

## รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

- 1.ชุดโครงการวิจัย      วิจัยและพัฒนาการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์เกษตร
- 2.โครงการวิจัย      วิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์
- กิจกรรม      การวิจัยและพัฒนาเครื่องมือสำหรับทำบรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากผลิตภัณฑ์เกษตร
- กิจกรรมย่อย (ถ้ามี)      -
- 3.ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)      วิจัยและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ
- ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ)      Research and Development of the bio-packaged making Machine.

### 4.คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง      นายศุภวรรณ ภามัตย์      ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี      สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

ผู้ร่วมงาน      นายพุทธินันท์ จารุวัฒน์      ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี      สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

### 5.บทคัดย่อ

วิจัยและพัฒนาเครื่องมือต้นแบบสำหรับการทำบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้จากผลิตภัณฑ์เกษตรเพื่อได้เครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพแบบการอัดแบบแห้ง(Dry pressing) โดยใช้กำลังไฮดรอลิกในการอัดขึ้นรูป(Hydraulic Press) เครื่องมือประกอบด้วยส่วนหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนของชุดสร้างแรงดันไฮดรอลิก ซึ่งความดันสูงสุดอยู่ที่ 30 MPa และส่วนของชุดอุปกรณ์ให้ความร้อน ที่ให้ความร้อนที่เหมาะสมต่อกันอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ 160 องศาเซลเซียส ขนาดของชิ้นงานที่เครื่องมือสามารถขึ้นรูปได้ คือ 400x400x150 มิลลิเมตร (กว้างxยาวxสูง) แลใช้ระยะเวลา 5 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมต่อการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์มากที่สุด ความสามารถในการผลิต ชิ้น/ชั่วโมง เมื่อต้นทุนของเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ 345,000 บาท และราคาจำหน่ายบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ 5 บาท/ชิ้น ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรม พบว่า จุดคุ้มทุน 17,092 ชิ้น/ปี จะสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 11ปี 2.5 เดือน

### Abstract

Research and development of the bio-packaged making machine was dry pressed type. The prototype is two main components of that is hydraulic pressure source which can maximum apply 30 MPa and the heater which optimal applies 160 °C. The maximum size of bio-packaging is 400 mm width, 400 mm length and 140 mm thickness. The optimal pressed time is 5 minute. According to the cost of prototype was 345,000 THB and the marketing price of bio-packaging was 5 THB per unit. The economic analysis showed the break-even point at 17,092 units per year and the return period was 11 years and 2.5 months.



## 6. คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีผลิตผลและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากมายที่ถูกทิ้งเป็นขยะ ก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ถึงแม้จะมีการนำบางส่วนมาผลิตปุ๋ย แต่ก็ยังมีอีกจำนวนมากที่ไม่ได้นำไปใช้ประโยชน์ หากสามารถนำมาแปรรูปเพิ่มมูลค่าได้จะเป็นการสร้างรายได้ให้เกษตรกรและประเทศอย่างยั่งยืน ทั้งยังช่วยลดปัญหาขยะ ตอบสนองต่อกระแสความต้องการของโลกที่ต้องการลดปัญหาสิ่งแวดล้อม สอดคล้องและสนับสนุนนโยบายภาครัฐในด้านการปรับโครงสร้างภาคการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่พบโดยส่วนมากเกิดจากการแปรรูปและบริโภค เช่น เปลือกทุเรียน ต้นกล้วย เปลือกมังคุด ขานอ้อย ฟางข้าว และเปลือกข้าวโพด เป็นต้น วัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปแปรรูปเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ได้ เช่น สกัดเอาสารสำคัญจากเปลือกหรือเนื้อมาใช้ทางยา สกัดเยื่อเปลือกหรือเนื้อไปผลิตพลาสติกชีวภาพ และนำเยื่อเปลือกไปผลิตบรรจุภัณฑ์ แผ่นใยอัดขึ้นรูป (Fiberboard) โดยการผลิตและพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้จากวัสดุทางการเกษตร เป็นการเพิ่มศักยภาพการใช้ประโยชน์ให้มีมูลค่าสูงขึ้น ส่งเสริมการรักษาสิ่งแวดล้อมด้วยการทดแทนภาชนะที่ย่อยสลายยาก เช่น โฟม อีกทั้งช่วยลดการการสูญเสียเงินตราจากการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ

ปัจจุบันวัสดุทดแทนไม้กำลังได้รับความนิยม เนื่องจากต้นทุนถูกและช่วยลดปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า โดยวัสดุที่นิยมนำมาใช้ทดแทนไม้ คือ วัสดุทางการเกษตร เนื่องจากมีองค์ประกอบที่สำคัญ เช่น สารเยื่อใย โพลีแซคคาไรด์ และเซลลูโลส เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นใยอัดขึ้นรูป (Fiberboard) แผ่นไม้ประกอบ (Particleboard) นำไปใช้ประโยชน์ได้มากมาย เช่น เฟอร์นิเจอร์ และบรรจุภัณฑ์

การใช้ประโยชน์กระดาษมีหลายด้าน ได้แก่ การพิมพ์ การเขียน การทำบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น โดยการใช้งานบางอย่างอาจไม่จำเป็นต้องเป็นกระดาษที่มีคุณภาพดีมากหรือมีความหนาแน่นมากนัก แต่งานบางอย่างอาจต้องการกระดาษที่มีคุณสมบัติพิเศษหรือจำเพาะ เช่น ในอุตสาหกรรมเกษตรต้องการถุงกระดาษหุ้มผลไม้ เพื่อควบคุมคุณภาพให้หน้ารับประทานและป้องกันแมลงรบกวน โดยถุงกระดาษชนิดที่บีบแสง (กระดาษคาร์บอน) ช่วยกรองแสงป้องกันแสงทำปฏิกิริยากับสีเขียวของผลผลิต ถุงชนิดโปร่งแสงหรือถุงสีขาวทำจากกระดาษไซ ช่วยดึงแสงเข้าไปกระตุ้นเม็ดสีของผลไม้ ทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงได้ดี เมื่อผลไม้สุกจะมีสีสันท่ารับประทาน ขณะเดียวกันกระดาษไซยังป้องกันฝนได้ดี เป็นต้น นอกจากนี้มียังการใช้กระดาษเพื่อห่อผลิตผลหรือใช้กล่องกระดาษเพื่อบรรจุผลิตผลสำหรับการขนส่งและจำหน่าย ซึ่งควรเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษหรือจำเพาะสำหรับผลิตผล เช่น อ่อนนุ่มเป็นพิเศษ ดูดซับน้ำได้ดี ปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม แต่ในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์เหล่านี้ยังไม่มี การพัฒนาหรือออกแบบให้จำเพาะกับผลิตภัณฑ์หรือผลิตผลใดเลย

การพัฒนาเครื่องมือสำหรับทำบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้จากวัสดุทางการเกษตร เป็นอีกส่วนหนึ่งที่ต้องมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อรองรับเทคโนโลยีการผลิตบรรจุภัณฑ์ชีวภาพต่างๆที่ได้มีการศึกษาขึ้น และสามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ชีวภาพเพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้จากผลิตผลเกษตรที่สามารถนำไปส่งเสริมให้เกิดการใช้งานจริงได้อย่างแพร่หลายต่อไป

โครงการนี้จึงมุ่งเน้นวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ผลและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์และเกิดมูลค่าสูงสุด เช่น แผ่นใยอัด พลาสติกชีวภาพ กระจาด และบรรจุภัณฑ์อาหารโดยพัฒนาและออกแบบให้เป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความจำเพาะเจาะจงหรือมีคุณสมบัติพิเศษเพิ่มขึ้น เช่น อ่อนนุ่ม ดูดซับก๊าซเอทิลีน ดูดความชื้น ต้านทานเชื้อแบคทีเรีย และย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ พร้อมทั้งพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีการผลิตตั้งแต่เตรียมวัตถุดิบจนถึงกระบวนการขึ้นรูปให้เหมาะสม ลดการสูญเสียในกระบวนการผลิตและสามารถใช้ได้จริงในเชิงพาณิชย์ เป็นแนวทางในการลดปัญหาขยะ ลดการนำเข้าสินค้า เทคโนโลยีและเครื่องจักรที่มีราคาสูง ช่วยลดภาวะโลกร้อน และเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรและประเทศ

ในปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้เพื่ออัดแบบแห้ง(Dry pressing)สำหรับการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจะใช้เครื่องมือสำหรับอัดแบบแห้ง(Dry pressing)ที่มีจำหน่ายซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมหรือโรงงานทั่วไป ทำให้มีขนาดหรือการใช้งานที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานสำหรับการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ จึงมีความจำเป็นในการศึกษาวิจัยเพื่อให้ได้เครื่องมือที่มีความเหมาะสมสำหรับการอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพโดยเฉพาะ



รูปที่ 1 เครื่องมือที่ใช้เพื่ออัดแบบแห้ง(Dry pressing)สำหรับการอัดขึ้นรูป ที่มีการใช้ในปัจจุบัน

## 7.วิธีดำเนินการ

## อุปกรณ์

1. วัสดุโรงงาน สำหรับการสร้างเครื่องต้นแบบ
2. เครื่องมือเครื่องกลโรงงาน เช่น เครื่องเชื่อมไฟฟ้า สว่าน หินเจียร เครื่องกลึง เครื่องกัด เครื่องไส เป็นต้น
3. คอมพิวเตอร์
4. เครื่องมือวัดต่างๆ เช่น นาฬิกา เครื่องวัดอุณหภูมิ ไมโครมิเตอร์ เป็นต้น

## วิธีการ

1. ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเกษตรที่จะนำไปใช้เป็นตัวทำบรรจุภัณฑ์ การใช้วัสดุทางการเกษตรเพื่อการทำบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ และเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์
2. ออกแบบและสร้างต้นแบบให้เหมาะสมกับวัสดุเกษตรที่เลือกใช้เพื่อขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ
3. ทดสอบเครื่องต้นแบบเบื้องต้นและปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง
4. ทดสอบขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ และประเมินผลการใช้งานกับวัสดุทางการเกษตรชนิดต่างๆ
5. ทดสอบเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพระยะยาว และเก็บข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ต่างๆ เช่น ประสิทธิภาพ ความสามารถในการทำงาน ความแข็งแรงของบรรจุภัณฑ์ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน เป็นต้น
6. วิเคราะห์ข้อมูลในเชิงปริมาณและคุณภาพวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
7. สรุปผลการทดลองและจัดทำรายงาน

**เวลาและสถานที่** ตั้งแต่ตุลาคม2555-กันยายน2558 ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ได้ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุเกษตรที่จะนำไปใช้เป็นตัวทำบรรจุภัณฑ์ การใช้วัสดุทางการเกษตรเพื่อการทำบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ และเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ที่มีการใช้ในปัจจุบัน โดยผลการศึกษาได้เลือกวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่เหมาะสมสำหรับนำมาขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ได้คือ เส้นใยจากต้นกล้วย และเปลือกทุเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพโดยดำเนินการทดสอบ รวบรวมข้อมูลจากการทดสอบ การอัดวัสดุทางการเกษตรดังแสดงในภาพที่ 2 และได้ทราบข้อมูลในการออกแบบคือ

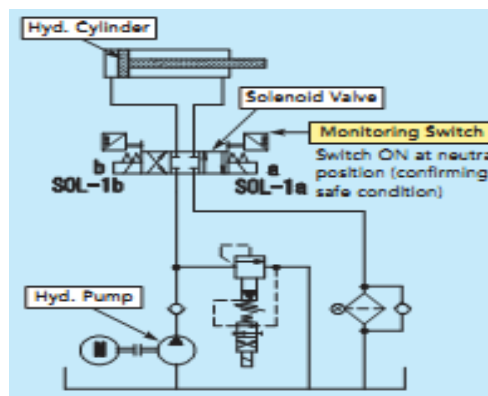
1. เครื่องมือมีความต้องการแรงอัดขึ้นงาน น้อยกว่า 2,000 psi หรือ 200 บาร์( 138 kg/cm<sup>2</sup>)
2. อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแผ่นอัดขึ้นรูปคือ 160 องศาเซลเซียส

จากข้อมูลดังกล่าวนำมาออกแบบเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่มีขนาดเหมาะสมและเพียงพอต่อการใช้งานอัดขึ้นรูปวัสดุ โดยเครื่องมือมีหลักการทำงานเช่นเดียวกับเครื่องอัดขึ้นรูปยางพาราซึ่งมีส่วนประกอบของเครื่องดังต่อไปนี้

1. ส่วนสร้างแรงกลในการอัด ใช้ไฮดรอลิกเป็นอุปกรณ์สร้างแรงกลในการขึ้นรูปวัสดุ
2. ส่วนให้ความร้อนวัสดุ มีหน้าที่ให้ความร้อนแก่วัสดุที่จะขึ้นรูป
3. ส่วนควบคุม มีหน้าที่ในการควบคุมวงจรไฮดรอลิกสำหรับควบคุมแรงกลในการขึ้นรูปวัสดุ และควบคุมอุณหภูมิของส่วนให้ความร้อนวัสดุ



รูปที่ 2 การอัดทดสอบโดยใช้เครื่องอัดขึ้นรูปยางแผ่น ของสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร

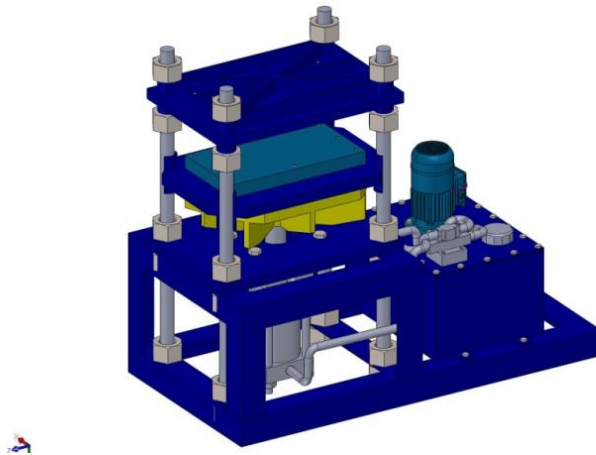


รูปที่ 3. ผลิตภัณฑ์ชีวภาพที่ได้จากการอัดด้วยวัสดุเปลือกทุเรียน

และได้ดำเนินการจากนั้นดำเนินการออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ และดำเนินการทดสอบเครื่องฯ จากผลการทดสอบนำข้อมูลการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่ได้ตั้งแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 4 แสดงภาพจำลองระบบต้นกำลังไฮดรอลิกและวงจรไฮดรอลิก



รูปที่ 5 แบบจำลองคอมพิวเตอร์เครื่องต้นแบบเครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ





รูปที่ 6 ภาพรวมของเครื่องต้นแบบขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพต้นแบบ



รูปที่ 7 การอัดขึ้นรูปงานโดยเครื่องต้นแบบขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ และบรรจุภัณฑ์ที่ได้

เครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพแบบการอัดแบบแห้ง(Dry pressing)โดยใช้กำลังไฮดรอลิกในการอัดขึ้นรูป(Hydraulic Press)

เครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่สร้างขึ้นเป็นดังนี้

1. มีการส่งกำลังอัดแบบ ขึ้น-ลง ตามแนวกระบอกสูบ
2. มีความสามารถในการทำงานขึ้นรูปแบบอัดขึ้นงานขนาด 400 x 400 x 150 มิลลิเมตร
3. มีแผ่นให้ความร้อนที่แผ่นรองแบบอัด ชุดบนและล่าง ขนาดชุดละ 2,000 วัตต์ ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ เฟสเดียว สามารถทำอุณหภูมิแผ่นอัดขึ้นรูปสูงสุด 250 องศาเซลเซียส ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ  $\pm 5$  องศาเซลเซียส



4.ชุดให้กำลังไฮดรอลิก ไฮดรอลิกปั๊มขนาดแรงดันสูงสุด 30 MPa.กระบอกลูกสูบไฮดรอลิกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ช่วงชักกระบอกสูบ 20 เซนติเมตร ต้นกำลังมอเตอร์ขนาด 4 แรงม้า ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันไฟฟ้า 380 โวลท์ 3 เฟส

5.ระบบควบคุมทิศทางไฮดรอลิก แบบไฟฟ้า การควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบควบคุมการหยุดการเคลื่อนที่โดยใช้แรงดันไฮดรอลิก

**ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่ผลิตจากเครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ**

ชุดตัวอย่าง	ความหนาแน่น (kg/m <sup>3</sup> )	ความชื้น(%)	การดูดซึมน้ำ(%)	การพองตัวทางความหนา (%)
AVG1	824.63	4.05a	415.23cd	211.17c
AVG2	881.69	4.19a	444.28bc	216.12c
AVG3	908.84	3.84a	531.14a	280.93a
AVG4	840.13	3.29b	499.23ab	248.96b
AVG5	722.61	2.86b	452.64bc	186.51d
AVG6(จากเครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ )	549.84	2.08c	417.51d	97.75e
CV		8.1376 %	8.4044 %	5.6837 %

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันที่อยู่ในสมมติเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMR

การวิเคราะห์คุณสมบัติบรรจุภัณฑ์ชีวภาพของชุดตัวอย่าง AVG1, AVG2 ,AVG3, AVG4, AVG5(ผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด)และ AVG6(บรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากเครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพต้นแบบ) พบว่า AVG6 มีความหนาแน่น (kg/m<sup>3</sup>)ที่ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชีวภาพทุกชุดตัวอย่าง มีความชื้นและเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนาที่ต่ำกว่าทุกชุดตัวอย่าง และมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเท่ากับตัวอย่าง AVG1cและมีค่าที่ต่ำกว่า AVG2 ,AVG3, AVG4, AVG5 จากผลการวิเคราะห์แสดงว่าเครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพสามารถผลิตบรรจุภัณฑ์ชีวภาพได้ถึงแม้ว่าบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจะมีความหนาแน่นที่ต่ำกว่าบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่มีในท้องตลาดและบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่ได้ยังมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ต่ำและมีเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนาที่ต่ำกว่าทุกบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่มีในท้องตลาด

## 9.สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ได้เครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพแบบแห้ง(Dry pressing)โดยใช้กำลังไฮดรอลิกในการอัดขึ้นรูป(Hydraulic Press)เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับการทำการวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากผลิตผลและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เกิดประโยชน์และเกิดมูลค่าสูงสุด เช่น แผ่นใยอัด พลาสติกชีวภาพ กระดาษ หรือสำหรับเกษตรกรและผู้ประกอบการที่สนใจผลิตบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

## 10.การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เกษตรกรและผู้ประกอบการที่สนใจผลิตบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ และหน่วยงานที่ต้องการเครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ สำหรับผลิต และศึกษาวิจัยด้านบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ หรือการขึ้นรูปวัสดุ

## 12.เอกสารอ้างอิง

มนตรี โชติวรวิทย์, และชนินทร์ นุ่มศิริ. (2545). **หลักการงานและเทคนิคประยุกต์ใช้งานไฮดรอลิกส์**. กรุงเทพฯ:วิทยาลัยเทคนิคประทุมวัน.

Leland Blank, Anthony Tarquin; แปลและเรียบเรียงโดย กรกฎ ไยบัวเทศ, วิชระ ทองงอก, คมกฤต เล็กสกุล. (2549). **เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม**. กรุงเทพฯ.

## ภาคผนวก

### การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การประเมินต้นทุนเทียบกับผลตอบแทนที่ได้รับจากการลงทุนในการประเมินค่าใช้จ่ายของการสร้างเครื่องขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ 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 ค่าเสียโอกาสของทุนในเครื่องลดความชื้นด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

2.2 ค่าใช้จ่ายผันแปร (Variable Cost) คือค่าใช้จ่ายที่แปรไปตามปริมาณการผลิตเช่น ค่าไฟฟ้า ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแปรเปลี่ยนตามปริมาณผลเงาที่นำมาลดความชื้น

ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ หาได้จาก

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

เมื่อ

AC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพต่อปี (บาทต่อปี)

FC = ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ (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 = ราคาซื้อหรือสร้างเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ(บาท)

L = อายุการใช้งานเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ (สัปดาห์) = 10ปี

S = ราคาเครื่องมือครบ 10 ปี = 0.1 P (บาท)

D = ค่าเสื่อมราคาต่อปี (บาท/ปี)

R = ค่าเสียโอกาสในการลงทุนต่อปี (บาท/ปี)

I = อัตราดอกเบี้ย 6.525% ต่อปี (เมื่อเดือน มิถุนายน 2558)

จุดคุ้มทุน (Break even point, BEP)

Blank และ Tarquin (1998) เสนอสมการการหาจุดคุ้มทุนไว้ดังนี้

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

เมื่อ

$BEP_S$  = จุดคุ้มทุน (หน่วย)

FC = ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท)

$SU_U$  = ราคาขายต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

$VC_U$  = ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อหน่วย (บาท/หน่วย)

ระยะเวลาในการคืนทุน

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

เมื่อ

PBP = ระยะเวลาในการคืนทุน (ปี)

MC = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (บาท)

P = กำไร (บาท/ปี)

### การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ **รวม 345,000 บาท**

### ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

กำหนดให้ราคาเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ(P) มีค่า 345,000 บาท มูลค่าซากของเครื่องมือสิ้นปีที่ 10 เหลือ 10% ของราคาเครื่อง และอัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 6.525% ต่อปี

มูลค่าซาก (S)= 0.1P= 0.1 x 345,000 = 34,500 บาท

ค่าเสื่อมราคา (D)= ( P-S )/L = (345,000 -34,500)/10= 31,050 บาท/ปี

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

= ((345,000 +34,500)/2) x 0.06525 = 12,381.19 บาท/ปี

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

= 31,050 + 12,381.19

= 43,431.19 บาท/ปี

กำหนดให้อัตราค่าจ้างแรงงานวันละ 300 บาท (กำหนดอัตราค่าจ้างแรงงานขั้นต่ำ )

จำนวนคนทำงาน 1 คน ทำงาน 200 วัน/ปี และค่าไฟฟ้าหน่วยละ 4.50 บาท สิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า 1.50 หน่วย/ชม.

ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ค่าบำรุงรักษาเครื่องเฉลี่ยวันละ 5 บาท

ค่าจ้างแรงงาน (W) = 1 × 300 × 200 = 60,000 บาท/ปี

ค่าไฟฟ้า (E) = 1.50 × 4.50 × 8 × 200 = 10,800 บาท/ปี

ค่าบำรุงรักษา (M) = 5 × 200 = 1,000 บาท/ปี

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

= 60,000 + 10,800 + 1,000

= 71,800 บาท/ปี

ดังนั้น

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

= 43,431.19 + 71,800

= 115,231.2 บาท/ปี

### จุดคุ้มทุนของเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

กำหนดให้ราคาขายบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ 5.0 บาท/ชิ้น. และภายในระยะเวลา 1 ปี เครื่องทำงานได้ 6 นาที/ชิ้น

ทำงาน  $365 \times 8 \times 60 / 6 = 29,200$  ชิ้น/ปี.

จุดคุ้มทุน (BEPs) = ต้นทุนคงที่ (FC) / ((ราคาค่าใช้จ่ายเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ/ จำนวนชิ้นงาน.,SPu) - (ต้นทุนแปรผัน /จำนวนชิ้นงาน.,VCu))

= 43,431.19 / (5.00 - (71,800/ 29,200))

= 17,091.52 ชิ้น/ปี

### ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

จากรายได้ในราคาขายบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ 5.0 บาท/ชิ้น. และ 1 ปี เครื่องทำงานได้

29,200 ชิ้น. จึงมีรายได้  $5.00 \times 29,200 = 146,000$  บาท/ปี

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

กำไร (P) = รายได้ (R) - ค่าใช้จ่ายทั้งหมด (AC)

= 146,000 - 115,231.2

= 30,768.80 บาท

ดังนั้น

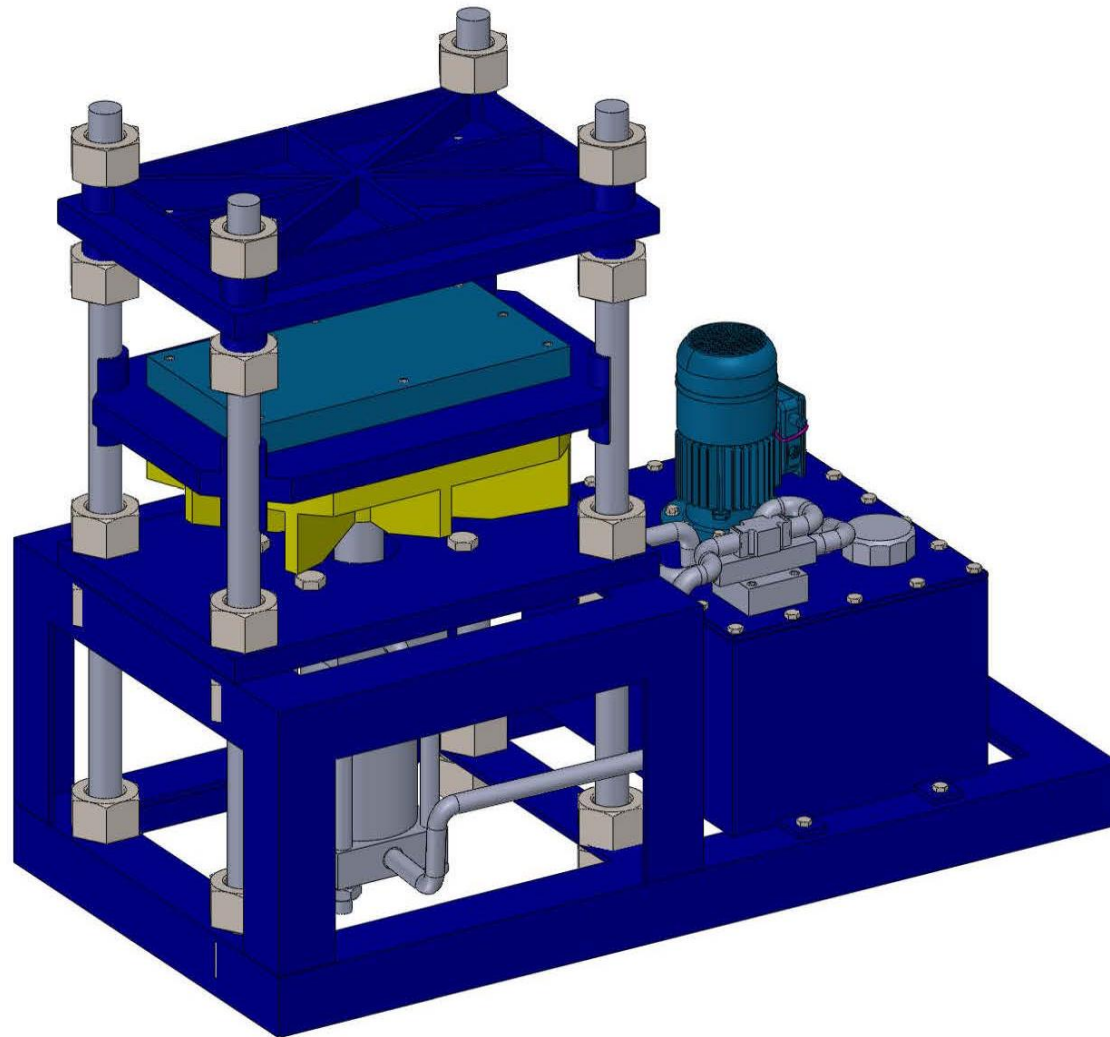
ระยะเวลาในการคืนทุน (PBP) = ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง (MC) / กำไร (P)

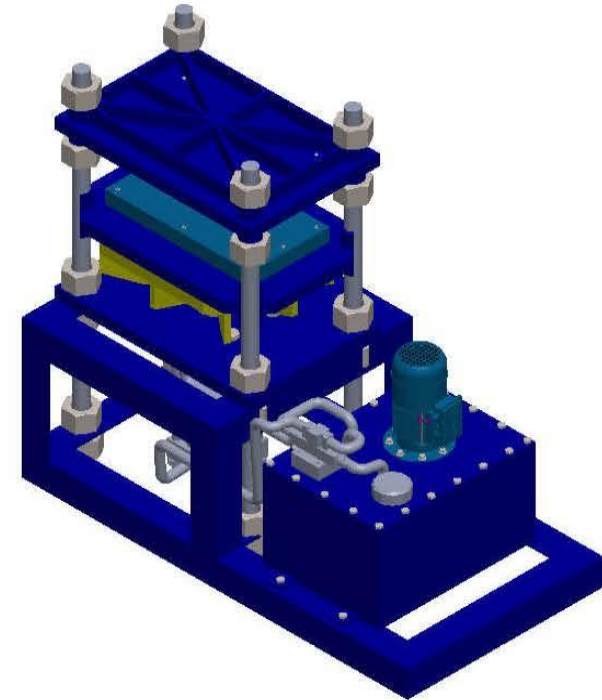
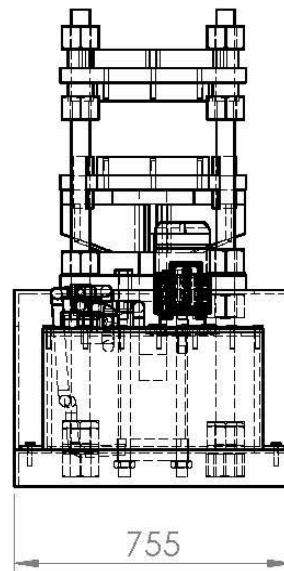
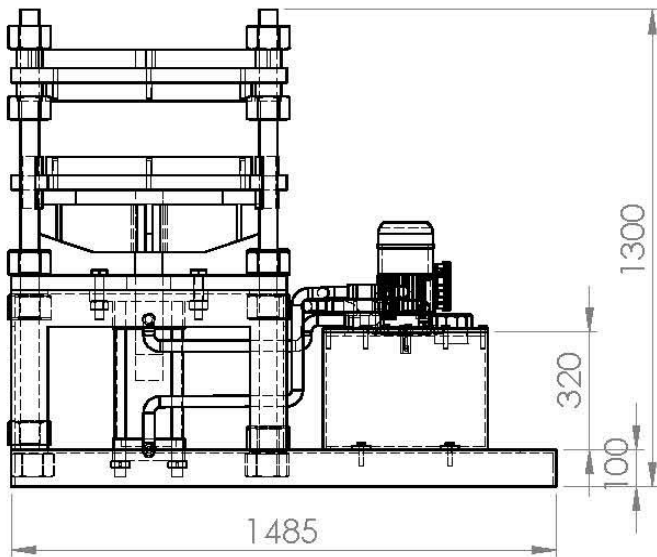
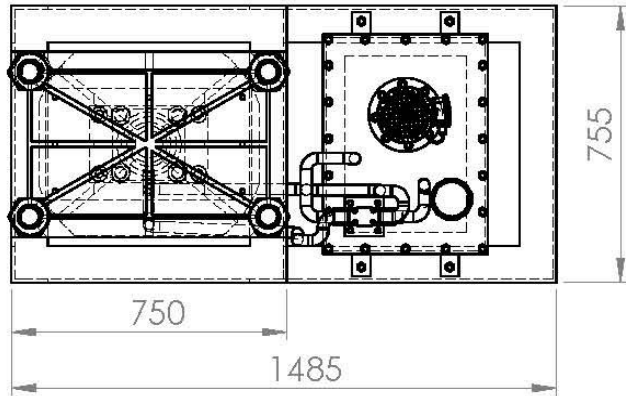
= 345,000 / 30,768.80

= 11.21 ปี หรือ (2,242 วัน)

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ มีราคา 345,000 บาท อัตราราคาจำหน่ายบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ 5.0 บาท/ชิ้น. จุดคุ้มทุนอยู่ที่การผลิต 17,091.52 ชิ้น/ปี และสามารถคืนทุนได้ในเวลา 11.21ปี หรือ (2,242 วัน)

# เครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ





SIZE	DWG. NO.	REV
<b>A</b>	<b>เครื่องมือที่แปบบรรจุภัณฑ์เชิงภาพ</b>	
SCALE: 1:20	WEIGHT:	SHEET 1 OF 1

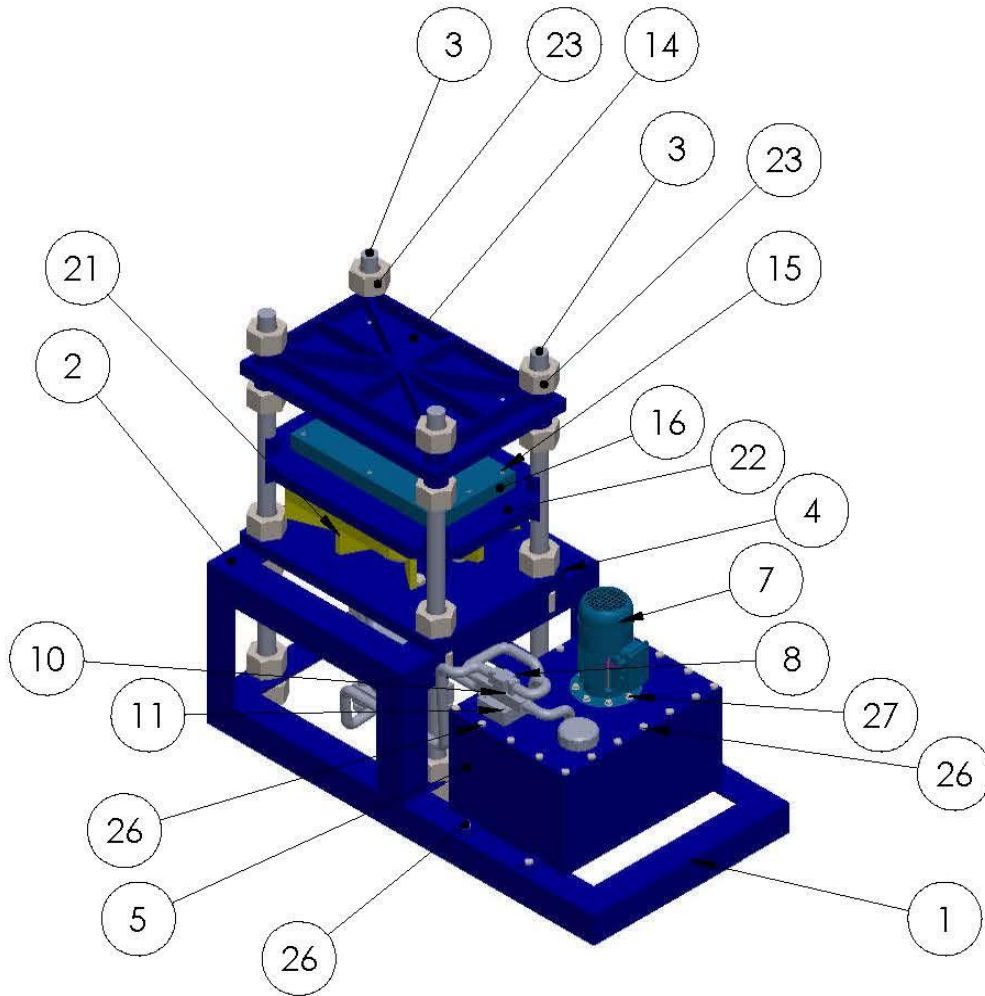
4

3

2

1





ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	ฐาน	1
2	part2	1
3	เสา	4
4	แผ่นฐาน 1	1
5	กึ่งนำมัน	1
6	ฝาท้าย	1
7	Motor VOGES VMF 80 B4 1.5 cv 1725 rpm 220V [grabcad]	1
8	ชุดวาล์ว	1
	ฐานวาล์ว	1
	วาล์ว	1
	วาล์วบน	1
9	ฝาหน้ามัน	1
10	น็อตหกเหลี่ยม 1 cm	4
11	น็อตหกเหลี่ยม 1.5 cm	4
12	ชุดระบอบสูบ	1
	ฐานล่างกระบอบสูบ	1
	เสากระบอบสูบ	4
	กระบอบสูบ	1
	แผ่นแบกระบอบสูบ	1
	ฐานแบกระบอบสูบ	1
	น็อตกระบอบสูบล่าง	4
13	เพลากรบอบสูบ	1
14	แผ่นฐาน 2	1
15	น็อตหกเหลี่ยม	16
16	กึ่งนำมัน	2
17	ท่อเข้าท้าย	1
18	ท่อขาออก	1
19	ท่อเข้ากระบอบ	1
20	ท่อออกกระบอบ	1
21	supplate	1
22	แผ่นฐานล่าง	1
23	Bi8.2.4.6M - Heavy hex nut, M64 x 6 --W-N	24
24	Bi8.2.3.3M - Heavy hex screw, M24 x 3.0 x 120 -- 54N	4
25	Bi8.2.4.6M - Heavy hex nut, M24 x 3 --W-N	4
26	Bi8.2.3.6M - Heavy hex bolt M12 x 1.75 x 55 --30N	24
	Bi8.2.3.9M - Heavy hex	
27	flange screw, M10 x 1.5 x 16 - -16N	8



SIZE  
**A**

DWG. NO.

เครื่องมือที่รูปแบบรถยกที่วิศวกรรม

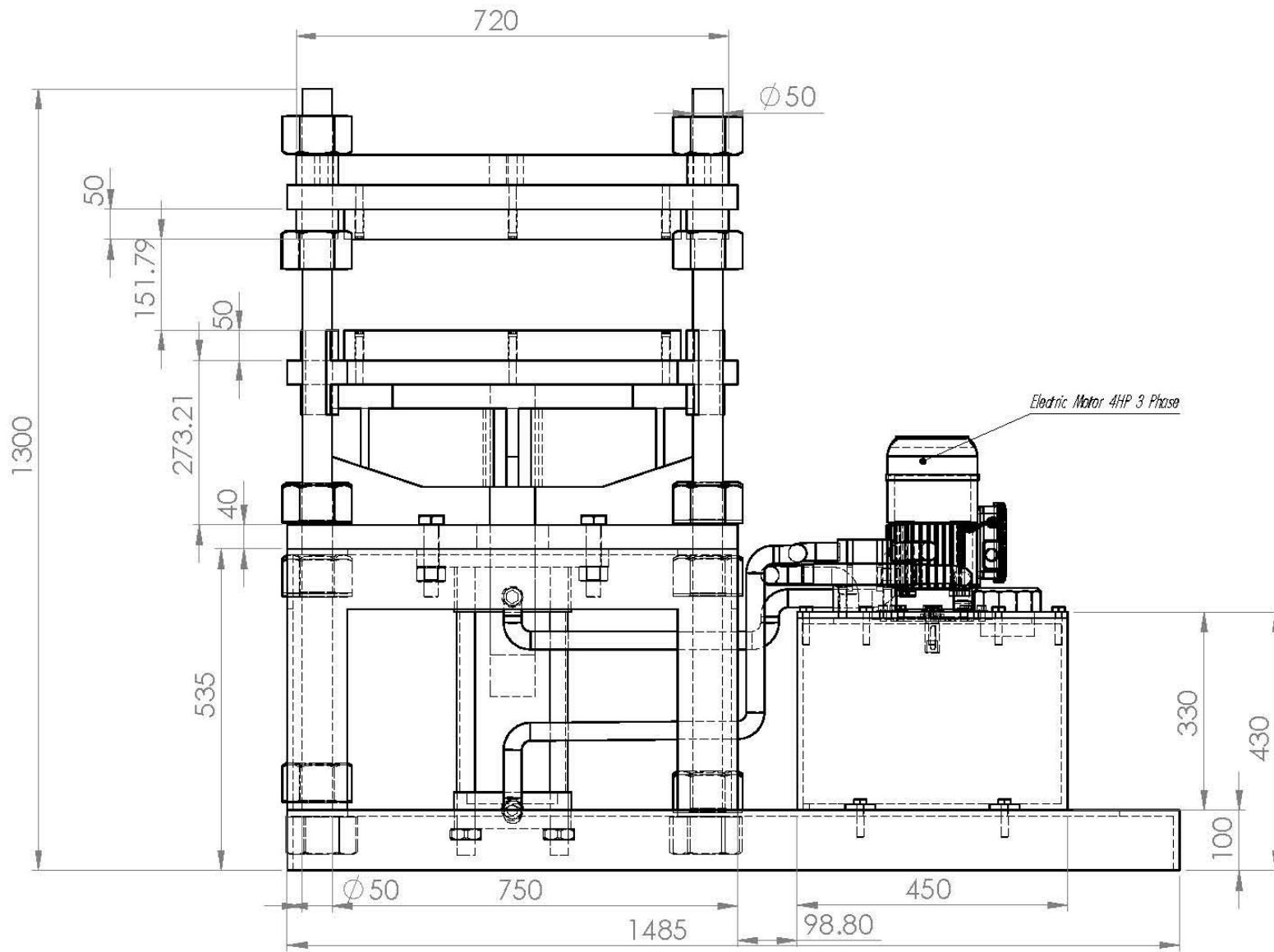
REV

rev-01

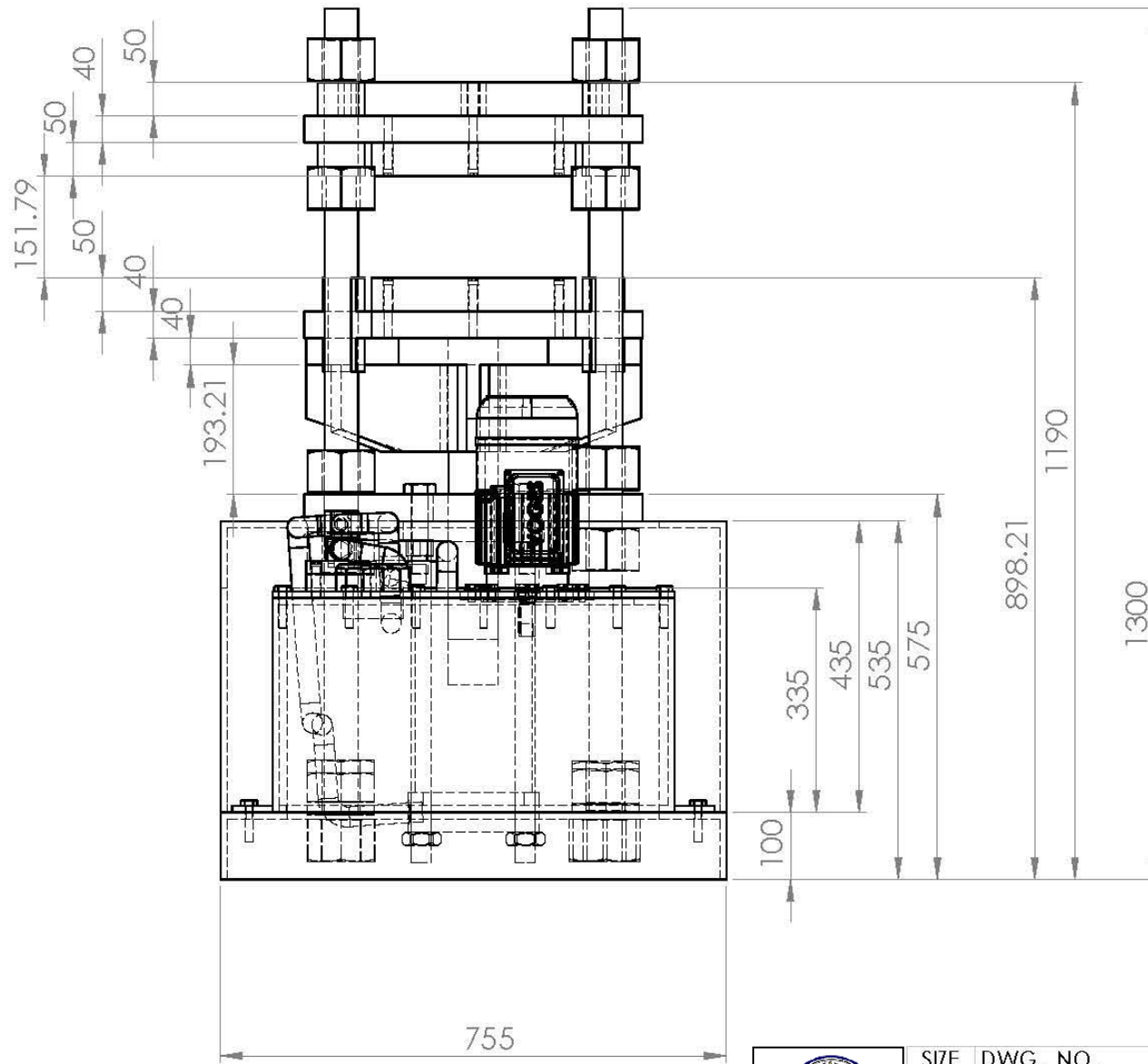
SCALE: 1:20

BOM of Materials

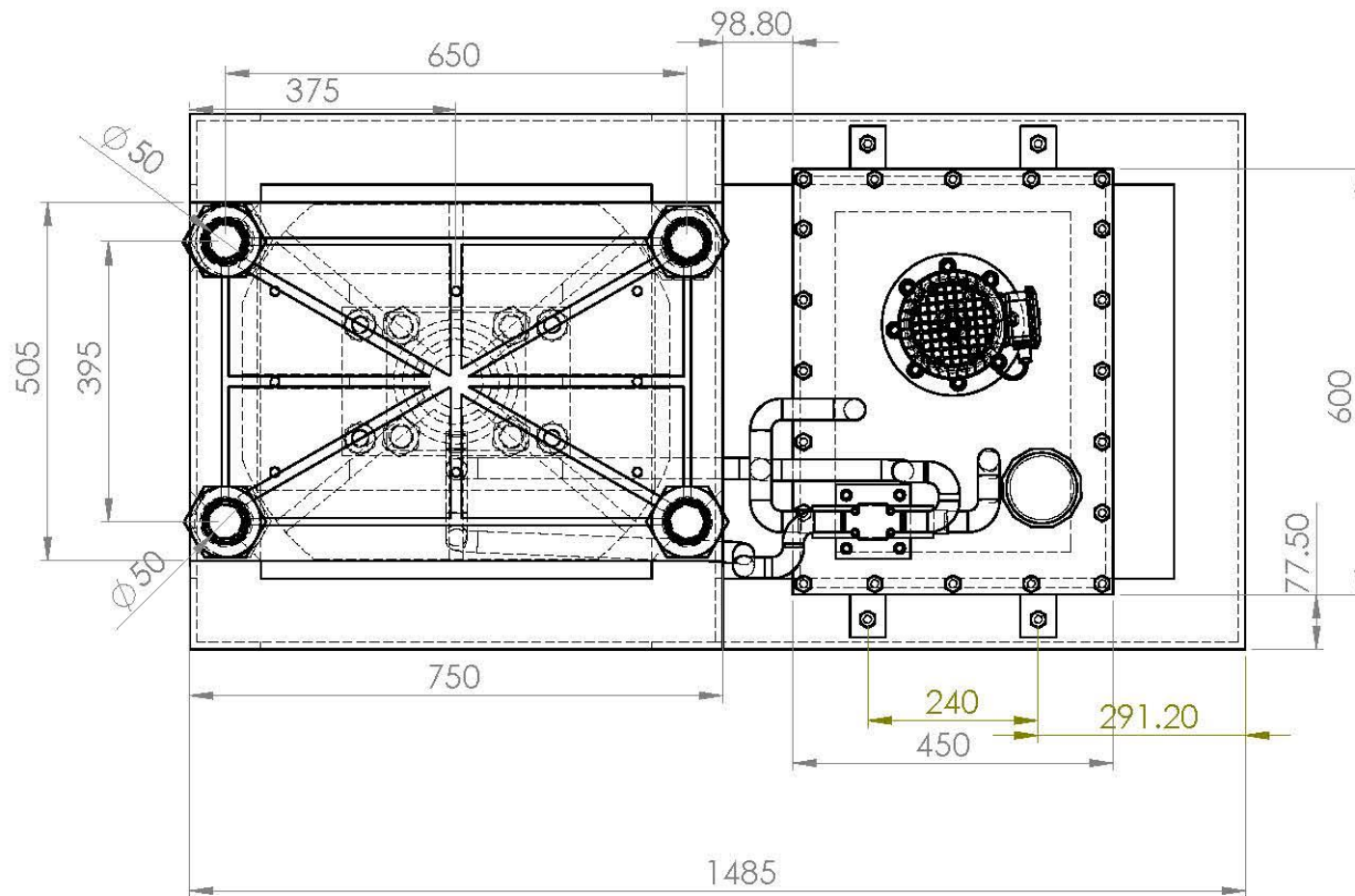
SHEET 1 OF 2



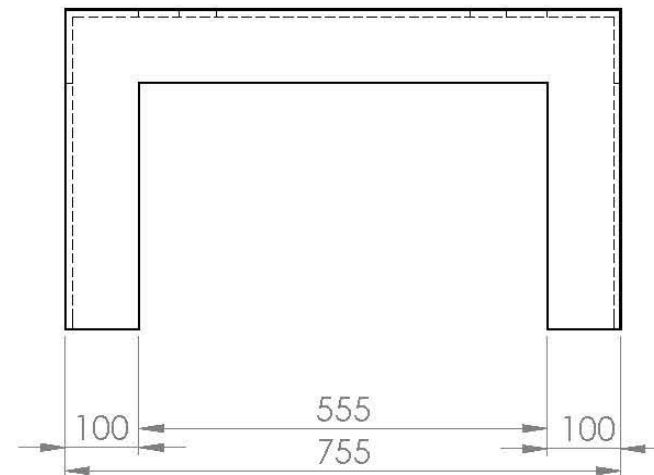
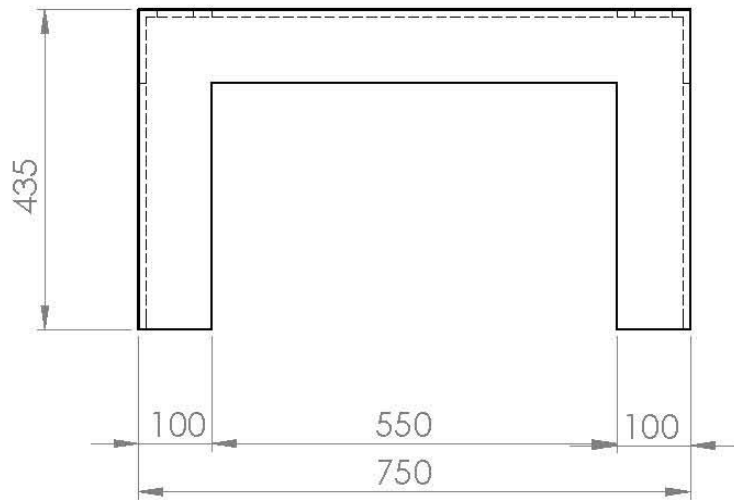
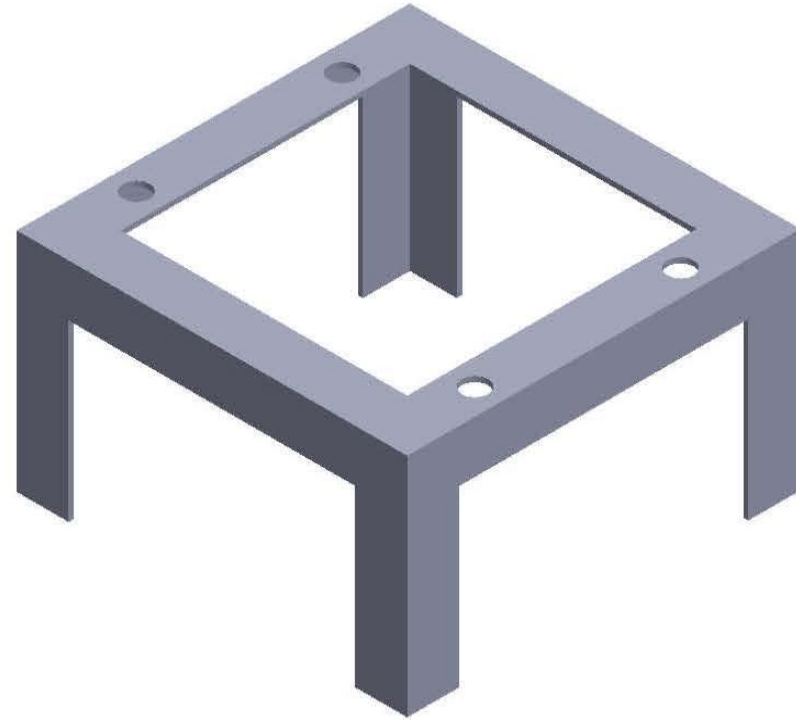
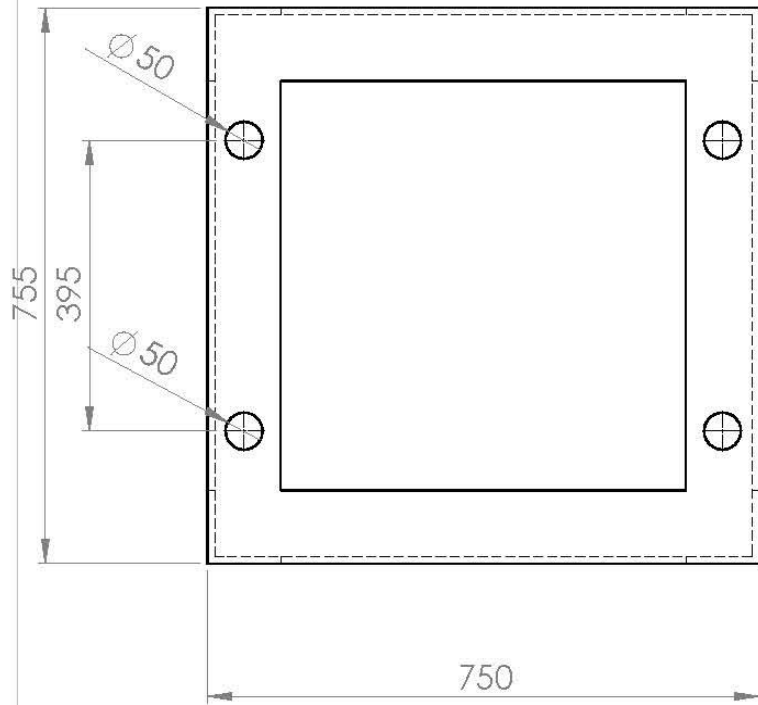
SIZE	DWG. NO.	REV
<b>A</b>	เครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ	
SCALE: 1:20 front view	SHEET 1 OF 1	



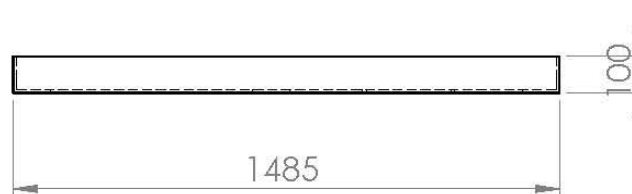
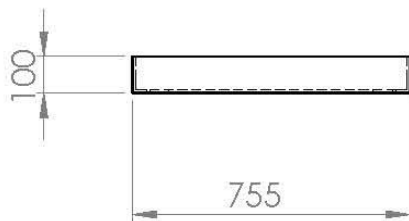
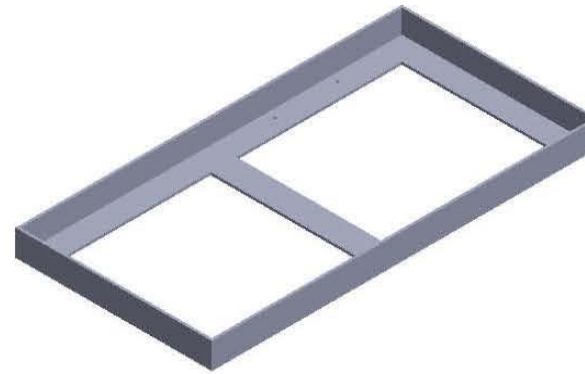
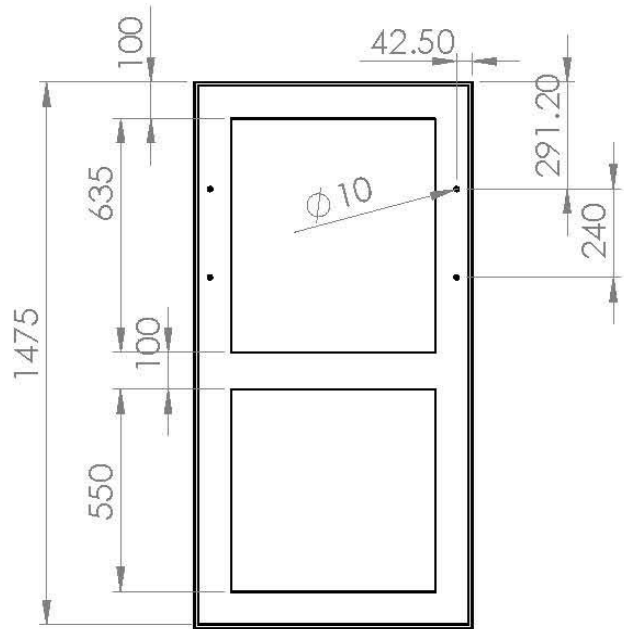
SIZE	DWG. NO.	REV
<b>A</b>	เครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ	
SCALE: 1:20 Side view		SHEET 1 OF 2



SIZE	DWG. NO.	REV
<b>A</b>	เครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ	
SCALE: 1:20 Top view		SHEET 1 OF 1



SIZE	DWG. NO.	REV
<b>A</b>	เครื่องมือปั้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ	rev-01
SCALE: 1:20	โครงการออกแบบ	SHEET 1 OF 1



SIZE <b>A</b>	DWG. NO. <b>เครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ</b>	REV rev-01
SCALE: 1:20	โครงการผลิตฐานล่าง	SHEET 1 OF 2

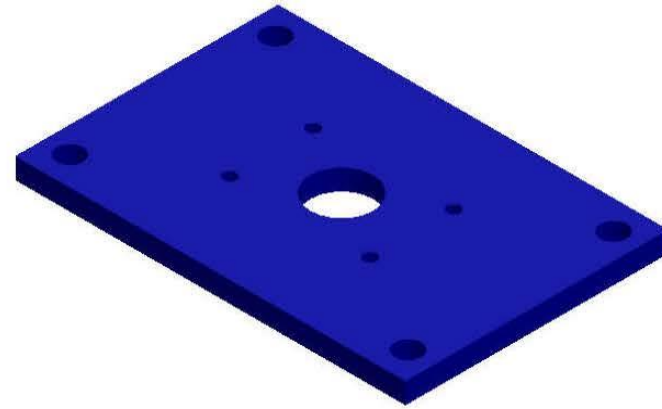
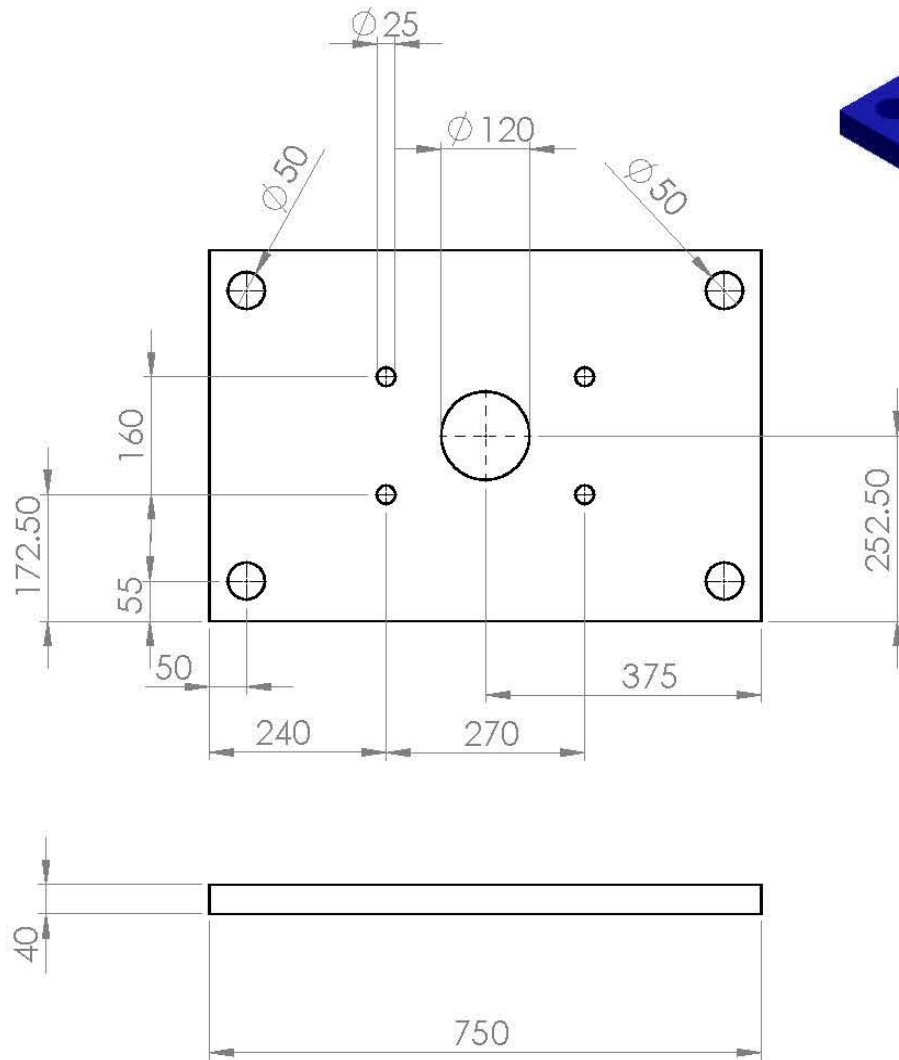
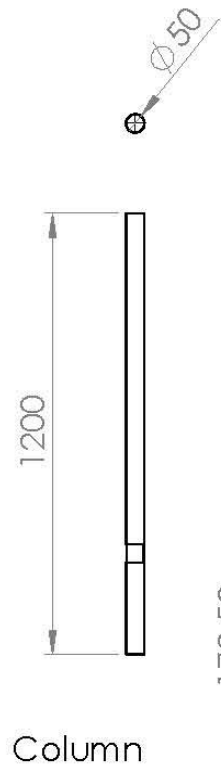


Plate Support Hydraulic cylinder

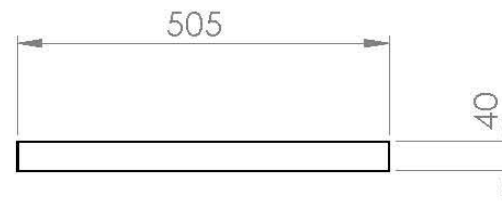
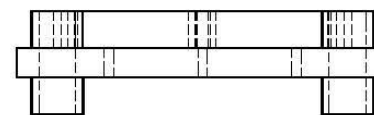
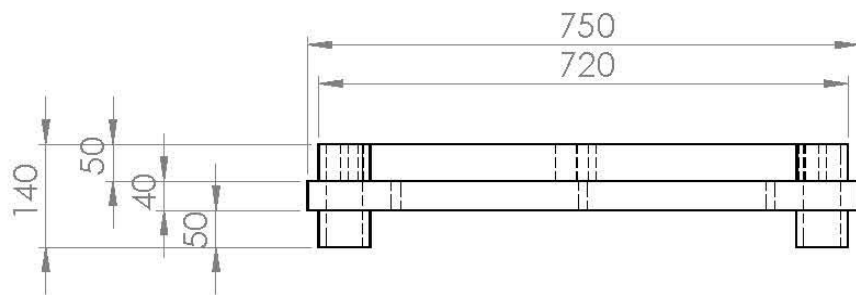
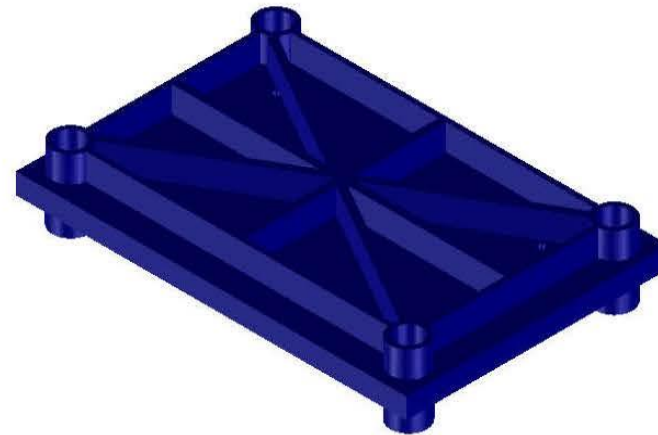
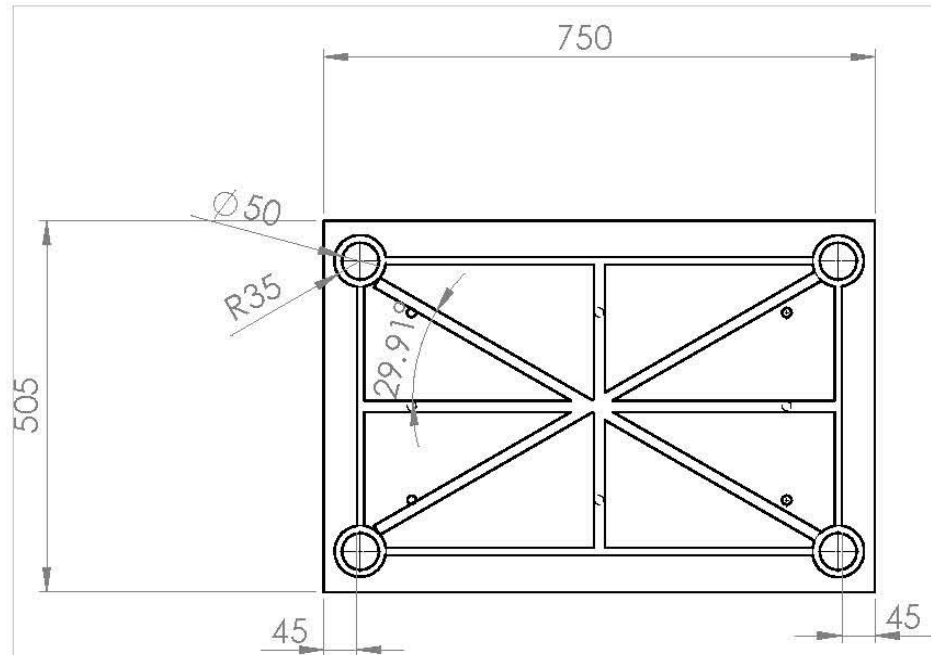


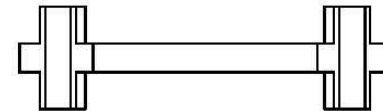
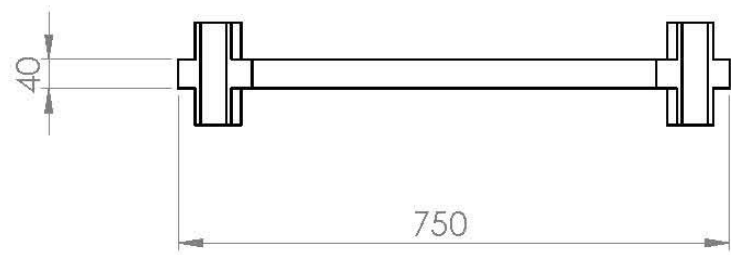
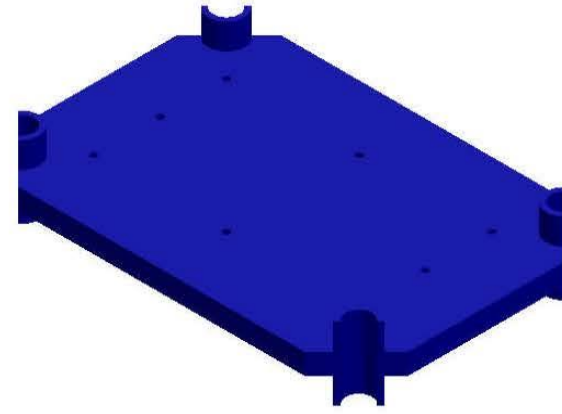
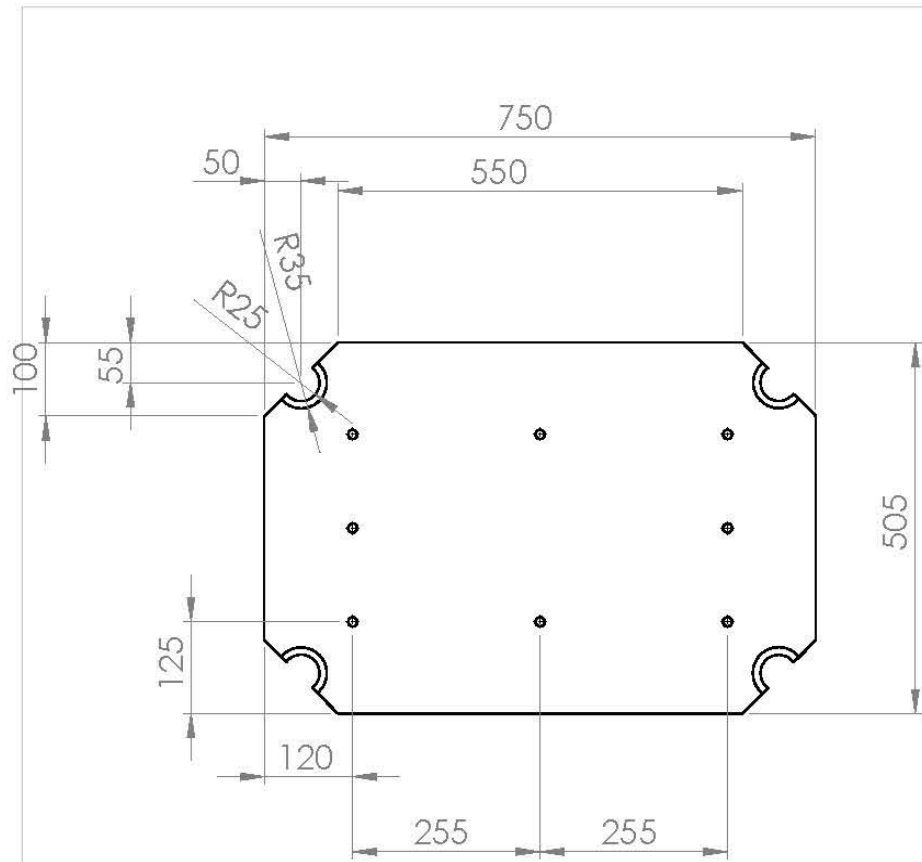
Plate Support Hydraulic cylinder

	SIZE	DWG. NO.	REV
	<b>A</b>	เครื่องจักรแปรรูปอุตสาหกรรม	rev-01
SCALE: 1:20		SHEET 1 OF 2	





SIZE <b>A</b>	DWG. NO. <b>เครื่องมือแปรรูปรูปทรงสี่เหลี่ยม</b>	REV rev-01
SCALE: 1:10	ฐานพัฒนาความร่วมมือ	SHEET 1 OF 1



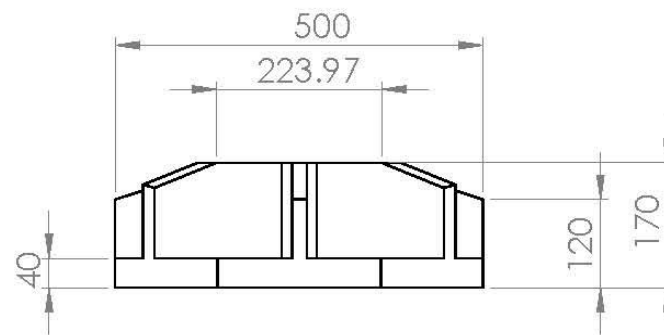
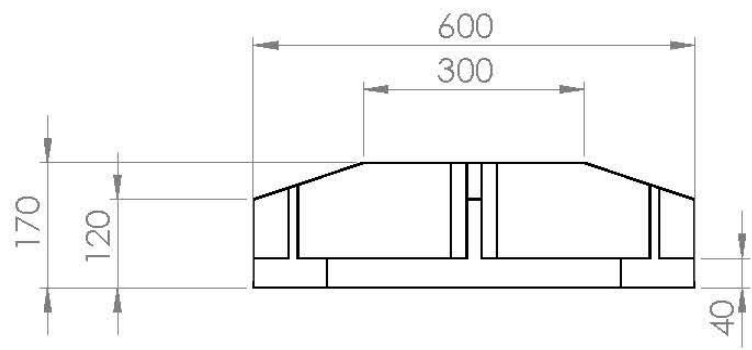
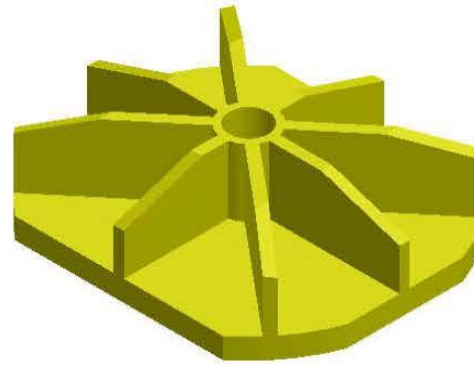
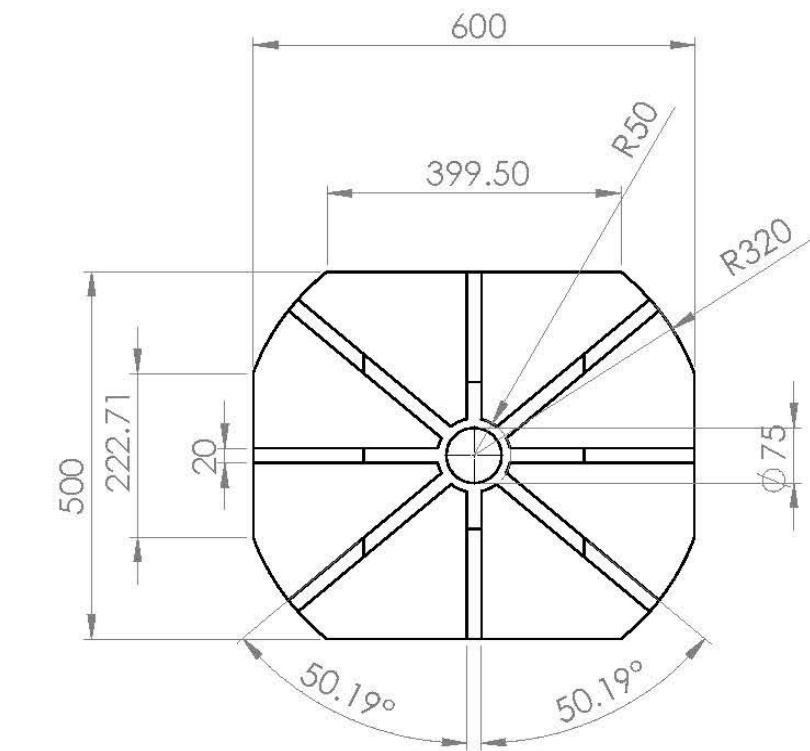
SIZE	DWG. NO.	REV
<b>A</b>	<b>เครื่องมือในแบบรถยกที่โรงงาน</b>	rev-01
SCALE: 1:10	ฐานแบบควบคุมอื่น-ล่าง	SHEET 1 OF 2

4

3

2

1



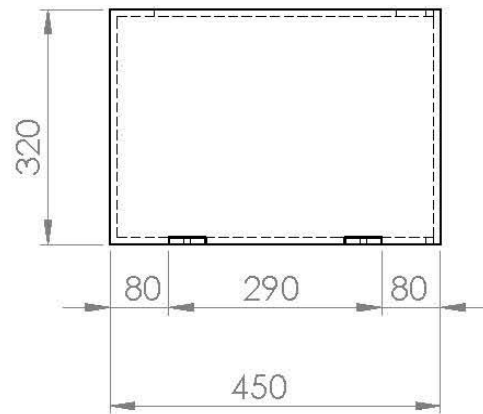
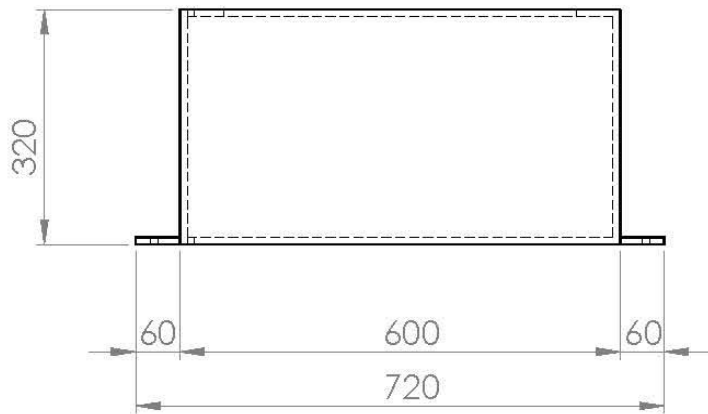
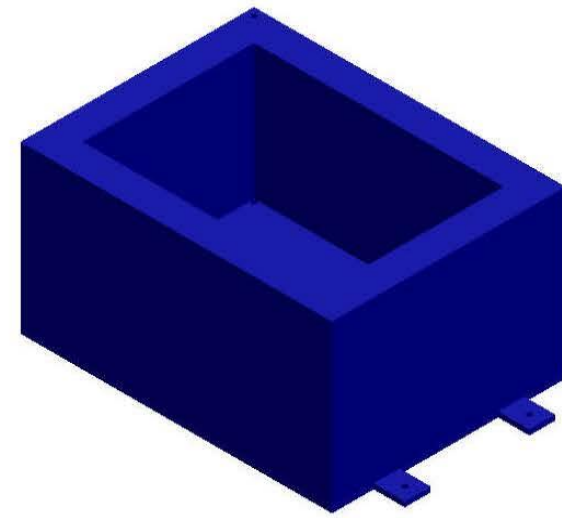
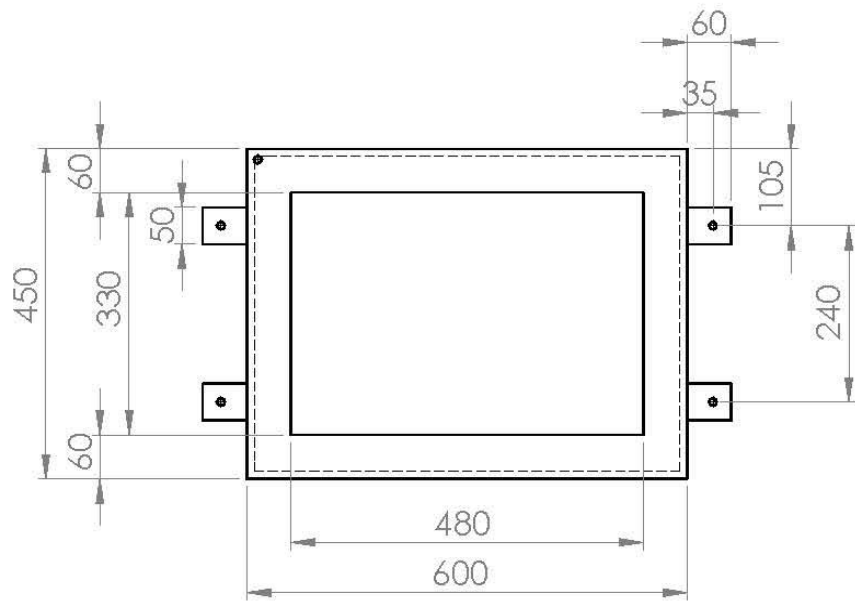
SIZE <b>A</b>	DWG. NO. <b>เครื่องวัดรูปแบบรูปวงกลมที่โรงงาน</b>	REV rev-01
SCALE: 1:10	ฉบับปรับปรุงตามแผนความยั่งยืน	SHEET 1 OF 1

4

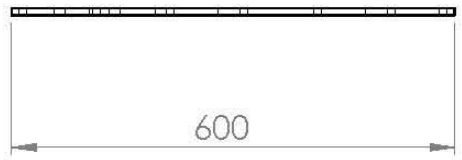
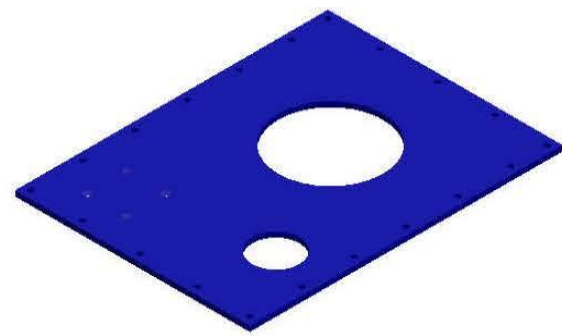
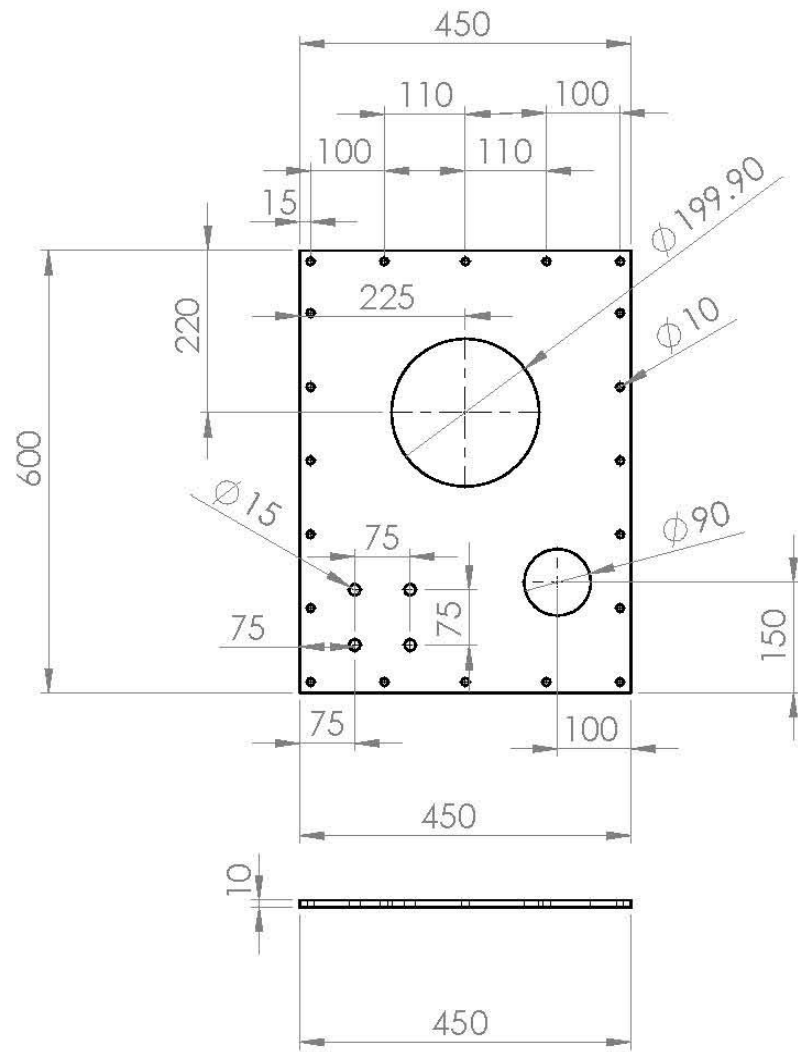
3

2

1



SIZE <b>A</b>	DWG. NO. <b>เครื่องมือในแบบบรรจุภัณฑ์ห้องพ</b>	REV rev-01
SCALE: 1:10	ช่างเขียน: น.ส.ศอ.ศ.ศ.	SHEET 1 OF 2



SIZE <b>A</b>	DWG. NO. <b>เครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหาร</b>	REV rev-01
SCALE: 1:10	ผากิ่งเนินไม้ทองฮวด	SHEET 1 OF 1