

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : -
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ
กิจกรรม : -
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : วิจัยและพัฒนาเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development on Rambutan Pitting Machine

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง คุรุวรรณ ภามาตย์ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี

พุทธิพันธ์ จารุวัฒน์

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

จารุวรรณ รัตนสกุลธรรม

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป

ผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

วสุ อุดมเพทายกุล

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะที่สามารถคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะได้ เพื่อทดแทนการใช้แรงงานคนในการคว้าน 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)หรือ ความสามารถในการคว้าน 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 ชั่วโมง

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 consumption 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

6. คำนำ

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

ปัจจุบันการแปรรูปเงาะส่วนใหญ่เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเงาะบรรจุกระป๋อง โดยในขั้นตอนของการนำเมล็ดออกจากเนื้อเงาะจะต้องใช้แรงงานคน โดยใช้มีดปลายแหลมขนาดเล็กแทงและควั่นเอาเมล็ดออก ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญของแรงงานและใช้แรงงานจำนวนมาก เพื่อให้ได้เนื้อเงาะที่มีสภาพดีและสมบูรณ์ที่สุดสำหรับนำไปแปรรูปต่อไป บางครั้งเกิดความผิดพลาดจากแรงงานคนทำให้เนื้อเงาะเสียหายและสูญเสีย ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิต นอกจากนี้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานจำนวนมากนับเป็นปัญหาที่สำคัญ ที่โรงงานอุตสาหกรรมเงาะบรรจุกระป๋องกำลังประสบอยู่ ซึ่งมีความต้องการแรงงานจำนวนมาก เพื่อให้เพียงพอต่อกำลังการผลิตของโรงงาน

ในปัจจุบันเครื่องสำหรับการควั่นเนื้อเงาะออกจากเมล็ดที่มีอยู่ยังไม่เหมาะสมในการใช้งาน งานวิจัยนี้จะทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือสำหรับการควั่นเนื้อเงาะ เพื่อใช้ทดแทนแรงงานคนและให้ได้เนื้อเงาะมีคุณภาพดีสม่ำเสมอ สำหรับนำไปแปรรูปในอุตสาหกรรมเงาะบรรจุกระป๋องหรือผลิตภัณฑ์แปรรูปอื่นๆต่อไป

7. วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ที่เป็นปัจจัยสำหรับการออกแบบเครื่องมือ ได้แก่ ขนาด ผล รูปปร่าง ,เปอร์เซ็นต์เนื้อ,เปอร์เซ็นต์เมล็ด ความต้านทานแรงเฉือนของเปลือก,เนื้อในและเมล็ด
2. ศึกษาขั้นตอนวิธีการคว้านเจาะโดยใช้แรงงานคนเพื่อ ใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ เช่น ความเร็วเชิงมุมของมีดคว้าน องศาในการคว้าน ความถี่การเคลื่อนของมีดคว้าน เป็นต้น
3. ออกแบบและสร้างเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ โดยให้เครื่องคว้านเมล็ดเจาะ ทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ ใช้แรงงานคนในการป้อนผลเงาะเข้าเครื่องต้นแบบ
4. ทดสอบเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ เบื้องต้น เพื่อหาข้อบกพร่อง และปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง
5. ทดสอบเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะที่ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง เก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ค่าชี้ผลคือ ประสิทธิภาพของเครื่องมือ, ความสามารถในการทำงาน, เปอร์เซ็นต์ความเสียหายเนื้อเงาะที่เกิดจากเครื่องมือ, อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานและคุณภาพของเงาะที่คว้านเมล็ดออกแล้ว โดยเปรียบเทียบค่าชี้ผลกับการใช้แรงงานคนคว้าน โดยมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ดังนี้

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

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

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

โดยที่ MC คือ ประสิทธิภาพเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ

(เปอร์เซ็นต์)

FCP คือ ความสามารถในการทำงานจริงของเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

THC คือ ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎีของเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

AW คือ ความสามารถในการทำงาน(กิโลกรัม/ชั่วโมง)

WT คือ น้ำหนักเงาะทั้งหมดที่ได้จากเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ (กิโลกรัม)

T คือ เวลาทั้งหมดที่ใช้การคว้านเมล็ด (ชั่วโมง)

LS คือ ความเสียหายเนื้อเงาะจากเครื่องมือ (เปอร์เซ็นต์)

WS คือ น้ำหนักเนื้อเงาะที่ติดไปกับเมล็ด (กิโลกรัม)

WM คือ น้ำหนักเนื้อเงาะที่เกิดความเสียหายจากเครื่อง(กิโลกรัม)

WT คือ น้ำหนักเงาะทั้งหมดที่ได้จากเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ (กิโลกรัม)

6. วิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณภาพ,วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม,สรุปผลการทดลองและจัดทำรายงาน

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาเริ่มต้น ตุลาคม 2559 – ระยะเวลาสิ้นสุด กันยายน 2561

สถานที่ดำเนินการ

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ต.พลับพลา อ.เมือง จ.จันทบุรี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

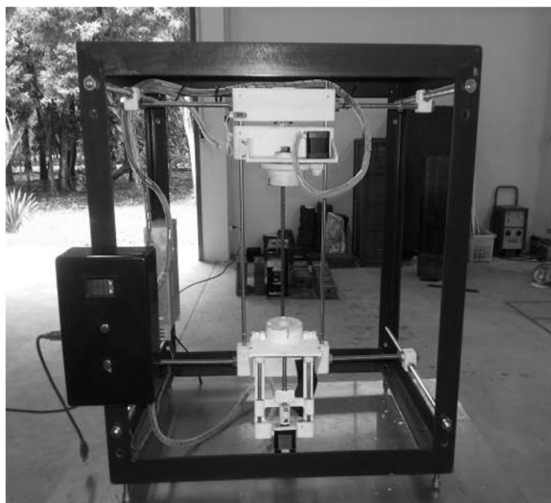
1.ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties) ที่เป็นปัจจัยสำหรับการออกแบบเครื่องมือ ได้แก่ขนาดผล
งาษา รูปร่าง ,เปอร์เซ็นต์เนื้อ,เปอร์เซ็นต์เมล็ด,เปอร์เซ็นต์เนื้อในและเมล็ด และผลการศึกษาแสดงในภาคผนวก ค1

2.ได้ผลการศึกษาขั้นตอนวิธีการคว้านงาษาโดยการใช้แรงงานคน

3.การออกแบบและดำเนินการสร้างเครื่องคว้านเมล็ดงาษาออกจากเนื้องาษา

ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องคว้านเมล็ดงาษาแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 1 (รูปที่ 6 และ 7)

เครื่องต้นแบบประกอบด้วย ส่วนของชุดอุปกรณ์ควบคุมใบมีดที่ใช้ในการคว้านเมล็ดงาษา (รูปที่ 8) ที่ใช้สมองกลฝัง
ตัว-ไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO ATmega2560 /clock speed 16Mbit สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของ
Stepping Motor (Type NEMA17) จำนวน 6 ชุด โดยใบมีดทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stanless Steel ,GRADE-
304) และชุดควบคุมการเคลื่อนที่ใบมีดโดย โดยมีควบคุมการเคลื่อนที่ดังนี้: การเคลื่อนที่ขึ้นลงของอุปกรณ์จับยึด
ผลงาษา,การหมุนคว้านของอุปกรณ์จับยึดผลงาษา,ควบคุมตำแหน่งมุมของใบมีด โดยให้ห้องศาของใบมีดเป็นแบบ
คงที่



รูปที่ 6 ต้นแบบเครื่องคว้านเมล็ดงาษาแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 1



รูปที่ 7 กล่องควบคุมเครื่องคว้านเมล็ดงาษาแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 1 (ซ้าย)และอุปกรณ์การจับยึดผลงาษาและ
ควบคุมการเคลื่อนที่ใบมีดคว้าน(ขวา)



รูปที่ 8 ลักษณะของใบมีดคว้านที่สร้างขึ้น(ซ้าย)และการติดตั้ง

และได้ดำเนินการทดสอบเบื้องต้นกับเงาะในปีการผลิต 2560 พบว่าวิธีการที่ให้ผลดีในการคว้านเป็นดังนี้

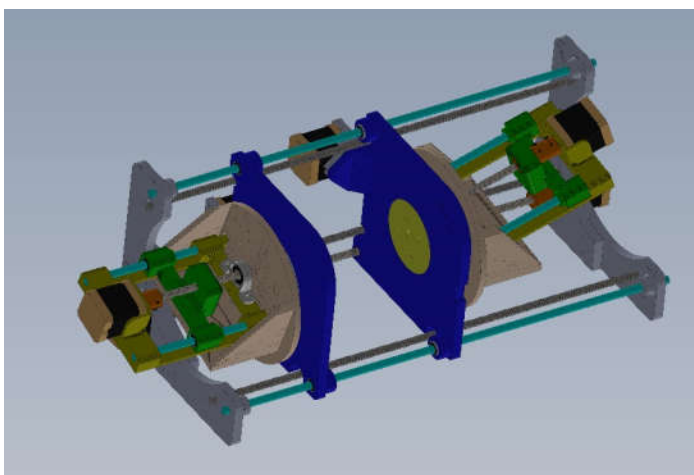
- 1.แทงมีดคว้านไปที่ตำแหน่งขั้วผลให้มีมุมเฉียงเพื่อหลบเมล็ดประมาณ 15 องศา และลึกประมาณ 60%
2. ถอนมีดคว้านออกประมาณ 5 มิลลิเมตร
3. หมุนผลเงาะ 2-5 องศา พร้อมกับการเคลื่อนที่ของชุดใบมีดเข้า
4. หมุนผลเงาะจนครบ 1 รอบ(360องศา)
5. ทำซ้ำขั้นตอนกับอีกขั้วผลเงาะ

จากผลการทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้นได้กรรมวิธีในการคว้านเม็ดเงาะสำหรับการคว้านโดยการใช้เครื่องคว้านเมล็ดจากเนื้อเงาะ โดยผลทดสอบเบื้องต้นได้เนื้อเงาะที่มีสภาพดีเทียบเท่ากับการใช้แรงงานคน(รูปที่ 9) มีความเสียหายเนื้อเงาะจากเครื่องมือ(%) น้อยกว่าน้อยกว่าการใช้ใบมีดเจาะแบบทรงกระบอก(Boring Core) และเครื่องคว้านเมล็ดจากเนื้อเงาะมีความเร็วเฉลี่ยในการทำงานในการคว้านเม็ดเงาะ 0.023 ผล/วินาที (44 วินาที/ผล)เทียบเท่ากับการใช้แรงงานคนมีความเร็วเฉลี่ยในการทำงานในการคว้านเม็ดเงาะประมาณ 0.022 ผล/วินาที ความเสียหายเนื้อเงาะการใช้แรงงานคน 10.2 % ความเสียหายเนื้อเงาะจากเครื่องต้นแบบ 20.4 % และ ความเสียหายเนื้อเงาะการใช้ใบมีดเจาะแบบทรงกระบอก 22.5 %



รูปที่ 9 ผลเงาะจากการคว้านด้วยแรงงานคน(แถวบน)และ ผลเงาะจากการคว้านด้วยเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติ(แถวล่าง)

เพื่อให้เครื่องคว้านด้วยเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติมีความสามารถในการทำงานที่สูงขึ้น และลดความเสียหายของผลเงาะ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 2 โดยการนำหลักการและการทำงานของต้นแบบที่ 1 มาปรับปรุงให้เครื่องมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น โดยเครื่องต้นแบบที่ 2 มีหลักการทำงานคล้ายคลึงกับแบบที่ 1 แต่มีชุดใบมีดคว้าน 2 ชุดในตำแหน่งหัวและท้ายผลและวางชุดจับใบผลเงาะในแนวนอน เพื่อแก้ปัญหาในการจับพลิกผลเงาะในขบวนการคว้านของแบบที่ 1 ทำให้ลดระยะเวลาในการทำงานลงและลดปัญหาในการจับยึดผล โดยเครื่องต้นแบบได้ออกแบบตามรูปที่ 10



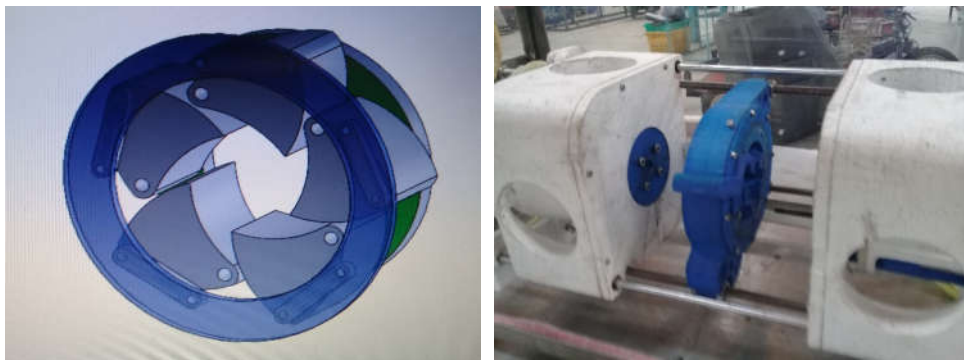
รูปที่ 10 แบบจำลองคอมพิวเตอร์แสดงเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 2



รูปที่ 11 เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติแบบที่ 2

จากผลการทดสอบเครื่องต้นแบบที่ 2 โดยผลทดสอบเบื้องต้นได้เนื้อเงาะที่มีสภาพดีเทียบเท่ากับการใช้แรงงานคน และเครื่องคว้านเมล็ดจากเนื้อเงาะมีความเร็วเฉลี่ยในการทำงานในการคว้านเมล็ดเงาะ 0.05 ผล/วินาที (20 วินาที/ผล) แต่จากการทดสอบพบว่ารูปแบบอุปกรณ์จับผลเงาะที่ออกแบบไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากรูปแบบการจับยึดไม่สามารถจับยึดผลเงาะได้ทุกขนาด (เกิดการเคลื่อนของจุดศูนย์กลางเมล็ดในกรณีเมล็ดเงาะโตหรือเล็กกว่าค่าออกแบบเข้าจับเมล็ด) ทำให้เกิดความผิดพลาดในการคว้านกับเงาะที่มีขนาดผลเล็กหรือโตกว่าขนาดที่ออกแบบ ผู้วิจัยจึงออกได้ออกแบบและสร้างอุปกรณ์จับยึดผลเงาะรูปแบบใหม่ โดยมีดำเนินการสร้างและการออกแบบตามภาพที่ 13 เพื่อแก้ปัญหาการจับยึดผลเงาะที่มีขนาดที่แตกต่างกัน(จุดศูนย์กลางเมล็ดเงาะอยู่ตำแหน่งเดิมทุกขนาดเมล็ดเงาะ)

หลังจากปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดผลเงาะเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะสามารถจับยึดและคว้านผลเงาะในตำแหน่งศูนย์กลางผลเงาะทุกผลโดยผลการทดสอบเครื่องแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 12 แบบจำลองคอมพิวเตอร์แสดงอุปกรณ์จับยึดผลเงาะรูปแบบที่ปรับปรุงใหม่และการติดตั้งในเครื่องต้นแบบ



รูปที่ 13 แบบจำลองคอมพิวเตอร์แสดงอุปกรณ์จับยึดผลเงาะรูปแบบที่ปรับปรุงใหม่และการติดตั้งในเครื่องต้นแบบ

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะแบบกึ่งอัตโนมัติที่ปรับปรุงอุปกรณ์จับยึดผลเงาะ

ค่าชี้ผล	แรงงานคน โดยใช้มือคว้าน	แรงงานคน โดยไม่มีดเงาะแบบ 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

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะต้นแบบมีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติโดยความเร็วเฉลี่ยในการทำงานในการคว้านเม็ดเงาะ 0.05 ผล/วินาที (20 วินาที/ผล) หรือ ความสามารถในการคว้าน 180 ผล/ชั่วโมง (ประมาณ 7 กิโลกรัม/ชั่วโมง) (ดำเนินการทดสอบที่ผลเงาะเบอร์ 1 ขนาด 26 ผล/กิโลกรัม ตามมาตรฐานสินค้าการเกษตรและ

อาหาร มกอช.12-2549)อัตราความสูญเสียเนื้อเงาะเฉลี่ยสูงกว่าการควั่นใช้แรงงานคน 5.1 % โดยน้ำหนัก และ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน 60 วัตต์

เครื่องควั่นเมล็ดออกจากเนื้อเงาะทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติยังคงต้องใช้แรงงานในการป้อนและจับวางผลเงาะตามทิศทางที่ถูกต้องและเครื่องยังคงสามารถทำงานทดแทนแรงงานที่มีฝีมือในการควั่นได้เพียง 2-3 เท่าซึ่งต้องพัฒนาเครื่องให้ทำงานแบบอัตโนมัติและเพิ่มความสามารถในการทำงานที่สูงขึ้นและสามารถนำไปใช้ในการทดแทนแรงงานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเงาะกระป๋องต่อไป

การเผยแพร่

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



รูปที่ 14 การนำเครื่องควั่นเมล็ดออกจากเนื้อเงาะสาธิตเผยแพร่ข้อมูลการใช้แก่เกษตรกร ในวันที่ 20 มกราคม 2562 ได้ร่วมจัดนิทรรศการงานพืชสวนก้าวหน้าครั้งที่ 20 จ.จันทบุรี

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 1) ได้เครื่องควั่นเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ ที่สามารถผลิตได้ในเชิงพาณิชย์ ช่วยเพิ่มมูลค่าให้ผลิตผลทางการเกษตร ลดปัญหาสินค้าล้นตลาดราคาสินค้าตกต่ำซึ่งจะช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร
- 2) เผยแพร่ข้อมูลในวารสารวิชาการ
- 3) เผยแพร่ข้อมูลการใช้เครื่องควั่นเมล็ดออกจากเนื้อเงาะสู่ผู้ประกอบการหรือผู้สนใจ
- 4) ถ่ายทอดผลงานแก่กลุ่มผู้ประกอบการและนักวิชาการ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับเครื่องควั่นเมล็ดออกจากเนื้อเงาะหรือนำไปต่อยอดผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

11. คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการบริหารงานวิจัย สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตรทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเกษตรกรผู้ปลูกเงาะและผลิตเงาะกระป๋องในจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบ

12. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. ฐานความรู้ด้านพืชของกรมวิชาการเกษตร. 2557. เครื่องจักรกลการเกษตร.

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

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ.คลินิกเทคโนโลยี. 2557.เครื่องคว้านเมล็ดลำไยแบบสองหัวคว้าน.

แหล่งที่มา:http://clinictech.rmutl.ac.th/website/index.php?option=com_content&task=view&id=61. (สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2557).

บริษัท ดลอส จำกัด. เครื่องคว้านเมล็ดลำไย. 2557. แหล่งที่มา:<http://www.donaus.com/>. (สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2557).

Leland Blank, Anthony Tarquin. Engineering economy , 2016.

13. ภาคผนวก

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การประเมินต้นทุนเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนในการประเมินค่าใช้จ่ายของการสร้างเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ เป็นดังนี้ (คิดเฉพาะราคาที่จัดซื้อหรือสร้าง ไม่คิดค่าที่ดินโรงเรือน ค่าประกันโรงเรือนและอื่นๆ)

1 ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (First Cost)

ต้นทุนเริ่มแรกคือค่าใช้จ่ายสำหรับลงทุนเริ่มต้น เช่น เครื่องจักร ที่ดิน เป็นต้น

2 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (Operating Cost)

ต้นทุนในการดำเนินการคือค่าใช้จ่ายที่ต้องเตรียมไว้เพื่อดำเนินการกับทรัพย์สินที่ต้องลงทุนไปเพื่อให้เกิดผลผลิตแบ่งเป็น

2.1 ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น (Fixed Cost) คือค่าใช้จ่ายที่คงที่ไม่แปรไปตามปริมาณการผลิตเช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าเสียโอกาสของทุนในเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ

2.2 ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost) คือค่าใช้จ่ายที่แปรไปตามปริมาณการผลิตเช่น ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนตามปริมาณผลเงาะที่นำมาคว้านเมล็ด

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ หาได้จาก

$$AC = FC + VC \quad \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ

AC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะต่อปี (บาทต่อปี)

FC = ค่าเสื่อมราคาของเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ(D) + ค่าเสียโอกาสในการลงทุน(R)

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

ค่าเสื่อมราคา (คิดวิธีเส้นตรง)

$$D = (P - S) / L \quad \dots\dots\dots (2)$$

ค่าเสียโอกาสในการลงทุน

$$R = ((P+S)xi)/2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

เมื่อ

P = ราคาซื้อหรือสร้างเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ(บาท)

L = อายุการใช้งานเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ(สัปดาห์หรือปี) = 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

$$BEP_S = FC / (SU_U \cdot VC_U) \quad \dots\dots\dots (4)$$

เมื่อ

BEP_S = จุดคุ้มทุน (หน่วย)

FC = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)

SU_U = ราคาขายต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

VC_U = ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

ระยะเวลาในการคืนทุน

$$PBP = MC/P \quad \dots\dots\dots (5)$$

เมื่อ

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

MC = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (บาท)

P = กำไร (บาท/ปี)

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ รวม 15,000 บาท

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

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

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

$$\text{ค่าเสื่อมราคา (D)} = (P - S) / L = (15,000 - 1,500) / 10 = 1,350 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)} = ((P + S) / 2) \times I$$

$$= ((15,000 + 1,500) / 2) \times 0.0877 = 723.52 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ต้นทุนคงที่ (FC)} = \text{ค่าเสื่อมราคา (D)} + \text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (R)}$$

$$= 1,350 + 723.52$$

$$= 2,073.52 \text{ บาท/ปี}$$

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

$$\text{ค่าจ้างแรงงาน (W)} = 1 \times 300 \times 60 = 18,000 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า (E)} = 0.06 \times 4.50 \times 8 \times 60 = 129.6 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ค่าบำรุงรักษา (M)} = 5 \times 60 = 300 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ต้นทุนแปรผัน (VC)} = \text{ค่าจ้างแรงงาน (W)} + \text{ค่าไฟฟ้า (E)} + \text{ค่าบำรุงรักษา (M)}$$

$$= 18,000 + 129.6 + 300$$

$$= 18,429.6 \text{ บาท/ปี}$$

ดังนั้น

$$\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)} = \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} + \text{ต้นทุนแปรผัน (VC)}$$

$$= 2,073.52 + 18,429.6$$

$$= 20,503.12 \text{ บาท/ปี}$$

จุดคุ้มทุนของเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้องา

กำหนดให้ค่าจ้างใช้เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้องา 10 บาท/กก. และภายในระยะเวลา 1 ปี เครื่อง

ทำงาน $60 \times 8 = 480$ ชม. ความสามารถในการคว้านเมล็ดออกจากเนื้องา = 56 กิโลกรัม/วัน

ฉะนั้นเครื่องสามารถทำงาน

$$\text{ได้} = 56 \times 60 = 3,360 \text{ กก./ปี}$$

$$\text{จุดคุ้มทุน (BEPS)} = \text{ต้นทุนคงที่ (FC)} / ((\text{ราคาค่าใช้จ่ายเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้องา} / \text{กก., SPU}) - (\text{ต้นทุนแปรผัน} / \text{กก., VCU}))$$

$$= 2,073.52 / (10 - (18,429.6 / 3,360)) = 2,073.52 / (10 - 5.485)$$

$$= 459.25 \text{ กก./ปี}$$

ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้องา

จากรายได้ในารรับจ้างใช้เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้องา = 10 บ./กก. และ 1 ปี เครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้องาได้

$$3,360 \text{ กก. จึงมีรายได้ } 10 \times 3,360 = 33,600 \text{ บาท/ปี}$$

ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP) = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC) / กำไร (P) และ

$$\text{กำไร (P)} = \text{รายได้ (R)} - \text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)}$$

$$= 33,600 - 20,503.12$$

$$= 13,096.88 \text{ บาท}$$

ดังนั้น

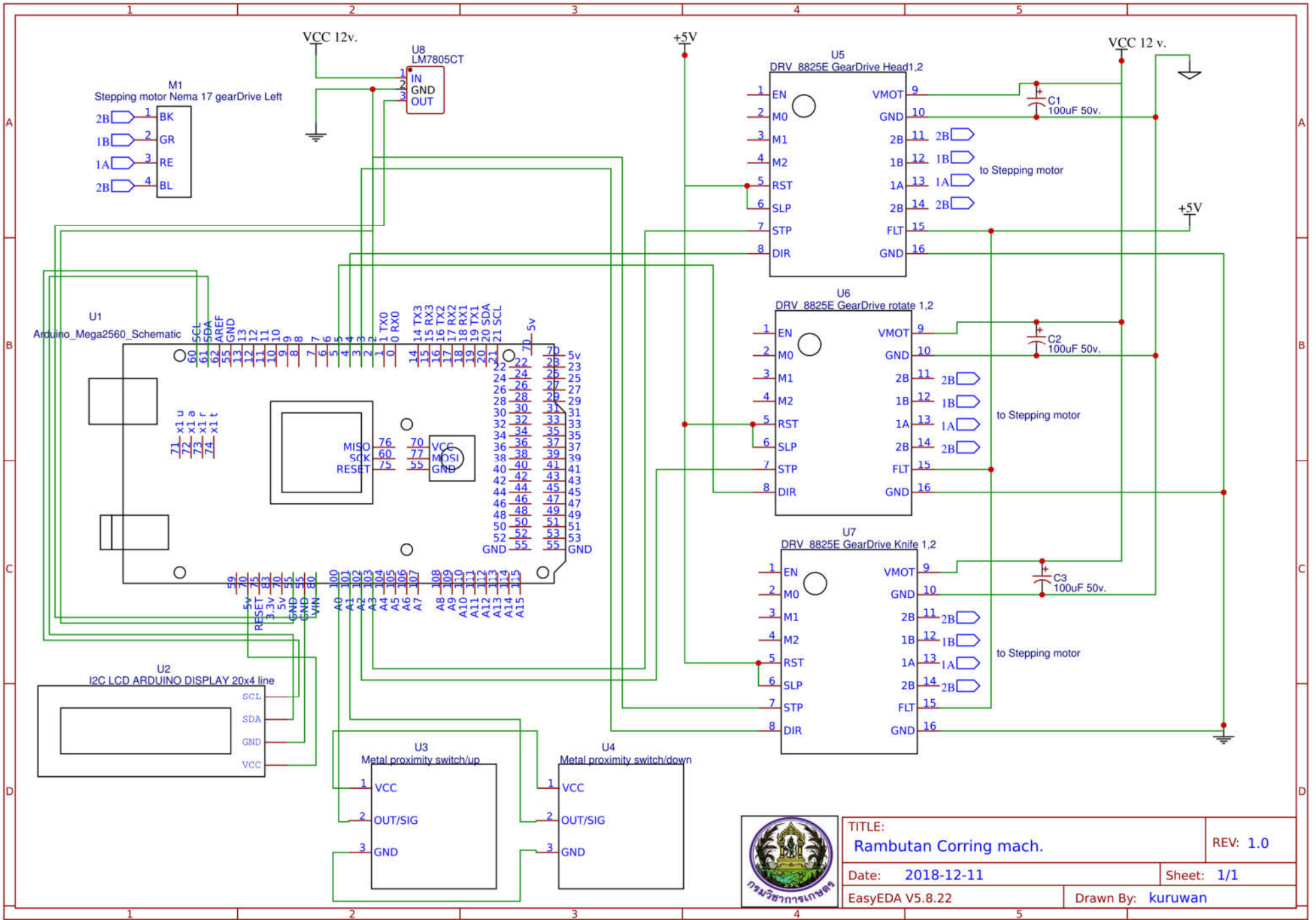
$$\text{ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP)} = \text{ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC)} / \text{กำไร (P)}$$

$$= 15,000 / 13,096.88 \times 60 \text{ วัน/ปี}$$

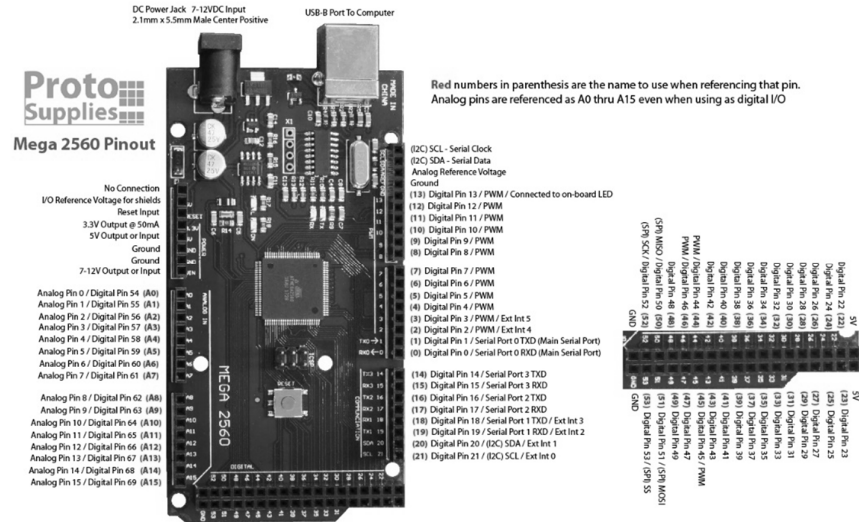
$$= 68 \text{ วัน}$$

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

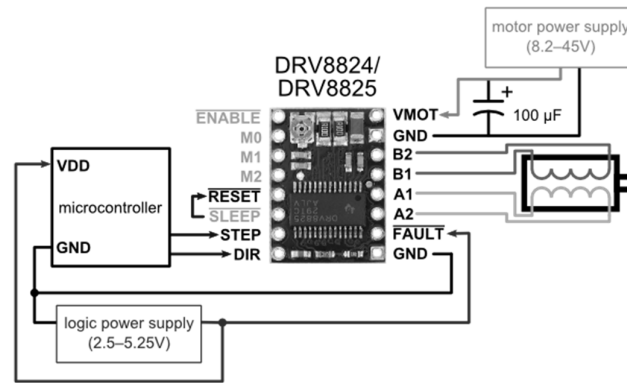
ภาคผนวก ข แบบวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์/เครื่องกล



TITLE: Rambutan Corring mach.		REV: 1.0
Date: 2018-12-11	Sheet: 1/1	
EasyEDA V5.8.22	Drawn By: kuruwan	



แผงวงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ ARDUINO MEGA 2560 แสดงขาควบคุมต่างๆ



วงจรการควบคุมมอเตอร์แบบ Stepping Motor โดยใช้แผงวงจรรวม DRV8825/DRV8824

ชุดคำสั่งสำหรับควบคุมเครื่องคว้านเมล็ดออกจากเนื้อเงาะ โดยใช้แผงวงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ 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)เข้าสู่
        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);

```

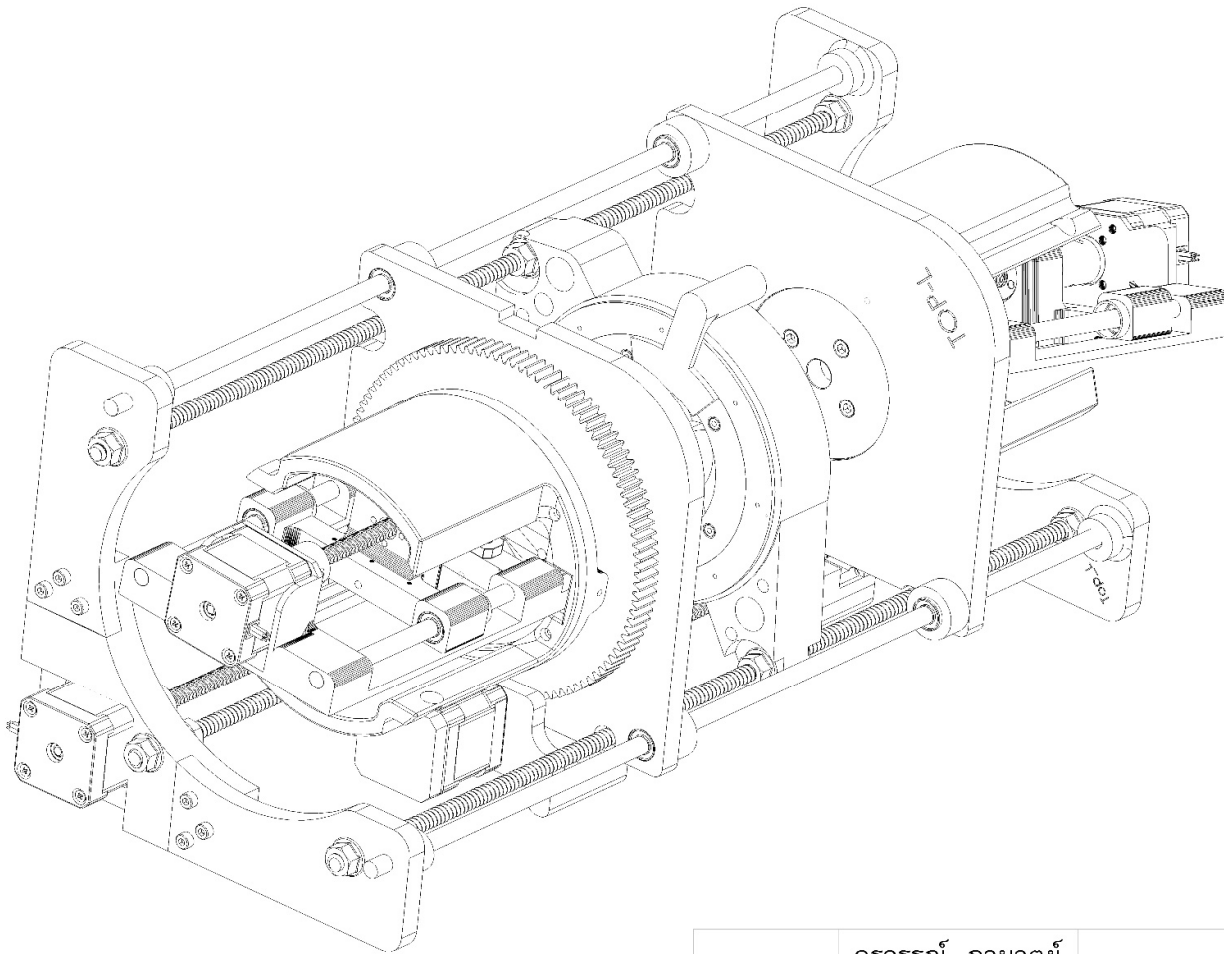
```

}
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++) {

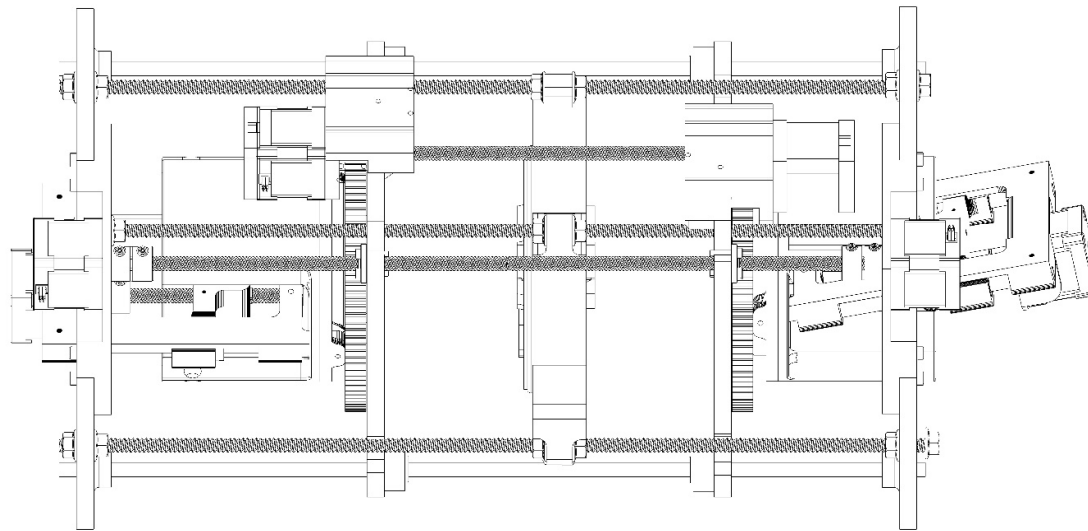
  digitalWrite(step3Pin,HIGH);
  delayMicroseconds(800);
  digitalWrite(step3Pin,LOW);
  delayMicroseconds(800);
}
// -----
digitalWrite(dir1Pin,HIGH); // for up motor-01
// Makes 200 pulses for making one full cycle rotation
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("HEAD STATE:MOVE UP");
  lcd.setCursor(0,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



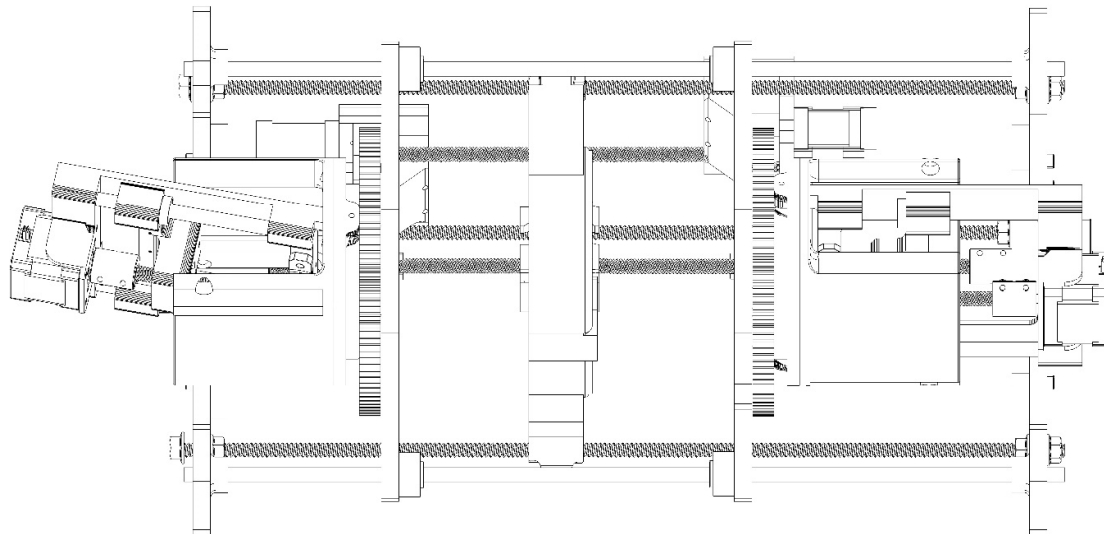
DRAWN	คุณวรรณี ภามัตย์	REVISION	1.0
DATE	14/12/2018	SCALE :	1:3
 ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	TITLE:	Isometric View	A4
	DWG NO.	ISO-01	



FRONT VIEW

SCALE 1:4

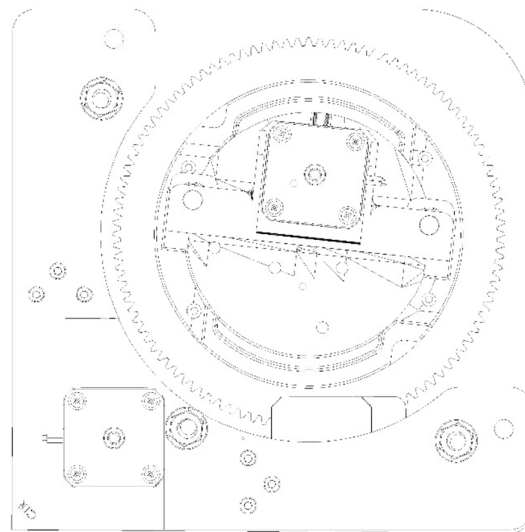
DRAWN	ศุรุวรรณ์ ภามัตย์	REVISION	1.0
DATE	14/12/2018	SCALE :	1:4
 ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	TITLE:	Front View	A4
	DWG NO.	F-01	



TOP VIEW

SCALE 1:4

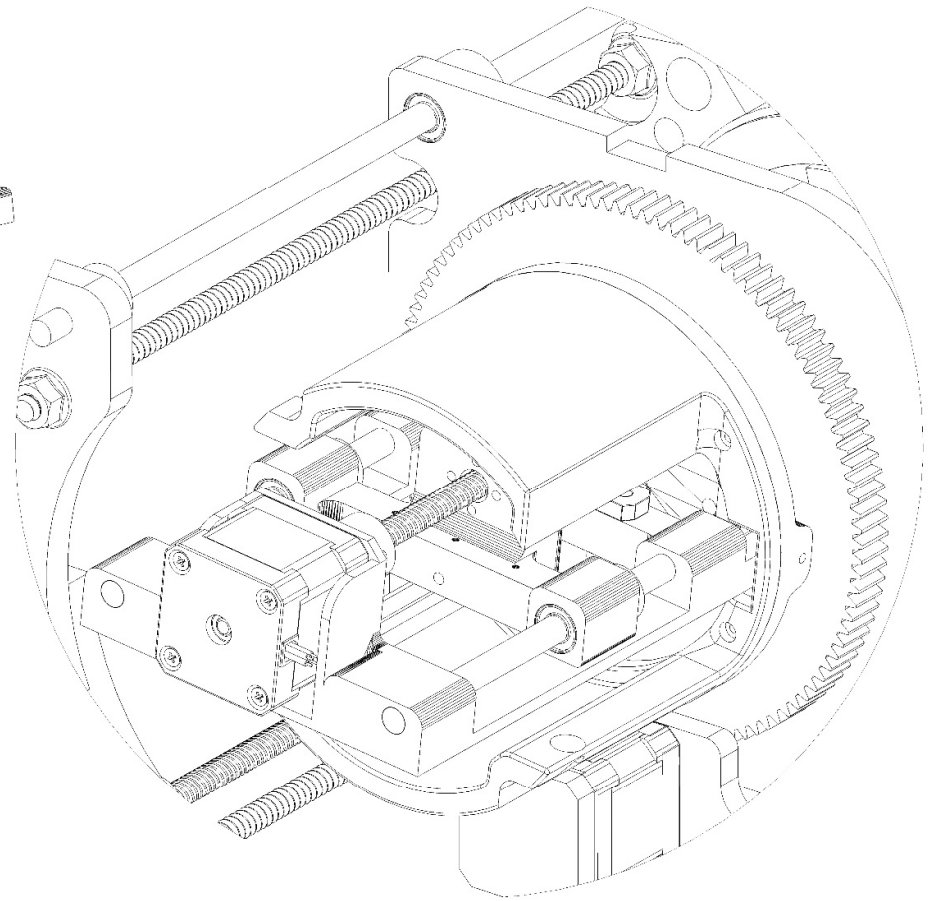
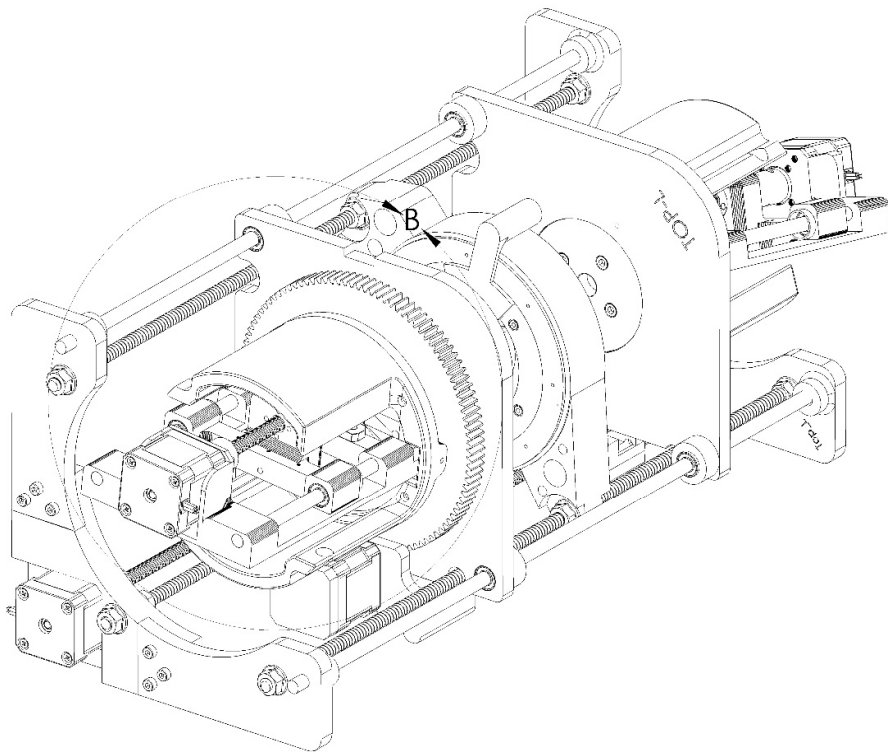
DRAWN	คุณวรรณ์ ภามัตย์	REVISION	1.0
DATE	14/12/2018	SCALE :	1:4
 ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	TITLE:	Top View	A4
	DWG NO.	TOP-01	



SIDE VIEW

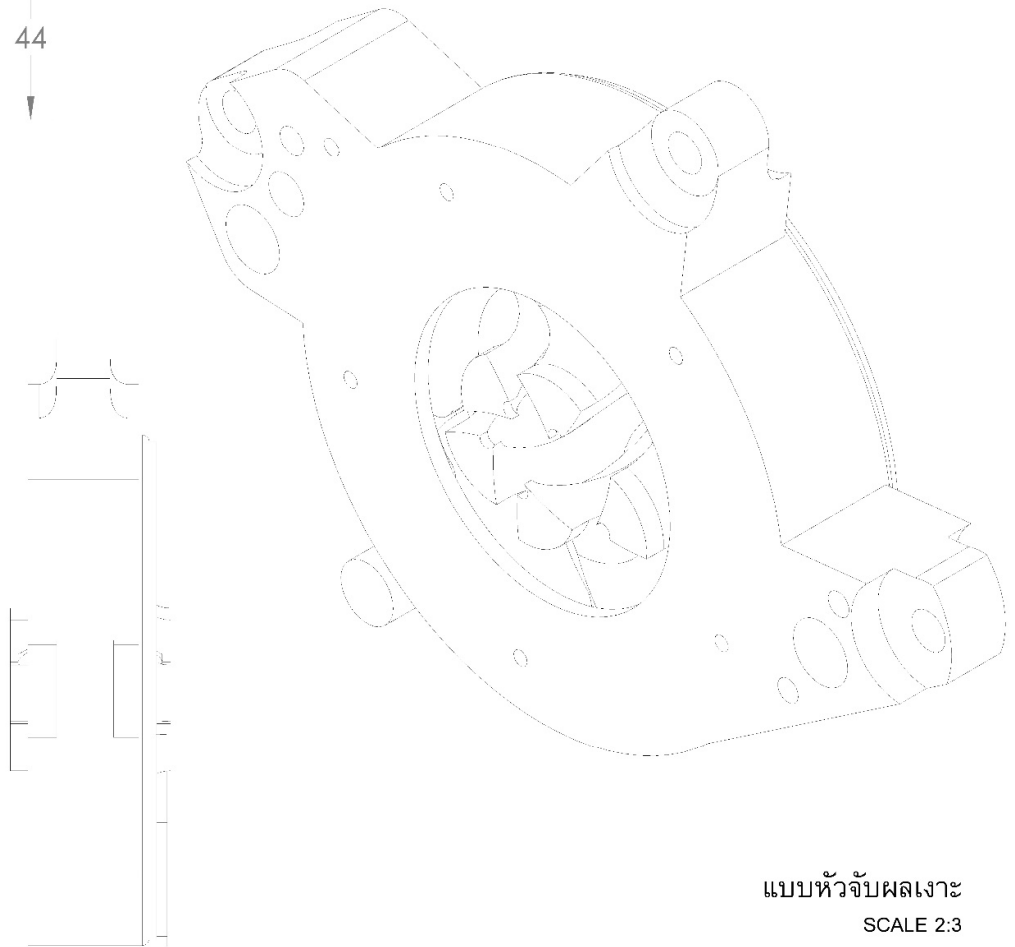
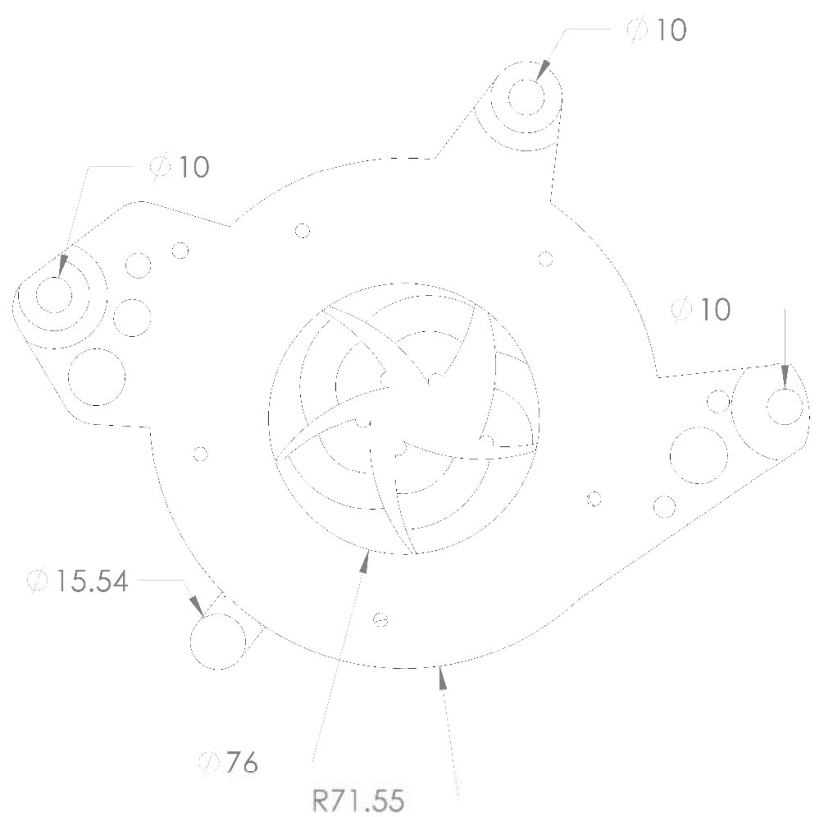
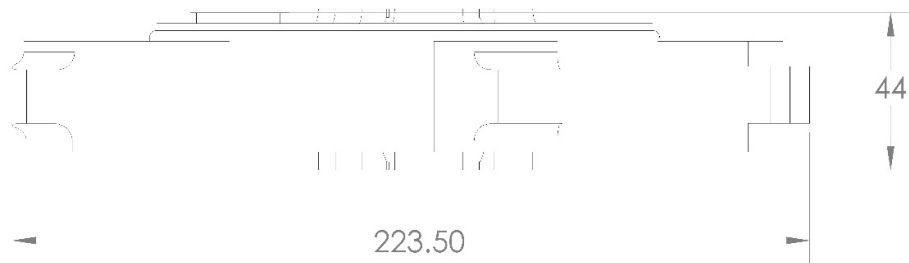
SCALE 1:3

DRAWN	คุณวรรณ ภามมาตย์	REVISION	1.0
DATE	14/12/2018	SCALE :	1:3
 ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	TITLE:	Side View	A4
	DWG NO.:	SIDE-01	



DETAIL B
SCALE 1 : 2

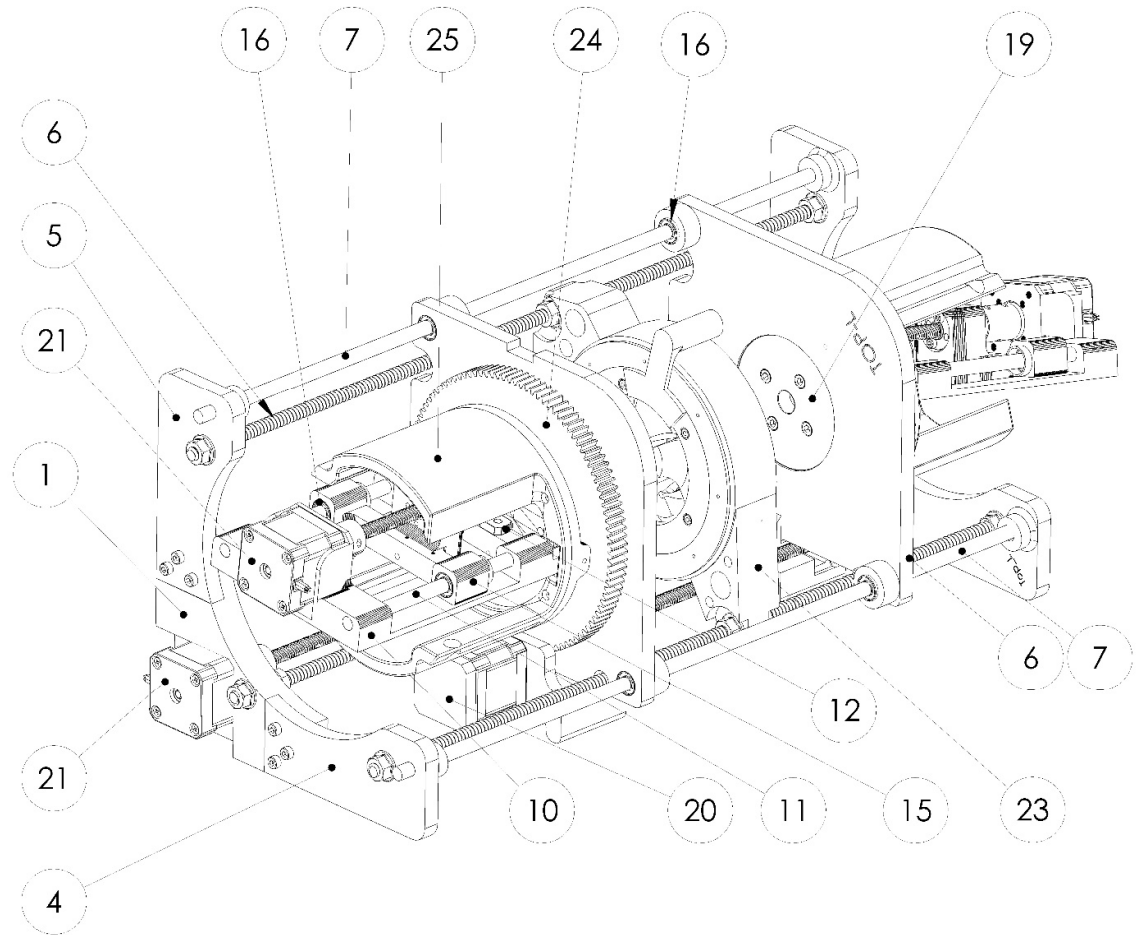
DRAWN	คุณวรรณ์ งามมัตย์	REVISION	1.0
DATE	14/12/2018	SCALE :	1:4
 ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	TITLE:	Knife Detail	A4
	DWG NO.	Det.01	



แบบหัวจับผลเงาะ
SCALE 2:3

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

ตารางผนวก ค1 ตารางคุณสมบัติทางกายภาพผลเงาะ

ผลเงาะ ที่	ผลที่มีเปลือก				ผลเปลือกเปลือก				เมล็ด			
	ความ ยาว (มม.)	หนา (มม.)	กว้าง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความ ยาว (มม.)	หนา (มม.)	กว้าง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความ ยาว (มม.)	หนา (มม.)	กว้าง (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

ลำดับ	ผลที่มีเปลือก				ผลเปลือกเปลือก				เมล็ด			
	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กว้าง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กว้าง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กว้าง (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

ลำดับ	ผลที่มีเปลือก				ผลเปลือกลอก				เมล็ด			
	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กว้าง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กว้าง (มม.)	น้ำหนัก (กรัม)	ความยาว (มม.)	หนา (มม.)	กว้าง (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	เครื่องควั่นแบบมีดเจาะทะลุ (Core Boring)	เครื่องควั่นต้นแบบ
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