



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสะสำหรับการส่งออก

Research and Development on Salacca Thorn  
Polishing Machine for Export

พุทธินันท์ จารุวัฒน์

Puttinun Jarruwat

พ.ศ. 2561



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสะสำหรับการส่งออก

Research and Development on Salacca Thorn  
Polishing Machine for Export

พุทธินันท์ จารุวัฒน์

Puttinun Jarruwat

พ.ศ. 2561

## คำปรารภ

สละ เป็นพืชที่มีการปลูกมากในเขตภาคตะวันออก โดยเฉพาะจังหวัดจันทบุรีซึ่งปลูกสละมากที่สุดในประเทศ การจำหน่ายผลผลิตสละสด มีการจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ การจำหน่ายในประเทศมีรูปแบบช่อและแบบผลเดี่ยว สำหรับตลาดต่างประเทศเป็นรูปแบบผลเดี่ยว โดยตลาดส่งออกหลักคือประเทศญี่ปุ่น ปัจจุบันผู้บริโภคโดยเฉพาะตลาดต่างประเทศมีความต้องการในรูปแบบสละผลสดไร้หนามเพิ่มขึ้น โดยกระบวนการตัดหนามออก ปัจจุบันใช้แรงงานคนในการตัดหนามออกจากผลสละด้วยอุปกรณ์ช้อน โดยวิธีชูดเบาๆที่ผิวสละเพื่อป้องกันการเกิดรอยขีดที่ผลสละ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวใช้แรงงานมากและความสามารถในการทำงานต่อวันต่ำ โครงการวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องตัดหนามผลสละ เพื่อทดแทนการใช้แรงงานคน สามารถเพิ่มความสามารถในการทำงาน โดยผลสละยังคงมีคุณภาพดีสำหรับการส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศ



พุทธธินันท์ จารุวัฒน์

วิศวกรการเกษตรชำนาญการพิเศษ

หัวหน้าโครงการวิจัย

ธันวาคม 2561

สารบัญ	หน้า
คำปรารภ	3
สารบัญ	4
กิตติกรรมประกาศ	5
บทนำ	6
บทคัดย่อ	7
การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก	9
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	27
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	28
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	29
ภาคผนวก ข. แบบทางวิศวกรรมเครื่องขัดหนามผลสละ	34

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้ร่วมงานและเจ้าหน้าที่ทุกท่านของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่มีส่วนช่วยในการพัฒนางานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบคุณคณะเจ้าหน้าที่สหกรณ์การเกษตรท่าใหม่ จ.จันทบุรี สำหรับการอำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่ทดสอบและข้อเสนอแนะต่างๆ ตลอดจนความสนใจในการนำไปใช้งานจริงต่อไป

ชื่อโครงการวิจัย      วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก  
 Research and Development on Salacca Thorn Polishing Machine  
 for Export

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย ผู้ร่วมงาน	นายพุทธธินันท์ จารุวัฒน์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายปิยชาติ พุ่มมณี	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นางสาวพัชร์วิภา สุทธิวาริ	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายศุภวรรณ ภูมามาศย์	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

บทนำ

สละ เป็นพืชที่มีปลูกกันอยู่แล้วในประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ในเกือบทุกพื้นที่ ทั้งที่ลุ่ม ที่ดอน และบนภูเขา แต่พื้นที่ที่ปลูกสละมากจะอยู่ในเขตภาคตะวันออก โดยเฉพาะจังหวัดจันทบุรีเป็นจังหวัดที่ปลูกสละมากที่สุดในประเทศ จากข้อมูลของกรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2559 พบว่ามีการปลูกสละในจังหวัดจันทบุรีรวมพื้นที่ประมาณ 10,325 ไร่ เป็นพื้นที่สละที่ให้ผลผลิตแล้ว 9,483 ไร่ ปริมาณผลผลิตรวม 10,310 ตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 1,087 กิโลกรัม/ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ปัจจุบันการจำหน่ายผลผลิตสละสดมีทั้งการจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ โดยตลาดส่งออกหลักคือประเทศญี่ปุ่น

ผลผลิตสละที่ออกสู่ตลาดผู้บริโภคมีการจำหน่ายในรูปผลผลิตสดเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการแปรรูปพบว่ายังมีน้อย โดยมีการทำเป็นผลิตภัณฑ์สละลอยแก้วและแช่อิ่ม การจำหน่ายในรูปผลผลิตสดมีทั้งการจำหน่ายในรูปแบบช่อและแบบผลเดี่ยวสำหรับตลาดในประเทศ ส่วนการส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศจะเป็นรูปแบบผลเดี่ยว ซึ่งกระบวนการในโรงคัดบรรจุเริ่มตั้งแต่

1. รับสละคัดคุณภาพไม่มีเชื้อราจากชาวสวนรูปแบบเป็นช่อผล
2. ใช้กรรไกรตัดผลออกจากช่อผลและต้องระวังการเกิดรอยตำหนิหรือการฉีกของขั้วผลสละตาม

มาตรฐานสินค้าเกษตรคุณภาพสละ

3. ใช้แรงงานคนทำการขูดหนามที่ผลสละออกด้วยช้อน
4. บรรจุผลสละลงกล่องพลาสติกใส โดยน้ำหนัก 250 กรัม หรือ 500 กรัม ขึ้นอยู่กับการส่งสินค้าของ

ลูกค้า

5. นำสละที่บรรจุภัณฑ์เรียบร้อยแล้วเข้าห้องเย็น 10 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมส่งให้ถึงลูกค้าภายใน 2 - 3 วัน โดยนับวันตั้งแต่ชาวสวนเก็บเกี่ยวผลผลิต

กระบวนการตัดหนามออกจากผลสละเป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันใช้แรงงานคนในการตัดหนามออกจากผลสละด้วยอุปกรณ์ซ้อน และใช้วิธีชุดเบาๆที่ผิวสละเพื่อป้องกันการเกิดรอยขีดที่ผลสละ ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวใช้แรงงานมาก และความสามารถในการทำงานต่อวันต่ำ ได้มีการทดลองใช้เครื่องตัดหนามที่เคยมีการผลิตโดยหน่วยงานเอกชนที่ไม่ปรากฏนาม โดยใช้หลักการให้ผลสละเกิดการเสียดสีกันทำให้หนามหลุด แต่เกิดปัญหาผลสละเกิดการขีดทำให้เกิดการสูญเสียและเลิกใช้ในที่สุด ปัจจุบันสหกรณ์การเกษตร อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีการส่งออกผลสละสดรายสำคัญของจังหวัดจันทบุรี ได้รายงานว่ามีความต้องการผลสละที่ไร้หนามมากขึ้นโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น ทำให้ต้องใช้แรงงานมากขึ้นและต้องเพิ่มชั่วโมงในการทำงาน เพื่อให้ได้ผลสละที่มีคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเกิน 3 วัน นับจากเก็บเกี่ยวเพื่อส่งให้ถึงผู้บริโภคในต่างประเทศ โดยกระบวนการตัดหนามด้วยแรงงานคนในปัจจุบันมีความสามารถในการทำงานเพียง 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องอัตโนมัติสำหรับการตัดหนามออกจากผลสละเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคนและเพิ่มความสามารถในการทำงาน โดยผลสละที่ขีดได้จะต้องมีคุณภาพดีสำหรับการส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศ

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

พัฒนาเครื่องตัดหนามผลสละ เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานและทดแทนการใช้แรงงานในการตัดผิวสละ โดยผลสละไม่เกิดการขีดหรือเสียคุณภาพสำหรับการส่งออกสู่ต่างประเทศ

### ตารางที่ 1 รายละเอียดการทำวิจัยของโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องตัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก

โครงการวิจัย	ระยะเวลาการทำวิจัย
โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องตัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก	2 ปี (ต.ค. 2559 – ก.ย. 2561)
การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องตัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก	2 ปี (ต.ค. 2559 – ก.ย. 2561)

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องตัดหนามผลสละ สำหรับผลิตสละไร้หนามเพื่อการส่งออก เครื่องตัดหนามผลสละต้นแบบมีขนาด 1.6x2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ประกอบด้วยชุดโครงเครื่องทำจากวัสดุเหล็ก ชุดตะแกรงโยกตัดหนามผลสละทำจากวัสดุตะแกรงอลูมิเนียม ชุดแปรงขัดประกอบด้วยแปรงขัด 2 แปรงทำจากวัสดุไนลอน โดยชุดตะแกรงโยกและชุดแปรงขัดใช้ต้นกำลังร่วมกันได้แก่มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ ชุดยกตะแกรงโยกใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ โดยการทำงานของส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบทั้งหมดจะถูกควบคุมการทำงานเป็นขั้นตอนแบบอัตโนมัติ โดยการเขียนโปรแกรมลงในอุปกรณ์ Programmable Logic Controller (PLC) ซึ่งติดตั้งอยู่ในตู้ควบคุมการทำงานของเครื่อง เครื่องตัดหนามผลสละมีความสามารถในการทำงาน 900 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้ารวม 1.47 กิโลวัตต์ สภาวะในการทำงานที่เหมาะสมคือ ความเร็วรอบตะแกรงโยก 110 รอบ/นาที มุมยก 14 องศา สามารถตัดหนามผลสละได้หมด และผลสละสามารถเก็บรักษาได้เกิน 3 วัน ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ โดยไม่เกิดความชื้นและไม่แตกต่างจากการใช้วิธีการเดิมคือการตัดหนามผลสละด้วยแรงงานคน ซึ่งมีความสามารถในการตัดหนามที่ 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจากการลงทุนใช้เครื่องต้นแบบในการตัดหนามผลสละ พบว่า มีต้นทุนค่าใช้จ่าย 82.92 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่การใช้แรงงานคนมีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงกว่าที่ 90.61 บาท/กิโลกรัม เมื่อทำการตัดหนามผลสละในปริมาณที่เท่ากัน

**คำสำคัญ:** สละ; เครื่องตัดหนาม; 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

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1. ผลการวิจัยของโครงการนี้ ทำให้ได้แบบและต้นแบบเครื่องขัดหนามผลสละที่สามารถนำมาใช้ทดแทนแรงงาน ผลิตรั้วหนามที่ไร้หนามที่ได้มีคุณภาพ สามารถส่งออกได้ นอกจากนั้นการใช้เครื่องต้นแบบจะสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของการจัดการในกระบวนการขัดหนามในโรงคัดบรรจุของผู้ประกอบการ และเป็น การแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญในปัจจุบัน

2. ควรมีการนำเครื่องขัดหนามผลสละที่วิจัยและพัฒนาขึ้นในโครงการนี้ ไปทำการประยุกต์ใช้กับพืชอื่นที่ลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับผลสละเช่น ฝรั่ง หรือประยุกต์ใช้ในกระบวนการจัดการอื่นๆต่อไป



## การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก

### คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง:	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
ผู้ร่วมงาน	นายปิยชาติ พุ่มมณี	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นางสาวพัทตร์วิภา สุทธิวาริ	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายศุภวรรณ์ ภามาตย์	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายบัณฑิต จิตรจำนงค์	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายอนุสรณ์ สุวรรณเวียง	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายกิตติศักดิ์ กิติรัตน์	สังกัด	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายตฤณสิทธิ์ ไกรสินบุรศักดิ์	สังกัด	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายอนุชา เชาว์โชติ	สังกัด	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายอุทัย ธาณี	สังกัด	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นายสำเร็จ ช่างประเสริฐ	สังกัด	ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

### 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 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 โดยไม่เกิดความชื้นและไม่แตกต่างจากการใช้วิธีการเดิมคือการขัดหนามผลสละด้วยแรงงานคน ซึ่งมีความสามารถในการขัดหนามที่ 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจากการลงทุนใช้เครื่องต้นแบบในการขัดหนามผลสละ พบว่า มีต้นทุนค่าใช้จ่าย 82.92 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่การใช้แรงงานคนมีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงกว่าที่ 90.61 บาท/กิโลกรัม เมื่อทำการขัดหนามผลสละในปริมาณที่เท่ากัน

**คำสำคัญ:** สละ; 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

## บทนำ

สละ เป็นพืชที่มีปลูกกันอยู่แล้วในประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ในเกือบทุกพื้นที่ ทั้งที่ลุ่ม ที่ดอน และบนภูเขา แต่พื้นที่ที่ปลูกสละมากจะอยู่ในเขตภาคตะวันออก โดยเฉพาะจังหวัดจันทบุรีเป็นจังหวัดที่ปลูกสละมากที่สุดในประเทศ จากข้อมูลของกรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2559 พบว่ามีการปลูกสละในจังหวัดจันทบุรีรวมพื้นที่ประมาณ 10,325 ไร่ เป็นพื้นที่สละที่ให้ผลผลิตแล้ว 9,483 ไร่ ปริมาณผลผลิตรวม 10,310 ตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 1,087 กิโลกรัม/ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ปัจจุบันการจำหน่ายผลผลิตสละสดมีทั้งการจำหน่ายในประเทศและต่างประเทศ โดยตลาดส่งออกหลักคือประเทศญี่ปุ่น

ผลผลิตสละที่ออกสู่ตลาดผู้บริโภคมีการจำหน่ายในรูปผลผลิตสดเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการแปรรูปพบว่ายังมีน้อย โดยมีการทำเป็นผลิตภัณฑ์สละลอยแก้วและแช่อิ่ม การจำหน่ายในรูปผลผลิตสดมีทั้งการจำหน่ายในรูปแบบช่อและแบบผลเดี่ยวสำหรับตลาดในประเทศ ส่วนการส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศจะเป็นรูปแบบผลเดี่ยว ซึ่งกระบวนการในโรงคัดบรรจุเริ่มตั้งแต่

1. รับสละคัดคุณภาพไม่มีเชื้อราจากชาวสวนรูปแบบเป็นช่อผล
2. ใช้กรรไกรตัดผลออกจากช่อผลและต้องระวังการเกิดรอยตำหนิหรือการฉีกของผิวผลสละตาม

มาตรฐานสินค้าเกษตรคุณภาพสละ

3. ใช้แรงงานคนทำการขูดหนามที่ผลสละออกด้วยช้อน
4. บรรจุผลสละลงกล่องพลาสติกใส โดยน้ำหนัก 250 กรัม หรือ 500 กรัม ขึ้นอยู่กับการสั่งสินค้าของ

ลูกค้า

5. นำสละที่บรรจุภัณฑ์เรียบร้อยแล้วเข้าห้องเย็น 10 องศาเซลเซียส เพื่อเตรียมส่งให้ถึงลูกค้าภายใน 2-3 วัน โดยนับวันตั้งแต่ชาวสวนเก็บเกี่ยวผลผลิต

กระบวนการขูดหนามออกจากผลสละเป็นกระบวนการที่สำคัญกระบวนการหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันใช้แรงงานคนในการขูดหนามออกจากผลสละด้วยอุปกรณ์ช้อน และใช้วิธีขูดเบาๆที่ผิวสละเพื่อป้องกันการเกิดรอยชำที่ผลสละ ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวใช้แรงงานมาก และความสามารถในการทำงานต่อวันต่ำ ได้มีการทดลองใช้เครื่องขูดหนามที่เคยมีการผลิตโดยหน่วยงานเอกชนที่ไม่ปรากฏนาม โดยใช้หลักการให้ผลสละเกิดการเสียดสีกันทำให้หนามหลุด แต่เกิดปัญหาผลสละเกิดการชำทำให้เกิดการสูญเสียและเลิกใช้ในที่สุด ปัจจุบันสหกรณ์การเกษตร อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีการส่งออกสละผลสดรายสำคัญของจังหวัดจันทบุรี ได้รายงานว่ามีความต้องการสละผลสดที่ไร้หนามมากขึ้นโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น ทำให้ต้องใช้แรงงานมากขึ้นและต้องเพิ่มชั่วโมงในการทำงาน เพื่อให้ได้ผลสละที่มีคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเกิน 3 วัน นับจากเก็บเกี่ยว เพื่อส่งให้ถึงผู้บริโภคในต่างประเทศ โดยกระบวนการขูดหนามด้วยแรงงานคนในปัจจุบันมีความสามารถในการทำงานเพียง 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการวิจัยและพัฒนาเครื่องมือต้นแบบสำหรับ

การขีดหนามออกจากผลสละเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคนและเพิ่มความสามารถในการทำงาน โดยผลสละมีคุณภาพดีสำหรับการส่งออกสู่ตลาดต่างประเทศ

#### การทบทวนวรรณกรรม

เสกสรร สีหวงษ์ (2548) ได้ออกแบบเครื่องทำความสะอาดผลสละต้นแบบมีขนาด 1.5x2.8x1.3 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ประกอบด้วยระบบโซลาลีเยง โดยทุกๆ ระยะ 30 เซนติเมตร ติดตั้งขอตอโซแบบปกเพื่อใช้ติดตั้งอุปกรณ์จับยึดก้านตอกระปุกสละหรือช่อสละ ชุดแปรงปดกำจัดหนามจำนวน 2 ชุด อัตราการทำงาน 368.30 กิโลกรัม/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการกำจัดหนามและความสูญเสียในการทำงาน 65.50% และ 1.70% เหตุผลที่ไม่นำไปใช้งานของกลุ่มสหกรณ์ทำใหม่เนื่องจากเป็นเครื่องขีดหนามสละแบบทิ้งช่อแต่กลุ่มตลาดส่งออกเป็นแบบผลเดี่ยว

เทคนิคปัตตานี (2554) ได้ออกแบบเครื่องขีดหนามสละ สามารถขีดหนามสละผลเดี่ยวได้ครั้งละ 1 กิโลกรัม ใช้เวลาประมาณ 10 วินาที โดยใช้วิธีการเขย่าผลสละเดี่ยวในภาชนะที่มีรูและให้ผลสละกระทบเสียดสีกัน ทำให้หนามหลุดออก โดยต้นกำลังใช้มือหมุนคันโยก

#### ระเบียบวิธีการวิจัย

##### 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. ทำการสำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการขีดหนามผลสละในโรงคัดบรรจุสำหรับส่งออก และศึกษาทดสอบวิธีการขีดหนามสละที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ศึกษาอุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้น โดยร่วมมือกับผู้ประกอบการส่งออกเพื่อให้ได้ข้อมูลวิเคราะห์แก้ปัญหา

2. ออกแบบและสร้างเครื่องขีดหนามผลสละต้นแบบ ศึกษาปัจจัยต่างๆ ของอุปกรณ์เครื่องที่มีผลต่อการเข้าของผลสละเช่น วัสดุที่เหมาะสมในการขีดหนามสละ

3. ทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้น ปรับปรุงแก้ไข เก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องที่เหมาะสม ได้แก่ ความเร็วรอบในการทำงาน (รอบ/นาที) มุมยกของตะแกรงโยกขีดหนาม (องศา) โดยใช้หลักทางสถิติเป็นตัวเลือกสภาวะการทำงานที่เหมาะสม

4. นำเครื่องต้นแบบไปทดสอบเก็บข้อมูลจริงที่สถานประกอบการส่งออกผลสละ และศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีใช้แรงงานในการขีดหนามผลสละ โดยมีหัวข้อในการเก็บข้อมูลได้แก่ ความสามารถในการทำงาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง) การใช้กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) ประสิทธิภาพการขีดหนาม (%) 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

### ผลการวิจัย

สำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการขูดหนามผลสละสำหรับส่งออกที่สหกรณ์การเกษตร อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ซึ่งเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ โดยมีประเทศญี่ปุ่นเป็นตลาดส่งออกหลักของผลสละไร้หนาม ผลการเก็บข้อมูลพบว่าการส่งออกสละส่วนใหญ่จะจำหน่ายในรูปแบบผลสดในรูปแบบผลเดี่ยว (ภาพที่ 1) ส่วนการจำหน่ายในประเทศมีทั้งรูปแบบช่อและผลเดี่ยว สำหรับการแปรรูปยังมีน้อยในรูปของผลิตภัณฑ์สละลอยแก้วและการแช่อิ่ม โดยสละส่งออกจะเริ่มจากนำสละที่ตัดจากสวนเป็นช่อกระปุกเข้าสู่โรงคัดบรรจุ และคัดคุณภาพเพื่อให้ได้สละที่ไม่มีเชื้อราขาวและมีเมล็ดเต็ม จากนั้นใช้กรรไกรตัดผลสละออกจากช่อ โดยต้องระวังไม่ให้เกิดรอยตำหนิหรือการฉีกที่ขั้วผล จากนั้นใช้ช้อนขูดหนามออกจากผิวสละด้วยแรงงานคน สละที่ไร้หนามจะถูกส่งไปบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ (ภาพที่ 2) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกล่องพลาสติกใสที่สามารถบรรจุได้ 250-500 กรัม (ภาพที่ 3) ขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า โดยจากการทดสอบในขั้นตอนของการขูดหนามสละด้วยช้อนพบว่ามีความสามารถในการขูดเอาหนามออก 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน การใช้แรงงานคนมีความสามารถในการทำงานต่ำมาก ทำให้ต้องใช้เวลาและแรงงานคนมาก ซึ่งเป็นปัญหาในปัจจุบัน นอกจากนี้ได้มีการนำเครื่องขูดหนามสละที่ผลิตโดยภาคเอกชนมาทดลองใช้ (ภาพที่ 4) พบว่ายังไม่สามารถใช้งานได้ผลสละเสียหายจากแรงกระแทกทำให้เกิดการช้ำ โดยเนื้อสละเกิดเป็นวงข้ำสีดำเป็นช่วงๆทำให้ไม่สามารถส่งออกได้โดยการตรวจสอบคุณภาพการช้ำจะทำโดยเก็บรักษาผลสละขูดหนามไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1-2 คืน และทำการตรวจสอบ



ภาพที่ 1 ผลสละสำหรับส่งออก

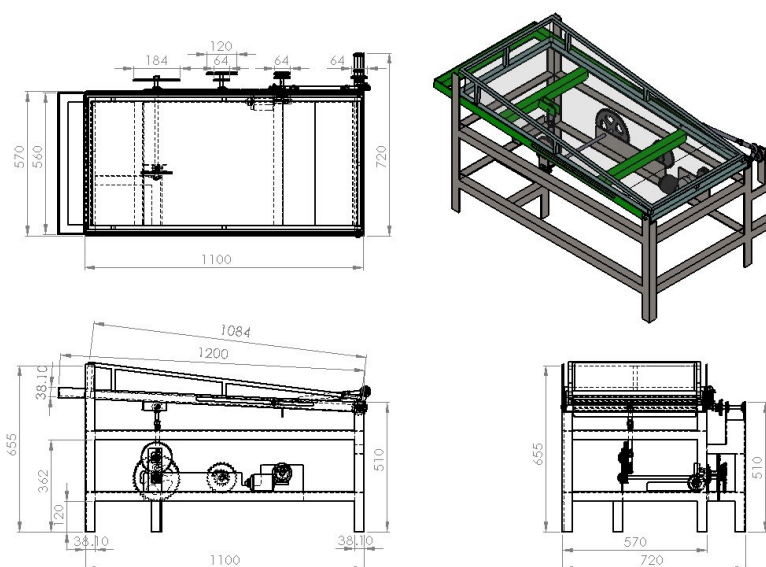


ภาพที่ 2 ผลสละที่ทำการขูดหนามแล้ว



ภาพที่ 3 ผลิตภัณฑ์สละไร้หนามสำหรับส่งออก ภาพที่ 4 เครื่องขัดหนามภาคเอกชน

จากนั้นศึกษาปัจจัยต่างๆ ของเครื่องที่มีผลต่อการซ้ำของผลสละได้แก่ความเร็วรอบการทำงานและมุมเอียงของเครื่องที่ทำให้สละเกิดการเคลื่อนที่และขัดสีกันเพื่อให้หนามสละหลุดออก ซึ่งจากปัจจัยดังกล่าวได้ทำการออกแบบให้เครื่องขัดหนามผลสละมีหลักการทำงานเป็นรูปแบบตะแกรงโยกแบบมีมุมเอียงเพื่อให้ผลสละเกิดการขัดสีกับพื้นผิวตะแกรงและขัดสีระหว่างผลสละด้วยกันเอง รวมถึงมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าจนกระทั่งออกจากเครื่อง และทำการสร้างเครื่องขัดหนามผลสละระดับการทดลอง (ภาพที่ 5-7) นอกจากนั้นได้ติดตั้งแกนเพลลาสำหรับขับเคลื่อนเพื่อช่วยในการขัดหนามผลสละให้หมด (ภาพที่ 8) ผลการศึกษาพบว่าความเร็วรอบและมุมเอียงของตะแกรงโยกจะมีผลต่อการขัดหนามสละ การเคลื่อนที่ของผลสละและความซ้ำที่อาจเกิดขึ้นหากเกิดการกระแทกที่มากเกินไป ซึ่งต้องทำการทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยเหล่านี้ต่อไปในขั้นตอนของการทดสอบเครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 5 แบบเครื่องขัดหนามผลสละระดับการทดลอง





ภาพที่ 6 โครงสร้างของเครื่องตัดหนามผลสละระดับการทดลอง



ภาพที่ 7 โครงสร้างของเครื่องตัดหนามผลสละที่สามารถปรับมุมเอียงตะแกรงโยกได้



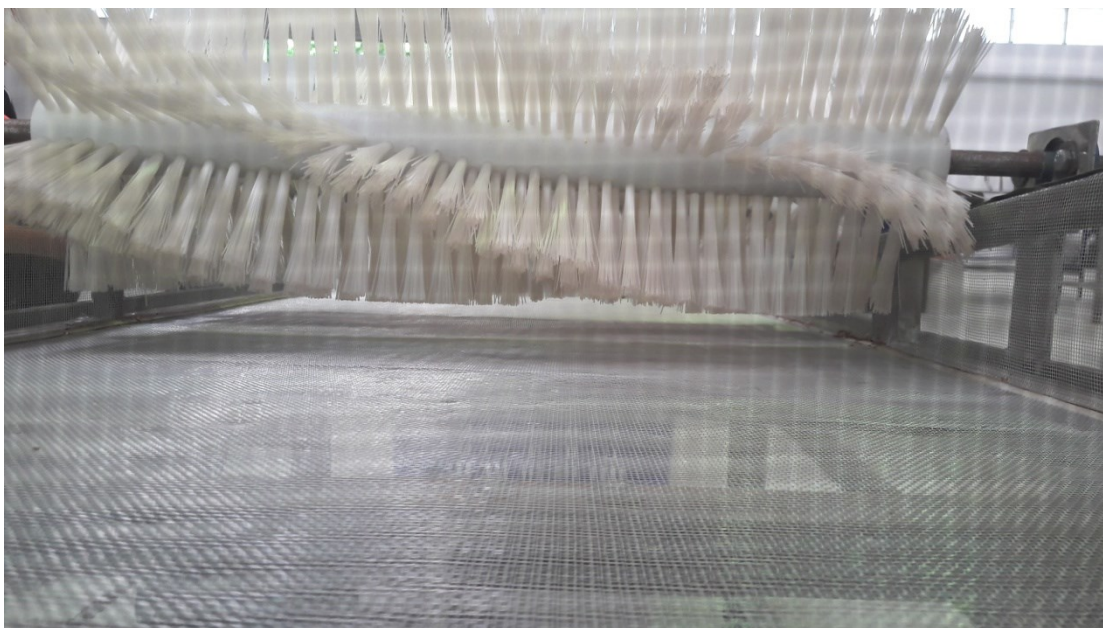
ภาพที่ 8 ติดตั้งแกนเพลลาขับเคลื่อนแปรงขัดหนามผลสละ

เครื่องขัดหนามผลสละต้นแบบระดับการทดลองมีขนาด 0.6x1.2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) โครงสร้างทำจากวัสดุเหล็ก และตะแกรงโยกมีขนาด 0.56X1.08X0.04 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ทำจากวัสดุอลูมิเนียม โดยมีลักษณะการทำงานให้ผลสละเกิดการขัดสีกับพื้นของตะแกรงโยกและผลสละด้วยตัวเอง เพื่อให้หนามของผลสละหลุดออกและลอดผ่านพื้นตะแกรงโยกสู่ด้านล่างของเครื่อง นอกจากนั้นได้ทำการติดตั้งชุดแปรงขัดหนามผลสละ โดยจะประกอบด้วยแปรงขัดหนาม 2 ตัว หมุนในทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของผลสละ เพื่อขัดหนามผลสละด้านบนและชะลอการเคลื่อนที่ ให้ผลสละขัดสีกับพื้นตะแกรงโยกและผลสละด้วยตัวเองนานขึ้น ก่อนไหลลงสู่ภาชนะที่ปลายเครื่อง (ภาพที่ 9-11)



ภาพที่ 9 ชุดแปรงขัดหนามผลสละ





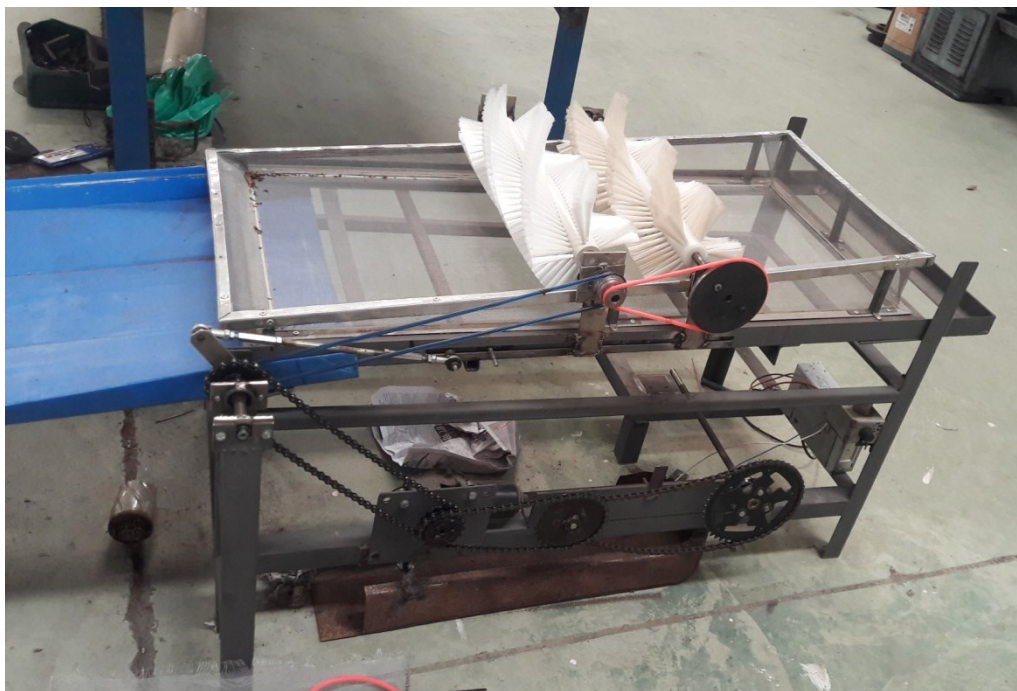
ภาพที่ 10 ติดตั้งพื้นตะแกรงโยกจากวัสดุลูมึเนียม



ภาพที่ 11 เศษหนามที่ถูกชัุดออกจากผลสละบริเวณพื้นด้านล่างเครื่อง

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





ภาพที่ 12 ต้นกำลังขับเคลื่อนชุดโยกตะแกรงและชุดแปรงขัด



ภาพที่ 13 ต้นกำลังขับเคลื่อนชุดโยกตะแกรง



ภาพที่ 14 ต้นแบบเครื่องขั้ดหนามผลสละระดับการทดลอง

หลังจากสร้างเครื่องต้นแบบระดับการทดลองเสร็จสิ้น ได้ทดสอบเก็บข้อมูลหาสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องขั้ดหนามผลสละ ซึ่งสภาวะการทำงานที่เหมาะสมจะถูกนำไปใช้ในการทดสอบเครื่องขั้ดหนามผลสละขยายขนาดระดับเชิงพาณิชย์ในอนาคตต่อไป โดยนำเครื่องต้นแบบไปทำการทดสอบที่สหกรณ์การเกษตรท่าใหม่ จ.จันทบุรี ซึ่งเป็นผู้ประกอบการส่งออกสละไร้หนามที่สำคัญของ จ.จันทบุรี โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ ความเร็วรอบและมุมยกของตะแกรงโยกขั้ดหนามผลสละ ทำการทดสอบความเร็วรอบ 4 ระดับ ได้แก่ 90, 100, 110 และ 120 รอบ/นาที และมุมยก 3 ระดับ ได้แก่ 12, 14 และ 16 องศา และศึกษาเปรียบเทียบกับวิธีการเดิมคือการขั้ดหนามด้วยแรงงาน รวมการทดสอบทั้งหมด 13 การทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ และนำมาหาค่าเฉลี่ย ผลการทดสอบพบว่าสภาวะการทำงานที่เหมาะสมของเครื่องขั้ดหนามผลสละระดับการทดลองคือ ความเร็วรอบของตะแกรงโยกขั้ดหนามผลสละ 110 รอบ/นาที และมุมยก 14 องศา โดยเครื่องขั้ดหนามผลสละมีความสามารถในการทำงาน 99.45 กิโลกรัม/ชั่วโมง จำนวนผลสละที่ขั้ดหนามหมด 86.67% โดยไม่มีการขั้ดของผลสละที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 1 และวันที่ 3 ซึ่งวันที่ 3 คือระยะเวลาที่การขนส่งผลสละไร้หนามถึงผู้บริโภค และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน มีจำนวนผลสละขั้ด 16.67% ไม่แตกต่างจากการขั้ดหนามสละด้วยแรงงาน ซึ่งมีจำนวนผลสละขั้ด 13.33% เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการตรวจสอบความขั้ดคิดจากจำนวนผลสละที่มีเนื้อเกิดการขั้ดเป็นวงดำต่อจำนวนผลสละทั้งหมดที่ทำการทดสอบในแต่ละการทดลอง เครื่องต้นแบบระดับการทดลองมีการใช้กำลังไฟฟ้า 0.6 กิโลวัตต์ ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 1 และภาพที่ 15-20





ภาพที่ 15 ซอผลสละสำหรับทดสอบ



ภาพที่ 16 ตัดผลสละออกจากซอ



ภาพที่ 17 ทดสอบขีดหนามผลสละด้วยแรงงาน



ภาพที่ 18 ทดสอบขีดหนามผลสละด้วยเครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 19 ผลสละก่อนขีดการขีดหนาม



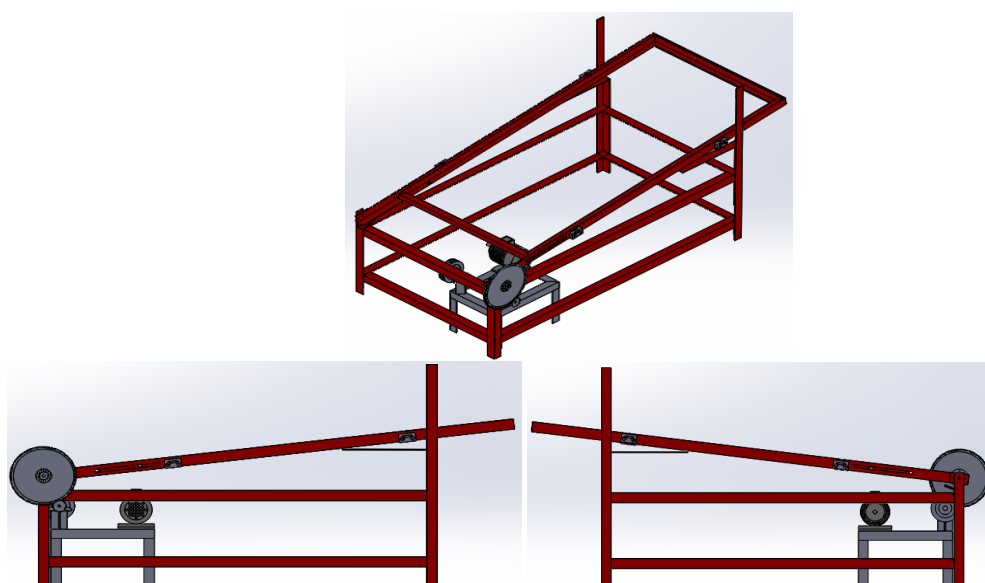
ภาพที่ 20 ผลสละหลังการขีดหนามด้วยเครื่อง

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
<b>เครื่องขีดหนาม</b>	<b>110 รอบ/นาที่ 14 องศา</b>	<b>99.45bc</b>	<b>86.67b</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>16.67 ab</b>	<b>0.60</b>
เครื่องขีดหนาม	110 รอบ/นาที่ 16 องศา	105.88b	76.67c	0.00	0.00	23.33 cd	0.60
เครื่องขีดหนาม	120 รอบ/นาที่ 12 องศา	92.31c	76.67c	0.00	13.33	33.33	0.60
เครื่องขีดหนาม	120 รอบ/นาที่ 14 องศา	105.26b	66.67d	0.00	20.00	40.00	0.60
เครื่องขีดหนาม	120 รอบ/นาที่ 16 องศา	120.00a	73.33c	0.00	26.67	50.00	0.60

จากนั้นได้จัดสร้างเครื่องต้นแบบขยายขนาดในระดับเชิงพาณิชย์ สำหรับรองรับปริมาณผลผลิตสละที่ต้องขีดหนามเพื่อส่งออกของสหกรณ์การเกษตรและผู้ประกอบการ โดยเครื่องต้นแบบมีขนาด 1.6x2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) โครงสร้างทำจากวัสดุเหล็ก และตะแกรงโยกทำจากวัสดุอลูมิเนียมมีขนาด 1x2x0.12 เมตร (กว้างxยาวxสูง) และได้ทำการเพิ่มเติมในอุปกรณ์บางส่วนที่ช่วยให้เครื่องมีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น คือชุดดูดหนามสละหลังจากถูกขีดออกจากผลสละแล้ว และตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องต้นแบบอัตโนมัติ โดยเครื่องต้นแบบประกอบด้วย ชุดโครงเครื่อง (ภาพที่ 21 และ 22) ชุดขับเคลื่อนตะแกรงโยกและชุดปรองขีดหนามผลสละ ซึ่งใช้ต้นกำลังร่วมกันคือมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า (ภาพที่ 23 และ 24) ชุดยกตะแกรงโยกซึ่งใช้ต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า (ภาพที่ 25) และชุดดูดหนามเข้าสู่ถังเก็บหลังการขีดหนามผลสละ ซึ่งใช้

อุปกรณ์เครื่องดูดฝุ่น มอเตอร์ขนาด 600 วัตต์ ความเร็วรอบพัดลม 16,000 รอบ/นาที และปริมาณลม 3.8 ลบ.ม./นาที ที่มีจำหน่ายในภาคเอกชนมาประยุกต์ใช้ โดยได้ทำการเจาะช่องที่พื้นของตะแกรงโยก เพื่อให้หนามสละที่ถูกขัดออกไหลเข้าสู่ช่องทางดูดของอุปกรณ์เครื่องดูดฝุ่นและเข้าสู่ถังเก็บ (ภาพที่ 26 และ 27) ซึ่งทำให้พื้นที่บริเวณปฏิบัติงานมีความสะอาดเรียบร้อย ซึ่งจากการทดสอบพบว่าสามารถดูดหนามสละที่ถูกขัดออกเข้าสู่ถังเก็บได้ดี จากนั้นได้ทำการติดตั้งตู้ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยติดตั้งอุปกรณ์ Programmable Logic Controller (PLC) และเขียนโปรแกรมสำหรับควบคุมลำดับและระยะเวลาการทำงานของชุดอุปกรณ์ต่างๆ ทั้งหมดของเครื่องขัดหนามผลสละ (ภาพที่ 28 และ 29) จนกระทั่งได้เครื่องต้นแบบขัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์ที่พร้อมทำการทดสอบเก็บข้อมูล (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 21 แบบเครื่องขัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 22 โครงสร้างเครื่องคัดนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 23 ชุดตะแกรงโยกและแปรงคัดนาม



ภาพที่ 24 ชุดอุปกรณ์ขับเคลื่อนตะแกรงโยกและแปรงคัดนาม





ภาพที่ 25 ชุดยกตะแกรงโยกและอุปกรณ์ขับเคลื่อน



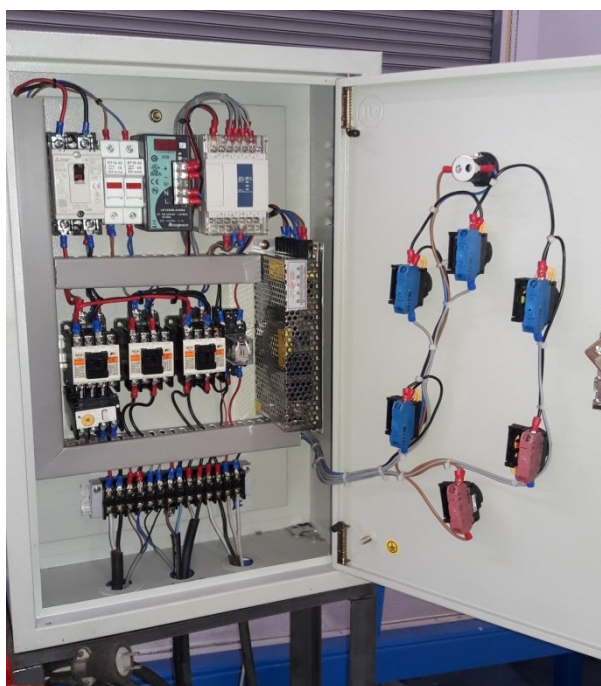
ภาพที่ 26 ชุดดูต๋นหมสละ



ภาพที่ 27 ถังเก็บหมสละ



ภาพที่ 28 ติดตั้งตู้ควบคุมการทำงานอัตโนมัติของเครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 29 อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมการทำงาน





ภาพที่ 30 เครื่องคัดนามผลสละต้นแบบพร้อมทำการทดสอบ

ได้ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องคัดนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์โดยใช้สภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้จากผลการทดลองของเครื่องคัดนามผลสละระดับการทดลองคือที่ความเร็วรอบตะแกรงโยก 110 รอบ/นาที มุมยก 14 องศา ผลการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบมีความสามารถในการทำงาน 900 ก.ก./ชม. จำนวนผลสละที่คัดนามหมด 90% (ภาพที่ 31-33) โดยไม่มีการซ้ำของผลสละที่ระยะเวลาการเก็บรักษาในวันที่ 1 และวันที่ 3 (ภาพที่ 34 และ 35) และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 วัน มีจำนวนผลสละที่ซ้ำ 13.33% ไม่แตกต่างจากการคัดนามสละด้วยแรงงาน เครื่องต้นแบบใช้กำลังไฟฟ้ารวม 1.47 กิโลวัตต์ ผลการทดสอบทั้งหมดแสดงไว้ในตารางที่ 2



ภาพที่ 31 ทดสอบเครื่องคัดนามผลสละต้นแบบระดับเชิงพาณิชย์



ภาพที่ 32 ผลสละก่อนการขัดหนาม



ภาพที่ 33 ผลสละหลังการขัดหนาม



ภาพที่ 34 ผลสละเก็บรักษาวันที่ 1



ภาพที่ 35 ผลสละเก็บรักษาวันที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบขัดหนามผลสละด้วยแรงงานและการใช้เครื่องต้นแบบระดับเชิงพาณิชย์

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

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.



ทำการเผยแพร่โครงการวิจัยโดยได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยายในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ 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 แกรนด์สวีท แอนด์ คอนเวนชัน เซ็นเตอร์ จังหวัดเชียงใหม่

**กำหนดการ**

30 ธ.ค. 61	ลงทะเบียนและรับบัตรผู้เข้าชม
30 ธ.ค. 61	พิธีเปิดพิธีเปิด
15 ก.ย. 61	พิธีมอบรางวัลชนะเลิศ
30 ก.ย. 61	พิธีมอบรางวัลรองชนะเลิศ
30 ส.ค. 61	พิธีมอบรางวัลชมเชย
1 ก.ย. 61	พิธีมอบรางวัล (สำหรับรางวัลพิเศษ)
15 ส.ค. 61	พิธีมอบรางวัล (สำหรับรางวัลพิเศษ)
19 พ.ย. 61	พิธีมอบรางวัล (สำหรับ Proceedings)
19-21 พ.ย. 61	งานประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ

**รูปแบบการจัดประชุมวิชาการ**

- การนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย
- และภาคโปสเตอร์
- การบรรยายพิเศษโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
- กิจกรรมจากหน่วยงานภาครัฐ
- และเอกชน
- การทัศนศึกษา

**ส่งบทความภายในวันที่ 30 มิถุนายน 2561**

ส่งพิจารณาบทความฉบับเต็ม 2 ฉบับ คือ Proceedings (ไม่มีค่าใช้จ่าย) และวารสารทางสวนฉบับพิเศษ (CAI Extra 1) (ค่าใช้จ่าย 2,000 บาท) หลังผ่านการพิจารณา

**ค่าลงทะเบียน**

ก่อนวันที่ 30 สิงหาคม	นักศึกษา 2,500 บาท	
บุคคลทั่วไป 3,000 บาท	หลังจากวันที่ 30 สิงหาคม	นักศึกษา 3,000 บาท
บุคคลทั่วไป 3,500 บาท		

www.agri.cmu.ac.th/nhc2018  
The 17th National Horticultural Congress | 17NHC2018@gmail.com | สอบถามข้อมูลเพิ่มโทร. 08-4378-2187



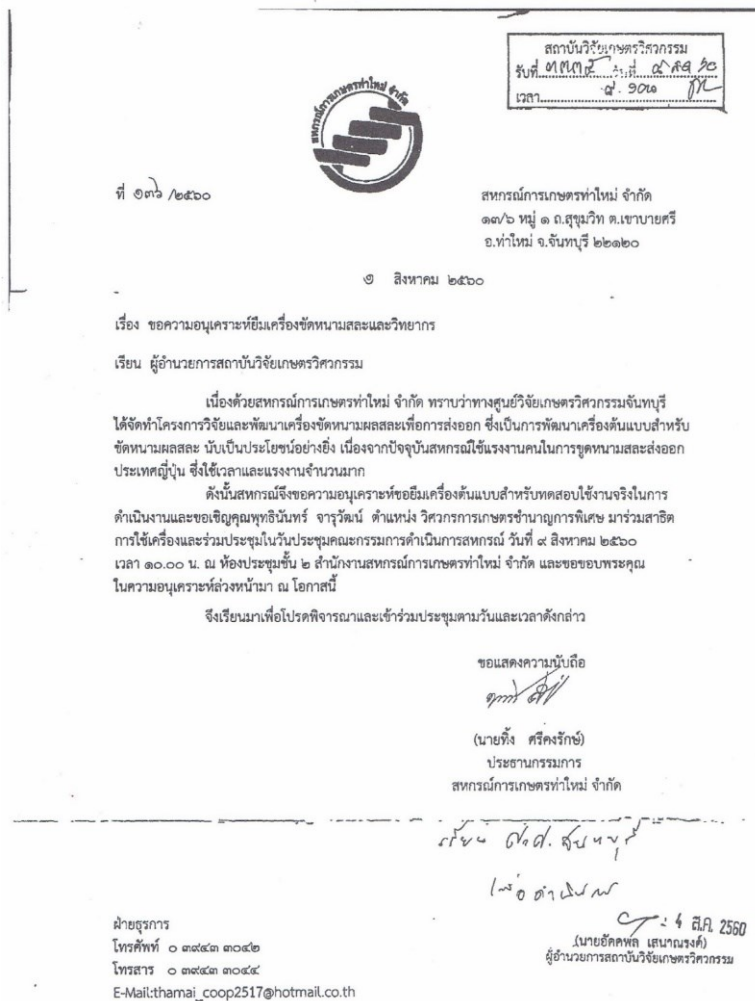
ภาพที่ 36 นำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 17 จ.เชียงใหม่

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



ภาพที่ 37 ร่วมจัดนิทรรศการงานพืชสวนก้าวหน้า Hortex 2018 ครั้งที่ 15

ในส่วนของการนำไปใช้ประโยชน์ของโครงการวิจัย สหกรณ์การเกษตรท่าใหม่ อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ได้ทำการติดต่อขอนำเข้าเครื่องต้นแบบไปทดสอบขีดความสามารถผลสละทดแทนการใช้แรงงาน ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญในปัจจุบัน เพื่อส่งออกสู่ต่างประเทศ ดังแสดงในภาพที่ 38



ภาพที่ 38 เผยแพร่และทดสอบขีดหนามผลสละสำหรับการส่งออก ที่สหกรณ์การเกษตรท่าใหม่ จ.จันทบุรี

## อภิปรายผล

เครื่องตัดหนามผลสละที่ทำการวิจัยขึ้น สามารถนำไปใช้ในโรงคัดบรรจุของผู้ประกอบการส่งออกสละไร้หนามและกลุ่มแปรรูปสละได้ โดยมีความสามารถในการทำงานมากกว่าวิธีใช้แรงงานในการตัดหนามผลสละ โดยที่คุณภาพของสละไร้หนามไม่แตกต่างกัน สามารถส่งออกได้ และมีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องของภาคเอกชนที่มีการทดลองใช้และเกิดการชำรุดของเนื้อสละ

## สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เครื่องตัดหนามผลสละต้นแบบมีขนาด 1.6x2x0.6 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ประกอบด้วยชุดโครงเครื่องทำจากวัสดุเหล็ก ชุดตะแกรงโยกตัดหนามผลสละทำจากวัสดุตะแกรงอลูมิเนียม ชุดแปรงขัดประกอบด้วยแปรงขัด 2 แปรง โดยขนแปรงทำจากวัสดุไนลอน แปรงขัดตัวที่ 1 ทำหน้าที่ช่วยตัดหนามและลำเลียงผลสละให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า และแปรงขัดตัวที่ 2 ซึ่งมีการหมุนในทิศทางตรงกันข้ามกับแปรงขัดตัวที่ 1 ทำหน้าที่ชะลอการเคลื่อนที่ของผลสละ เพื่อให้ผลสละขัดสีกับพื้นตะแกรงโยกและผลสละด้วยกันเองนานขึ้น ก่อนที่จะเคลื่อนที่ผ่านแปรงขัดตัวที่สองและไหลลงสู่ภาชนะที่ปลายเครื่อง โดยชุดตะแกรงโยกและชุดแปรงขัดจะใช้ต้นกำลังร่วมกันได้แก่มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ นอกจากนี้ในขั้นตอนการทำงานของชุดตะแกรงโยกที่มีการเคลื่อนที่ในแนวราบและจะถูกยกขึ้นเพื่อให้สละมีการเคลื่อนที่ผ่านชุดแปรงขัดและลงสู่ภาชนะเก็บหลังการตัดหนามแล้ว โดยชุดตะแกรงโยกจะใช้ต้นกำลัง มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 0.5 แรงม้า 220 โวลต์ และเมื่อตะแกรงโยกขึ้นถึงจุดสูงสุด ชุดตัดหนามสละได้ตะแกรงโยกจะทำงานเพื่อตัดหนามสละเข้าสู่ถังเก็บ โดยการทำงานของส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบทั้งหมดจะถูกควบคุมการทำงานเป็นขั้นตอนแบบอัตโนมัติ โดยการเขียนโปรแกรมลงในอุปกรณ์ Programmable Logic Controller (PLC) ซึ่งติดตั้งอยู่ในตู้ควบคุมการทำงานของเครื่อง

เครื่องตัดหนามผลสละมีความสามารถในการทำงาน 900 กิโลกรัม/ชั่วโมง ใช้กำลังไฟฟ้ารวม 1.47 กิโลวัตต์ สภาวะในการทำงานที่เหมาะสมคือ ความเร็วรอบตะแกรงโยก 110 รอบ/นาที มุมยก 14 องศา สามารถตัดหนามผลสละได้หมด และผลสละสามารถเก็บรักษาได้เกิน 3 วัน ที่อุณหภูมิแวดล้อมปกติ โดยไม่เกิดความชื้นและไม่แตกต่างจากการใช้วิธีการเดิมคือการตัดหนามผลสละด้วยแรงงานคน ซึ่งมีความสามารถในการตัดหนามที่ 5 กิโลกรัม/ชั่วโมง/คน ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมจากการลงทุนใช้เครื่องต้นแบบในการตัดหนามผลสละ พบว่า มีต้นทุนค่าใช้จ่าย 82.92 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่การใช้แรงงานคนมีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงกว่าที่ 90.61 บาท/กิโลกรัม เมื่อทำการตัดหนามผลสละในปริมาณที่เท่ากัน

## เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. สละ. แหล่งที่มา

<http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/fruit2/zalacca.pdf>. (สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2561).

เทคนิคปัตตานี. 2554. เครื่องขจัดหนามสละ. ประกวดสิ่งประดิษฐ์ของคนรุ่นใหม่ระดับชาติและการแข่งขันหุ่นยนต์เยาวชนอาเซียนศึกษา สำนักงานคณะกรรมการอาเซียนศึกษา. แหล่งที่มา URL <http://www.youtube.com/watch?v=WZ1PCrdkzGI>. (สืบค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2557).

เสกสรร สีหวงษ์. 2548. การออกแบบและทดสอบเครื่องทำความสะอาดผลสละ. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 92 หน้า.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

## เครื่องขัดหนามผลสละเพื่อการส่งออกระดับเชิงพาณิชย์

## 1. การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

กำหนดให้

- ราคาเครื่องขัดหนามผลสละ	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

$$\text{สมการค่าเสื่อมราคาเครื่องแบบเส้นตรง} \quad (P-L)/N$$

โดย

$$P = \text{ราคาซื้อเครื่องจักร, บาท}$$

$$L = \text{ราคาซากเครื่องจักร, บาท}$$

$$N = \text{อายุการใช้งาน, ปี}$$

$$\text{ค่าเสื่อมราคาของเครื่องขัดหนามผลสละ} = (80,000 - 800) / 10 \text{ บาท/ปี}$$

$$= 7,920 \text{ บาท/ปี}$$

- ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

$$\text{สมการค่าดอกเบี้ย} \quad [(P+L)/2] \times (i/100)$$

โดย  $i = \text{อัตราดอกเบี้ย/ปี, เปอร์เซ็นต์}$ 

$$\text{ค่าดอกเบี้ยลงทุนเครื่องเครื่องขัดหนามผลสละ} = [(80,000 + 800) / 2] \times (8 / 100) \text{ บาท/ปี}$$

$$= 3,232 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม} = \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่อง} + \text{ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน}$$

$$= 7,920 + 3,232 \quad \text{บาท/ปี}$$

$$= 11,152 \text{ บาท/ปี}$$

ต้นทุนผันแปร

- ค่าผลสละสด

= ต้องการขัดหนามผลสละสดที่แกะออกจากช่อกระปุกแล้วปริมาณ 900 กิโลกรัม/วัน

= อัตราส่วนโดยน้ำหนักของช่อกระปุกสดต่อผลสละสดที่แกะออกจากช่อกระปุกคือ 10:9

ดังนั้นปริมาณของช่อกระปุกสดที่ต้องการ เพื่อให้ได้ผลสละสดที่แกะออกจากช่อกระปุกแล้วจำนวน 900 กิโลกรัมต่อวัน คือ 1,000 กิโลกรัมต่อวัน

= ราคาผลสละสดทั้งช่อกระปุก 70 บาท/กิโลกรัม

= ทำงาน 90 วัน/ปี

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนค่าผลผลิตต่อปี} &= 70 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 1,000 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 90 \text{ วัน/ปี} \\ &= 6,300,000 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- ค่าจ้างแรงงานแกะผลผลิตออกจากช่อกระพุก

$$\begin{aligned} &= \text{ความสามารถในการแกะผลผลิตออกจากช่อกระพุกด้วยแรงงาน} && 96 \text{ กิโลกรัม/วัน/คน} \\ &= \text{ปริมาณผลผลิตที่ต้องการแกะออกจากช่อกระพุก} && 900 \text{ กิโลกรัม/วัน} \\ &= \text{ดังนั้นต้องใช้แรงงานแกะผลผลิตออกจากช่อกระพุกจำนวน} && 10 \text{ คน} \\ &= \text{ค่าจ้างแรงงานในการแกะผลผลิตออกจากช่อกระพุก} && 350 \text{ บาท/วัน} \\ \text{ดังนั้นต้นทุนค่าจ้างแรงงานแกะผลผลิตออกจากช่อกระพุก} &&& = 350 \text{ บาท/วัน/คน} \times 10 \text{ คน} \times 90 \text{ วัน/ปี} \\ &&& = 315,000 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- ค่าจ้างแรงงานในการตัดหนามผลผลิตด้วยเครื่องต้นแบบ

$$\begin{aligned} &= \text{ใช้แรงงานมีทักษะ 2 คน/วัน} \\ &= \text{ค่าจ้างแรงงานมีทักษะ 500 บาท/วัน/คน} \\ &= \text{ทำงาน 90 วัน/ปี} \\ \text{ดังนั้นต้นทุนค่าจ้างแรงงานในการตัดหนามผลผลิตด้วยเครื่องต้นแบบ} &&& = 500 \text{ บาท/วัน/คน} \times 2 \text{ คน} \times 90 \text{ วัน/ปี} \\ &&& = 90,000 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- ค่าพลังงานไฟฟ้า

$$\begin{aligned} &= \text{ความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ 900 กิโลกรัมต่อชั่วโมง} \\ &= \text{ดังนั้นใช้เครื่องต้นแบบทำงาน 1 ชั่วโมงต่อวัน} \\ &= \text{เครื่องต้นแบบใช้กำลังไฟฟ้ารวมขณะทำงาน 1.47 กิโลวัตต์} \\ &\quad \text{ทำงานวันละ 1 ชั่วโมง} && = 1.47 \times 1 && \text{กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน} \\ &&& = 1.47 && \text{กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน} \\ &&& = 1.47 && \text{หน่วย/วัน} \\ \text{อัตราค่าไฟฟ้า 4.40 บาท/หน่วย} &&& \\ \text{ดังนั้น ต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้า} &&& = 1.47 \text{ หน่วย/วัน} \times 4.40 \text{ บาท/หน่วย} \times 90 \text{ วัน/ปี} \\ &&& = 582.12 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม} &= 6,300,000 + 315,000 + 90,000 + 582.12 \text{ บาท/ปี} \\ &= 6,705,582.12 \text{ บาท/ปี} \\ \text{ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด} &= 11,152 + 6,705,582.12 \text{ บาท/ปี} \\ &= 6,716,734.12 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$



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

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

## 2 การคำนวณจุดคุ้มทุนจากการทำงานด้วยเครื่องขัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์

$$\begin{aligned} &= \text{ราคาขายผลสละสดไร้หนามสู่ตลาดต่างประเทศ} && 500 \text{ บาท/กิโลกรัม} \\ &= \text{ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องขัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์} && 82.92 \text{ บาท/กิโลกรัม} \\ \text{ดังนั้นมีรายได้} &= 500 - 82.92 && \text{บาท/กิโลกรัม} \\ &= 417.08 && \text{บาท/กิโลกรัม} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นมีรายได้จากการขายผลสละสดไร้หนามสู่ตลาดต่างประเทศ} & \\ &= 417.08 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 81,000 \text{ กิโลกรัม/ปี} \\ &= 33,783,480 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

- หาจุดคุ้มทุนจากการทำงานด้วยเครื่องขัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์

$$\begin{aligned} \text{รายรับ} &= \text{ต้นทุนค่าใช้จ่าย} \\ \text{ดังนั้นได้ว่า} & 500 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times N \text{ กิโลกรัม/ปี} = 82.92 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 81,000 \text{ กิโลกรัม/ปี} \\ & N = \text{ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน} && \text{กิโลกรัม/ปี} \\ & = (82.92 \times 81,000) / 500 && \text{กิโลกรัม/ปี} \\ & = 13,433 && \text{กิโลกรัม/ปี} \end{aligned}$$

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

## 3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการทำงานด้วยเครื่องขัดหนามผลสละระดับเชิงพาณิชย์

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์,} & \text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม} \\ & = (80,000 \text{ บาท}) / (33,783,480 \text{ บาท/ปี}) \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้นระยะเวลาคืนทุน} = 0.002 \text{ ปี}$$

$$\text{ประมาณ} = 1 \text{ ปี}$$

## 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

ดังนั้นต้องในแรงงานทั้งหมด = 23 คน

= ค่าจ้างแรงงานทั่วไป 350 บาท/วัน/คน

= ทำงาน 90 วัน/ปี

ดังนั้นต้นทุนค่าจ้างแรงงานในการขุดหนามผลสละ  
= 350 บาท/วัน/คน × 23 คน × 90 วัน/ปี  
= 724,500 บาท/ปี

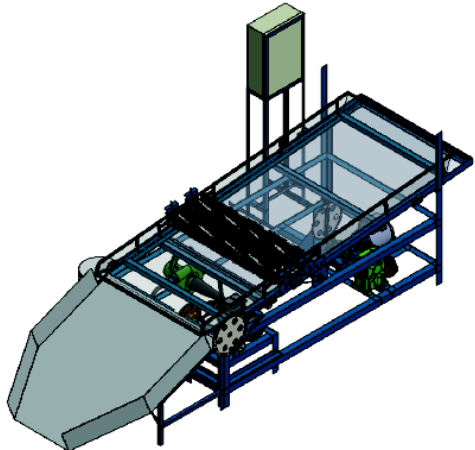
$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม} &= 6,300,000 + 315,000 + 724,500 && \text{บาท/ปี} \\ &= 7,339,500 && \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$


$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด} &= 0 + 7,339,500 && \text{บาท/ปี} \\ &= 7,339,500 && \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$

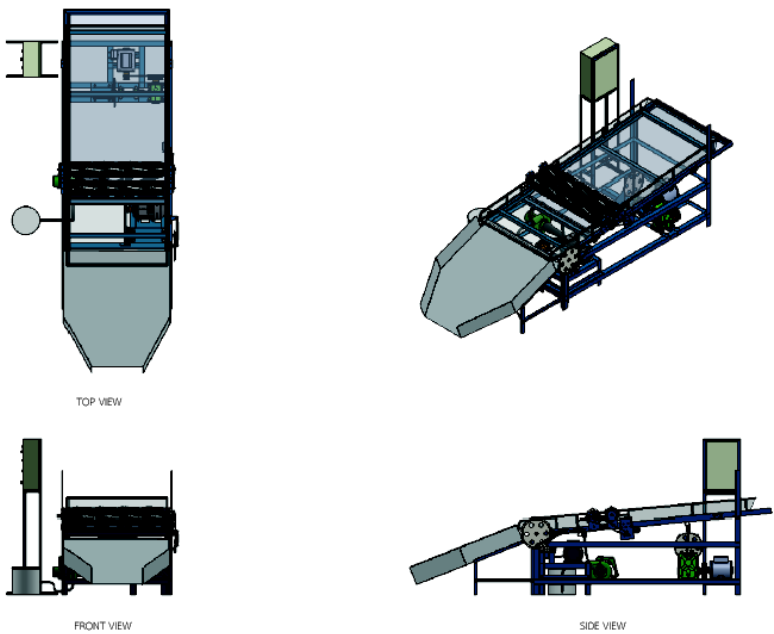
$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลา 1 ปี แรงงานสามารถตัดหนามผลสละได้} &= 900 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 90 \text{ วัน/ปี} \\ &= 81,000 \text{ กิโลกรัม/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของการใช้แรงงานในการตัดหนามผลสละ} &= (7,339,500 \text{ บาท/ปี}) / (81,000 \text{ กิโลกรัม/ปี}) \\ &= 90.61 \text{ บาท/กิโลกรัม} \end{aligned}$$

ภาคผนวก ข. แบบทางวิศวกรรมเครื่องขัดหนามผลสละ




สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม 	โครงการ : วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก	ผู้เขียน : กิตติศักดิ์ กิติรัตน์	มาตราส่วน 1 : 20
	ชิ้นงาน : เครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก	ผู้ออกแบบ : พุทธิอินทร์ จารุวัฒน์	หน้า : 3

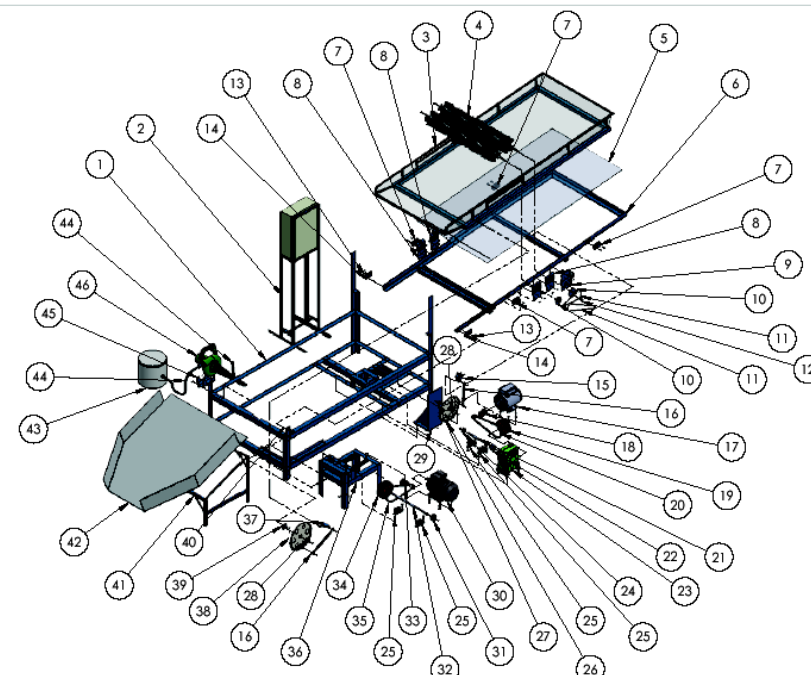


TOP VIEW


FRONT VIEW

SIDE VIEW

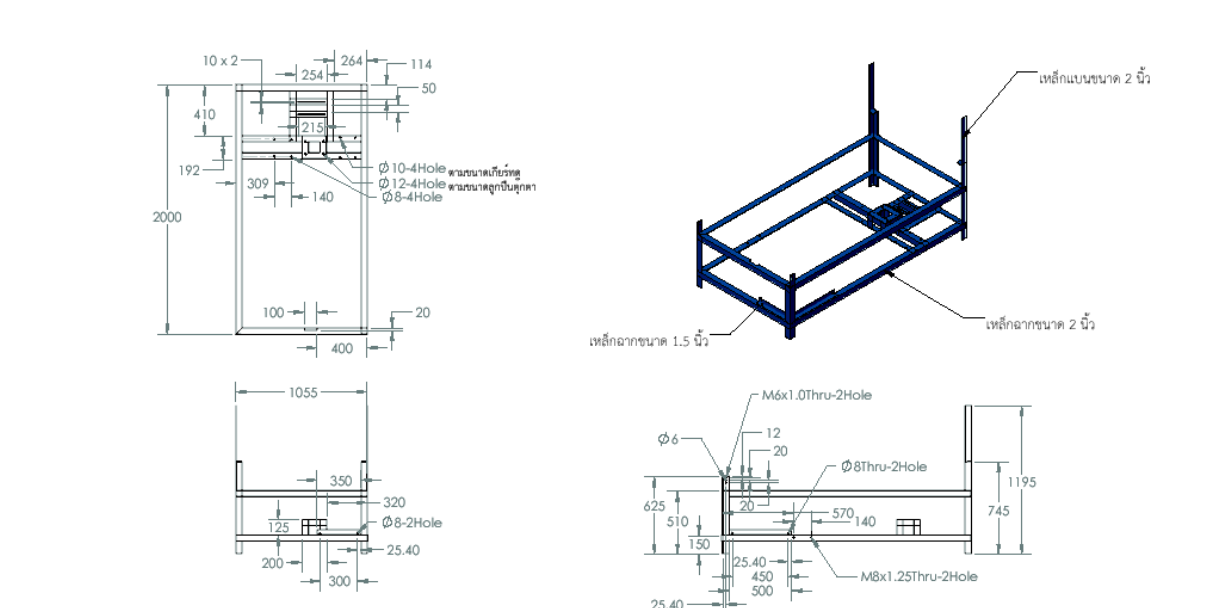
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม 	โครงการ : วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก	ผู้เขียน : กิตติศักดิ์ กิติรัตน์	มาตราส่วน 1 : 30
	ชิ้นงาน : เครื่องขัดหนามผลสละสำหรับการส่งออก	ผู้ออกแบบ : พุทธิอินทร์ จารุวัฒน์	หน้า : 1





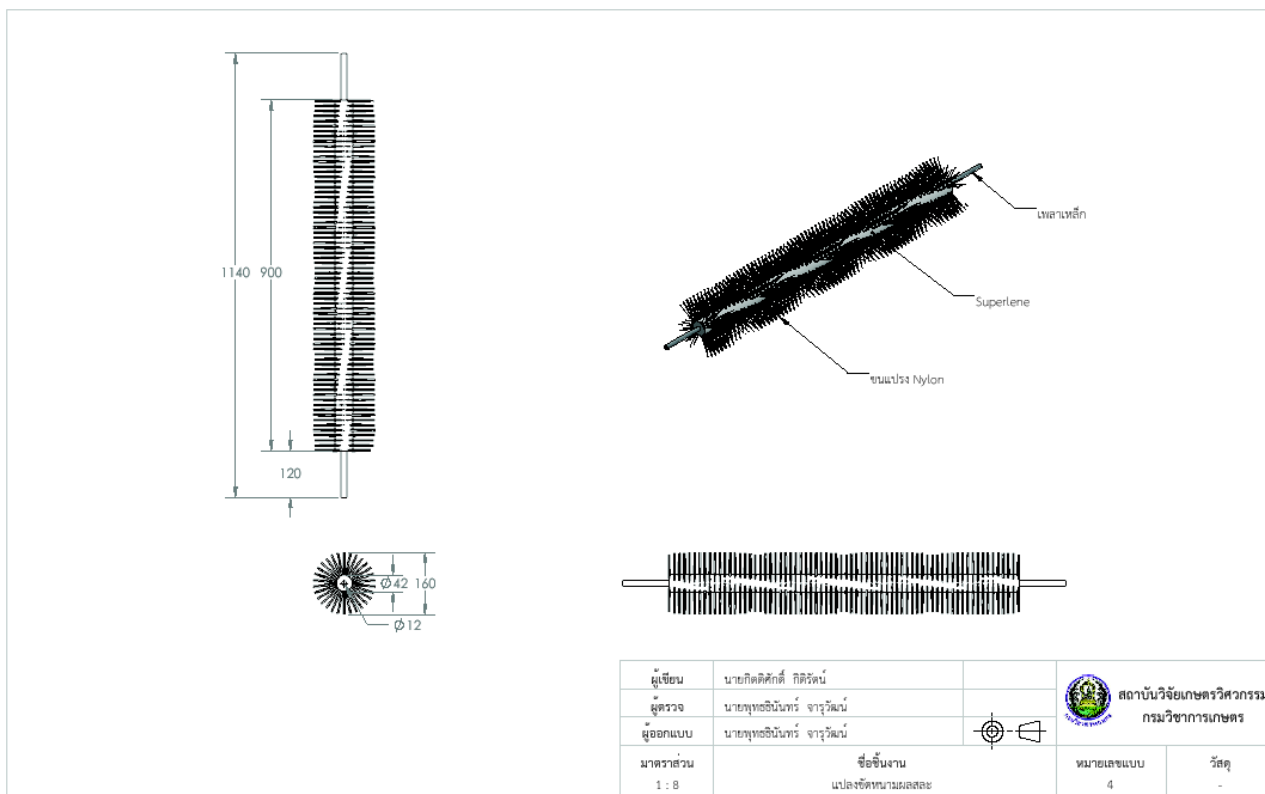
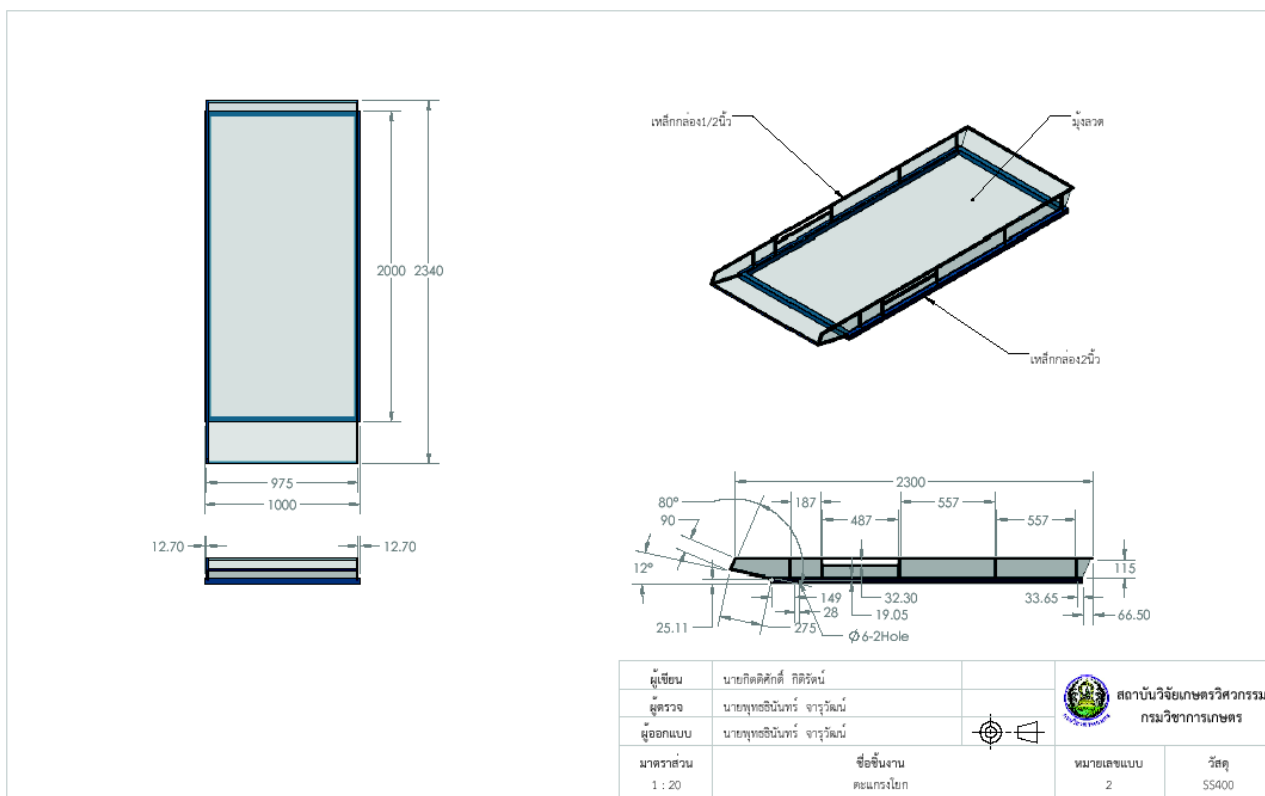
เลขที่	รายการชิ้นส่วน	จำนวน
1	โครงหลัก	1
2	ชุดควบคุม	1
3	รางเหล็ก	1
4	แป้นยึดและรอง	2
5	แป้นยึดบนกล่อง	1
6	ชุดยึดบนราง	1
7	ชุดยึดยึดบนราง	4
8	ชุดยึดยึดบนแป้นยึด	4
9	ชุดยึดยึดบนราง	1
10	Pulley ขึ้นเบรค 1	2
11	สายพาน (V-Belt) 6 mm.	2
12	Pulley ขึ้นเบรค 2	1
13	Ball Bearing ๘๐9	2
14	เฟืองขับเฟืองบนราง	2
15	ชุดยึดยึดบนราง	1
16	ลูกปืนหน้าล้อ (Front Bearing) ๖๕๗๖	2
17	ล้อสายพาน 1 สายพาน	1
18	Pulley ขนาด 2.5 นิ้ว	1
19	Pulley ขนาด 6 นิ้ว	1
20	สายพาน (V-Belt)	1
21	เพลตยึดชุดควบคุม	1
22	สลิงยึด	1
23	เบรค	1
24	เฟืองขับเฟือง 16 นิ้ว	1
25	ลูกปืนหน้าล้อ 14 มม (60mm)	4
26	เฟืองขับเฟือง 130 นิ้ว	1
27	เฟืองขับเฟืองสายพาน	1
28	Deep Groove Ball Bearing ๘๐๘๘	2
29	ฐานยึดชุดควบคุม	1
30	ล้อสายพาน 2 สายพาน	1
31	เฟืองขับเฟืองสายพาน	1
32	เพลตยึดชุดควบคุม	1
33	Pulley ขนาด 2.5 นิ้ว	1
34	Pulley ขนาด 7 นิ้ว	1
35	สายพาน (V-Belt)	1
36	ชุดยึดยึดบนราง	1
37	ชุดยึดยึดบนราง	1
38	เฟืองขับเฟือง 120 นิ้ว	1
39	ลูกปืนหน้าล้อสายพาน 120 นิ้ว	1
40	ลูกปืนหน้าล้อสายพานบนราง	1
41	ฐานรองยึดเฟือง	1
42	ขาตั้งกล่อง	1
43	ขาตั้งกล่อง	1
44	ชุดควบคุม	2
45	ฐาน Blower	1
46	Blower	1

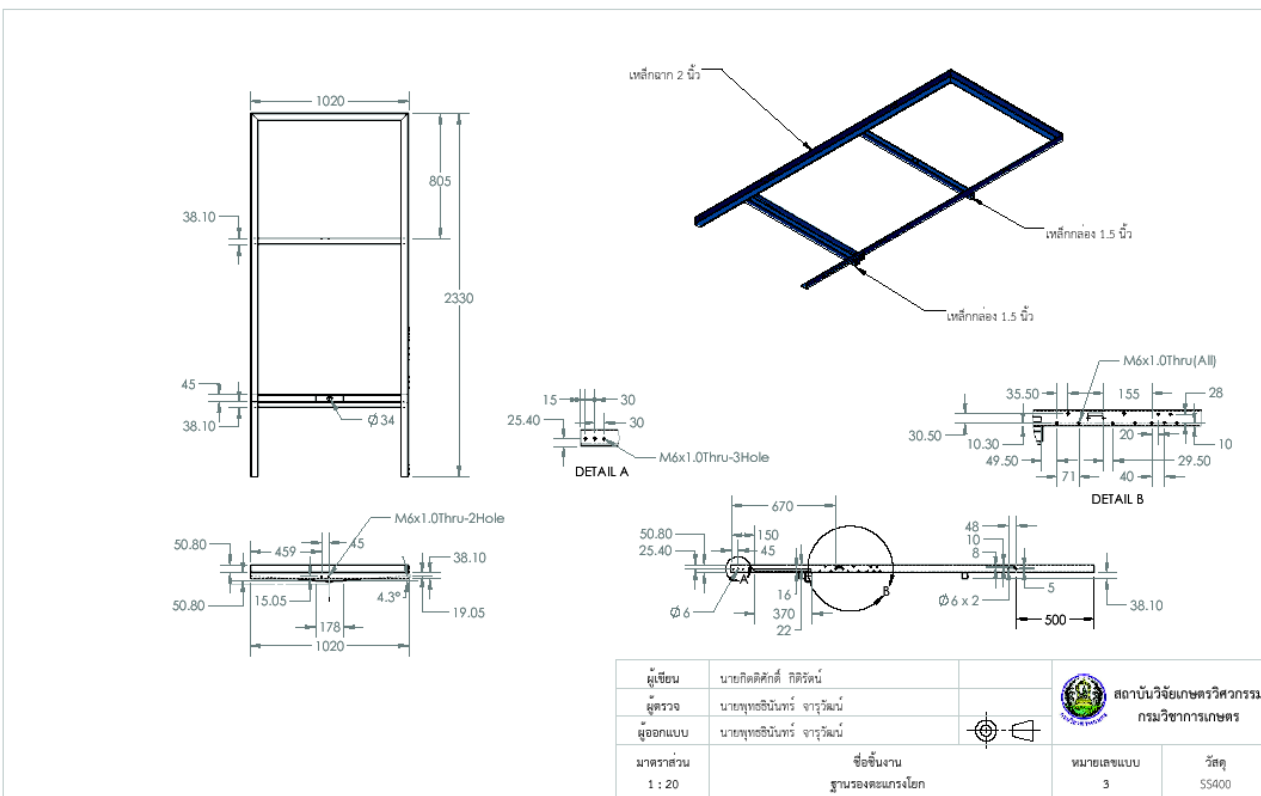
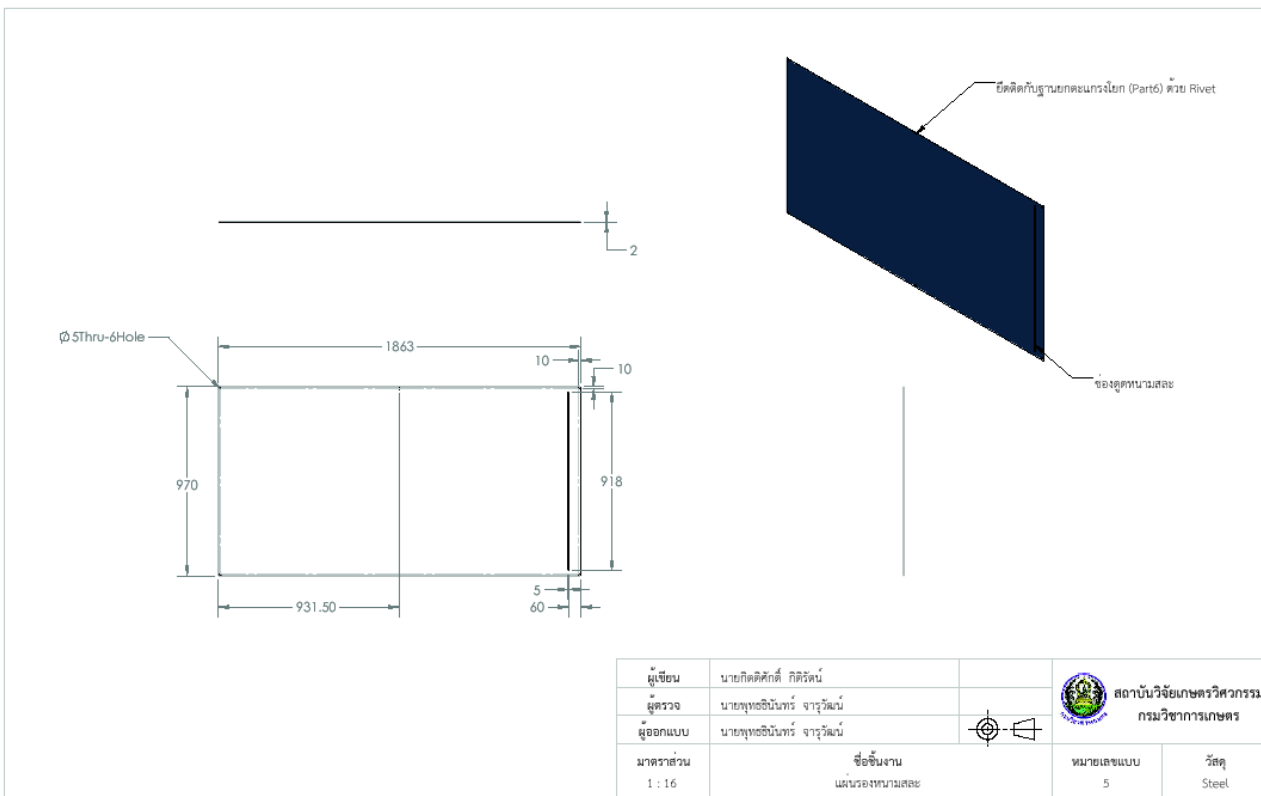
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม  โครงการ : วิจัยและพัฒนาเครื่องขี้นนามผลผลิตสำหรับการส่งออก ผู้เขียน : กิตติศักดิ์ กิตริรัตน์ มาตรฐาน 1 : 30

ชิ้นงาน : เครื่องขี้นนามผลผลิตเพื่อการส่งออก ผู้ออกแบบ : พุทธิพันธ์ จารุวัฒน์ หน้า : 2



ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิตริรัตน์			สถาบันวิจัยเกษตรกรรม กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ตรวจ	นายพุทธิพันธ์ จารุวัฒน์			หมายเลขแบบ	วัสดุ
ผู้ออกแบบ	นายพุทธิพันธ์ จารุวัฒน์			1	SS400
มาตรฐาน	ชื่อชิ้นงาน				
1 : 25	โครงหลัก				





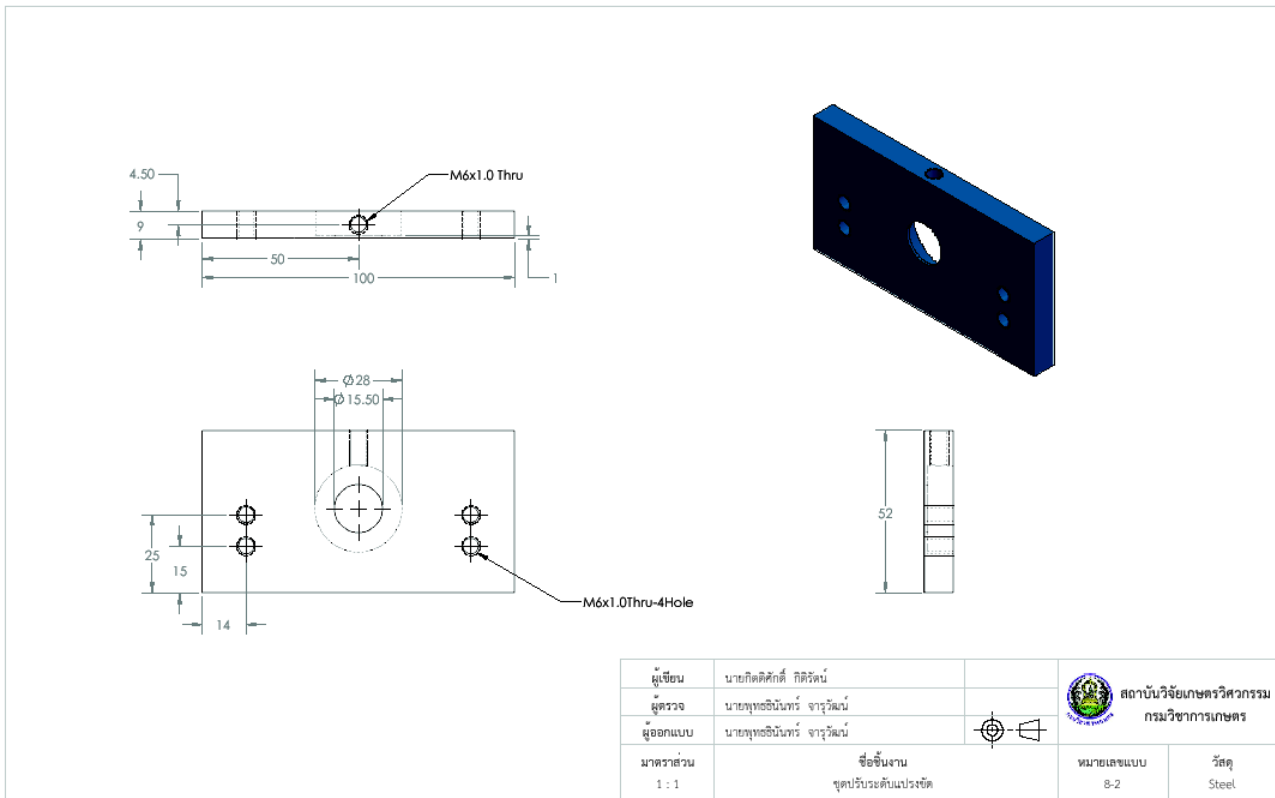
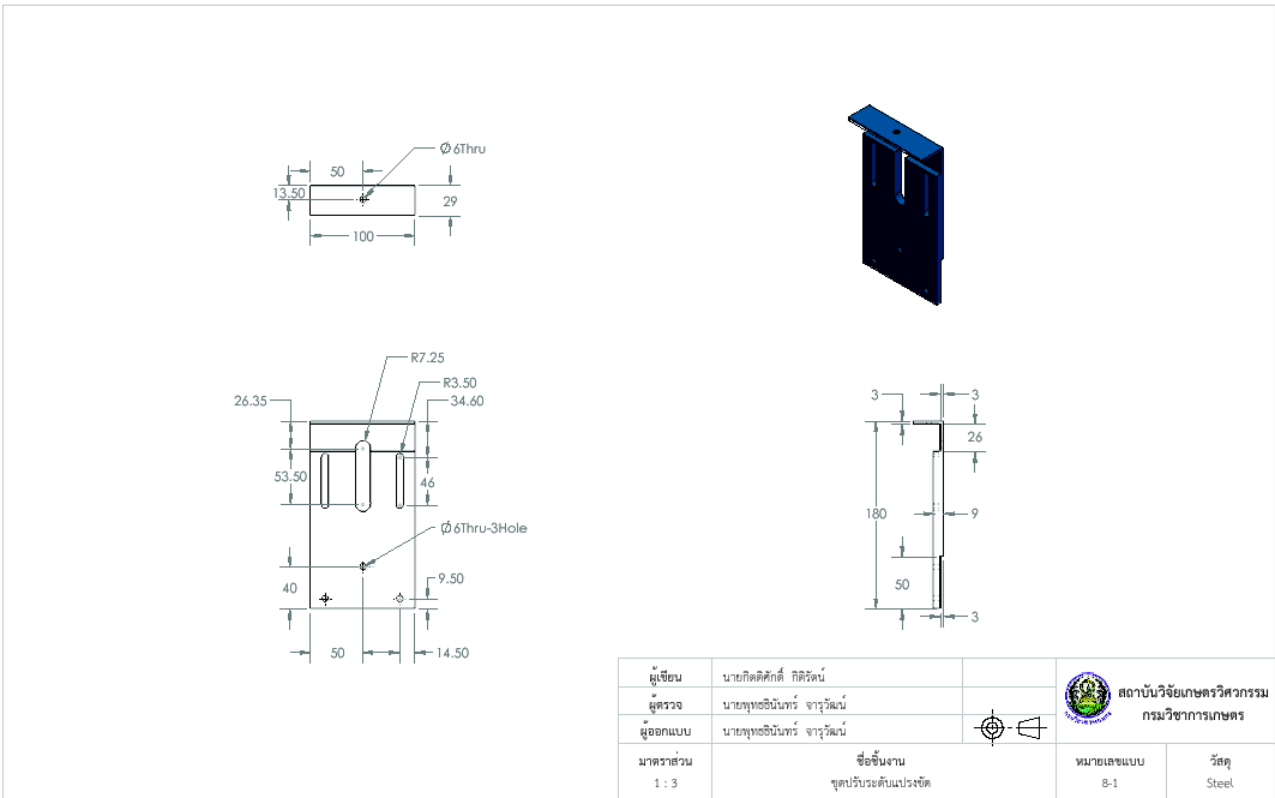
ITEM NO.	PART NAME	QTY.
1	Deep Groove Ball Bearing 6200ZZ	1
2	body	1
3	Hex bolt M6 x 1.0 x 10	1
4	สปริง	1

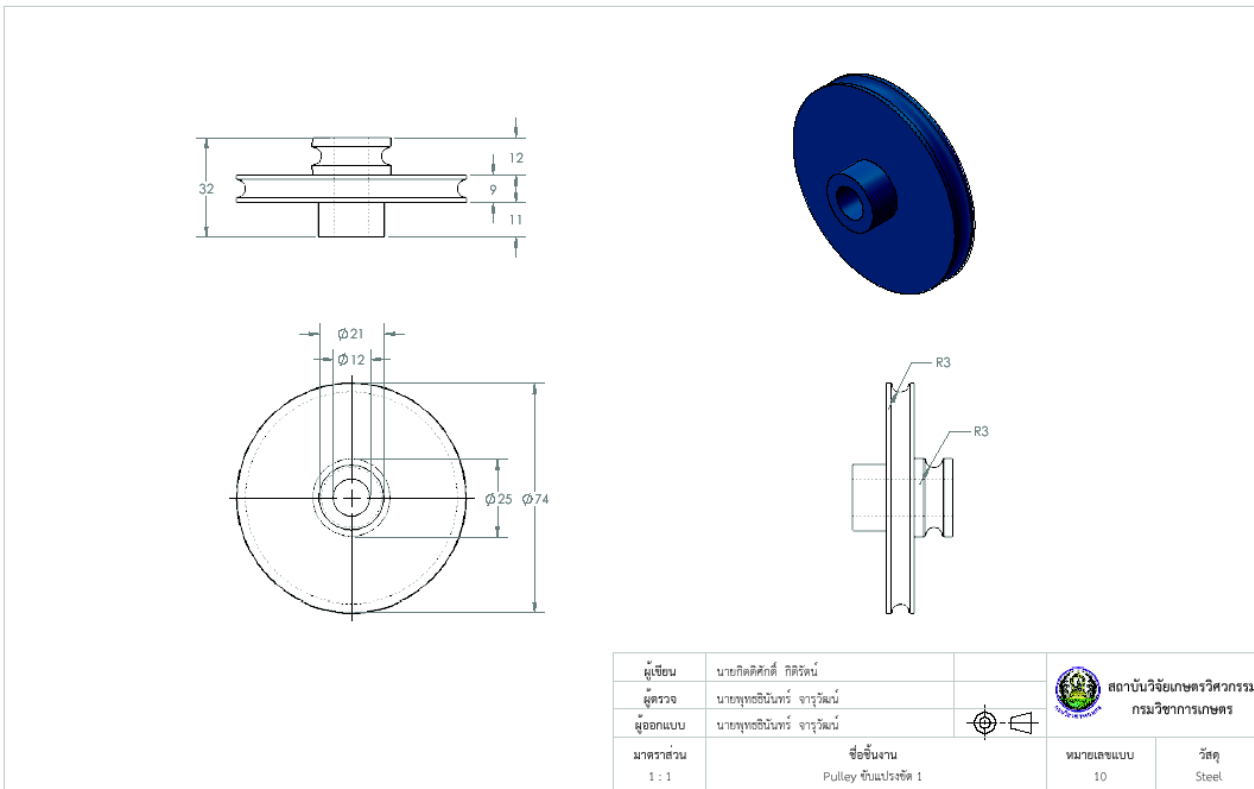
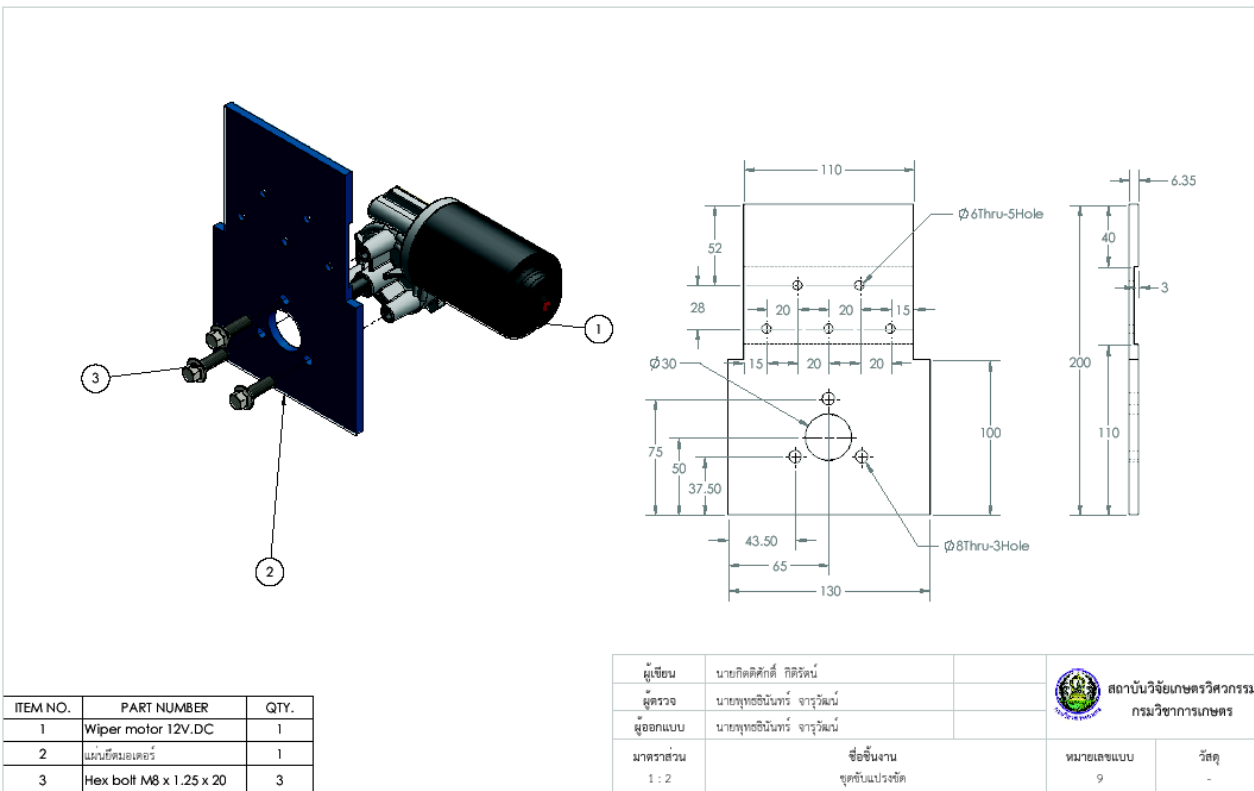
ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติรัตน์		สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ตรวจ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
ผู้ออกแบบ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
มาตราส่วน	1 : 1	ชื่อชิ้นงาน ชุดลูกกลิ้งตะเภากรโยค	หมายเลขแบบ 7	วัสดุ -

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 กิติรัตน์		สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ตรวจ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
ผู้ออกแบบ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์			
มาตราส่วน	1 : 2	ชื่อชิ้นงาน ชุดปรับระดับแปรขั้ว	หมายเลขแบบ 8	วัสดุ -





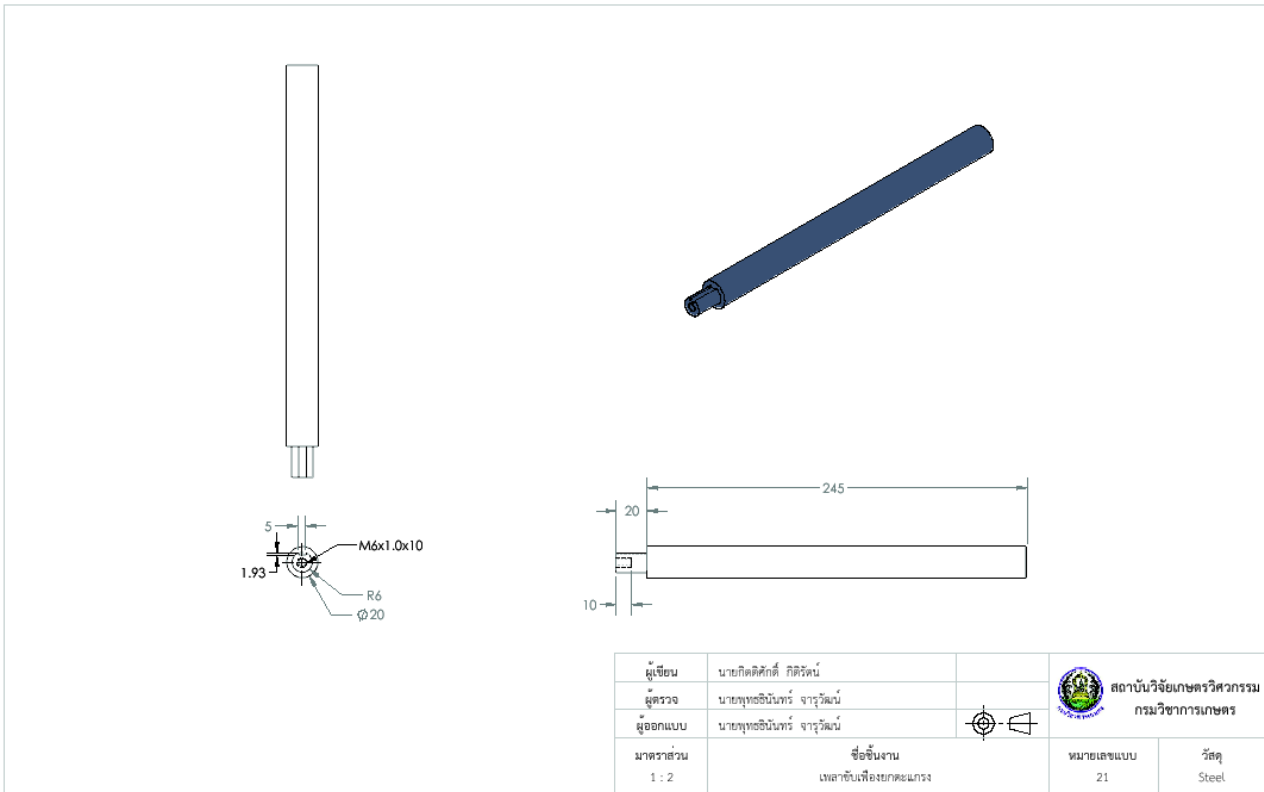
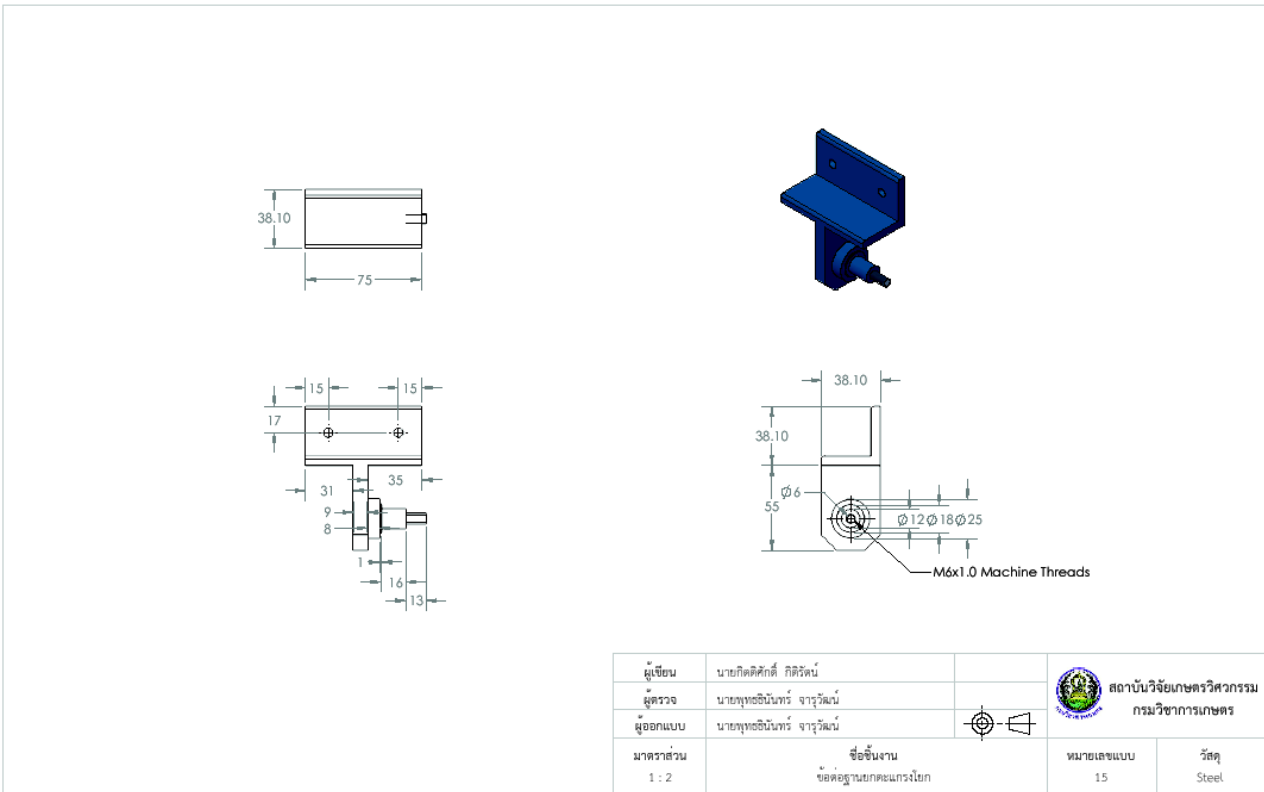


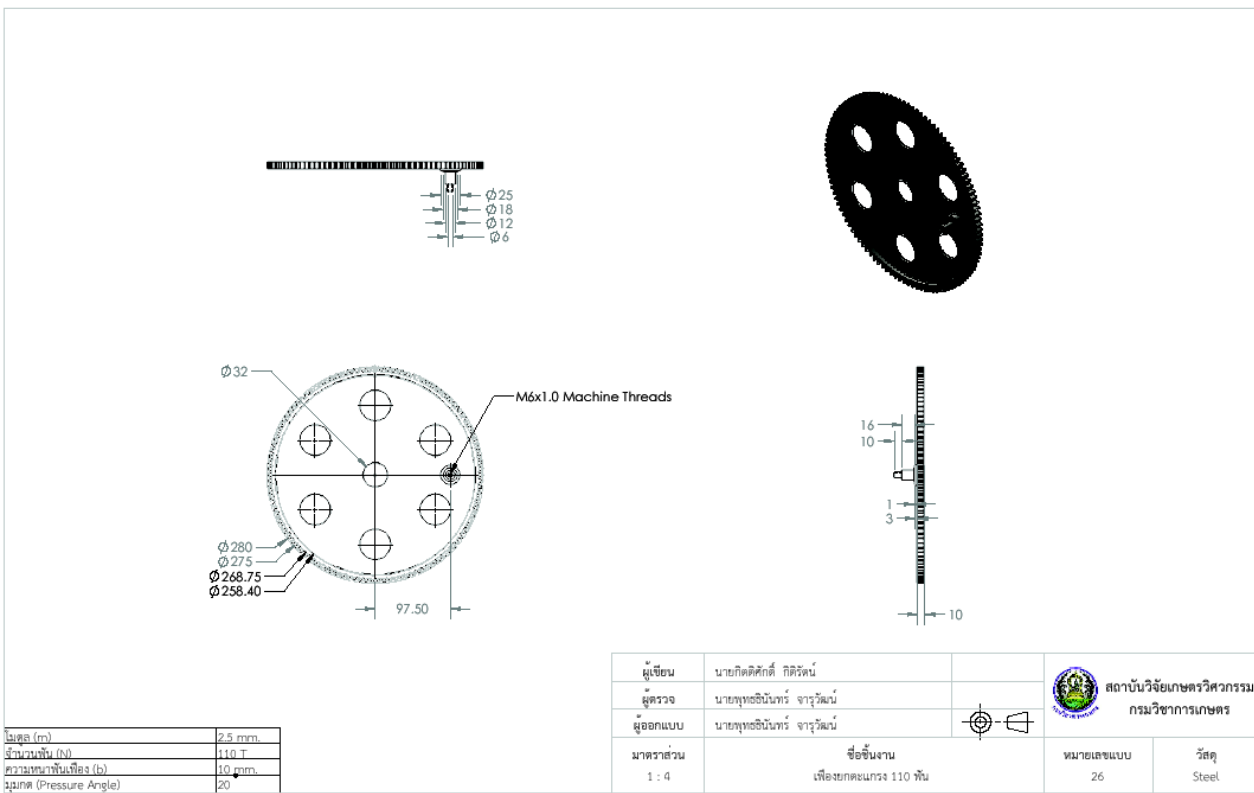
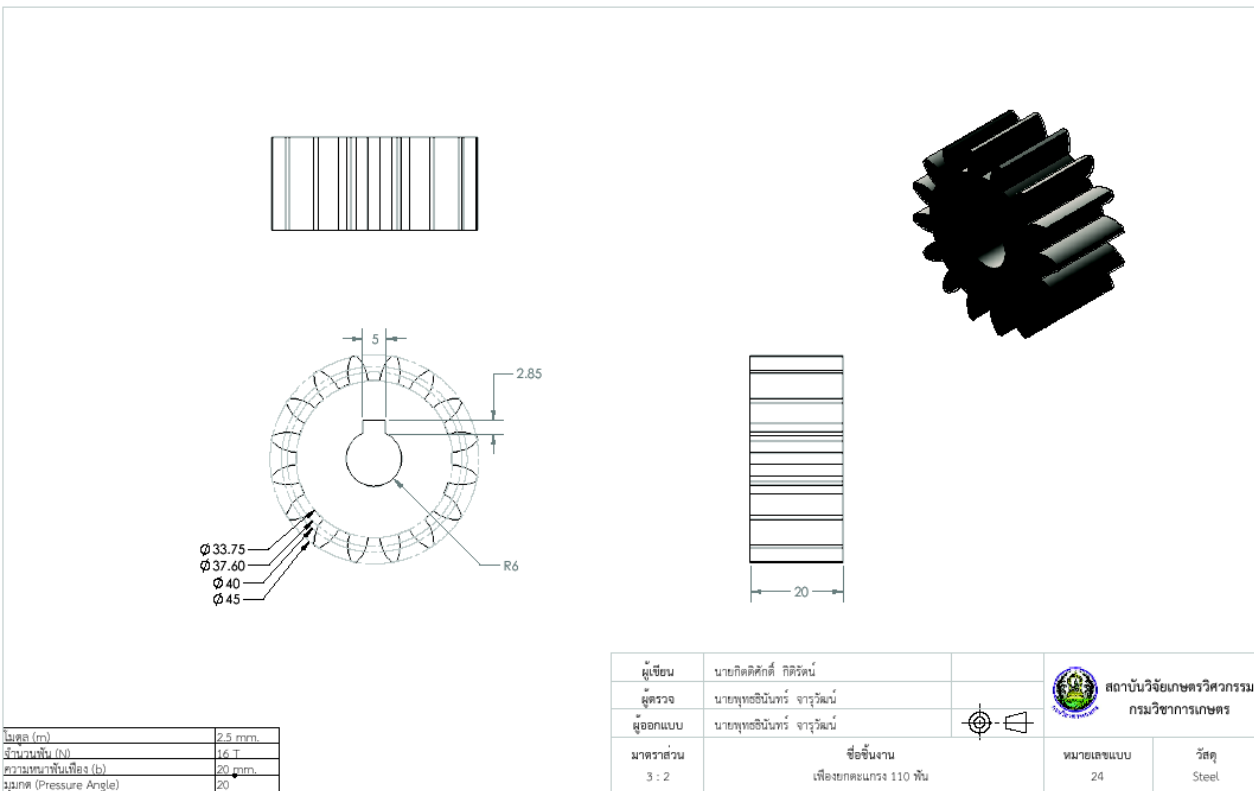
Technical drawing of a pulley. The side view shows a pulley with a diameter of 25 mm, a groove width of 10 mm, and a groove depth of 12 mm. The groove has a radius of R3. The distance from the center of the pulley to the center of the groove is 21 mm. The distance from the center of the pulley to the center of the shaft hole is 10 mm. The distance from the center of the pulley to the center of the groove is 2.50 mm. The distance from the center of the pulley to the center of the shaft hole is 2.50 mm. The 3D model shows a blue pulley with a central hole and a groove on the outer rim.

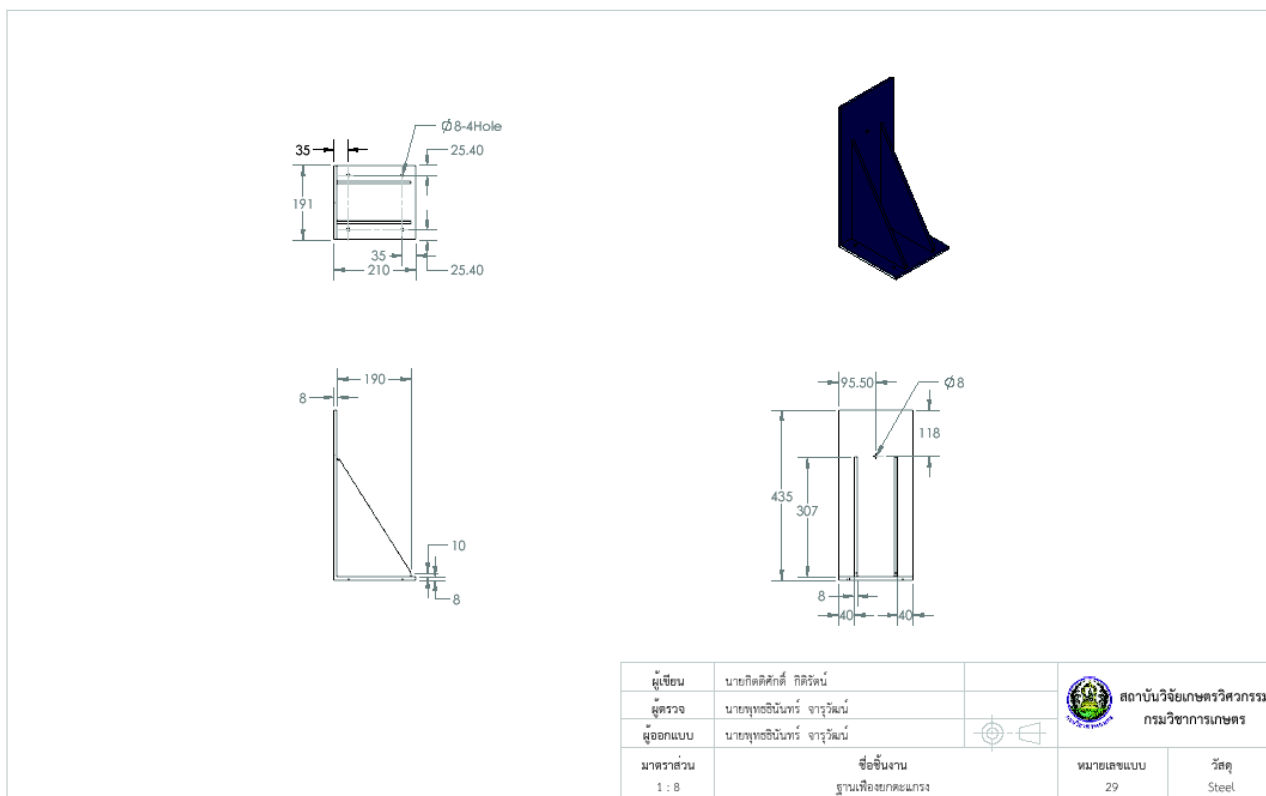
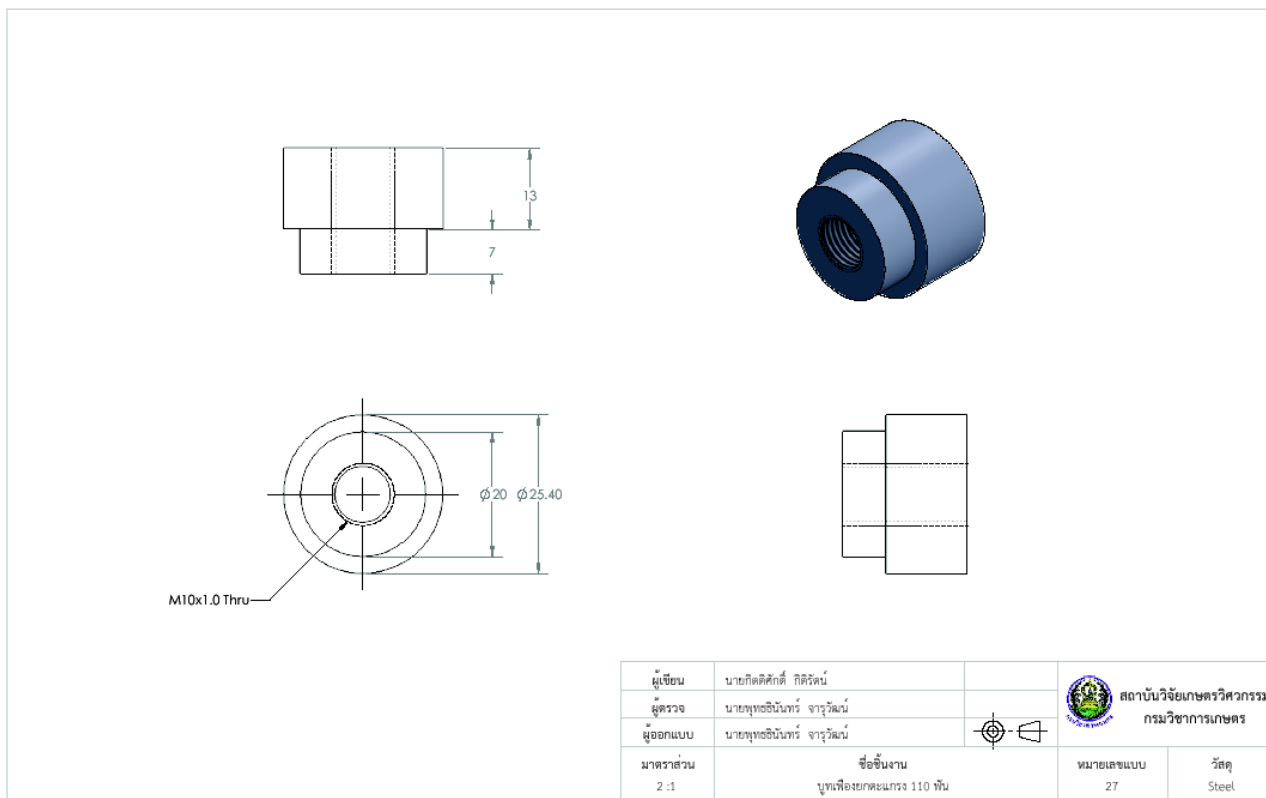
ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติรัตน์			สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ตรวจ	นายพุทธิชนินทร์ จารุวัฒน์			หมายเลขแบบ	วัสดุ
ผู้ออกแบบ	นายพุทธิชนินทร์ จารุวัฒน์				
มาตรฐาน 2 : 1	ชื่อชิ้นงาน Pulley ชั้นแปรงขัด 2				

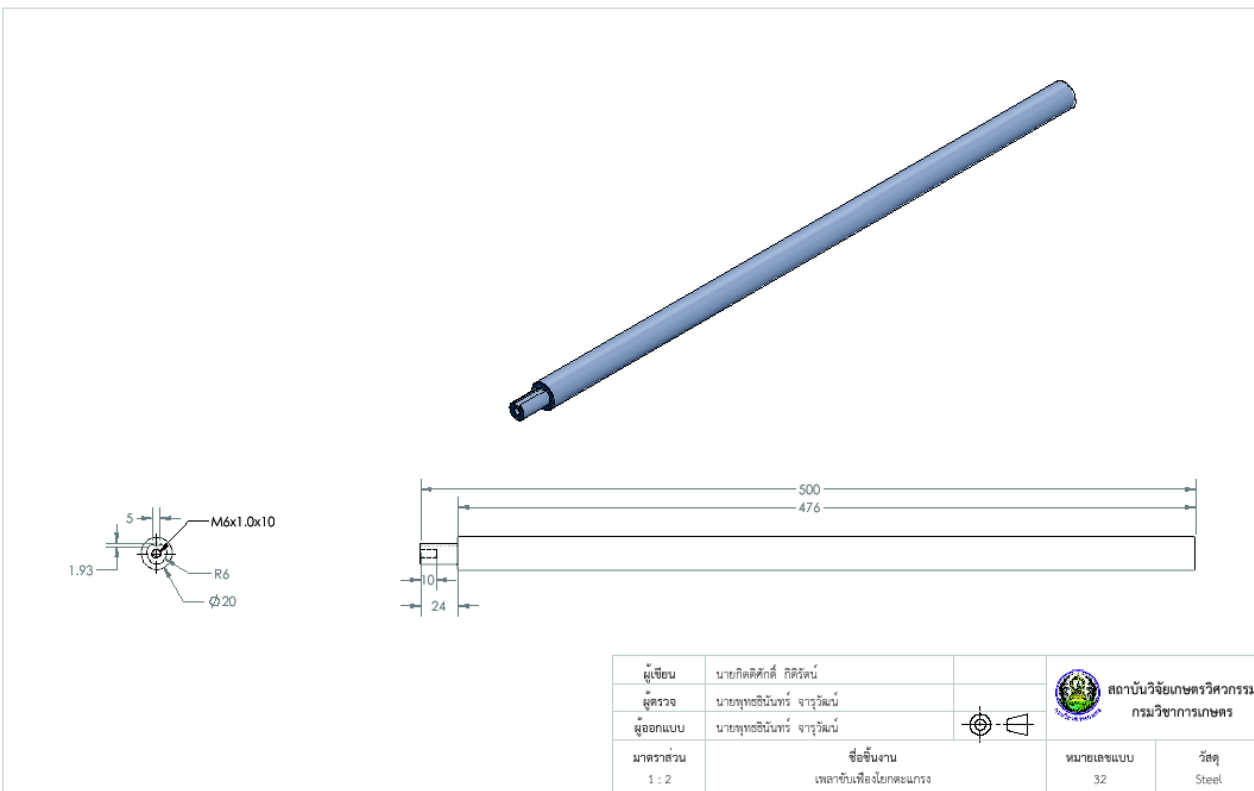
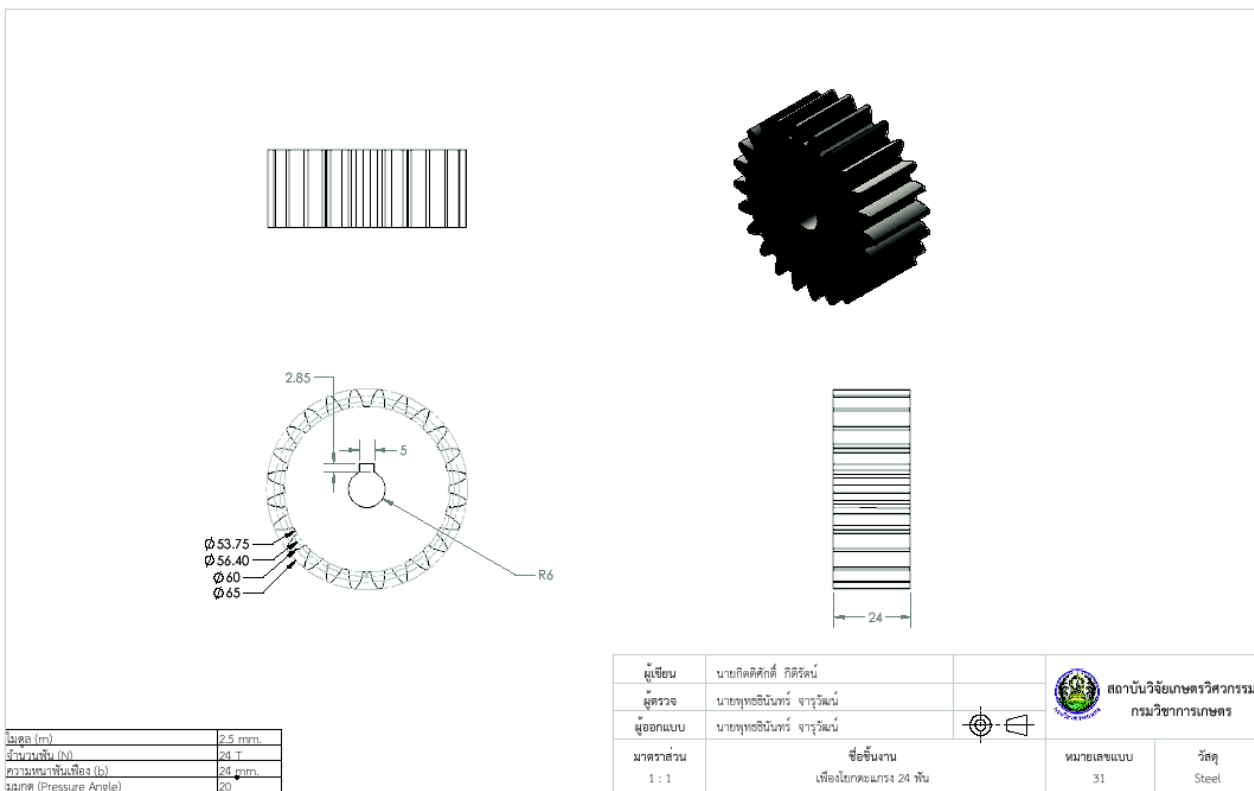
Technical drawing of a plate. The side view shows a plate with a thickness of 6 mm. The front view shows a plate with a width of 90 mm and a height of 50.80 mm. The plate has a central hole with a diameter of 20 mm. There are two smaller holes on either side of the central hole, with a diameter of 6 mm. The distance from the center of the central hole to the center of the side holes is 45 mm. The distance from the center of the central hole to the edge of the plate is 15 mm. The distance from the center of the central hole to the edge of the plate is 25.40 mm. The 3D model shows a blue plate with a central hole and two side holes.

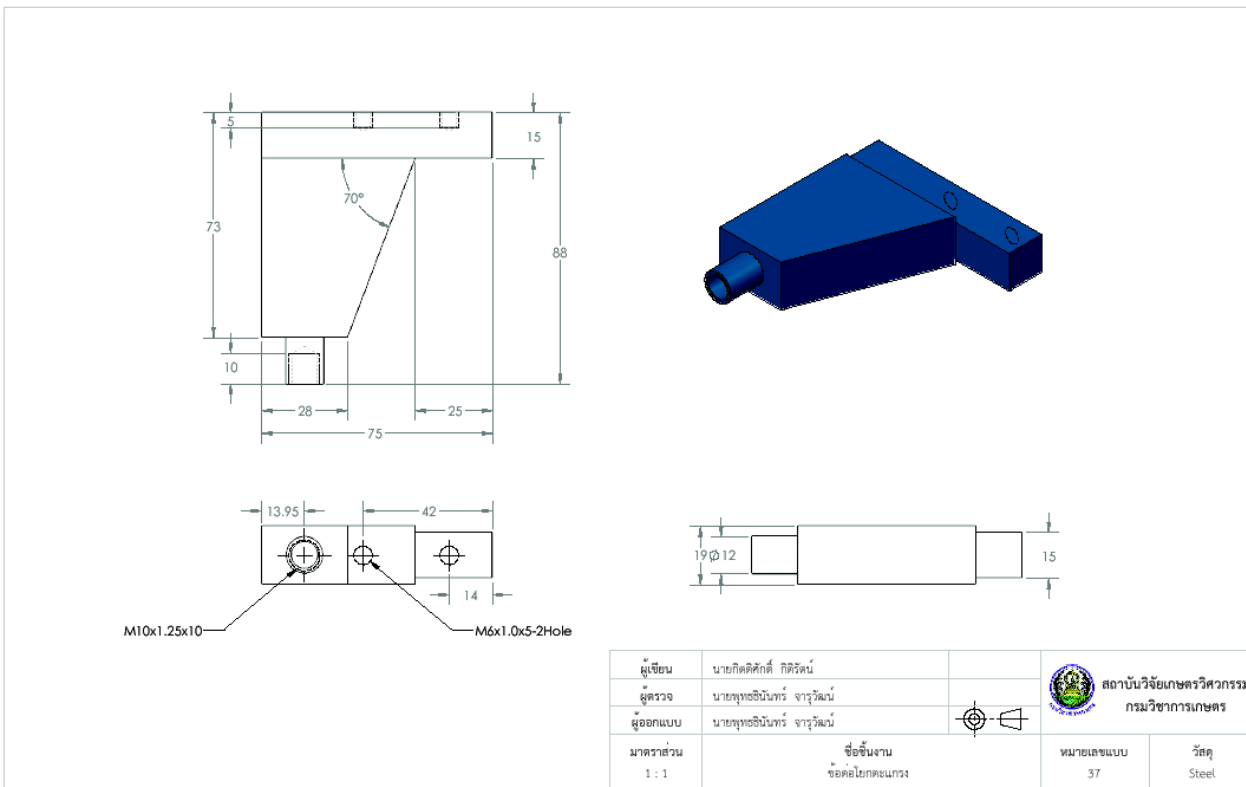
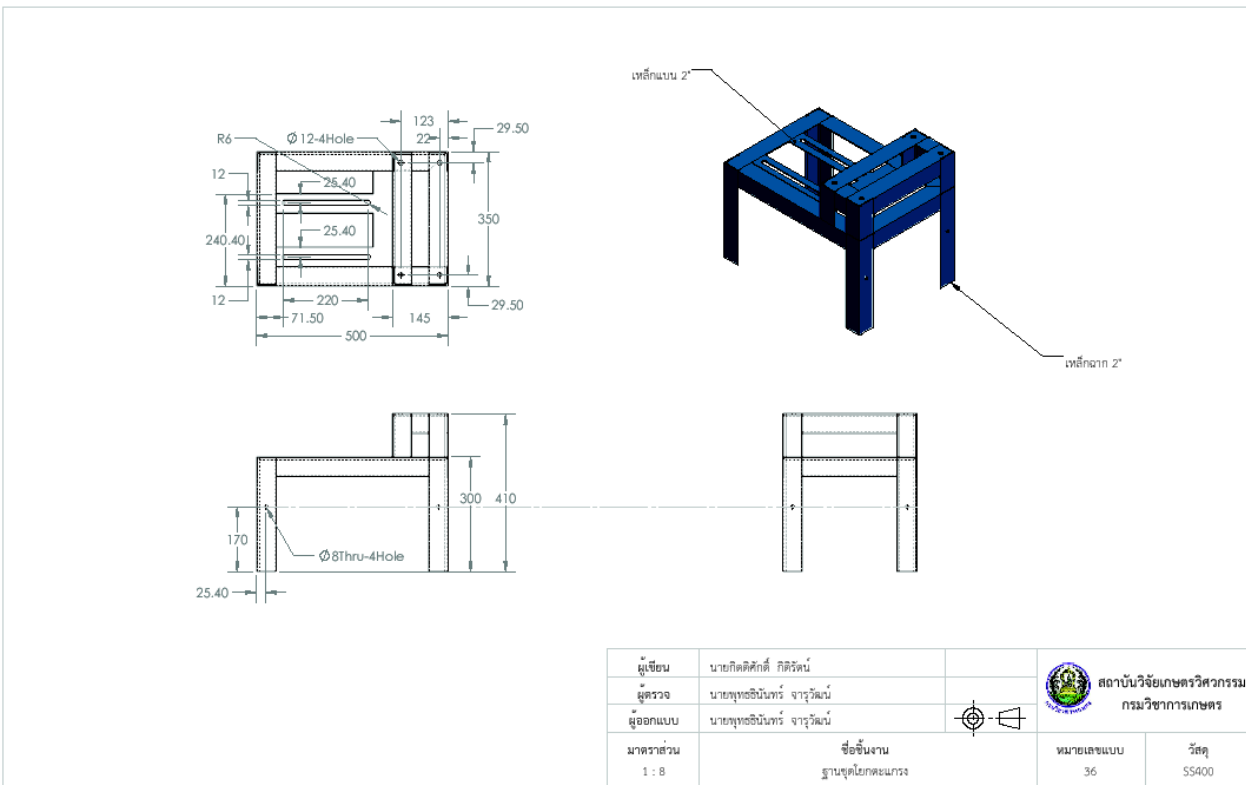
ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติรัตน์			สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร	
ผู้ตรวจ	นายพุทธิชนินทร์ จารุวัฒน์			หมายเลขแบบ	วัสดุ
ผู้ออกแบบ	นายพุทธิชนินทร์ จารุวัฒน์				
มาตรฐาน 1 : 1	ชื่อชิ้นงาน เพื่อลูกปืนฐานตะกรงโยก				



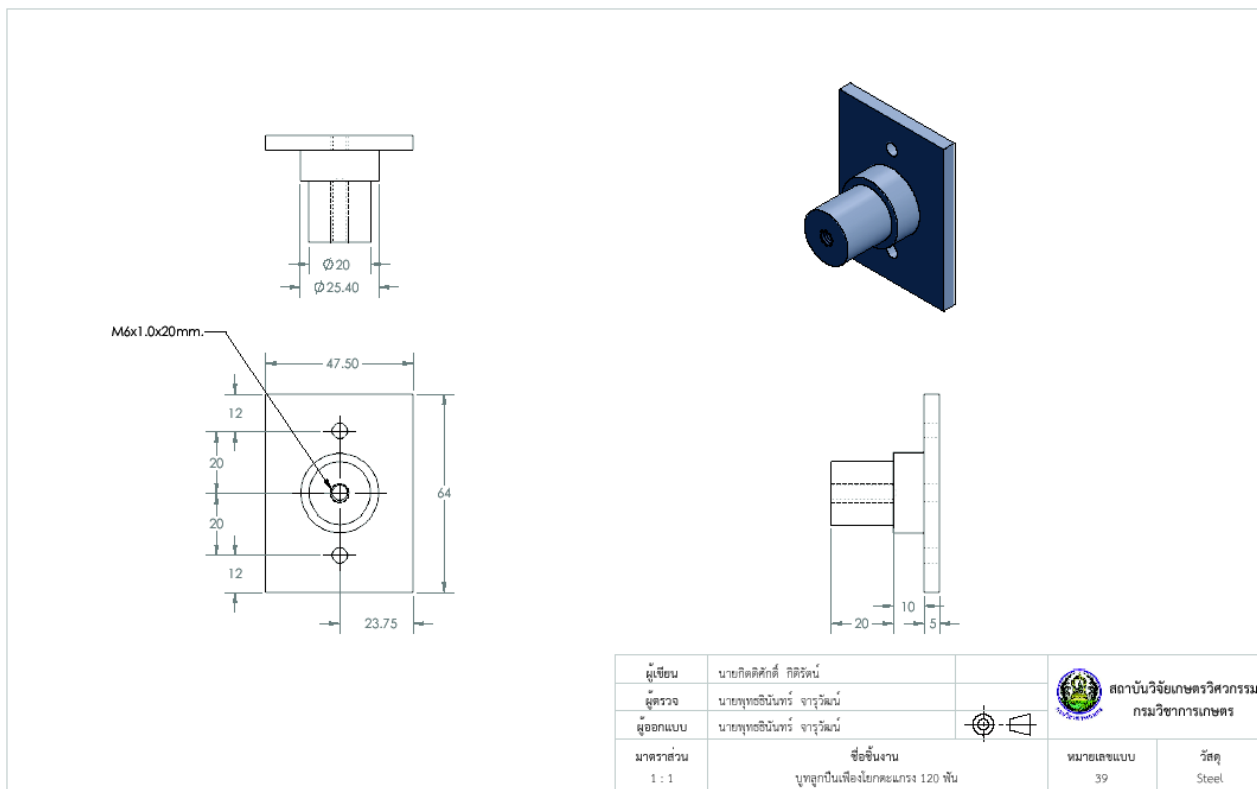
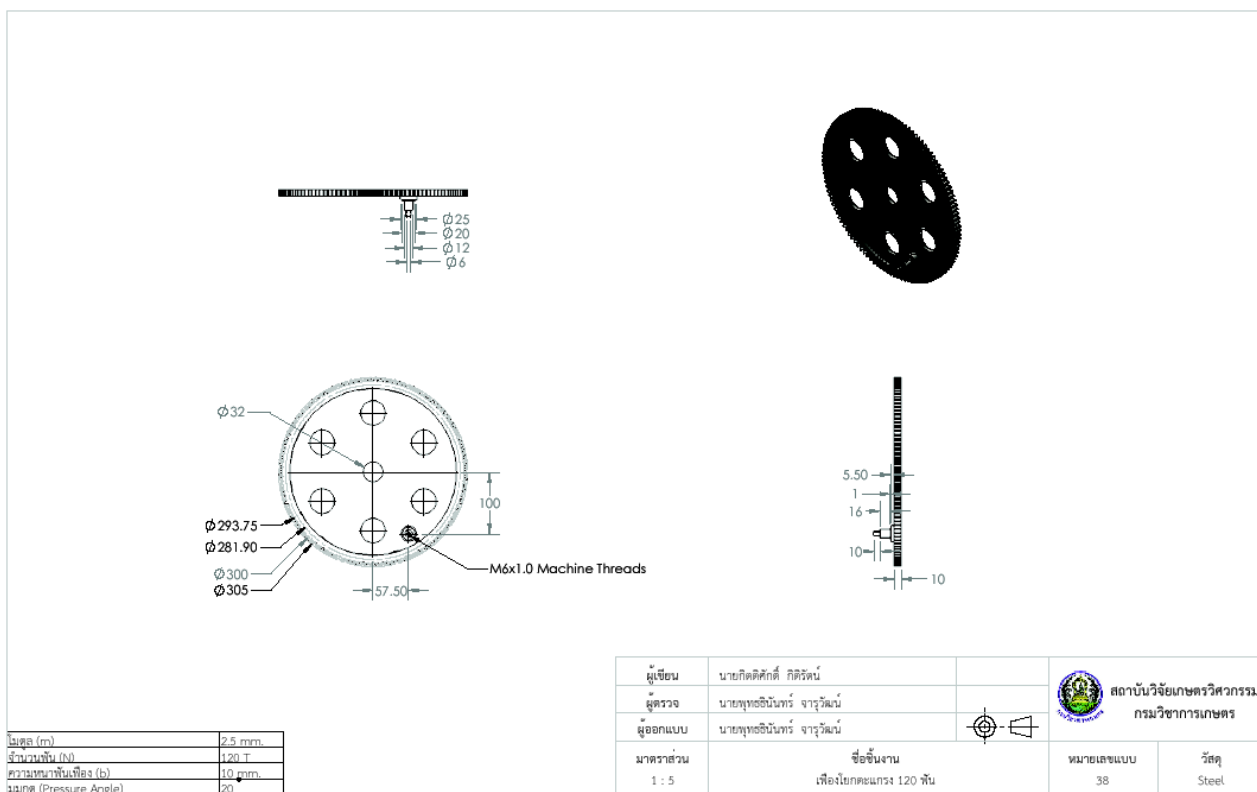


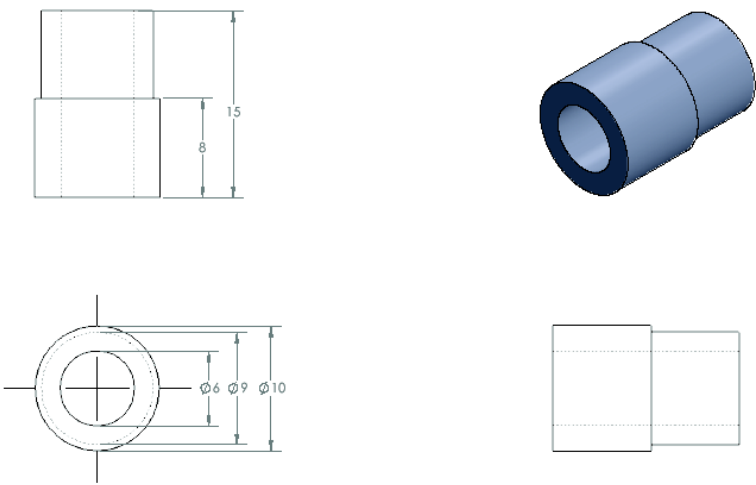






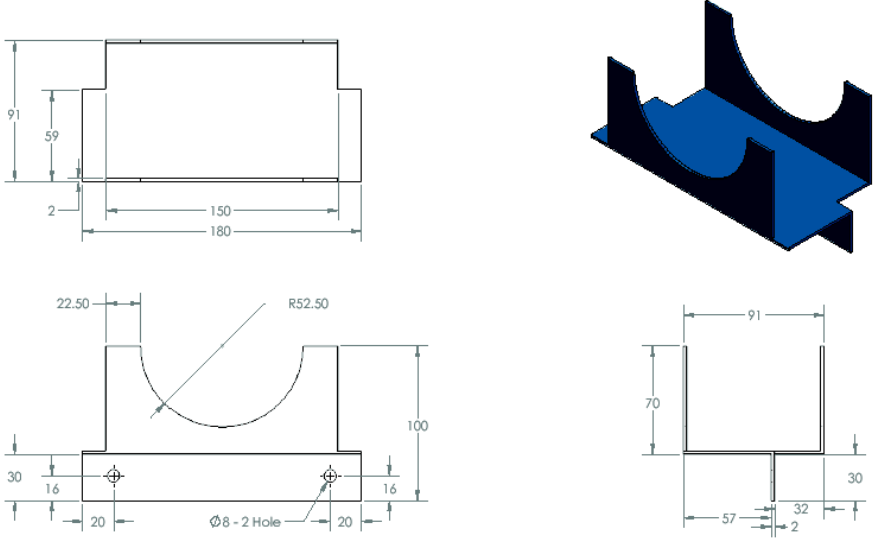










ผู้เขียน	นายกิตติศักดิ์ กิติรัตน์		 สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร
ผู้ตรวจ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์		
ผู้ออกแบบ	นายพุทธอินทร์ จารุวัฒน์		
มาตราส่วน	ชื่อชิ้นงาน บูทถูกเป็นจุดหมุนฐานยกพระนเรศวร	หมายเลขแบบ	วัสดุ
4 : 1		40	Steel



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