20NHX	12
32	B18.3.1M - 5 x 0.8 x 20 Hex SHCS -- 20NHX	8
33	B18.3.1M - 3 x 0.5 x 16 Hex SHCS -- 16NHX	8
34	B18.3.1M - 3 x 0.5 x 5 Hex SHCS -- 5NHX	1
35	B18.3.1M - 3 x 0.5 x 10 Hex SHCS -- 10NHX	4



DRAWN	คุรุวรรณ์ ภามาตย์	REVISION	1.0
DATE	14/12/2018	SCALE :	1:4
ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร		TITLE: DWG NO.	แบบประกอบชิ้นส่วน ASM-01
			A4

ตารางผนวก ค1 ตารางคุณสมบัติทางกายภาพผลเงาะ

ผลเงาะที่	ผลที่มีเปลือก				ผลปลอกเปลือก				เมล็ด			
	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กวาง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กวาง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กวาง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)
1	61	42	51	62.4	42	26	32	24.45	30	10	16	3.13
2	63	43	53	67.17	40	28	34	27.63	31	9	18	3.31
3	69	42	49	66.53	49	26	33	30.1	30	8	17	2.93
4	63	40	47	57.89	43	27	31	26.11	30	9	15	2.66
5	59	37	41	42.93	42	26	28	21.8	30	8	13	1.95
6	47	34	37	31.63	38	27	29	18.03	26	9	15	2.04
7	56	43	48	55.33	41	29	34	27.24	27	9	16	2.39
8	67	42	57	69.42	42	26	32	25.88	33	11	18	3.46
9	53	36	41	39.73	38	24	28	18.25	27	8	14	1.71
10	55	40	46	57.14	45	28	31	27.39	25	8	15	2.14
11	51	35	45	41.9	37	21	28	16.41	26	9	15	1.12
12	56	38	45	50.77	40	27	31	23.8	28	11	15	2.84
13	65	41	53	66.69	43	27	32	27.06	28	10	17	3.36
14	57	35	41	42.1	43	26	30	23.5	27	8	16	2.9
15	54	40	42	45.2	41	30	33	27.3	27	11	16	3.4
16	57	41	45	51.6	45	30	35	31.7	26	10	16	3.3
17	52	38	42	47.3	41	30	32	25.5	25	9	15	2.3
18	59	44	46	51.4	43	28	33	27.3	29	8	15	2.3
19	56	43	47	56.8	42	33	36	34.3	29	11	18	4.5
20	52	40	43	44	40	30	34	26.7	24	9	17	2.4
21	53	41	43	45.1	38	28	30	23.9	27	12	17	3
22	53	40	46	45.1	39	28	30	24	27	11	15	3.2
23	51	39	44	42.2	39	29	33	24.5	27	10	16	2.3
24	54	41	42	45.4	41	29	32	25.1	25	10	16	2.1
25	53	39	42	43.4	42	31	34	28.1	26	11	16	3.1
26	50	36	38	30.1	34	28	29	17.6	17	8	13	1
27	51	39	42	39.6	38	31	31	22.2	24	11	16	1.7
28	57	37	46	42.6	38	26	31	20.8	24	7	16	1.3
29	57	42	47	55.1	47	32	36	29.2	27	11	18	3.4
30	50	42	43	39.7	39	26	30	21.3	24	11	16	1.2
31	55	39	43	45.9	44	28	31	25.9	30	10	16	2.5
32	54	36	42	42	44	23	30	20.9	30	7	15	1.3
33	52	37	42	41.9	41	28	30	23.1	29	9	17	1.3
34	51	38	41	40.8	40	25	28	20.6	25	9	15	1.1
35	49	38	40	35.9	36	29	29	22.1	24	10	14	2.1
36	50	39	40	40.2	39	30	31	25.3	26	11	16	2.8
37	54	39	41	44	45	31	33	26.4	26	10	15	1.8

	ผลที่มีเปลือก				ผลปลอกเปลือก				เมล็ด			
ลำดับ	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กวาง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กวาง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กวาง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)
38	53	35	38	36.4	42	23	27	19	29	8	14	1.1
39	51	36	39	35.1	40	28	30	20.6	25	10	15	1.7
40	49	34	37	30.4	36	25	28	17.3	23	9	15	1
41	50	36	38	32.3	38	25	28	19.6	25	7	14	1.3
42	49	36	39	33.3	41	28	31	19.5	20	8	13	2
43	49	33	37	29.2	37	26	29	17.9	23	7	13	1.7
44	45	35	37	31.3	35	28	30	19.7	23	10	15	2.5
45	52	35	39	37.6	36	41	28	22.5	27	9	14	2.5
46	64	34	45	44	43	19	26	16.9	30	6	11	1.6
47	45	35	38	28.1	34	21	25	12.4	22	8	14	2.5
48	48	31	40	37.3	37	30	32	22.7	25	12	15	2.1
49	50	37	40	35.7	40	28	30	21.1	26	10	16	3
50	49	36	40	26	37	29	31	15.7	22	8	15	1.3
51	56	36	39	30.2	42	26	27	16.9	32	9	14	2.1
52	48	37	38	22.5	35	26	28	12.7	25	6	13	1
53	52	37	40	26.6	40	27	32	14.6	18	6	13	0.6
54	50	35	42	25	39	28	31	15.2	22	9	16	1
55	53	34	38	23	40	25	27	12.6	25	8	13	0.8
56	60	36	41	31	48	25	30	16.4	35	10	17	2
57	52	37	41	30.3	44	30	34	19.5	28	11	16	2
58	47	37	41	26.4	40	31	32	17.2	25	10	16	1.4
59	54	37	42	27.4	41	30	33	16.8	24	9	15	0.9
60	51	38	44	27.4	39	29	32	16	24	8	15	1.2
61	50	37	41	29.5	43	28	32	17.4	29	10	16	2
62	48	37	41	27.3	38	31	33	17.7	25	10	17	1.9
63	49	34	37	22.3	39	28	30	13.9	27	9	12	1.5
64	52	35	39	25.3	41	24	27	12.9	21	8	13	0.7
65	51	38	43	28.7	42	31	32	19	26	11	18	1.8
66	46	33	40	22	33	26	28	11.8	18	6	12	0.7
67	53	36	40	29.2	44	28	30	17	30	7	15	1.3
68	56	37	43	44.7	44	30	33	26.3	31	11	15	2.7
69	54	40	43	41.4	42	30	31	24.5	30	7	14	2.5
70	63	40	45	46.7	44	30	31	26.5	30	10	14	2.7
71	60	45	45	42.1	45	30	30	24.4	25	10	14	2.1
72	58	39	43	47.4	45	30	33	28	30	10	16	3.5
73	52	36	40	36.3	37	27	30	20.8	23	7	13	1.3
74	57	40	42	43.9	46	28	31	25	31	10	14	2.7

	ผลที่มีเปลือก				ผลปลอกเปลือก				เมล็ด			
ลำดับ	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กวาง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กวาง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กวาง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)
75	60	42	45	54.2	50	30	32	28.4	31	10	15	2.5
76	52	40	44	40.1	44	28	33	24.8	30	10	14	2.8
77	50	36	41	42.6	43	30	35	27	27	10	15	2.9
78	54	39	42	44.1	44	29	33	27.2	29	9	15	2.8
79	56	37	42	44	46	26	31	23	32	8	15	2.2
80	58	35	41	40.1	45	23	26	29.5	26	5	12	1.5
81	52	39	41	41.7	43	29	30	25.2	28	10	16	3.2
82	60	41	45	51.8	47	30	34	29.9	31	10	16	3.5
83	55	36	41	38.7	37	23	28	20.2	28	9	15	3.1
84	52	35	41	35.1	38	26	28	19.6	24	7	13	1.7
85	56	38	42	44.7	45	27	32	24.5	30	8	14	2.4
86	58	39	43	42.3	44	30	32	26.4	28	10	15	2.7
87	61	39	50	52.2	46	30	33	27.7	31	9	16	2.4
88	59	39	43	44.5	45	29	33	26.6	30	9	15	2.6
89	60	41	43	49.1	43	30	33	27.6	29	9	15	2.6
90	60	40	45	48	44	31	33	27	32	9	14	2.5
91	48	36	40	35.5	38	26	30	20	22	7	14	1.3
92	53	35	39	35.1	40	27	30	20.3	26	7	13	1.9
93	58	38	43	45.6	45	30	33	27.2	27	9	16	2.5
94	53	38	40	38.8	40	30	32	24.5	30	10	15	2.6
95	53	37	40	37.8	43	26	30	28	29	8	15	2.1
96	52	40	44	40.8	43	30	35	24.8	26	9	15	2
97	50	35	38	35.1	43	26	38	20.5	25	10	14	1.6
98	57	40	45	46.9	45	30	33	26.5	32	10	15	2.7
99	52	40	42	40.5	45	30	32	24.1	30	10	14	2.8
100	53	37	42	41.2	44	25	35	23.1	32	10	15	2.5
101	57	40	43	43	45	30	33	24.8	34	10	16	2.4
102	54	34	40	37	44	27	30	21.7	30	10	15	2.2
103	55	34	42	41.4	46	29	32	23.3	31	9	15	1.8
104	58	34	40	37	48	28	35	21.4	35	10	16	2.7
105	55	35	38	34.5	40	25	35	19.1	30	9	14	2.2
106	50	30	36	33.9	40	25	38	19.3	30	9	16	2.5
107	48	34	40	34.5	40	28	32	22.1	26	7	13	1.6
ค่าเฉลี่ย=	54.03	37.69	42.21	40.49	41.49	27.88	31.26	22.47	27.21	9.09	15.00	2.18

ตารางผนวก ค 2 ผลการทดสอบอัตราการสูญเสียเนื้อเงาะ(%)เปรียบเทียบกรรมวิธีต่างๆ

ผลเงาะที่	อัตราการสูญเสียเนื้อเงาะ(%)		
	การใช้แรงงานคน	เครื่องคว้านแบบมีดเจาะทะลุ (Core Boring)	เครื่องคว้านต้นแบบ
1	9.89	31.25	14.85
2	10.57	23.53	16.88
3	11.11	18.18	19.12
4	10.81	29.03	15.17
5	6.81	17.86	15.48
6	12.60	25.86	15.81
7	9.76	18.24	16.11
8	13.00	26.25	15.00
9	9.89	21.43	14.19
10	8.53	25.81	13.00
11	6.45	27.14	14.67
12	7.96	20.97	16.07
13	10.33	23.44	15.17
14	11.01	20.00	14.84
15	9.47	23.03	11.82
16	9.66	24.00	17.04
17	9.89	21.88	16.33
18	9.84	24.24	13.93
19	15.81	12.50	16.43
20	10.76	15.29	14.19
ค่าเฉลี่ย=	10.21	22.50	15.30