

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : -
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก
กิจกรรม : -
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development on Salacca Thorn
Polishing Machine for Export

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	นายพุทธธินันท์ จารุวัฒน์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
ผู้ร่วมงาน	นายปิยชาติ พุ่มมณี	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นางสาวพัทธรวิภา สุทธิวาริ	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายศุภวรรณ ภามมาตย์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายบัณฑิต จิตรจำนงค์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายอนุสรณ์ สุวรรณเวียง	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายกิตติศักดิ์ กิติรัตน์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายตฤณสิทธิ์ ไกรสินบุรศักดิ์	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายอนุชา เชาวโชติ	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายอุทัย ธานี	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายสำเร็จ ช่างประเสริฐ	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

5. บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสละ สำหรับผลิตสละไร้หนามเพื่อการส่งออก เครื่องขัดหนามผลสละต้นแบบมีขนาด 1.6x2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ประกอบด้วยชุดโครงเครื่องทำจากวัสดุเหล็ก ชุดตะแกรงโยกขัดหนามผลสละทำจากวัสดุตะแกรงอลูมิเนียม ชุดแปรงขัดประกอบด้วยแปรงขัด 2 แปรงทำจากวัสดุไนลอน โดยชุดตะแกรงโยกและชุดแปรงขัดใช้ต้นกำลังร่วมกันได้แก่มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ ชุดยกตะแกรงโยกใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ การทำงานของส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ

ทั้งหมดจะถูกควบคุมการทำงานเป็นขั้นตอนแบบอัตโนมัติ โดยการเขียนโปรแกรมลงในอุปกรณ์ Programmable Logic Controller (PLC) ซึ่งติดตั้งอยู่ในตู้ควบคุมการทำงานของเครื่อง เครื่องขัดหนามผลสะมีความสามารถในการทำงาน 900 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้ารวม 1.47 กิโลวัตต์ สภาวะในการทำงานที่เหมาะสมคือ ความเร็วรอบตะแกรงโยก 110 รอบ/นาที มุมยก 14 องศา สามารถขัดหนามผลสะได้หมด และผลสะสามารถเก็บรักษาได้เกิน 3 วัน ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ โดยไม่เกิดความชื้นและไม่แตกต่างจากการใช้วิธีการเดิมคือการขัดหนามผลสะด้วยแรงงานคน ซึ่งมีความสามารถในการขัดหนามที่ 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจากการลงทุนใช้เครื่องต้นแบบในการขัดหนามผลสะ พบว่า มีต้นทุนค่าใช้จ่าย 82.92 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่การใช้แรงงานคนมีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงกว่าที่ 90.61 บาท/กิโลกรัม เมื่อทำการขัดหนามผลสะในปริมาณที่เท่ากัน

คำสำคัญ: สะ; เครื่องขัดหนาม; การส่งออก

ABSTRACT

The objective of this research was developed salacca thorn polishing machine for export. The dimension of prototype machine was 1.6x2x0.6 meters (WxLxH) and its structure was made from steel. The shake grate was made from aluminum and two brushes were made from nylon. The shake grate set and two brushing sets were used 1 hp 220V electric motor together and the lift shake grate set was used 0.5 hp 220V electric motor. All components of the prototype were controlled automatically by programmable logic controller (PLC) installed in the control box of the machine. The capacity of salacca thorn polishing machine was 900 kg/hr and had power consumption 1.47 kw. The suitable conditions of working were 110 rpm of the shake grate and the lifted angle 14 degree. The prototype could perfectly thorn salacca and keep them in room temperature over 3 days same conventional method whose capacity was 5 kg/hr/labor. The results of economically analysis engineering of machined method were cost 82.92 baht/kg while the higher cost of conventional method was 90.61 baht/kg in the same quantity of products.

Keywords: Salacca; thorn polishing machine; export

6. คำนำ

สะ เป็นพืชที่มีปลูกกันอยู่แล้วในประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ในเกือบทุกพื้นที่ ทั้งที่ลุ่ม ที่ดอน และบนภูเขา แต่พื้นที่ที่ปลูกสะมากจะอยู่ในเขตภาคตะวันออก โดยเฉพาะจังหวัดจันทบุรีเป็นจังหวัดที่ปลูกสะมากที่สุดในประเทศ จากข้อมูลของกรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2559 พบว่ามีการปลูกสะในจังหวัดจันทบุรีรวมพื้นที่ประมาณ 10,325 ไร่ เป็นพื้นที่สะที่ให้ผลผลิตแล้ว 9,483 ไร่ ปริมาณผลผลิตรวม 10,310 ตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 1,087 กิโลกรัม/ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ปัจจุบันการจำหน่ายผลผลิตสะสดมีทั้งการจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ โดยตลาดส่งออกหลักคือประเทศญี่ปุ่น

ผลผลิตสละที่ออกสู่ตลาดผู้บริโภคมีการจำหน่ายในรูปผลผลิตสดเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการแปรรูปพบว่ายังมีน้อย โดยมีการทำเป็นผลิตภัณฑ์สละลอยแก้วและแช่อิ่ม การจำหน่ายในรูปผลผลิตสดมีทั้งการจำหน่ายในรูปแบบช่อและแบบผลเดี่ยวสำหรับตลาดในประเทศ ส่วนการส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศจะเป็นรูปแบบผลเดี่ยว ซึ่งกระบวนการในโรงคัดบรรจุเริ่มตั้งแต่

1. รับสละคัดคุณภาพไม่มีเชื้อราจากชาวสวนรูปแบบเป็นช่อผล
2. ใช้กรรไกรตัดผลออกจากช่อผลและต้องระวังการเกิดรอยตำหนิหรือการฉีกของช่อผลสละตามมาตรฐานสินค้าเกษตรคุณภาพสละ
3. ใช้แรงงานคนทำการชูดหนามที่ผลสละออกด้วยช้อน
4. บรรจุผลสละลงกล่องพลาสติกใส โดยน้ำหนัก 250 กรัม หรือ 500 กรัม ขึ้นอยู่กับการสั่งสินค้าของลูกค้า
5. นำสละที่บรรจุภัณฑ์เรียบร้อยแล้วเข้าห้องเย็น 10 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมส่งให้ถึงลูกค้าภายใน 2-3 วัน โดยนับวันตั้งแต่ชาวสวนเก็บเกี่ยวผลผลิต

กระบวนการชูดหนามออกจากผลสละเป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันใช้แรงงานคนในการชูดหนามออกจากผลสละด้วยอุปกรณ์ช้อน และใช้วิธีชูดเบาๆที่ผิวสละเพื่อป้องกันการเกิดรอยข้ำที่ผลสละ ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวใช้แรงงานมาก และความสามารถในการทำงานต่อวันต่ำ ได้มีการทดลองใช้เครื่องชูดหนามที่เคยมีการผลิตโดยหน่วยงานเอกชนที่ไม่ปรากฏนาม โดยใช้หลักการให้ผลสละเกิดการเสียดสีกันทำให้หนามหลุด แต่เกิดปัญหาผลสละเกิดการชำรุดทำให้เกิดการสูญเสียและเลิกใช้ในที่สุด ปัจจุบันสหกรณ์การเกษตร อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีการส่งออกสละผลสดรายสำคัญของจังหวัดจันทบุรี ได้รายงานว่ามีความต้องการสละผลสดที่ไร้หนามมากขึ้นโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น ทำให้ต้องใช้แรงงานมากขึ้นและต้องเพิ่มชั่วโมงในการทำงาน เพื่อให้ได้ผลสละที่มีคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเกิน 3 วัน นับจากเก็บเกี่ยว เพื่อส่งให้ถึงผู้บริโภคในต่างประเทศ โดยกระบวนการชูดหนามด้วยแรงงานคนในปัจจุบันมีความสามารถในการทำงานเพียง 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือต้นแบบสำหรับการชูดหนามออกจากผลสละเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคนและเพิ่มความสามารถในการทำงาน โดยผลสละมีคุณภาพดีสำหรับการส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศ

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักพิกัด 100 กิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. เครื่องชั่งน้ำหนักพิกัด 2 กิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. สายวัดและไม้บรรทัด
5. เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์
6. นาฬิกาจับเวลา

วิธีดำเนินการ

1. ทำการสำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการขุดหนามผลสละในโรงคัดบรรจุสำหรับส่งออก และศึกษาทดสอบวิธีการขุดหนามสละที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ศึกษาอุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้น โดยร่วมมือกับผู้ประกอบการส่งออก เพื่อให้ได้ข้อมูลมาวิเคราะห์แก้ปัญหา
2. ออกแบบและสร้างเครื่องขุดหนามผลสละต้นแบบ ศึกษาปัจจัยต่างๆ ของอุปกรณ์เครื่องที่มีผลต่อการเข้าของผลสละเช่น วัสดุที่เหมาะสมในการขุดหนามสละ
3. ทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้น ปรับปรุงแก้ไข เก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องที่เหมาะสม ได้แก่ ความเร็วรอบในการทำงาน (รอบ/นาที) มุมยกของตะแกรงโยกขุดหนาม (องศา) โดยใช้หลักทางสถิติเป็นตัวเลือกสภาวะการทำงานที่เหมาะสม
4. นำเครื่องต้นแบบไปทดสอบเก็บข้อมูลจริงที่สถานประกอบการส่งออกผลสละ และศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีใช้แรงงานในการขุดหนามผลสละ โดยมีหัวข้อในการเก็บข้อมูลได้แก่ ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง) การใช้กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) ประสิทธิภาพการขุดหนาม (%) การเข้าของผลสละตามระยะเวลาการเก็บรักษา (%)
5. วิเคราะห์ผลการทดสอบ และทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
6. จัดทำรายงานผลการวิจัยและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาเริ่มต้น ตุลาคม 2559 – ระยะเวลาสิ้นสุด กันยายน 2561

สถานที่ดำเนินการ

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ต.พลับพลา อ.เมือง จ.จันทบุรี
- สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม แขวงลาดยาว เขตจตุจักร จ.กรุงเทพมหานคร
- สหกรณ์การเกษตรท่าใหม่ จำกัด ต.เขาบายศรี อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

สำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการขุดหนามผลสละสำหรับส่งออกที่สหกรณ์การเกษตร อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ซึ่งเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ โดยมีประเทศญี่ปุ่นเป็นตลาดส่งออกหลักของผลสละไร้หนาม ผลการเก็บข้อมูลพบว่าการส่งออกสละส่วนใหญ่จะจำหน่ายในรูปผลสดในรูปแบบผลเดี่ยว (ภาพที่ 1) ส่วนการจำหน่ายในประเทศมีทั้งรูปแบบช่อและผลเดี่ยว สำหรับการแปรรูปยังมีน้อยในรูปของผลิตภัณฑ์สละลอยแก้วและการแช่อิ่ม โดยสละส่งออกจะเริ่มจากนำสละที่ตัดจากสวนเป็นช่อกระปุกเข้าสู่โรงคัดบรรจุ และคัดคุณภาพเพื่อให้ได้สละที่ไม่มีเชื้อราขาวและมีเมล็ดเต็ม จากนั้นใช้กรรไกรตัดผลสละออกจากช่อ โดยต้องระวังไม่ให้เกิดรอยตำหนิหรือการฉีกที่ขั้วผล จากนั้นใช้ช้อนขุดหนามออกจากผิวสละด้วยแรงงานคน สละที่ไร้หนามจะถูกส่งไปบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ (ภาพที่ 2) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกล่องพลาสติกใสที่สามารถบรรจุได้ 250-500 กรัม (ภาพที่ 3) ขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า โดยจากการทดสอบในขั้นตอนของการขุดหนามสละด้วยช้อนพบว่ามีความสามารถในการขุดเอาหนามออก 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน การใช้แรงงานคนมีความสามารถในการทำงานต่ำมาก ทำให้ต้องใช้เวลาและแรงงานคนมาก ซึ่งเป็น

ปัญหาในปัจจุบัน นอกจากนี้ได้มีการนำเครื่องขัดหนามสละที่ผลิตโดยภาคเอกชนมาทดลองใช้ (ภาพที่ 4) พบว่ายังไม่สามารถใช้งานได้ผลสละเสียหายจากแรงกระแทกทำให้เกิดการช้ำ โดยเนื้อสละเกิดเป็นวงช้ำสีดำเป็นช่วงๆทำให้ไม่สามารถส่งออกได้โดยการตรวจสอบคุณภาพการช้ำจะทำโดยเก็บรักษาผลสละขัดหนามไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1-2 คืน และทำการตรวจสอบ



ภาพที่ 1 ผลสละสำหรับส่งออก



ภาพที่ 2 ผลสละที่ทำการขัดหนามแล้ว

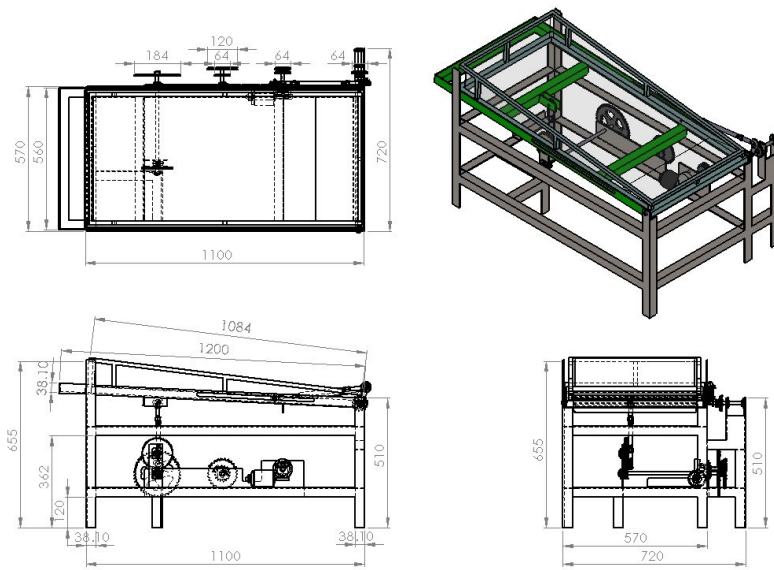


ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์สละไร้หนามสำหรับส่งออก



ภาพที่ 4 เครื่องขัดหนามภาคเอกชน

จากนั้นศึกษาปัจจัยต่างๆ ของเครื่องที่มีผลต่อการช้ำของผลสละได้แก่ความเร็วรอบการทำงานและมุมเอียงของเครื่องที่ทำให้สละเกิดการเคลื่อนที่และขัดสีกันเพื่อให้หนามสละหลุดออก ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวได้ทำการออกแบบให้เครื่องขัดหนามผลสละมีหลักการทำงานเป็นรูปแบบตะแกรงโยกแบบมีมุมเอียงเพื่อให้ผลสละเกิดการขัดสีกับพื้นผิวตะแกรงและขัดสีระหว่างผลสละด้วยกันเอง รวมถึงมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจนกระทั่งออกจากเครื่อง และทำการสร้างเครื่องขัดหนามผลสละระดับการทดลอง (ภาพที่ 5-7) นอกจากนั้นได้ติดตั้งแกนเพลลาสำหรับขับเคลื่อนเพื่อช่วยในการขัดหนามผลสละให้หมด (ภาพที่ 8) ผลการศึกษาพบว่าความเร็วรอบและมุมเอียงของตะแกรงโยกจะมีผลต่อการขัดหนามสละ การเคลื่อนที่ของผลสละและความช้ำที่อาจเกิดขึ้นหากเกิดการกระแทกที่มากเกินไป ซึ่งต้องทำการทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยเหล่านี้ต่อไปในขั้นตอนของการทดสอบเครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 5 แบบเครื่องตัดหนามผลสละระดับการทดลอง



ภาพที่ 6 โครงสร้างของเครื่องตัดหนามผลสละระดับการทดลอง



ภาพที่ 7 โครงสร้างของเครื่องตัดหนามผลสละที่สามารถยกมุมเอียงตะแกรงโยกได้

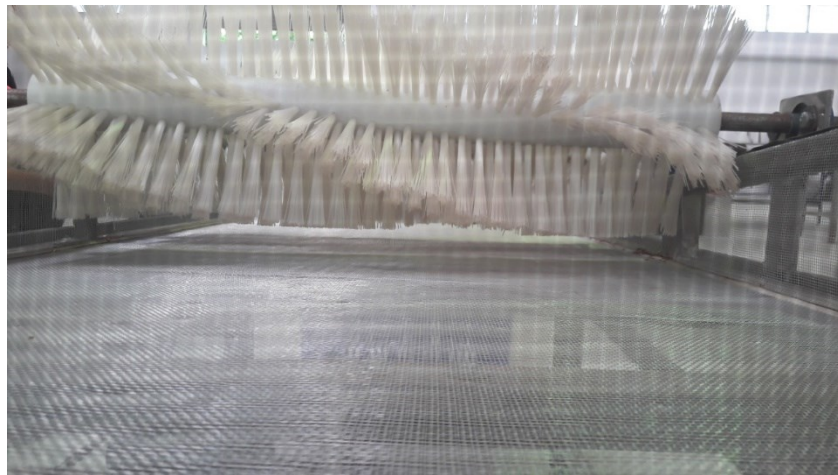


ภาพที่ 8 ติดตั้งแกนเพลาชับชุดแปรงตัดหนามผลสละ

เครื่องตัดหนามผลสละต้นแบบระดับการทดลองมีขนาด 0.6x1.2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) โครงสร้างทำจากวัสดุเหล็ก และตะแกรงโยกมีขนาด 0.56x1.08x0.04 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ทำจากวัสดุอลูมิเนียม โดยมีลักษณะการทำงานให้ผลสละเกิดการขัดสีกับพื้นของตะแกรงโยกและผลสละด้วยกันเอง เพื่อให้หนามของผลสละหลุดออกและลอดผ่านพื้นตะแกรงโยกสู่ด้านล่างของเครื่อง นอกจากนั้นได้ทำการติดตั้งชุดแปรงตัดหนามผลสละ โดยจะประกอบด้วยแปรงตัดหนาม 2 ตัว หมุนในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของผลสละ เพื่อตัดหนามผลสละด้านบนและชะลอกการเคลื่อนที่ ให้ผลสละขัดสีกับพื้นตะแกรงโยกและผลสละด้วยกันเองนานขึ้น ก่อนไหลลงสู่ภาชนะที่ปลายเครื่อง (ภาพที่ 9-11)



ภาพที่ 9 ชุดแปรงขัดหนามผลสละ

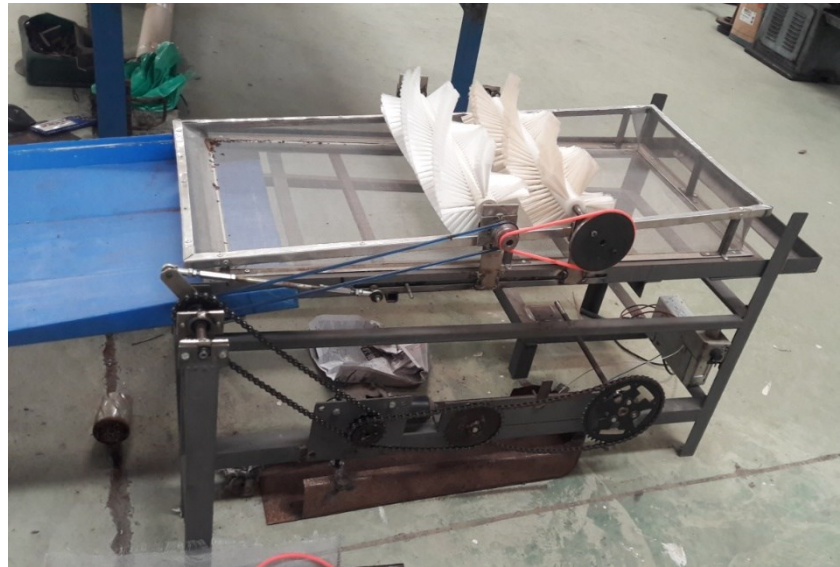


ภาพที่ 10 ติดตั้งพื้นตะแกรงโยกจากวัสดุตะแกรงอลูมิเนียม



ภาพที่ 11 เศษหนามที่ถูกขัดออกจากผลสละบริเวณพื้นด้านล่างเครื่อง

นอกจากนั้นได้ทำการติดตั้งชุดต้นกำลังขับเคลื่อนชุดโยกตะแกรง ชุดแปรงขัดและชุดยกตะแกรง ซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังและชุดเฟืองโซ่ส่งกำลัง ดังแสดงในภาพที่ 12 และ 13 จนกระทั่งได้เครื่องต้นแบบขัดหนามผลสละระดับการทดลองที่พร้อมทำการทดสอบเก็บข้อมูลหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำงาน (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 12 ต้นกำลังขับเคลื่อนชุดโยกตะแกรงและชุดแปรงขัด



ภาพที่ 13 ต้นกำลังขับเคลื่อนชุดยกตะแกรง



ภาพที่ 14 ต้นแบบเครื่องตัดหนามผลสละระดับการทดลอง

หลังจากสร้างเครื่องต้นแบบระดับการทดลองเสร็จสิ้น ได้ทดสอบเก็บข้อมูลหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องตัดหนามผลสละ ซึ่งสภาวะการทำงานที่เหมาะสมจะถูกนำไปใช้ในการทดสอบเครื่องตัดหนามผลสละขยายขนาดระดับเชิงพาณิชย์ในอนาคตต่อไป โดยนำเครื่องต้นแบบไปทำการทดสอบที่สหกรณ์เกษตรกรทำใหม่ จ.จันทบุรี ซึ่งเป็นผู้ประกอบการส่งออกสละไร้หนามที่สำคัญของ จ.จันทบุรี โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษได้แก่ ความเร็วรอบและมุมยกของตะแกรงโยกตัดหนามผลสละ ทำการทดสอบความเร็วรอบ 4 ระดับ ได้แก่ 90, 100, 110 และ 120 รอบ/นาที และมุมยก 3 ระดับ ได้แก่ 12, 14 และ 16 องศา และศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีการเดิมคือการตัดหนามด้วยแรงงาน รวมการทดสอบทั้งหมด 13 การทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ และนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบพบว่าสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องตัดหนามผลสละระดับการทดลองคือ ความเร็วรอบของตะแกรงโยกตัดหนามผลสละ 110 รอบ/นาที และมุมยก 14 องศา โดยเครื่องตัดหนามผลสละมีความสามารถในการทำงาน 99.45 กิโลกรัม/ชั่วโมง จำนวนผลสละที่ตัดหนามหมด 86.67% โดยไม่มีการชำรุดของผลสละที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 1 และวันที่ 3 ซึ่งวันที่ 3 คือระยะเวลาที่การขนส่งผลสละไร้หนามถึงผู้บริโภค และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน มีจำนวนผลสละชำ 16.67% ไม่แตกต่างจากการตัดหนามสละด้วยแรงงาน ซึ่งมีจำนวนผลสละชำ 13.33% เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการตรวจสอบความซ้ำจะคิดจากจำนวนผลสละที่มีเนื้อเกิดการชำเป็นวงดำต่อจำนวนผลสละทั้งหมดที่ทำการทดสอบในแต่ละการทดลอง เครื่องต้นแบบระดับการทดลองมีการใช้กำลังไฟฟ้า 0.6 กิโลวัตต์ ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 1 และภาพที่ 15-20



ภาพที่ 15 ซ่อผลสละสำหรับทดสอบ



ภาพที่ 16 ตัดผลสละออกจากซ่อ



ภาพที่ 17 ทดสอบขีดหนามผลสละด้วยแรงงาน



ภาพที่ 18 ทดสอบขีดหนามผลสละด้วยเครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 19 ผลสละก่อนขีดการขีดหนาม



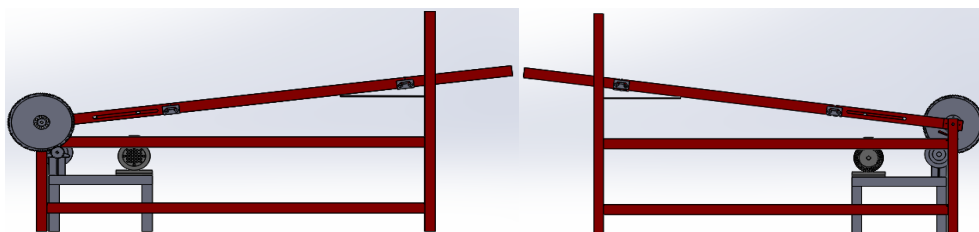
ภาพที่ 20 ผลสละหลังการขีดหนามด้วยเครื่อง

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบขีดหนามผลสละด้วยแรงงานและการใช้เครื่องต้นแบบ

การทดลอง		ปัจจัยที่ศึกษา					การใช้กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
		ความสามารถใน การขีดหนามสละ (ก.ก./ชม.)	การขีดหนามหมด (%)	การเข้าของผลสละ (%)			
				วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 6	
แรงงานขีดหนาม		5.00e	100a	0.00	0.00	13.33 a	0.00
เครื่องขีดหนาม	90 รอบ/นาที่ 12 องศา	60.54d	56.67e	0.00	3.33	23.33 cd	0.60
เครื่องขีดหนาม	90 รอบ/นาที่ 14 องศา	62.50d	56.67e	0.00	3.33	26.67 de	0.60
เครื่องขีดหนาม	90 รอบ/นาที่ 16 องศา	87.38c	56.67e	0.00	10.00	30.00 ef	0.60
เครื่องขีดหนาม	100 รอบ/นาที่ 12 องศา	63.16d	76.67c	0.00	3.33	23.33 cd	0.60
เครื่องขีดหนาม	100 รอบ/นาที่ 14 องศา	70.59d	56.67e	0.00	6.67	26.67 de	0.60
เครื่องขีดหนาม	100 รอบ/นาที่ 16 องศา	97.30bc	66.67d	0.00	6.67	26.67 de	0.60
เครื่องขีดหนาม	110 รอบ/นาที่ 12 องศา	89.55c	66.67d	0.00	0.00	20.00 bc	0.60
เครื่องขีดหนาม	110 รอบ/นาที่ 14 องศา	99.45bc	86.67b	0.00	0.00	16.67 ab	0.60

เครื่องขัดหนาม	110 รอบ/นาที 16 องศา	105.88b	76.67c	0.00	0.00	23.33 cd	0.60
เครื่องขัดหนาม	120 รอบ/นาที 12 องศา	92.31c	76.67c	0.00	13.33	33.33 f	0.60
เครื่องขัดหนาม	120 รอบ/นาที 14 องศา	105.26b	66.67d	0.00	20.00	40.00 g	0.60
เครื่องขัดหนาม	120 รอบ/นาที 16 องศา	120.00a	73.33c	0.00	26.67	50.00	0.60

จากนั้นได้จัดสร้างเครื่องต้นแบบขยายขนาดในระดับเชิงพาณิชย์ สำหรับรองรับปริมาณผลผลิตสละที่ต้องขัดหนามเพื่อส่งออกของสหกรณ์การเกษตรและผู้ประกอบการ โดยเครื่องต้นแบบมีขนาด 1.6x2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) โครงสร้างทำจากวัสดุเหล็ก และตะแกรงโยกทำจากวัสดุอลูมิเนียมมีขนาด 1x2x0.12 เมตร (กว้างxยาวxสูง) และได้ทำการเพิ่มเติมในอุปกรณ์บางส่วนที่ช่วยให้เครื่องมีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น คือชุดดูดหนามสละหลังจากถูกขัดออกจากผลสละแล้ว และตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องต้นแบบอัตโนมัติ โดยเครื่องต้นแบบประกอบด้วย ชุดโครงเครื่อง (ภาพที่ 21 และ 22) ชุดขับเคลื่อนตะแกรงโยกและชุดแปรงขัดหนามผลสละ ซึ่งใช้ต้นกำลังร่วมกันคือมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า (ภาพที่ 23 และ 24) ชุดยกตะแกรงโยกซึ่งใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า (ภาพที่ 25) และชุดดูดหนามเข้าสู่ถังเก็บหลังการขัดหนามผลสละ ซึ่งใช้อุปกรณ์เครื่องดูดฝุ่น มอเตอร์ขนาด 600 วัตต์ ความเร็วรอบพัดลม 16,000 รอบ/นาที และปริมาณลม 3.8 ลบ.ม./นาที ที่มีจำหน่ายในภาคเอกชนมาประยุกต์ใช้ โดยได้ทำการเจาะช่องที่พื้นของตะแกรงโยก เพื่อให้หนามสละที่ถูกขัดออกไหลเข้าสู่ช่องทางดูดของอุปกรณ์เครื่องดูดฝุ่นและเข้าสู่ถังเก็บ (ภาพที่ 26 และ 27) ซึ่งทำให้พื้นที่บริเวณปฏิบัติงานมีความสะอาดเรียบร้อย ซึ่งจากการทดสอบพบว่าสามารถดูดหนามผลสละที่ถูกขัดออกเข้าสู่ถังเก็บได้ดี จากนั้นได้ทำการติดตั้งตู้ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยติดตั้งอุปกรณ์ Programmable Logic Controller (PLC) และเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมลำดับและระยะเวลาการทำงานของชุดอุปกรณ์ต่างๆทั้งหมดของเครื่องขัดหนามผลสละ (ภาพที่ 28 และ 29) จนกระทั่งได้เครื่องต้นแบบขัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์ที่พร้อมทำการทดสอบเก็บข้อมูล (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 21 แบบเครื่องขัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 22 โครงสร้างเครื่องตัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 23 ชุดตะแกรงโยกและแปรงตัดหนาม



ภาพที่ 24 ชุดอุปกรณ์ขับเคลื่อนตะแกรงโยกและแปรงตัดหนาม



ภาพที่ 25 ชุดยกตะแกรงโยกและอุปกรณ์ขับเคลื่อน



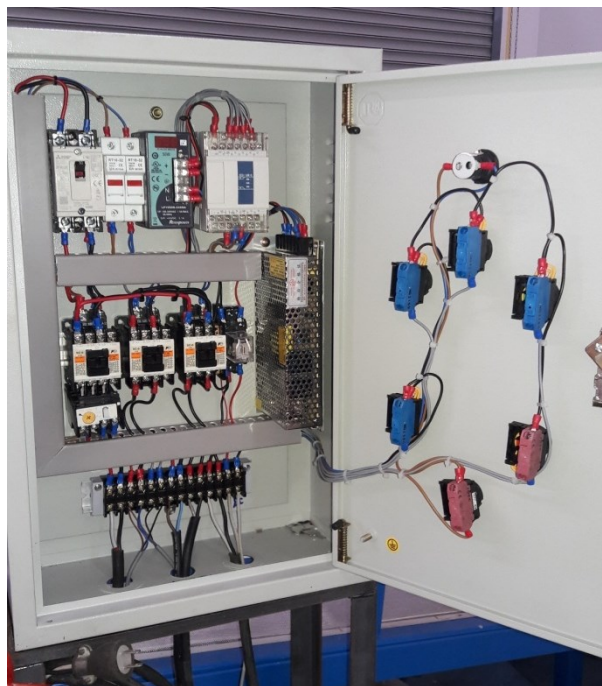
ภาพที่ 26 ชุดดูดหนามสละ



ภาพที่ 27 ถังเก็บหนามสละ



ภาพที่ 28 ติดตั้งตู้ควบคุมการทำงานอัตโนมัติของเครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 29 อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมการทำงาน



ภาพที่ 30 เครื่องขัดหนามผลสละต้นแบบพร้อมทำการทดสอบ

ได้ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องขัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์โดยใช้สภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้จากผลการทดลองของเครื่องขัดหนามผลสละระดับการทดลองคือที่ความเร็วรอบตะแกรงโยก 110 รอบ/นาที มุมยก 14 องศา ผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงาน 900 ก.ก./ชม. จำนวนผลสละที่ขัดหนามหมด 90% (ภาพที่ 31-33) โดยไม่มีการชำรุดของผลสละที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 1 และวันที่ 3 (ภาพที่ 34 และ 35) และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน มีจำนวนผลสละที่ชำรุด 13.33% ไม่แตกต่างจากการขัดหนามสละด้วยแรงงาน เครื่องต้นแบบใช้กำลังไฟฟ้ารวม 1.47 กิโลวัตต์ ผลการทดสอบทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 2



ภาพที่ 31 ทดสอบเครื่องขัดหนามผลสละต้นแบบระดับเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 32 ผลสละก่อนการขัดหนาม



ภาพที่ 33 ผลสละหลังการขัดหนาม



ภาพที่ 34 ผลสละเก็บรักษาวันที่ 1



ภาพที่ 35 ผลสละเก็บรักษาวันที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบขัดหนามผลสละด้วยแรงงานและการใช้เครื่องต้นแบบระดับเชิงพาณิชย์

การทดลอง		ปัจจัยที่ศึกษา					การใช้กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
		ความสามารถใน การขัดหนามสละ (ก.ก./ชม.)	การขัดหนามหมด (%)	การซ้ำของผลสละ (%)			
				วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 6	
แรงงานขัดหนาม		5.00	100.00	0.00	0.00	13.33	0.00
เครื่องขัดหนาม	110 รอบ/นาที	900.00	90.00	0.00	0.00	13.33	1.47
	14 องศา						

ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมหาต้นทุนค่าใช้จ่าย จุดคุ้มทุน และระยะเวลาคืนทุนของการใช้เครื่องต้นแบบ และเปรียบเทียบกับต้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้แรงงานในการขัดหนามผลสละ พบว่าการใช้เครื่องขัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์มีต้นทุนค่าใช้จ่าย 82.92 บาท/กิโลกรัม จุดคุ้มทุนเมื่อทำการขัดหนามผลสละปริมาณ 13,433 กิโลกรัมต่อปี และมีระยะเวลาคืนเงินลงทุนเครื่องจักรประมาณ 1 ปี ในขณะที่การใช้วิธีการเดิมคือใช้แรงงานในการขัดหนามผลสละ ที่ปริมาณการขัดหนามผลสละต่อวันเท่ากันจะมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 90.61 บาท/กิโลกรัม โดยรายละเอียดการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมแสดงไว้ในภาคผนวก ก. และแบบทางวิศวกรรมเครื่องขัดหนามผลสละแสดงไว้ในภาคผนวก ข.

ในส่วนของการเผยแพร่ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 17 จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 19-21 พฤศจิกายน พ.ศ.2561 ดังแสดงในภาพที่ 36

การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 17
The National Horticultural Congress

สู่ก้าวใหม่ของพืชสวนไทย
To the New Frontiers of Horticulture
วันที่ 19-21 พฤศจิกายน 2561
ณ โรงแรมเชียงใหม่ แกรนด์วิว แอนด์ คอนเวนชัน เซ็นเตอร์ จังหวัดเชียงใหม่

กำหนดการ

- 30 ม.ย. 61 ลงทะเบียนและสัมมนาต้อนรับ
- 30 มิ.ย. 61 ปิดสัมมนา
- 15 ก.ค. 61 เริ่มสัมมนาภาคต้น
- 30 ก.ค. 61 ปิดสัมมนาภาคต้น
- 30 ส.ค. 61 เริ่มสัมมนาภาคกลาง
- 1 ก.ย. 61 ปิดสัมมนาภาคกลาง
- 15 ต.ค. 61 เริ่มสัมมนาภาคหลัง
- 19 พ.ย. 61 ปิดสัมมนาภาคหลัง
- 19-21 พ.ย. 61 งานประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ

รูปแบบการจัดประชุมวิชาการ

- การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายและภาคโปสเตอร์
- การบรรยายพิเศษโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
- นิทรรศการจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน
- การทัศนศึกษา

ส่งบทความภายในวันที่ 30 มิถุนายน 2561

รับพิจารณาบทความฉบับเต็ม 2 ฉบับคือ Proceedings (ไม่เก็บค่าใช้จ่า) และงานสาธิตหรือฉบับพิมพ์ (TCI Tear) (ค่าใช้จ่า 2,000 บาท) หลังปิดการประชุม

ค่าลงทะเบียน
ก่อนวันที่ 30 สิงหาคม
ปกติ 2,500 บาท
บุตรสาว 3,000 บาท
หลังวันที่ 30 สิงหาคม
ปกติ 3,000 บาท
บุตรสาว 3,500 บาท

www.agri.emu.ac.th/nhc2018
The 17th National Horticultural Congress | 17NHC2018@gmail.com | สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม โทร. 08-4378-2167



ภาพที่ 36 นำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 17 จ.เชียงใหม่

เข้าร่วมจัดงานนิทรรศการพืชสวนก้าวหน้า Hortex 2018 ครั้งที่ 15 ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี จ.จันทบุรี ระหว่างวันที่ 14-16 ธันวาคม พ.ศ.2561 ดังแสดงในภาพที่ 37



ภาพที่ 37 ร่วมจัดนิทรรศการงานพืชสวนก้าวหน้า Hortex 2018 ครั้งที่ 15

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

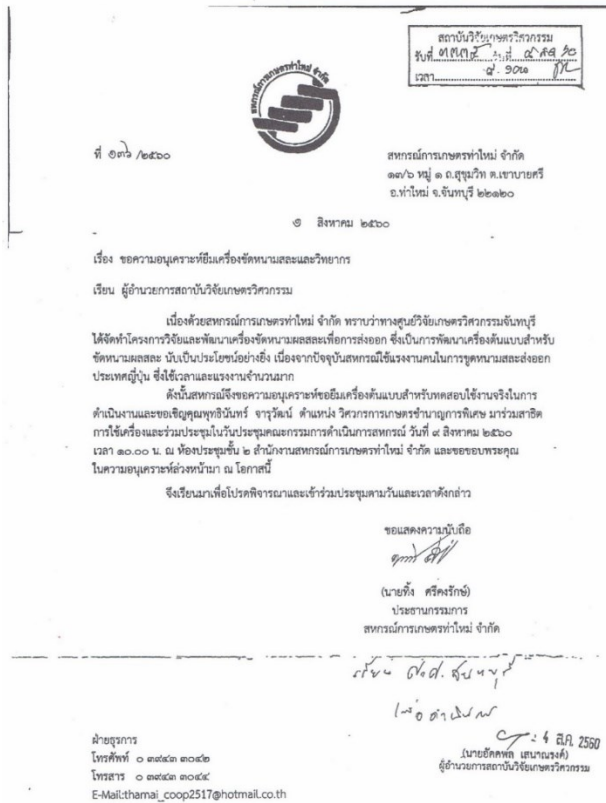
เครื่องขัดหนามผลสละต้นแบบมีขนาด 1.6x2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ประกอบด้วยชุดโครงเครื่องทำจากวัสดุเหล็ก ชุดตะแกรงโยกขัดหนามผลสละทำจากวัสดุตะแกรงอลูมิเนียม ชุดแปรงขัดประกอบด้วยแปรงขัด 2

แปร่ง โดยชนแปร่งทำจากวัสดุไพล่อน แปร่งชุดตัวที่ 1 ทำหน้าที่ช่วยขัดหนามและลำเลียงผลสละให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า และแปร่งชุดตัวที่ 2 ซึ่งมีการหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกับแปร่งชุดตัวที่ 1 ทำหน้าที่ชะลอการเคลื่อนที่ของผลสละ เพื่อให้ผลสละขัดสีกับพื้นตะแกรงโยกและผลสละด้วยกันเองนานขึ้น ก่อนที่จะเคลื่อนที่ผ่านแปร่งชุดตัวที่สองและไหลลงสู่ภาชนะที่ปลายเครื่อง โดยชุดตะแกรงโยกและชุดแปร่งชุดจะใช้ต้นกำลังร่วมกันได้แก่มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ นอกจากนั้นในขั้นตอนการทำงานของชุดตะแกรงโยกที่มีการเคลื่อนที่ในแนวราบ และจะถูกยกขึ้นเพื่อให้สละมีการเคลื่อนที่ผ่านชุดแปร่งชุดและลงสู่ภาชนะเก็บหลังการขัดหนามแล้ว โดยชุดตะแกรงโยกจะใช้ต้นกำลัง มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ และเมื่อตะแกรงโยกขึ้นถึงจุดสูงสุด ชุดดูดหนามสละใต้ตะแกรงโยกจะทำงานเพื่อดูดหนามสละเข้าสู่ถังเก็บ โดยการทำงานของส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบทั้งหมดจะถูกควบคุมการทำงานเป็นขั้นตอนแบบอัตโนมัติ โดยการเขียนโปรแกรมลงในอุปกรณ์ Programmable Logic Controller (PLC) ซึ่งติดตั้งอยู่ในตู้ควบคุมการทำงานของเครื่อง

เครื่องขัดหนามผลสละมีความสามารถในการทำงาน 900 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้ารวม 1.47 กิโลวัตต์ สภาวะในการทำงานที่เหมาะสมคือ ความเร็วรอบตะแกรงโยก 110 รอบ/นาที มุมยก 14 องศา สามารถขัดหนามผลสละได้หมด และผลสละสามารถเก็บรักษาได้เกิน 3 วัน ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ โดยไม่เกิดความชื้น และไม่แตกต่างจากการใช้วิธีการเดิมคือการขัดหนามผลสละด้วยแรงงานคน ซึ่งมีความสามารถในการขัดหนามที่ 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจากการลงทุนใช้เครื่องต้นแบบในการขัดหนามผลสละ พบว่า มีต้นทุนค่าใช้จ่าย 82.92 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่การใช้แรงงานคนมีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงกว่าที่ 90.61 บาท/กิโลกรัม เมื่อทำการขัดหนามผลสละในปริมาณที่เท่ากัน

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สหกรณ์การเกษตรท่าใหม่ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ได้ทำการติดต่อขอเช่าเครื่องต้นแบบไปทดสอบขัดหนามผลสละทดแทนการใช้แรงงาน ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญในปัจจุบัน เพื่อส่งออกสู่ต่างประเทศ ดังแสดงในภาพที่ 38



ภาพที่ 38 เผยแพร่และทดสอบขีดความสามารถผลผลิตสำหรับการส่งออกที่สหกรณ์การเกษตรท่าใหม่ จ.จันทบุรี

11. คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้ร่วมงานและเจ้าหน้าที่ทุกท่านของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่มีส่วนช่วยในการพัฒนางานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบคุณคณะเจ้าหน้าที่สหกรณ์การเกษตรท่าใหม่ จ.จันทบุรี สำหรับการอำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่ทดสอบและข้อเสนอแนะต่างๆ ตลอดจนความสนใจในการนำไปใช้งานจริงต่อไป

12. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. สละ. แหล่งที่มา

<http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/fruit2/zalacca.pdf>. (สืบค้นเมื่อ 5

กันยายน 2561)

13. ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เครื่องขัดหนามผลสละเพื่อการส่งออกระดับเชิงพาณิชย์

1. การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

กำหนดให้

- ราคาเครื่องเครื่องขัดหนามผลสละ	80,000 บาท
- อายุการใช้งาน	10 ปี
- มูลค่าซาก 1% ของราคาเครื่อง	... 800 บาท
- ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง	3,000 บาท/ปี
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	8 เปอร์เซ็นต์/ปี
- ค่าจ้างแรงงานทั่วไป	350 บาท/วัน
- ค่าจ้างแรงงานมีทักษะ	500 บาท/วัน
- ค่าไฟฟ้า	4.40 บาท/หน่วย

ต้นทุนคงที่

- ค่าเสื่อมราคาเครื่อง

สมการค่าเสื่อมราคาเครื่องแบบเส้นตรง (P-L)/N

โดย

P = ราคาซื้อเครื่องจักร, บาท

L = ราคาซากเครื่องจักร, บาท

N = อายุการใช้งาน, ปี

$$\begin{aligned} \text{ค่าเสื่อมราคาของเครื่องเครื่องขัดหนามผลสละ} &= (80,000-800)/10 \text{ บาท/ปี} \\ &= 7,920 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

สมการค่าดอกเบี้ย $[(P+L)/2] \times (i/100)$

โดย $i =$ อัตราดอกเบี้ย/ปี, เปอร์เซ็นต์

$$\begin{aligned} \text{ค่าดอกเบี้ยลงทุนเครื่องเครื่องขัดหนามผลสละ} &= [(80,000+800)/2] \times (8/100) \text{ บาท/ปี} \\ &= 3,232 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม

$$\begin{aligned} &= \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่อง} + \text{ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน} \\ &= 7,920 + 3,232 \text{ บาท/ปี} \\ &= 11,152 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

ต้นทุนผันแปร

- ค่าผลสละสด

= ต้องการขจัดหนามผลสละสดที่แกะออกจากช่อกระปุกแล้วปริมาณ 900 กิโลกรัม/วัน
 = อัตราส่วนโดยน้ำหนักของช่อกระปุกสละสดต่อสละสดผลเดี่ยวที่แกะออกจากช่อกระปุกคือ 10:9
 ดังนั้นปริมาณของช่อกระปุกสละสดที่ต้องการ เพื่อให้ได้ผลสละสดที่แกะออกจากช่อกระปุกแล้วจำนวน 900 กิโลกรัมต่อวัน คือ 1,000 กิโลกรัมต่อวัน
 = ราคาผลสละสดทั้งช่อกระปุก 70 บาท/กิโลกรัม
 = ทำงาน 90 วัน/ปี
 ดังนั้นต้นทุนค่าผลสละสดต่อปี = 70 บาท/กิโลกรัม x 1,000 กิโลกรัม/วัน x 90 วัน/ปี
 = 6,300,000 บาท/ปี

- ค่าจ้างแรงงานแกะผลสละสดออกจากช่อกระปุก

= ความสามารถในการแกะผลสละออกจากช่อกระปุกด้วยแรงงาน 96 กิโลกรัม/วัน/คน
 = ปริมาณผลสละสดที่ต้องการแกะออกจากช่อกระปุก 900 กิโลกรัม/วัน
 = ดังนั้นต้องใช้แรงงานแกะผลสละสดออกจากช่อกระปุกจำนวน 10 คน
 = ค่าจ้างแรงงานในการแกะผลสละสดออกจากช่อกระปุก 350 บาท/วัน
 ดังนั้นต้นทุนค่าจ้างแรงงานแกะผลสละสดออกจากช่อกระปุก
 = 350 บาท/วัน/คน x 10 คน x 90 วัน/ปี
 = 315,000 บาท/ปี

- ค่าจ้างแรงงานในการขจัดหนามผลสละด้วยเครื่องต้นแบบ

= ใช้แรงงานมีทักษะ 2 คน/วัน
 = ค่าจ้างแรงงานมีทักษะ 500 บาท/วัน/คน
 = ทำงาน 90 วัน/ปี
 ดังนั้นต้นทุนค่าจ้างแรงงานในการขจัดหนามผลสละด้วยเครื่องต้นแบบ
 = 500 บาท/วัน/คน x 2 คน x 90 วัน/ปี
 = 90,000 บาท/ปี

- ค่าพลังงานไฟฟ้า

= ความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ 900 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
 = ดังนั้นใช้เครื่องต้นแบบทำงาน 1 ชั่วโมงต่อวัน
 = เครื่องต้นแบบใช้กำลังไฟฟ้ารวมขณะทำงาน 1.47 กิโลวัตต์
 ทำงานวันละ 1 ชั่วโมง . = 1.47 x 1 กิโลวัตต์ x ชั่วโมง/วัน
 = 1.47 กิโลวัตต์ x ชั่วโมง/วัน
 = 1.47 หน่วย/วัน

อัตราค่าไฟฟ้า 4.40 บาท/หน่วย

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า} &= 1.47 \text{ หน่วย/วัน} \times 4.40 \text{ บาท/หน่วย} \times 90 \text{ วัน/ปี} \\ &= 582.12 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม} &= 6,300,000 + 315,000 + 90,000 + 582.12 \text{ บาท/ปี} \\ &= 6,705,582.12 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด} &= 11,152 + 6,705,582.12 \text{ บาท/ปี} \\ &= 6,716,734.12 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลา 1 ปี เครื่องขัดนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์สามารถทำงานได้} &= 900 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 90 \text{ วัน/ปี} \\ &= 81,000 \text{ กิโลกรัม/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องขัดนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์} &= (6,716,734.12 \text{ บาท/ปี}) / (81,000 \text{ กิโลกรัม/ปี}) \\ &= 82.92 \text{ บาท/กิโลกรัม} \end{aligned}$$

2 การคำนวณจุดคุ้มทุนจากการทำงานด้วยเครื่องขัดนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์

$$= \text{ราคาขายผลสละสดไร้หนามสู่ตลาดต่างประเทศ} \quad 500 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

$$= \text{ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องขัดนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์} \quad 82.92 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

$$\text{ดังนั้นมีรายได้} \quad = 500 - 82.92 \quad \text{บาท/กิโลกรัม}$$

$$= 417.08 \quad \text{บาท/กิโลกรัม}$$

ดังนั้นมีรายได้จากการขายผลสละสดไร้หนามสู่ตลาดต่างประเทศ

$$= 417.08 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 81,000 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

$$= 33,783,480 \quad \text{บาท/ปี}$$

- หาจุดคุ้มทุนจากการทำงานด้วยเครื่องขัดนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์

$$\text{รายรับ} = \text{ต้นทุนค่าใช้จ่าย}$$

$$\text{ดังนั้นได้ว่า} \quad 500 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times N \text{ กิโลกรัม/ปี} = 82.92 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 81,000 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

$$N = \text{ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน} \quad \text{กิโลกรัม/ปี}$$

$$= (82.92 \times 81,000) / 500 \quad \text{กิโลกรัม/ปี}$$

$$= 13,433 \quad \text{กิโลกรัม/ปี}$$

$$\text{ดังนั้นจุดคุ้มทุนจากการทำงานด้วยเครื่องขัดนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์} \quad = 13,433 \quad \text{กิโลกรัม/ปี}$$

3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการทำงานด้วยเครื่องขัดนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์

ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์, $\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม}$

ตั้งนั้นระยะเวลาคืนทุน

$$= (80,000 \text{ บาท}) / (33,783,480 \text{ บาท/ปี})$$

$$= 0.002 \text{ ปี}$$

ประมาณ $= 1 \text{ ปี}$

การใช้แรงงานในการขุดหนามผลสละ

1.การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

กำหนดให้

- ค่าจ้างแรงงานทั่วไป 350 บาท/วัน

ต้นทุนคงที่ -

ต้นทุนผันแปร

- ค่าผลสละสด

= ต้องการขุดหนามผลสละสดที่แกะออกจากช่อกระปุกแล้วปริมาณ 900 กิโลกรัม/วัน

= อัตราส่วนโดยน้ำหนักของช่อกระปุกสละสดต่อสละสดผลเดี่ยวที่แกะออกจากช่อกระปุกคือ 10:9

ดังนั้นปริมาณของช่อกระปุกสละสดที่ต้องการ เพื่อให้ได้ผลสละสดที่แกะออกจากช่อกระปุกแล้วจำนวน 900 กิโลกรัมต่อวัน คือ 1,000 กิโลกรัมต่อวัน

= ราคาผลสละสดทั้งช่อกระปุก 70 บาท/กิโลกรัม

= ทำงาน 90 วัน/ปี

ดังนั้นต้นทุนค่าผลสละสดต่อปี = 70 บาท/กิโลกรัม × 1,000 กิโลกรัม/วัน × 90 วัน/ปี
= 6,300,000 บาท/ปี

- ค่าจ้างแรงงานแกะผลสละสดออกจากช่อกระปุก

= ความสามารถในการแกะผลสละออกจากช่อกระปุกด้วยแรงงาน 96 กิโลกรัม/วัน/คน

= ปริมาณผลสละสดที่ต้องการแกะออกจากช่อกระปุก 900 กิโลกรัม/วัน

= ดังนั้นต้องใช้แรงงานแกะผลสละสดออกจากช่อกระปุกจำนวน 10 คน

= ค่าจ้างแรงงานในการแกะผลสละสดออกจากช่อกระปุก 350 บาท/วัน

ดังนั้นต้นทุนค่าจ้างแรงงานแกะผลสละสดออกจากช่อกระปุก
= 350 บาท/วัน/คน × 10 คน × 90 วัน/ปี
= 315,000 บาท/ปี

- ค่าจ้างแรงงานในการขุดหนามผลสละ

= ความสามารถของแรงงานในการขุดหนามผลสละต่อวัน 40 กิโลกรัม/วัน/คน

(5 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน และทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน)

= ปริมาณผลสละสดที่ต้องการแกะออกจากช่อกระปุก 900 กิโลกรัม/วัน

= (900 กิโลกรัม/วัน) / (40 กิโลกรัม/วัน/คน)

= 22.5 คน

ดังนั้นต้องไ้แรงงานทั้งหมด = 23 คน

= ค่าจ้างแรงงานทั่วไป 350 บาท/วัน/คน

= ทำงาน 90 วัน/ปี

ดังนั้นต้นทุนค่าจ้างแรงงานในการขุดหนามผลสละ

$$= 350 \text{ บาท/วัน/คน} \times 23 \text{ คน} \times 90 \text{ วัน/ปี}$$

$$= 724,500 \text{ บาท/ปี}$$

ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม

$$= 6,300,000 + 315,000 + 724,500 \quad \text{บาท/ปี}$$

$$= 7,339,500 \quad \text{บาท/ปี}$$

ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด

$$= 0 + 7,339,500 \quad \text{บาท/ปี}$$

$$= 7,339,500 \quad \text{บาท/ปี}$$

ระยะเวลา 1 ปี สามารถใช้แรงงานในการขุดหนามผลสละได้

$$= 900 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 90 \text{ วัน/ปี}$$

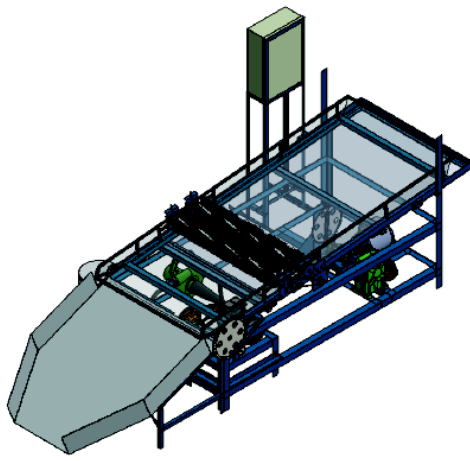
$$= 81,000 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$


ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้แรงงานในการขุดหนามผลสละ

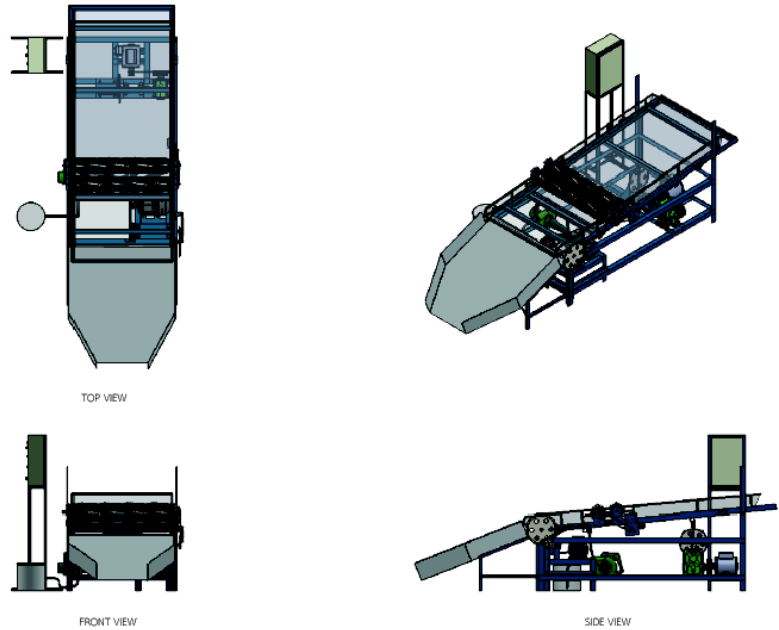
$$= (7,339,500 \text{ บาท/ปี}) / (81,000 \text{ กิโลกรัม/ปี})$$


$$= 90.61 \text{ บาท/กิโลกรัม}$$

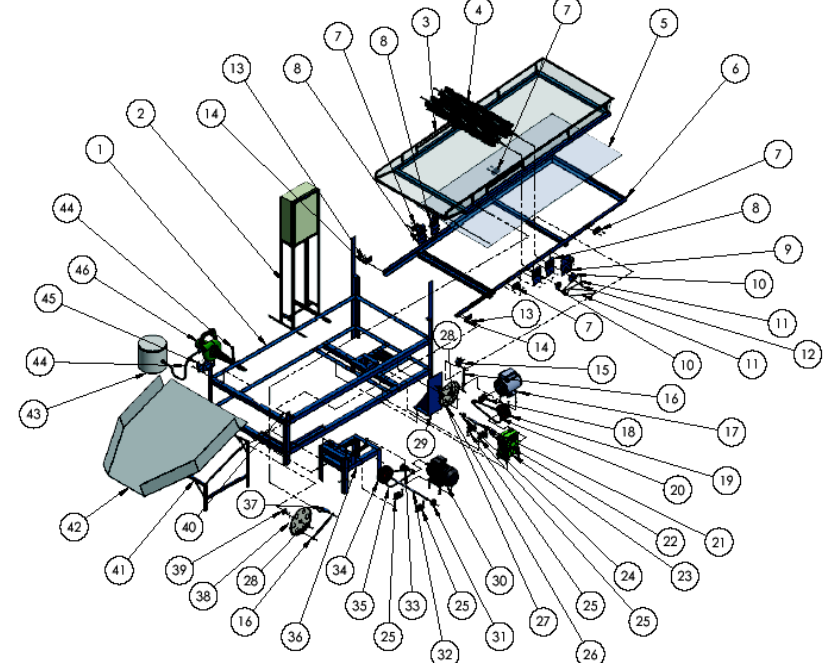
ภาคผนวก ข. แบบทางวิศวกรรมเครื่องขัดหนามผลสละ




<p>สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม</p> 	<p>โครงการ : วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก ชิ้นงาน : เครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก</p>	<p>ผู้เขียน : กิตติศักดิ์ กิติวัฒน์ ผู้ออกแบบ : พุทธิอินทร์ จารุวัฒน์</p>	<p>มาตราส่วน 1 : 20 หน้า : 3</p>
--	--	--	---



<p>สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม</p> 	<p>โครงการ : วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก ชิ้นงาน : เครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก</p>	<p>ผู้เขียน : กิตติศักดิ์ กิติวัฒน์ ผู้ออกแบบ : พุทธิอินทร์ จารุวัฒน์</p>	<p>มาตราส่วน 1 : 30 หน้า : 1</p>
---	--	--	---



เลขที่	รายการชิ้นส่วน	จำนวน
1	โครงหลัก	1
2	ชุดขับเคลื่อน	1
3	มอเตอร์ไฟฟ้า	1
4	แม่เหล็กขดลวด	2
5	แม่เหล็กขดลวด	1
6	ชุดกลไกตัวล็อก	1
7	ชุดกลไกตัวล็อก	4
8	ชุดปรับระดับเบรค	4
9	ชุดปรับเบรค	1
10	Pulley ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว	2
11	สายพานแบบ (Roped Belt) 6 mm.	2
12	Pulley ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว	1
13	Ball Bearing ๘๐99	2
14	เฟืองขับ/เฟืองรับของมอเตอร์	2
15	ชุดกลไกตัวล็อก	1
16	ลูกปืนขนาดลึก (Deep Groove Ball Bearing) ขนาด ๖x๖x๓	2
17	แม่เหล็กขนาด 1 เซนติเมตร	1
18	Pulley ขนาด 2.5 นิ้ว	1
19	Pulley ขนาด 6 นิ้ว	1
20	สายพานชนิด (V-Belt)	1
21	สายพานชนิด (V-Belt)	1
22	สลักเกลียว	1
23	สลักเกลียว	1
24	เฟืองขับขนาด 16 ซัน	1
25	ลูกปืนขนาด 18 mm (๘๐๑๖)	4
26	เฟืองขับขนาด 110 ซัน	1
27	เฟืองขับ/เฟืองรับของมอเตอร์	1
28	Deep Groove Ball Bearing ๘0804	2
29	ชุดกลไกตัวล็อก	1
30	แม่เหล็กขนาด 2 เซนติเมตร	1
31	เฟืองขับ/เฟืองรับของมอเตอร์	1
32	สายพานชนิด (V-Belt)	1
33	Pulley ขนาด 2.5 นิ้ว	1
34	Pulley ขนาด 7 นิ้ว	1
35	สายพานชนิด (V-Belt)	1
36	ชุดกลไกตัวล็อก	1
37	ชุดกลไกตัวล็อก	1
38	เฟืองขับขนาด 120 ซัน	1
39	ชุดกลไกตัวล็อกของมอเตอร์	1
40	ชุดกลไกตัวล็อกของมอเตอร์	1
41	ฐานรองมอเตอร์	1
42	สายพานชนิด	1
43	สลักเกลียวขนาด	1
44	ชุดกลไกตัวล็อก	2
45	ฐานรองมอเตอร์	1
46	Motor	1



สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

โครงการ : วิจัยและพัฒนาเครื่องจัดหมักมูลสัตว์สำหรับการส่งออก

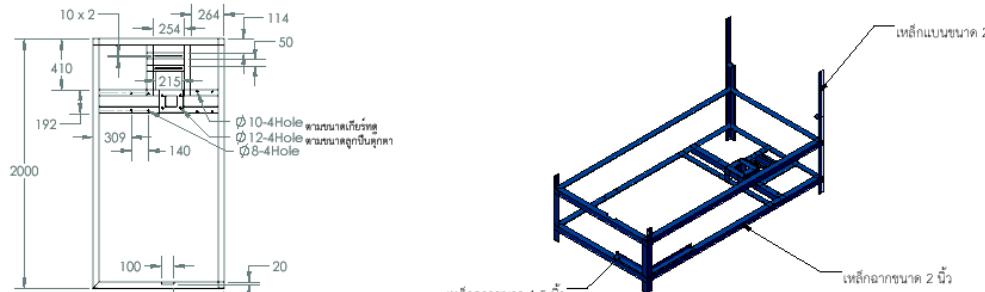
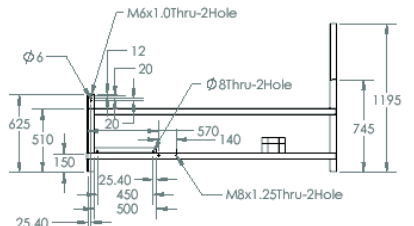
ชิ้นงาน : เครื่องจัดหมักมูลสัตว์เพื่อการส่งออก



ผู้เขียน : กิตติศักดิ์ กิตติพันธ์

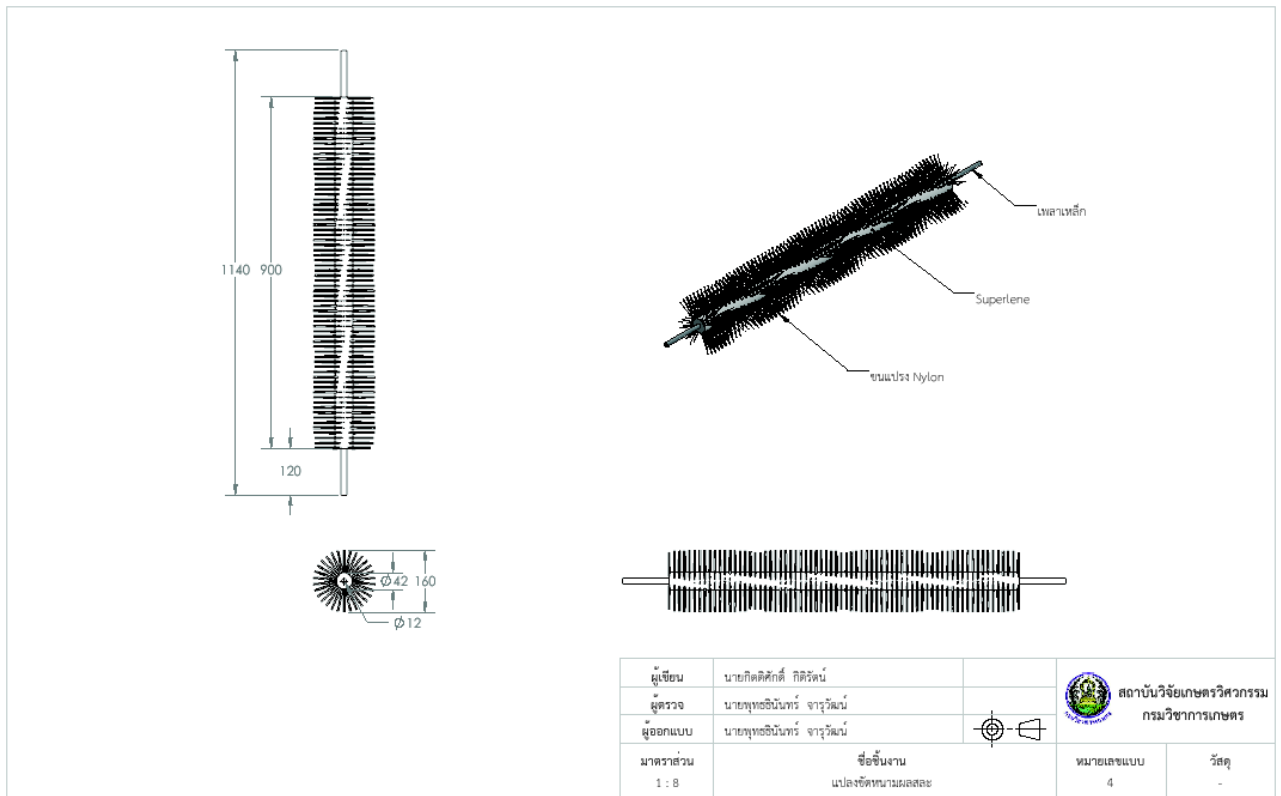
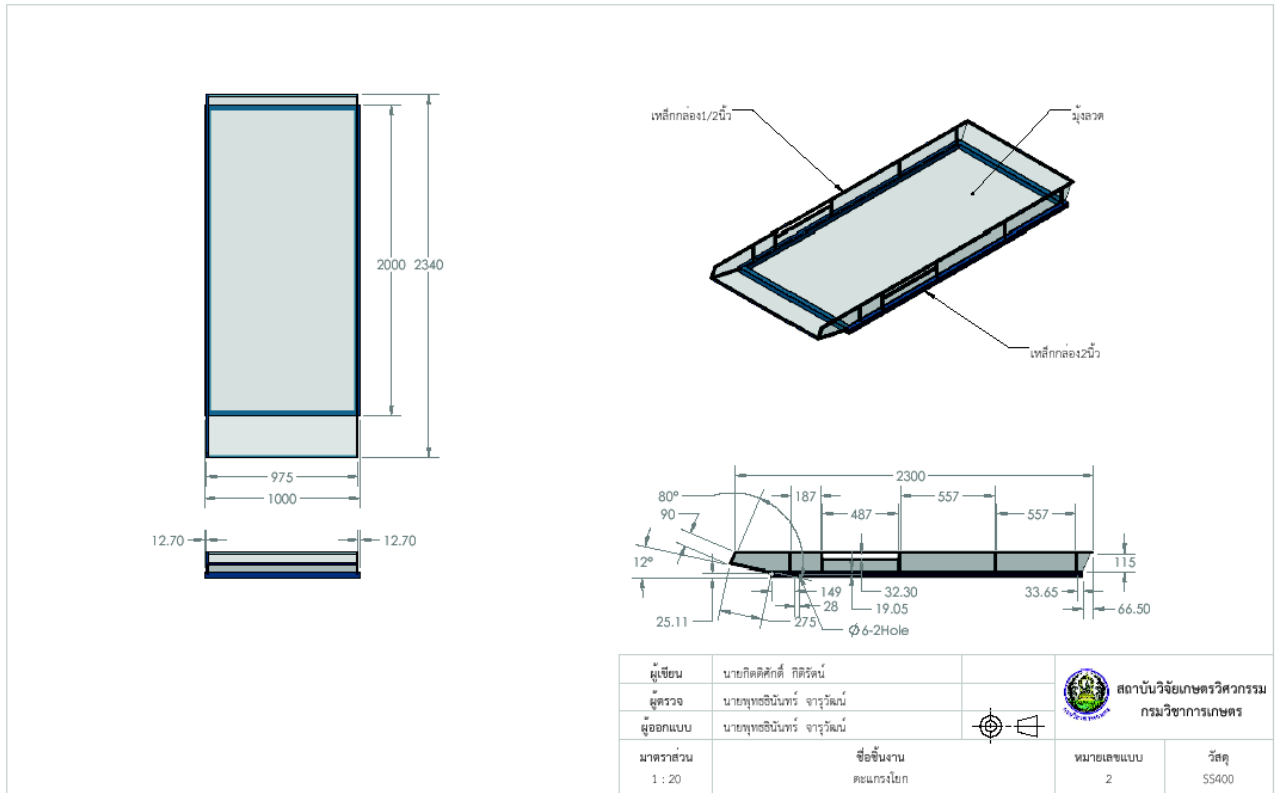
ผู้ออกแบบ : พุทธิพันธ์ จารุวัฒน์

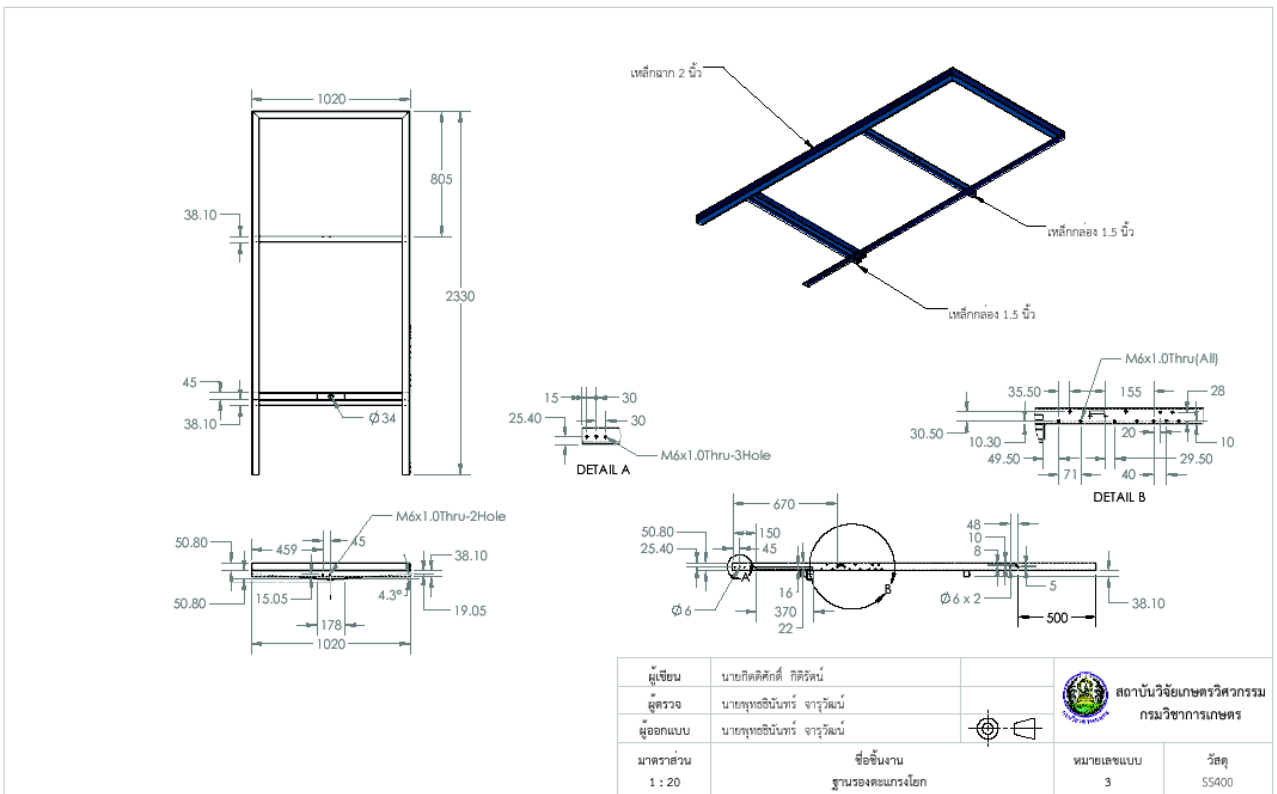
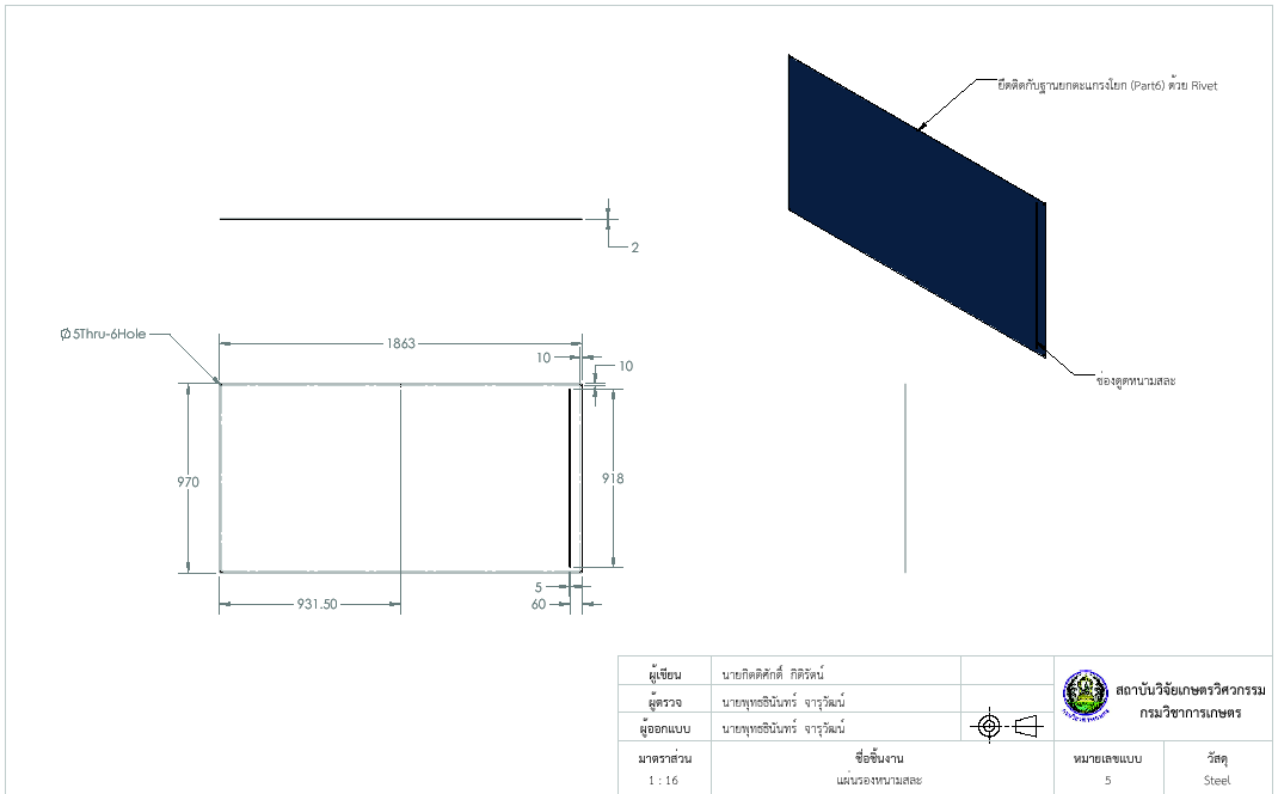
มาตราส่วน 1 : 30

หน้า : 2





ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิตติพันธ์			สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม	
ผู้ตรวจ	นายพุทธิพันธ์ จารุวัฒน์			กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ออกแบบ	นายพุทธิพันธ์ จารุวัฒน์				
มาตราส่วน	1 : 25	ชื่อชิ้นงาน	โครงหลัก	หมายเลขแบบ	1
		รหัส	SS400		




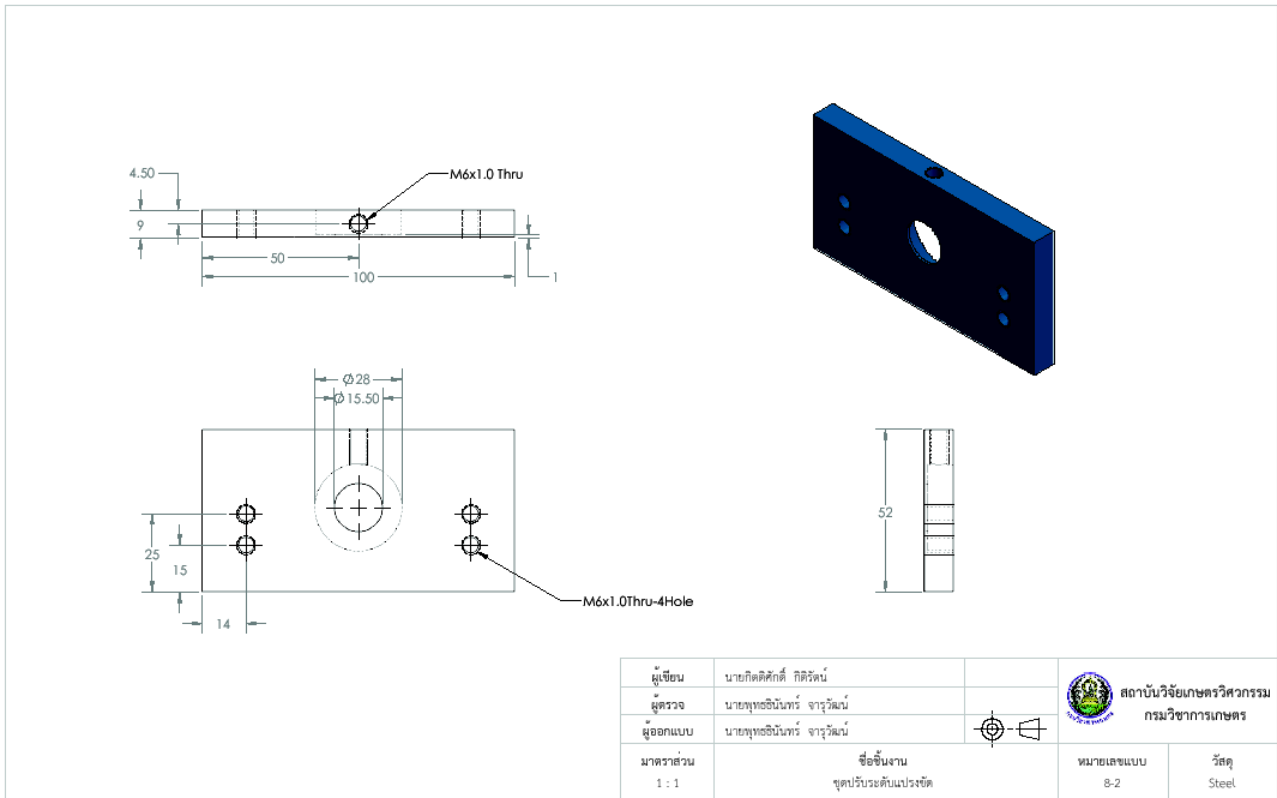
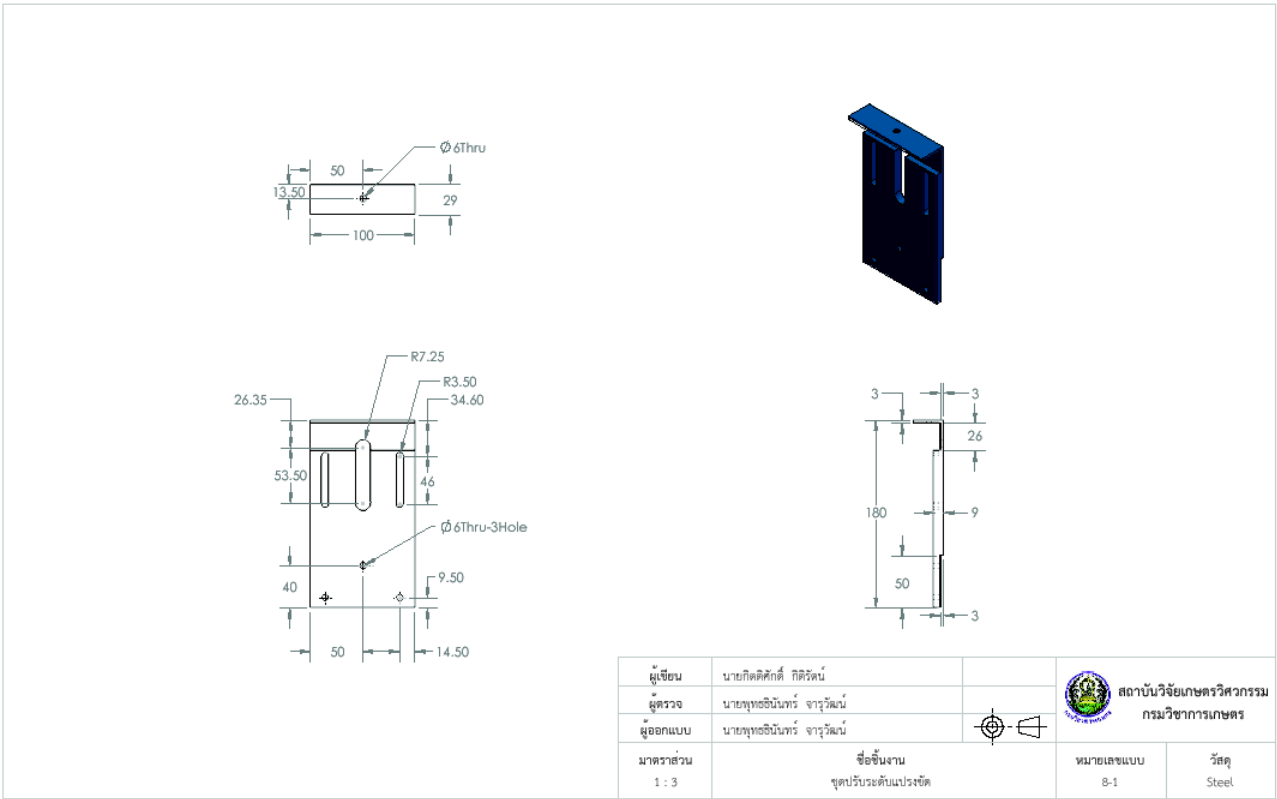


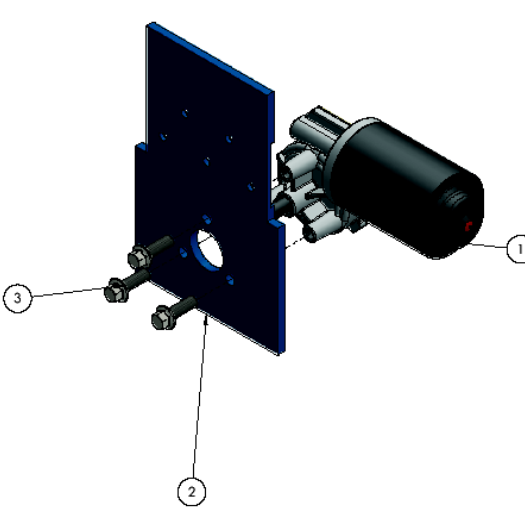
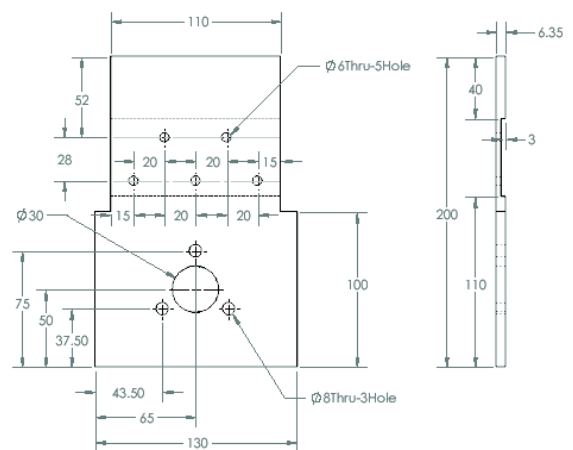
ITEM NO.	PART NAME	QTY.
1	Deep Groove Ball Bearing 6200ZZ	1
2	body	1
3	Hex bolt M6 x 1.0 x 10	1
4	น๊อตลูกปืน	1

ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติวรินทร์		 สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ตรวจ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
ผู้ออกแบบ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
มาตรฐาน	1 : 1	ชื่อชิ้นงาน ชุดลูกกลิ้งตะเอนกรรโยค	หมายเลขแบบ 7	วัสดุ -


ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	8-1	1
2	8-2	1
3	Hex nut M6 x 1.0	1
4	Deep Groove Ball Bearing 6001ZZ	1
5	Hex bolt M6 x 1.0 x 60	1
6	Hex bolt M6 x 1.0 x 20	2

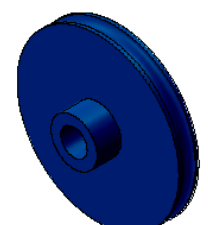
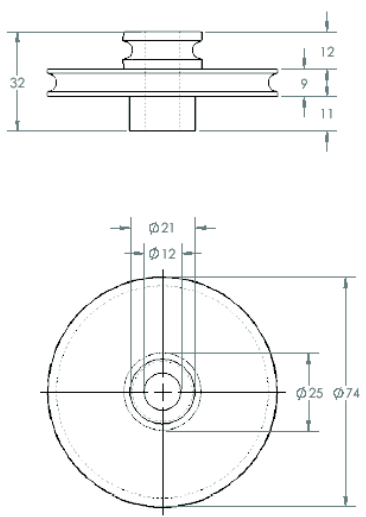
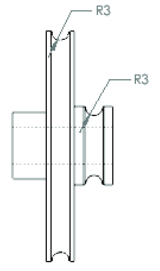
ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติวรินทร์		 สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ตรวจ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
ผู้ออกแบบ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
มาตรฐาน	1 : 2	ชื่อชิ้นงาน ชุดปรับระดับแปรงัด	หมายเลขแบบ 8	วัสดุ -




ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Wiper motor 12V.DC	1
2	แผ่นยึดมอเตอร์	1
3	Hex bolt M8 x 1.25 x 20	3

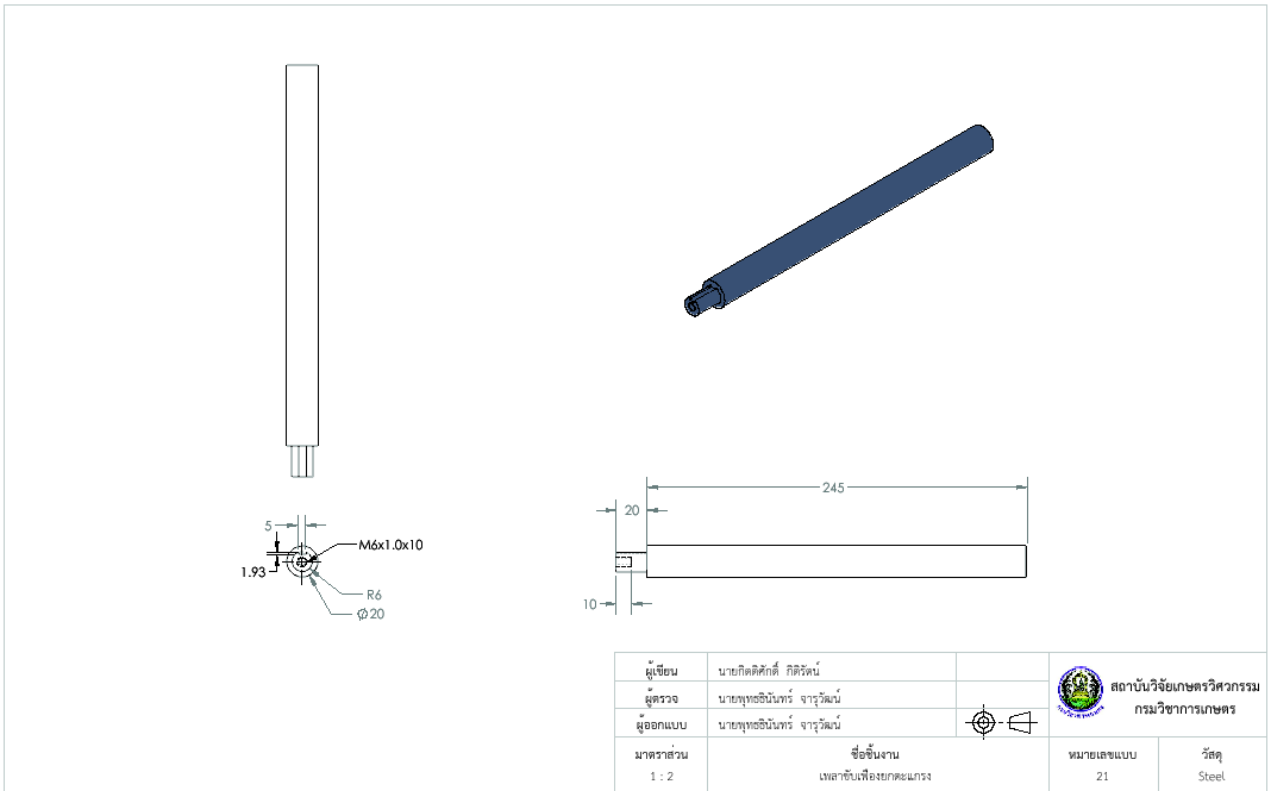
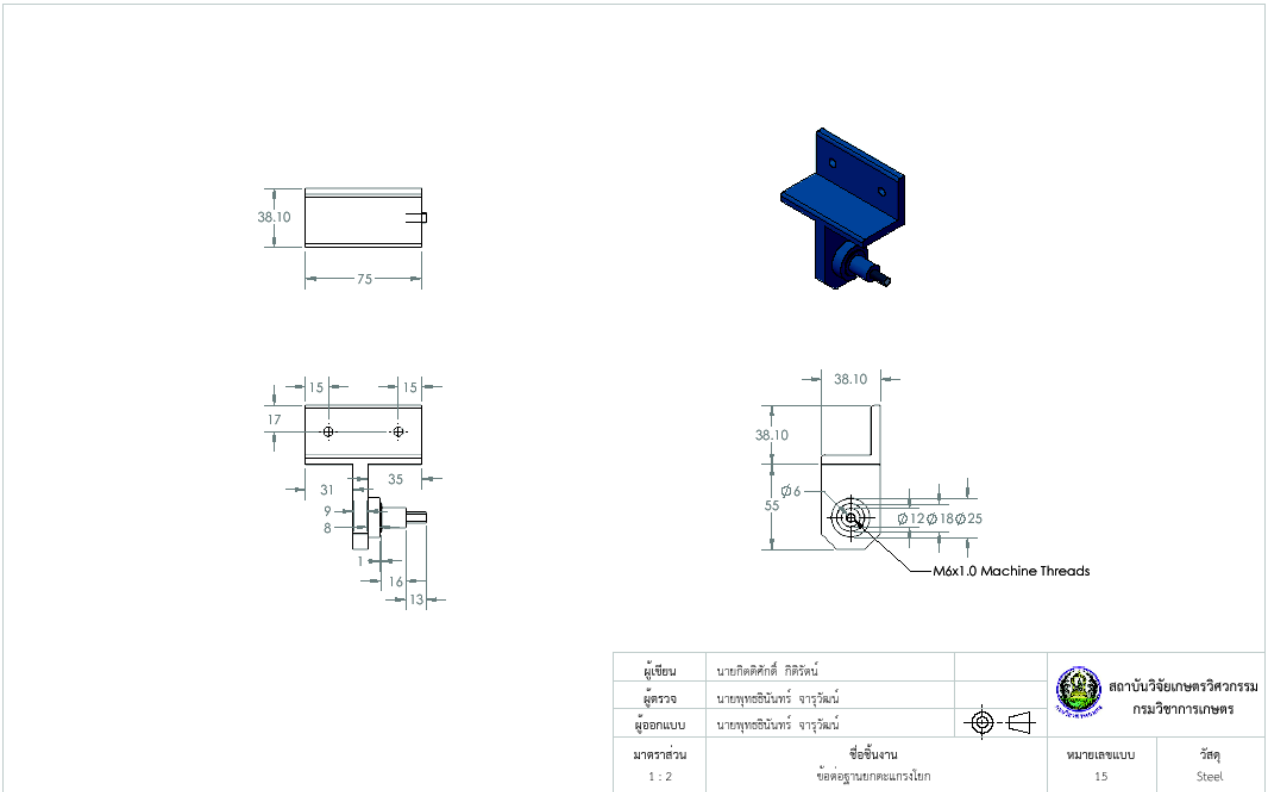
ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติรัตน์	 สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ตรวจ	นายพุทธิชนันท์ จารุวัฒน์		
ผู้ออกแบบ	นายพุทธิชนันท์ จารุวัฒน์		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ชุดชิ้นประกอบ	หมายเลขแบบ	วัสดุ
1 : 2		9	-

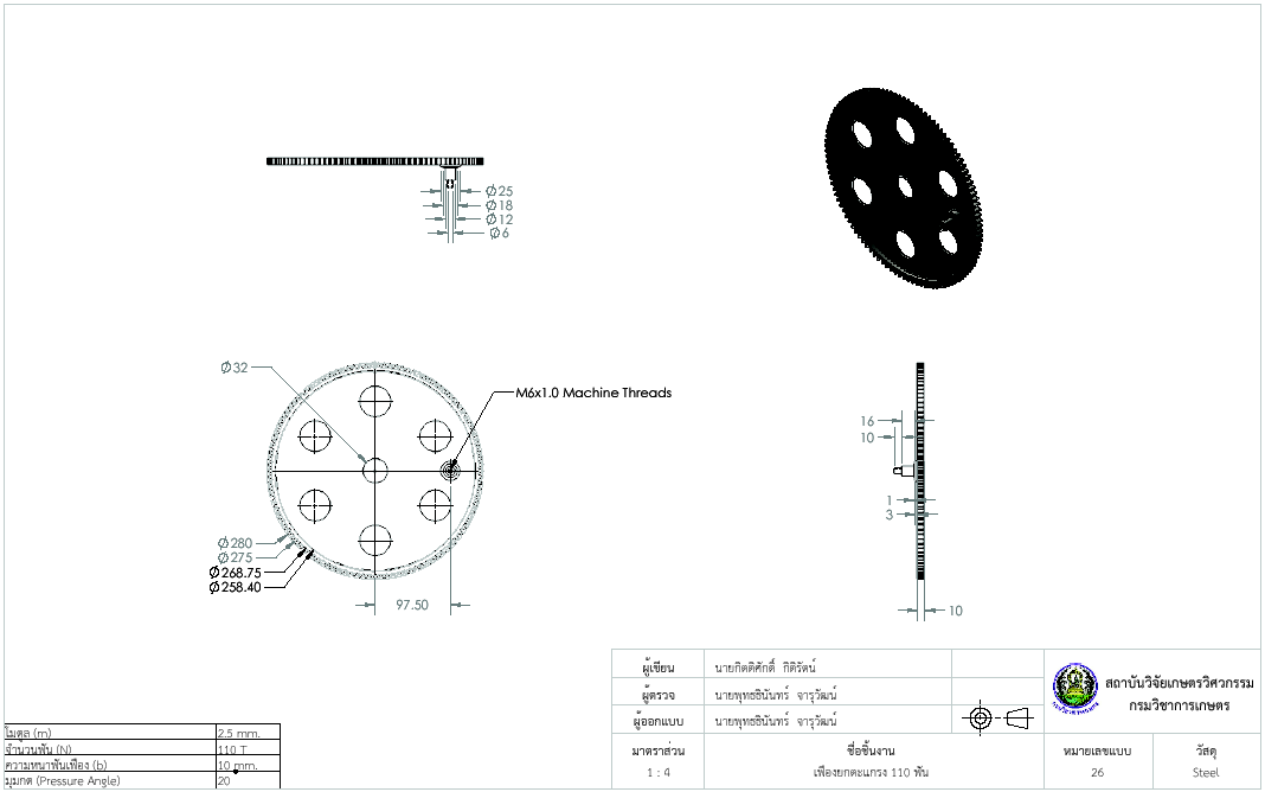
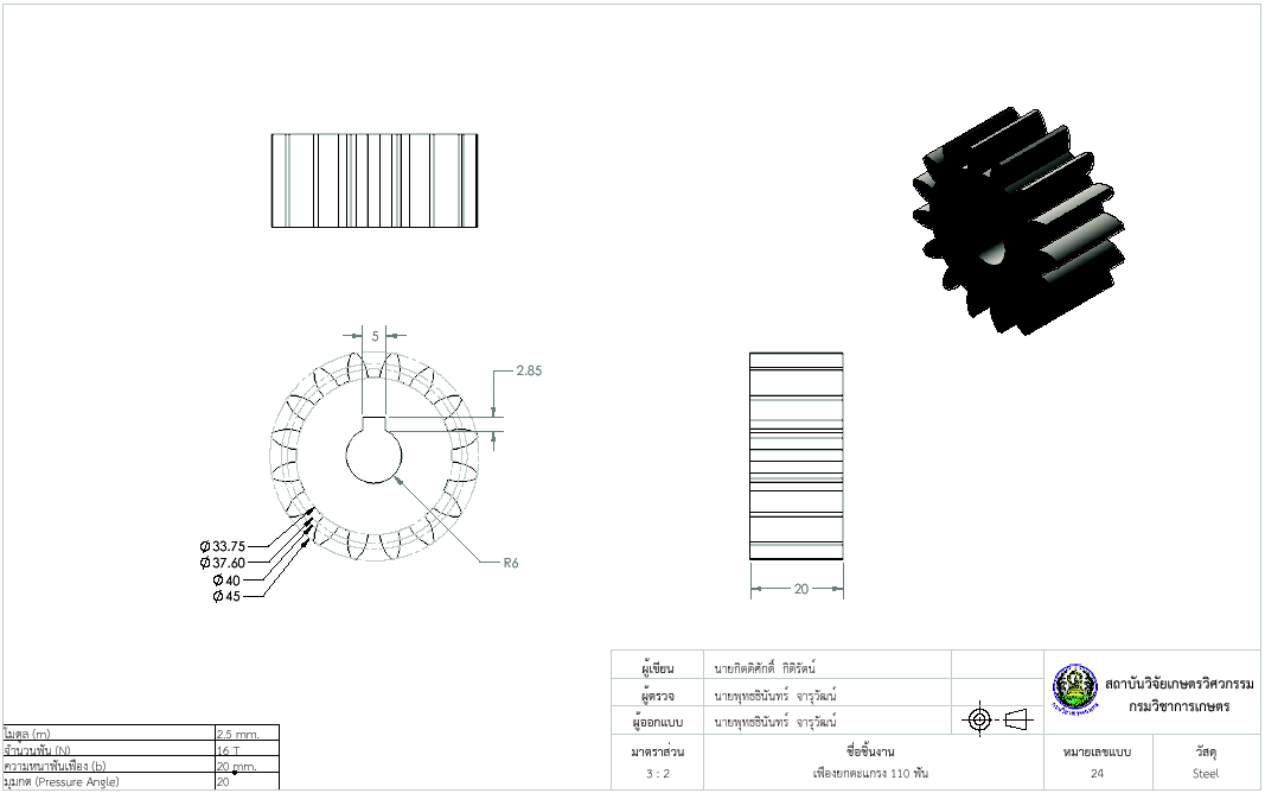




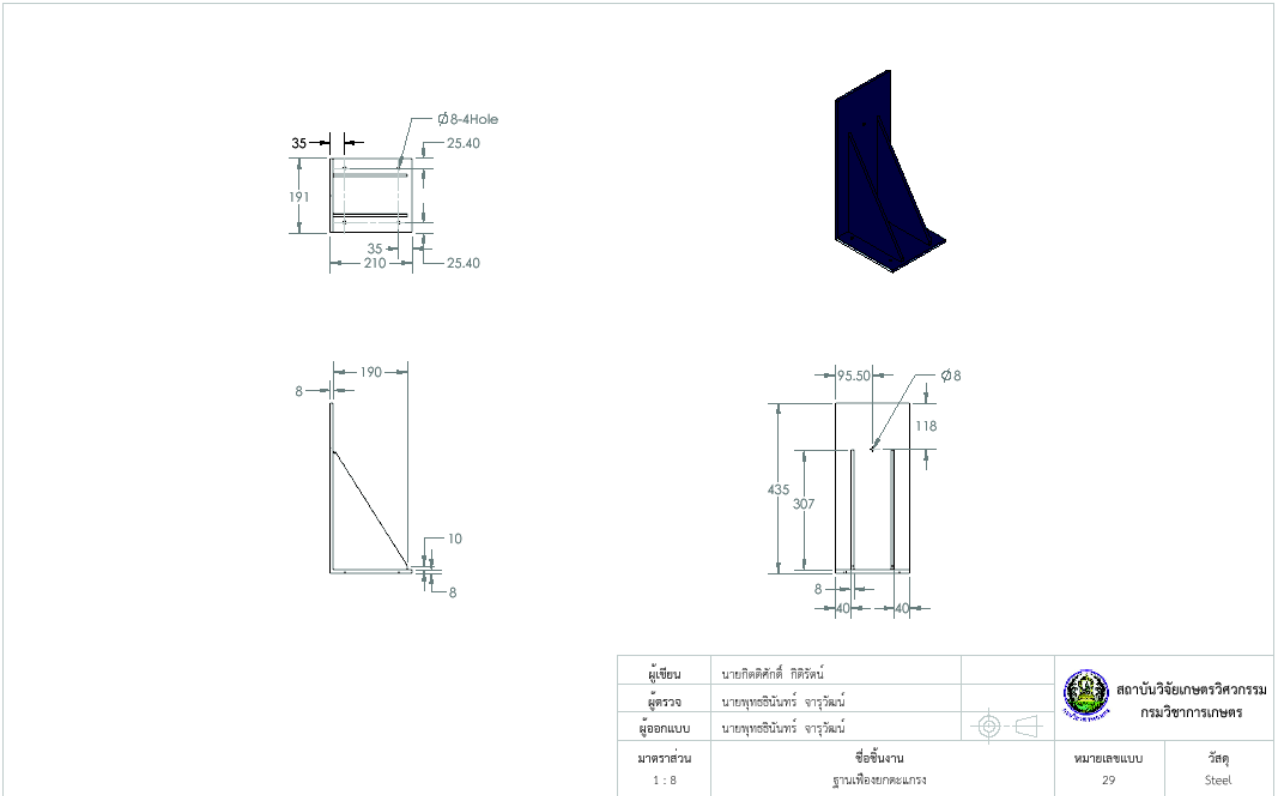
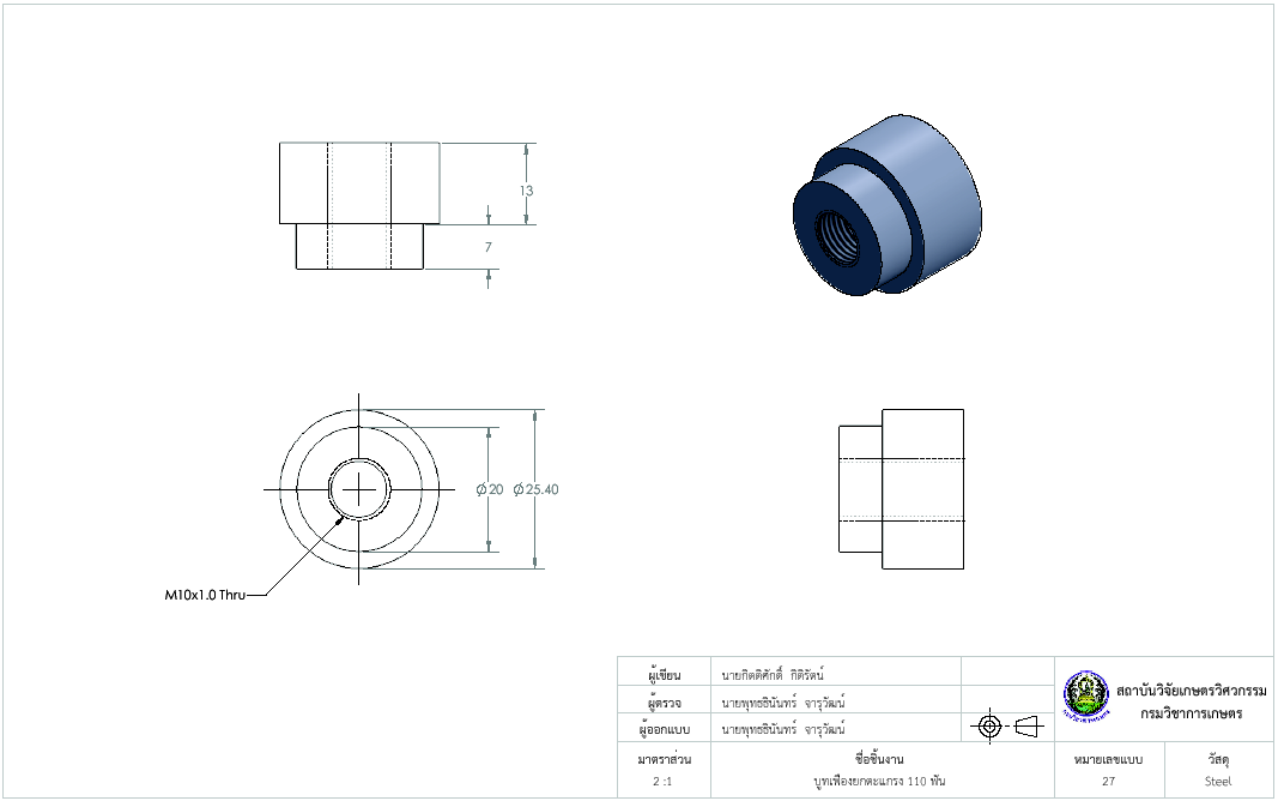
ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติรัตน์	 สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ตรวจ	นายพุทธิชนันท์ จารุวัฒน์		
ผู้ออกแบบ	นายพุทธิชนันท์ จารุวัฒน์		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน Pulley ชิ้นประกอบที่ 1	หมายเลขแบบ	วัสดุ
1 : 1		10	Steel

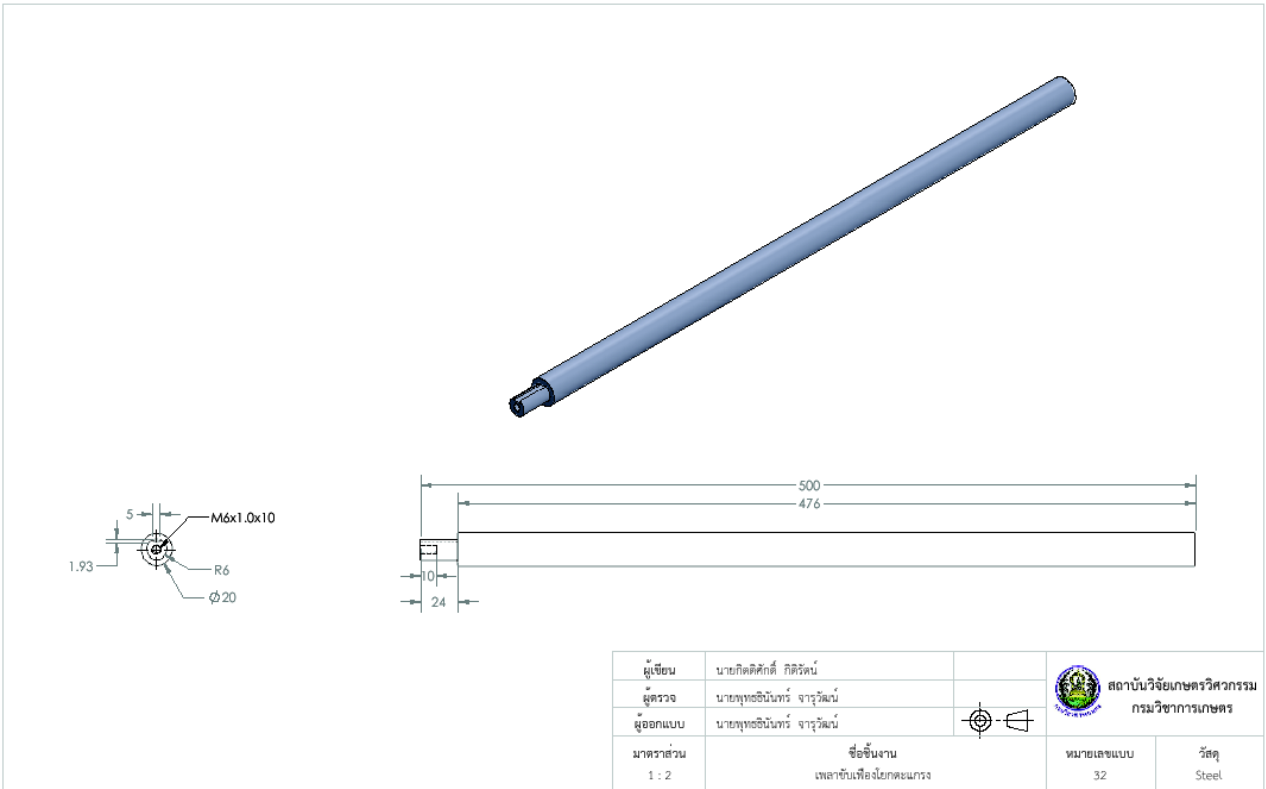
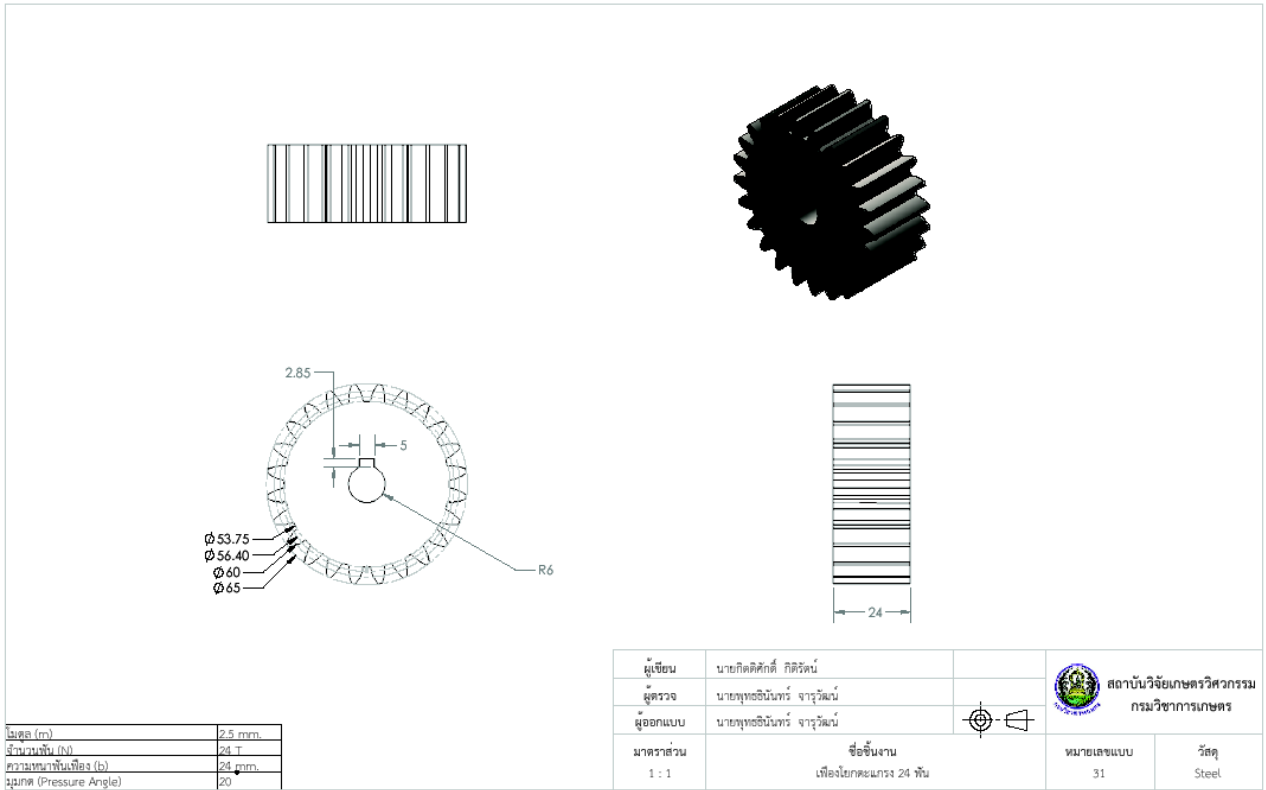
ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติวัฒน์			สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร		
ผู้ตรวจ	นายพุทธิชนินทร์ จารุวัฒน์				หมายเลขแบบ 12	วัสดุ Steel
ผู้ออกแบบ	นายพุทธิชนินทร์ จารุวัฒน์					
มาตราส่วน 2 : 1	ชื่อชิ้นงาน Pulley ชั้นปรงซ์ 2					

ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติวัฒน์			สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร		
ผู้ตรวจ	นายพุทธิชนินทร์ จารุวัฒน์				หมายเลขแบบ 14	วัสดุ Steel
ผู้ออกแบบ	นายพุทธิชนินทร์ จารุวัฒน์					
มาตราส่วน 1 : 1	ชื่อชิ้นงาน เหล็กเป็นฐานตะแกรงโยก					



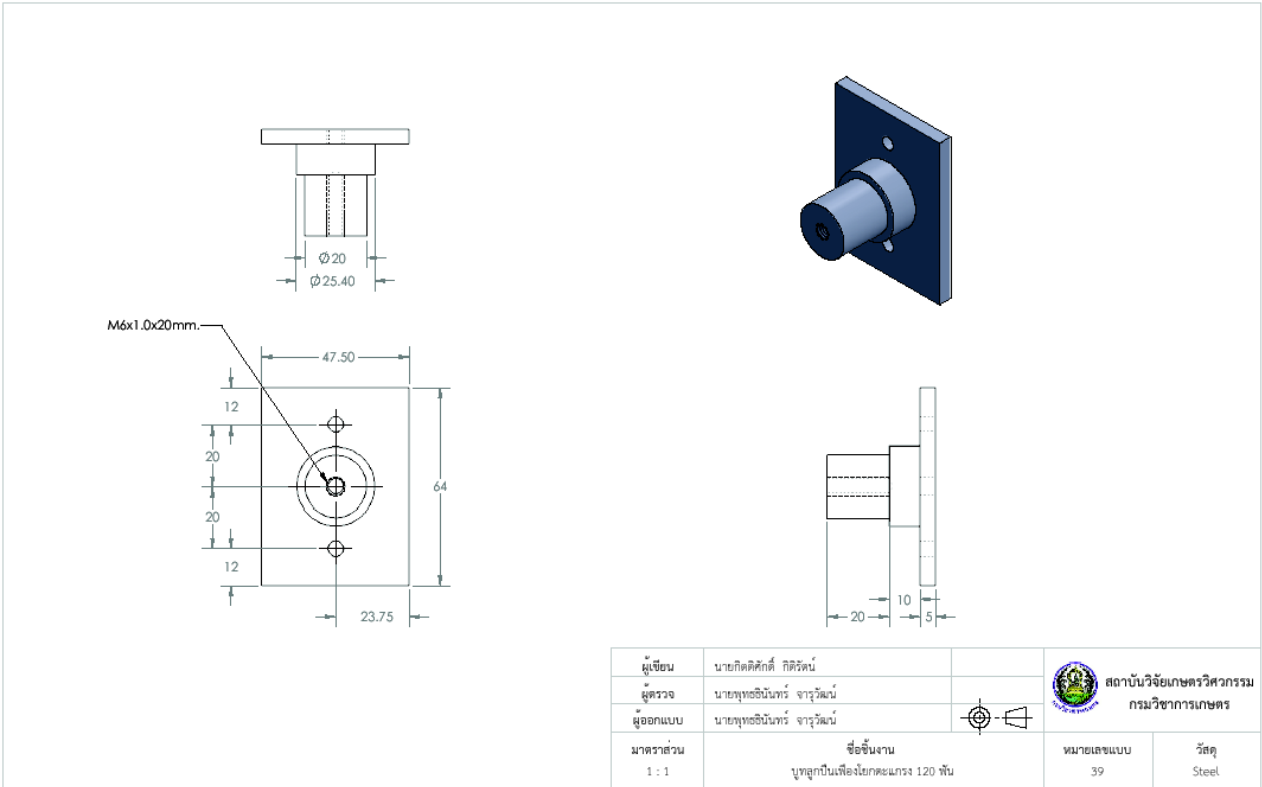
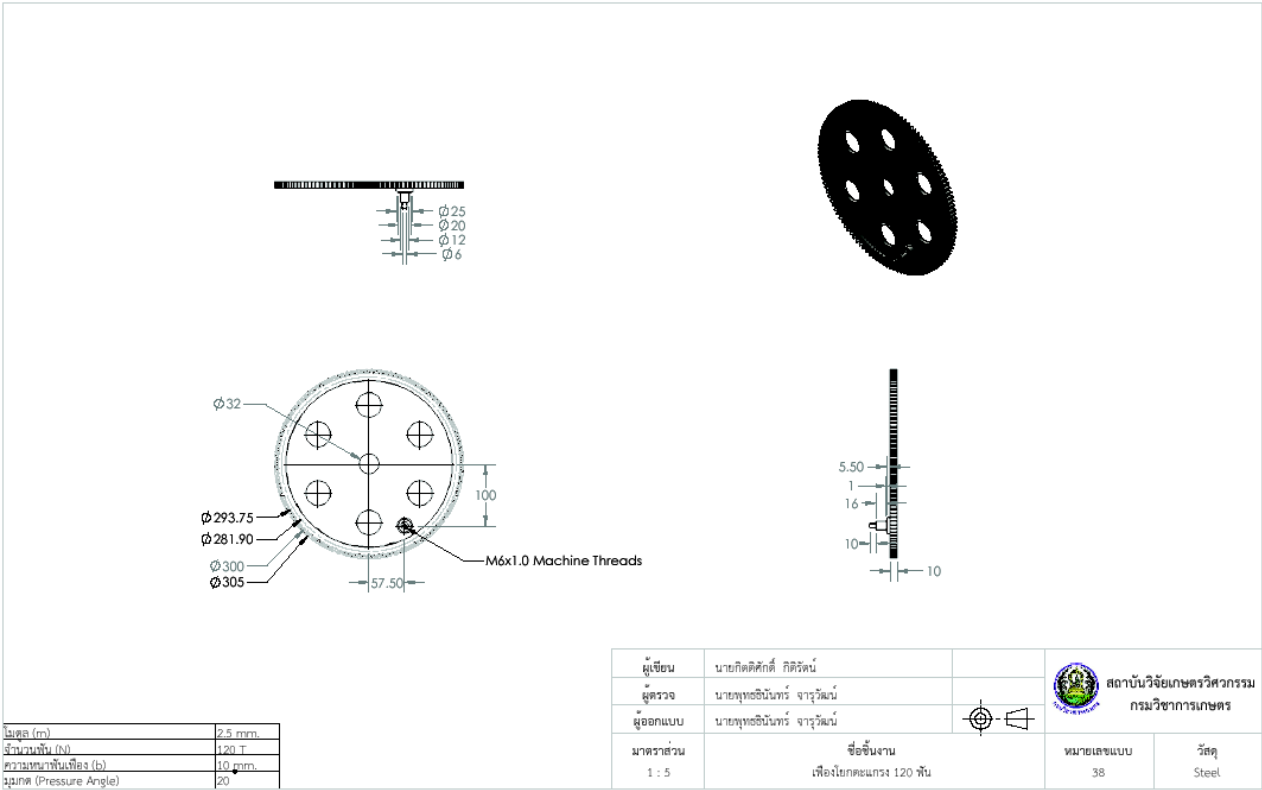


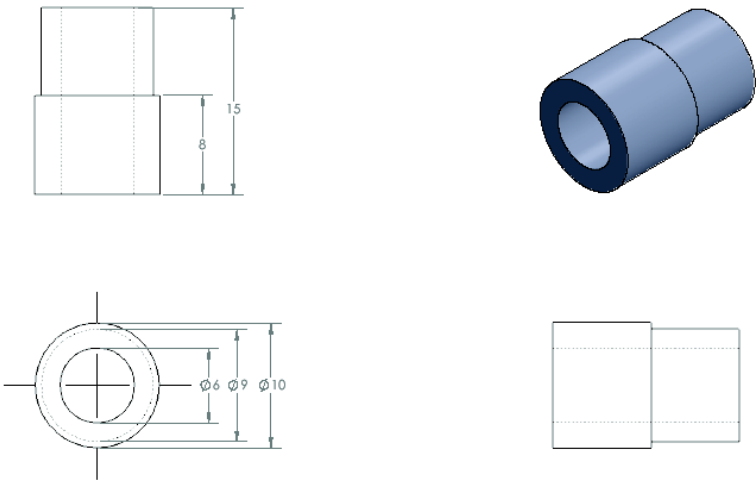





ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติวิรัตน์			สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ตรวจ	นายยุทธอินทร์ จารุวัฒน์			หมายเลขแบบ	วัสดุ
ผู้ออกแบบ	นายยุทธอินทร์ จารุวัฒน์				
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน ฐานชุดโยกตะเภากรง				
1 : 8					

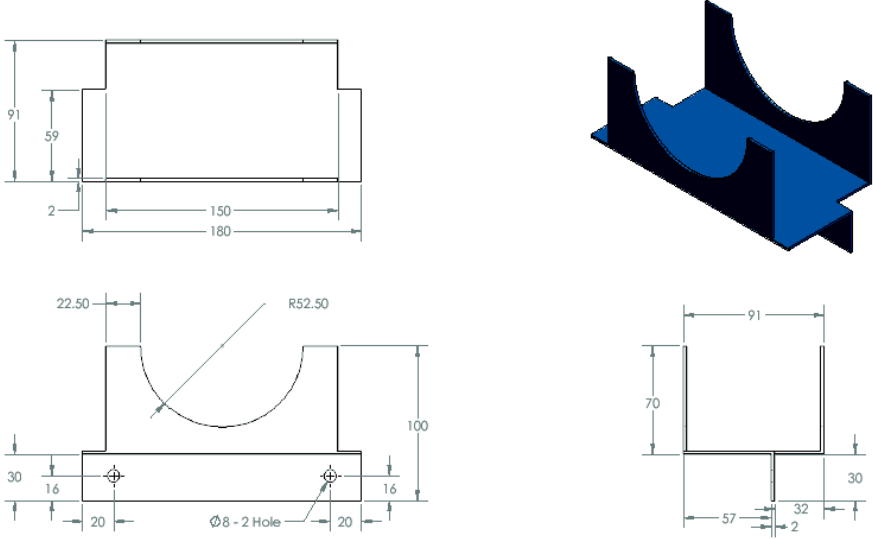
ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติวิรัตน์			สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ตรวจ	นายยุทธอินทร์ จารุวัฒน์			หมายเลขแบบ	วัสดุ
ผู้ออกแบบ	นายยุทธอินทร์ จารุวัฒน์				
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน ข้อต่อโยกตะเภากรง				
1 : 1					






Technical drawing of a cylindrical part. The side view shows a diameter of 10 and a length of 15. The end view shows a diameter of 10 and a hole with a diameter of 6. A 3D model of the part is shown in blue. A detail view of the hole is also provided.

ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติวัฒน์	 สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	หมายเลขแบบ 40	วัสดุ Steel
ผู้ตรวจ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
ผู้ออกแบบ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน บุทถูกเป็นจุดหมุนฐานยก			
4 : 1				



Technical drawing of a base for a blower. The side view shows a total width of 180 and a height of 91. The end view shows a width of 91 and a height of 70. The base has two holes with a diameter of 8. A 3D model of the base is shown in blue. A detail view of the hole is also provided.

ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติวัฒน์	 สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	หมายเลขแบบ 45	วัสดุ Steel
ผู้ตรวจ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
ผู้ออกแบบ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน ฐานBlower			
1 : 2				