วว.

โครงการวิจัยที่ ภ. 49-05 / ย.4 / รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)

การพัฒนาระบบการบรรจุต้นแบบสำหรับเครื่องปรุงรสอาหารไทย

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ. 49-05
การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและ
บรรจุภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อมุ่งความเป็นครัวของโลก

โครงการย่อยที่ 4
การพัฒนาระบบการบรรจุต้นแบบสำหรับเครื่องปรุงรสอาหารไทย

รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์)
การพัฒนาระบบการบรรจุต้นแบบสำหรับเครื่องปรุงรสอาหารไทย

โดย
สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์
ต่อศักดิ์ นวลใย
ดำรงชัย สิทธิสำอางค์

บรรณาธิการ
นฤมล รื่นไวย์
ลิขิต หาญจางสิทธิ์
ปฐมสุดา สำเร็จ

วว., กรุงเทพฯ 2552
สงวนลิขสิทธิ์

รายงานฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้พิมพ์โดย
ผู้ว่าการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

(นายสุรพล วัฒนวงศ์)
รองผู้ว่าการบริการอุตสาหกรรม
รักษาการในตำแหน่งผู้ว่าการ

กิตติกรรมประกาศ

คณะทำงานขอขอบคุณ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยและพัฒนาระบบการบรรจุต้นแบบสำหรับเครื่องปรุงรสอาหารไทย. ขอบคุณกองจัดการความรู้และงานการพิมพ์ที่ช่วยดำเนินการจัดพิมพ์รายงานฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดีตลอดมา.

คำนำ

รายงานฉบับนี้เป็นผลงานจากการที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ได้ดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องบรรจุต้นแบบสำหรับเครื่องปรุงรสอาหารไทย (โครงการวิจัยที่ ภ.49-05/ย.4), เพื่อให้เกิดการพัฒนาด้านการบรรจุซอสปรุงรสสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก, เพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมดังกล่าวเข้มแข็งสามารถพึ่งพาตนเองได้.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	จ
ABSTRACT	1
บทคัดย่อ	2
1. บทนำ	3
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	12
3. ผลการทดลองและวิจารณ์	15
4. สรุปผลการทดลอง	21
5. ข้อเสนอแนะ	24
6. บรรณานุกรม	25
7. ภาคผนวก : แบบรายละเอียดทางวิศวกรรม	26

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1. เครื่องจักรบรรจุของเหลวแบบ straight-line หรือแบบ in-line 6
รูปที่ 2. เครื่องจักรบรรจุของเหลวประเภท แบบ rotary 6
รูปที่ 3. เทคโนโลยีชุดจับคอขวด แบบ neck support 8
รูปที่ 4. ชุดจับคอขวด แบบ neck rail 8
รูปที่ 5. ชุดจับคอขวด แบบ neck grip 9
รูปที่ 6. การทดสอบหาปริมาตรการบรรจุของเครื่องต้นแบบซอสปรุงรส 13
รูปที่ 7. เครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรส 15
รูปที่ 8. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขสเกลกับปริมาตรซอสปรุงรส 18
รูปที่ 9. ตัวอย่างปริมาตรการบรรจุซอสปรุงรสที่หมายเลขสเกล 1, 2, 3, 4 และ 5 18
รูปที่ 10. ตัวอย่างขวดซีอิ๊ว น้ำจิ้มไก่ และซอสพริก ที่บรรจุด้วยหมายเลขสเกลเท่ากับ 5 21
รูปที่ 11. ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรส 22

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1. ความเร็วของการบรรจุและร้อยละความคลาดเคลื่อนของเครื่องต้นแบบบรรจุซอสปรุงรส 16

ตารางที่ 2. น้ำหนักและปริมาตรของซอสปรุงรสที่บรรจุด้วยเครื่องบรรจุซอสปรุงรสต้นแบบโดยตั้งระบบการทำงานของเครื่องเป็นแบบบรรจุทีละครั้ง 17

ตารางที่ 3. น้ำหนักและปริมาตรการบรรจุซอสปรุงรส โดยใช้หมายเลขสเกลเท่ากับ 5 ในเวลา 1 นาที 20

ตารางที่ 4. คุณสมบัติของเครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรส 23

DEVELOPMENT ON THE PROTOTYPE OF THE FILLING SYSTEM FOR THAI SEASONING

Samphan Srisuriyawong, Torsak Nuenyai and Dumrongchai Sittisumang

ABSTRACT

Thailand Institute of Scientific and Technological Research has successfully designed and developed the prototype machine for filling liquid Thai sauces and dressings.

This machine uses a pneumatic system to control the opening-closing valve with the adjustable volume filling in the range of 50-500 ml and could be operated both automatically and semi-automatically with a pedal and only one filling dispenser. Moreover, the machine can be used with either high fibrous residue or highly viscous liquids. The experimental results of this machine on Thai sauces and dressings with various viscosities were as follows:

- for soy sauce of 2.86 cp viscosity, 10-12 bottles were filled per min.
- for chicken chili sauce of 1.082 cp, 10-12 bottles were filled per min.
- for chili sauce of 15.633 cp, 8-10 bottles were filled per min.

This statistic analysis of these experimental results showed merely less than 1% variation in filling volume.

การพัฒนาระบบการบรรจุต้นแบบสำหรับเครื่องปรุงรสอาหารไทย

สัมพันธ์ ศรีสุริยวงษ์[1], ต่อศักดิ์ นวลใย[1] และ ดำรงชัย สิทธิสำอางค์[1]

บทคัดย่อ

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ประสบความสำเร็จในการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุเครื่องปรุงรสอาหารไทย ซึ่งเป็นระบบการควบคุมการเปิด-ปิดของวาล์วด้วยระบบนิวเมติกที่มีระบบการบรรจุเป็นแบบปรับปริมาตร, สามารถปรับตั้งปริมาตรการบรรจุได้ตั้งแต่ 50-500 มิลลิลิตร, ใช้งานได้ทั้งแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยสวิตซ์เท้าเหยียบและแบบอัตโนมัติมีหัวบรรจุจำนวน 1 หัว, สามารถบรรจุได้กับของเหลวทุกชนิดทั้งที่มีกากใยและมีความหนืด โดยทดลองใช้งานเครื่องบรรจุต้นแบบสำหรับเครื่องปรุงรสอาหารไทยกับซอสปรุงรสที่มีความหนืดต่างกัน พบว่า

1. ซีอิ๊ว มีค่าความหนืด 2.86 cP ความเร็วของเครื่องบรรจุได้ 10-12 ขวด/นาที.
2. น้ำจิ้มไก่ มีค่าความหนืด 1,082 cP ความเร็วของเครื่องบรรจุได้ 10-12 ขวด/นาที.
3. ซอสพริก มีค่าความหนืด 15,663 cP ความเร็วของเครื่องบรรจุได้ 8-10 ขวด/นาที.

ซึ่งเมื่อทำการบรรจุซอสทั้ง 3 ชนิด ด้วยเครื่องบรรจุต้นแบบทั้งระบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติแล้วนำไปคำนวณทางสถิติ พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาตรที่บรรจุไม่เกินร้อยละ 1.

---

[1] ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหาและที่มาของโครงการ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้นำในด้านการผลิตอาหาร อุตสาหกรรมอาหารของประเทศไทยสามารถทำรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนนับแสนล้านบาทในแต่ละปี. การผลิตอาหารเพื่อการส่งออก โดยเฉพาะในระดับอุตสาหกรรมจำเป็นอย่างยิ่งต้องพึ่งพาเครื่องจักรอุปกรณ์ในการผลิตเพื่อให้ได้ปริมาณเพียงพอ, คุณภาพดี, ถูกสุขอนามัย, ไม่มีการปนเปื้อน, ปลอดเชื้อ และมีอายุการวางจำหน่ายนาน. ปัจจุบันการพัฒนาเครื่องจักรทางด้านอาหารของไทยยังไม่ทัดเทียมอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์, อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น. จากการศึกษาขีดความสามารถของอุตสาหกรรมเครื่องจักรทางด้านอาหารของไทย โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) เมื่อปี 2543 พบว่า การพัฒนาเครื่องจักรในอุตสาหกรรมอาหารมีจำกัด, มักจะเป็นลักษณะตามสั่งและลอกเลียนแบบ ทำให้ยังไม่ได้คุณภาพดีเท่าที่ควร พบในโรงงานขนาดเล็กมากเป็นส่วนใหญ่. ส่วนเครื่องจักรขนาดใหญ่ที่มีความละเอียดแม่นยำสูงมักนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ขาดดุลการค้าในส่วนนี้เป็นจำนวนมาก. ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาเครื่องจักรในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อให้ได้คุณภาพมีมาตรฐานลดการนำเข้าเครื่องจักร, ลดต้นทุนการผลิต, ช่วยสนับสนุนภาคการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เพื่อเพิ่มโอกาสและศักยภาพของการพัฒนาอาหารไทยสู่ตลาดโลก. ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารจะมีขั้นตอนการผลิต 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงเตรียมวัตถุดิบ, ช่วงการแปรรูป และช่วงการบรรจุภัณฑ์. สำหรับเครื่องบรรจุภัณฑ์เป็นเครื่องจักรที่มีราคาแพง มักมีการนำเข้าจากต่างประเทศมีการพัฒนาในประเทศน้อย. เล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาเครื่องบรรจุต้นแบบสำหรับเครื่องปรุงรสอาหารไทย เพื่อให้ภาคอุตสาหกรรมดังกล่าวเข้มแข็งสามารถพึ่งพาตนเองได้.

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 ออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุต้นแบบสำหรับเครื่องปรุงรสอาหารไทยพร้อมรายละเอียดทางวิศวกรรม.

1.2.2 ผลการทดลองการใช้งานจริงของเครื่องบรรจุต้นแบบสำหรับเครื่องปรุงรสอาหารไทย.

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 การบรรจุเครื่องปรุงรสถูกหลักอนามัย, ไม่มีการปนเปื้อน, ปลอดเชื้อมีอายุการวางจำหน่ายนาน.

1.3.2 ลดต้นทุนการผลิต, เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต, ลดการนำเข้าเครื่องบรรจุจากต่างประเทศ.

1.4 แนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องจักรบรรจุภัณฑ์ (เครื่องจักรบรรจุของเหลว) หมายถึง เครื่องจักรที่ใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลวทั้งที่เป็นของเหลวใส เช่น น้ำดื่มหรือเครื่องดื่มต่างๆ, ตลอดจนของเหลวข้น เช่น น้ำมันพืช, น้ำมันเครื่อง หรือน้ำจิ้มปรุงอาหารต่างๆ เป็นต้น, ภาชนะที่ใช้บรรจุเป็นได้ทั้งขวดและถุง วัสดุของภาชนะบรรจุเป็นแก้วหรือพลาสติก.

1.4.1 เทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิต

กลุ่มเครื่องบรรจุสินค้า (filling machine) สามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่างๆได้อย่างมากมาย อาทิเช่น การแบ่งตามคุณลักษณะทางกายภาพของสินค้าที่บรรจุ ซึ่งจะสามารถแบ่งเป็นเครื่องบรรจุสินค้าได้ ดังนี้ :

1. ของแข็งหรือของแห้ง (dry products).
2. ของเหลว (liquid).
3. ของเหลวข้น/หนืด/ครีม (viscous or paste)

สำหรับการแบ่งตามลักษณะของภาชนะ/บรรจุภัณฑ์เป็นเครื่องบรรจุขวด, ถ้วย, ถาด หรือซองชนิดต่างๆ ในกลุ่มของเครื่องบรรจุของเหลวสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยโดยอาศัยหลักการบรรจุ 2 วิธี คือ **:**

1.4.1.1 การบรรจุแบบวัดปริมาตร (volumetric filling)

การบรรจุแบบวัดปริมาตรคงที่สามารถแบ่งออกเป็นแบบย่อยๆ อีกหลายวิธี โดยแบบที่นิยมใช้มากเป็นชนิดที่อาศัยการทำงานของลูกสูบ (piston) ร่วมกับการควบคุมลิ้นเปิด-ปิดชนิดต่างๆ (reciprocating หรือ rotating valve) ในการดูดของเหลวจากภาชนะเก็บให้ไหลเข้ามาภายในกระบอกสูบจนได้ปริมาตรที่ต้องการ แล้วกลับทิศทางช่องเปิดของลิ้น เพื่อปล่อยของเหลวจากกระบอกสูบไปยังบรรจุภัณฑ์. กรณีของเหลวที่จะบรรจุมีราคาแพงต้องบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ที่มีช่องเปิดหรือปากค่อนข้างแคบ ซึ่งต้องการความแม่นยำของปริมาตรสูง อาจใช้วิธีการทำงานของไดอะแฟรมร่วมกับอากาศหรือก๊าซเฉื่อยอัด เพื่อควบคุมการวัดปริมาตรของของเหลวที่จะบรรจุ. ส่วนวิธีสุดท้ายที่อาศัยหลักการวัดปริมาตรนี้ คือ การควบคุมการบรรจุด้วยเวลาและอัตราการไหล (time flow filling) ซึ่งทำได้ด้วย 3 วิธีย่อย คือ :

1) การหมุนของจานตวง (rotating metering disc) ที่มีการควบคุมขนาดช่องเปิดหรือหลุมของจานร่วมกับการควบคุมอัตราการไหลของของเหลวในการป้อนลงสู่ภาชนะ.

2) การควบคุมความเร็วและเวลาในเครื่องบรรจุแบบ rotary pump ซึ่งการบรรจุด้วยวิธีนี้ สามารถควบคุมความแม่นยำได้ถึง $\pm$ 1 มิลลิลิตร.

3) การควบคุมความเร็วและเวลาในการหมุนของสว่านหรือ auger เพื่อป้อนของเหลวลงภาชนะบรรจุ วิธีนี้เหมาะกับของเหลวที่มีความหนืดค่อนข้างสูง.

1.4.1.2 การบรรจุแบบระดับคงที่ (constant level filling)

การบรรจุแบบระดับคงที่เป็นการบรรจุที่ใช้เมื่อต้องการสร้างความเชื่อมั่นให้ลูกค้าว่าได้รับสินค้าครบถ้วน เนื่องจากมองเห็นระดับของสินค้าที่บรรจุภายใน. โดยปกติจึงเป็นวิธีบรรจุสินค้าลงในภาชนะหรือบรรจุภัณฑ์ที่มีความใส เช่น บรรจุภัณฑ์แก้วและพลาสติก, การบรรจุด้วยวิธีนี้จะแบ่งออกเป็นวิธีการย่อยๆ ได้อีกหลายวิธี คือ :

1) การบรรจุโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง (gravity filling) เป็นวิธีบรรจุที่เรียบง่าย เหมาะสมกับสินค้าที่เป็นของเหลวใส.

2) การบรรจุโดยใช้สุญญากาศ (vacuum filling).

3) การบรรจุโดยอาศัยแรงโน้มถ่วงร่วมกับสุญญากาศ (gravity and vacuum filling), วิธีการบรรจุทั้งสองวิธีนี้ไม่เหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์อ่อนตัว โดยปกติจึงพบในการใช้งานกับบรรจุภัณฑ์ที่มีความคงรูป. อย่างไรก็ตาม ระดับของสุญญากาศที่ใช้ก็ไม่เป็นสุญญากาศสมบูรณ์เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยวเสียรูปทรงของบรรจุภัณฑ์.

4) การบรรจุโดยอาศัยแรงดัน (pressure filling) เป็นวิธีซึ่งใช้แรงดันผลักตัวสินค้าผ่านหัวจ่ายลงในบรรจุภัณฑ์ซึ่งมีกลไกควบคุมคอยตรวจระดับการบรรจุ.

วิธีการบรรจุทั้งหมดที่กล่าวมา จะมีอุปกรณ์ควบคุมการจ่ายของเหลว เช่น ไมโครโพรเซสเซอร์ หรือ PLC (programmable logic control) ในการทำหน้าที่สั่งงานให้หัวจ่ายเริ่มหรือหยุดจ่ายของเหลว.

การจำแนกชนิดของเครื่องบรรจุของเหลวยังอาจแบ่งตามลักษณะของการทำงานร่วมกับสายการผลิตได้เป็น 2 ชนิด คือ :

1) แบบ straight-line หรือที่นิยมเรียกว่าแบบ in-line แบบนี้จะมีหัวจ่ายของเหลวเพียงหนึ่งหัวหรือหลายหัวเรียงเป็นแนวเส้นตรง. เมื่อบรรจุภัณฑ์ที่จะเติมของผ่านเข้ามาในตำแหน่งบรรจุ, บรรจุภัณฑ์อาจหยุดเพื่อรอหัวจ่ายเติมของเหลวจนถึงระดับที่กำหนดแล้วจึงปล่อยออกจากจุดเติมไปหรือหัวจ่าย, ของเหลวอาจเคลื่อนที่ไปกับการเคลื่อนที่ของบรรจุภัณฑ์พร้อมๆ กับการเติมของเหลวด้วย, เครื่องบรรจุชนิดนี้มีความเร็วค่อนข้างต่ำและมีการใช้งานกับภาชนะบรรจุที่มีปริมาตรค่อนข้างมาก.

2) แบบ rotary จะมีอุปกรณ์ในการนำบรรจุภัณฑ์ที่จะเติมของเหลวออกจากแนวเส้นตรง (rotating star wheels) เข้าสู่ระบบหัวจ่ายที่มีการติดตั้งหัวจ่ายของเหลวเป็นจำนวนมาก (อาจมากกว่า 100 หัวจ่ายในหนึ่งระบบ) ในแนววงกลม, หัวจ่าย จะเคลื่อนที่ไปกับบรรจุภัณฑ์พร้อมๆ กับการเติมของเหลวทำให้มีความเร็วในการบรรจุสูงมาก เช่น การบรรจุเครื่องดื่มสามารถทำได้มากกว่า 2,000 ขวดต่อนาที.

รูปที่ 1. เครื่องจักรบรรจุของเหลวแบบ straight-line หรือแบบ in-line.

รูปที่ 2. เครื่องจักรบรรจุของเหลวประเภทแบบ rotary.

วิธีบรรจุซึ่งอาจนับได้ว่าเป็นวิธีการใหม่ในปัจจุบันคือ การชั่งน้ำหนัก (weight filling), วิธีการนี้ใช้การชั่งน้ำหนักของของเหลวแทนการวัดปริมาตรในการควบคุมปริมาณของเหลวที่จะบรรจุ. ตัวอย่างการใช้งานการบรรจุแบบนี้ เช่น ในเครื่องบรรจุของเหลวลงขวดแบบ rotary. ขวดเปล่าที่ถูกป้อนเข้าเครื่องบรรจุแต่ละขวดจะถูกชั่งน้ำหนัก (tare weight) โดยโหลดเซลล์ที่ติดตั้งอยู่ที่ฐานรองรับ. เมื่อหัวจ่ายจ่ายของเหลวลงในขวด น้ำหนักสุทธิของของเหลวจะถูกติดตามและคำนวณโดยหักออกจากน้ำหนักขวดเปล่าตลอดการเติม หัวจ่ายจะหยุดเติมของเหลวทันทีที่น้ำหนักสุทธิของเหลวถึงค่าที่ตั้งไว้ ทำให้การบรรจุมีความแม่นยำสูงมาก.

1.4.2 กระบวนการผลิตเครื่องจักรบรรจุของเหลว

ในบรรดาผู้ประกอบการผลิตเครื่องจักรบรรจุของเหลวทั้งหลายนี้ ผู้ผลิตจำนวนไม่น้อยเริ่มทำธุรกิจจากการเป็นตัวแทนจำหน่ายของบริษัทเครื่องจักรจากต่างประเทศ, บางรายดำเนินธุรกิจในลักษณะการร่วมทุนกับต่างประเทศเพื่อรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากบริษัทต่างชาติ เช่น เยอรมนี, ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา. ผู้ผลิตบางรายได้พัฒนาขีดความสามารถในการผลิตของตนเองขึ้นและปรับปรุงสายการผลิตของตนให้สอดคล้องกับความต้องการใช้งานเฉพาะ จนเป็นที่ยอมรับของกลุ่มผู้ใช้ ทำให้ระดับเทคโนโลยีของเครื่องจักรแตกต่างกันไปตามข้อจำกัดทั้งบุคลากรและเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต. อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาภาพรวมแล้ว อุตสาหกรรมไทยยังคงเป็นผู้ซื้อเครื่องจักรและรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยตรงจากผู้ผลิตจากต่างประเทศมากกว่าการถ่ายทอดเทคโนโลยีและพัฒนาเครื่องจักรบรรจุของเหลวที่ผลิตมีขนาดเล็ก, กลไกการทำงานไม่ซับซ้อน และราคาไม่แพงขึ้นภายในประเทศ.

1.4.3 เทคโนโลยีและเทคนิคในการผลิต

1.4.3.1 ชุดจับคอขวด แบบ neck support

ชุดจับคอขวดถือเป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญชิ้นหนึ่ง เนื่องจากเป็นชิ้นส่วนที่ต้องการความเที่ยงตรงและแม่นยำในการจับคอขวด เพื่อจะทำการป้อนของเหลวเข้าไปในขวดได้ตรงตำแหน่ง. ปัจจุบันเทคโนโลยีในการออกแบบชุดจับคอขวด ยังต้องคำนึงถึงความยากของการบรรจุภาชนะที่มีน้ำหนักเบา เช่น ขวด PET, รวมถึงความยากในการส่งสัญญาณการควบคุมวาล์วที่ใช้ในการปล่อยของเหลวลงในภาชนะ.

รูปที่ 3. เทคโนโลยีชุดจับคอขวดแบบ neck support.

ขั้นตอนการทำงาน เริ่มจากภาชนะจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องบรรจุด้วยสายพานลำเลียงเข้ามาสู่แท่นสำหรับจ่ายของเหลว โดยขวดจะถูกบล็อกอยู่ในช่องจับขวดของวงล้อจับขวด (star wheel). เมื่อตรงตามตำแหน่งที่กำหนด ชุดจับคอขวดจะเลื่อนลงมาสู่ปากขวดด้วยนิวเมติกในการอัดแรงดันลมให้ชุดจับคอขวดสามารถจับปากขวดได้แน่น, ในขณะเดียวกัน ชุดวาล์วควบคุมการปล่อยของเหลวจะถูกสัมผัสและสั่งการให้ระบบปล่อยของเหลวทำงาน. หลังจากบรรจุของเหลวเสร็จวาล์วปล่อยของเหลวจะหยุดทำงาน. วงล้อจับขวดจะเลื่อนขวดถัดไปเข้ามาสู่กระบวนการบรรจุต่อไป ส่วนขวดที่บรรจุเต็มแล้วจะถูกเลื่อนไปสู่กระบวนการปิดฝาต่อไป.

1.4.3.2 ชุดจับคอขวดแบบ neck rail

เป็นเทคนิคในการจับคอขวดที่จะใช้ในระบบการบรรจุที่ต้องการความเร็วสูง, ระบบนี้เป็นระบบที่นำมาใช้แทนชุดจับคอขวดแบบ neck support. การติดตั้งชุด neck rail wheel จะติดตั้งอยู่ในระดับคอขวด ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทั้งในด้านความเร็วและความแม่นยำ.

รูปที่ 4. ชุดจับคอขวดแบบ neck rail.

หลักการทำงานของระบบนี้ จะป้อนขวดเข้ามาในระบบบรรจุด้วยชุดเกลียวขับเคลื่อน (timing screw), ขวดจะถูกป้อนเข้ามายังแท่นจับคอขวดที่หมุนได้ ซึ่งติดตั้งอยู่ในระดับคอขวด. ช่องจับคอขวดจะมีหน้าที่ 2 ส่วน คือ ทำการดันคอขวดให้สัมผัสกับวาล์วควบคุมการจ่ายของเหลว และช่วยในการประคองขวดระหว่างที่มีการบรรจุและสามารถเคลื่อนที่ไปยังขวดถัดไปได้อย่างรวดเร็ว.

1.4.3.3 ชุดจับคอขวดแบบ neck grip

เทคโนโลยีการจับคอขวดแบบ neck grip เป็นเทคโนโลยีในการจับคอขวดที่ทันสมัยที่สุดในขณะนี้ เนื่องจากมีความเร็วและความแม่นยำในการบรรจุเป็นอย่างมาก คาดว่าอนาคต อาจเข้ามาแทนที่ระบบในการจับขวดแบบดั้งเดิม เนื่องจากสามารถเชื่อมโยงกับระบบการปิดฝาได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถออกแบบโปรแกรมในการควบคุมการจับและตำแหน่งการวางได้ทั้งหมด, เหมาะสำหรับการจับขวดได้หลายขนาด และสามารถประยุกต์การบรรจุได้หลากหลาย.

รูปที่ 5. ชุดจับคอขวดแบบ neck grip.

หลักการทำงานของระบบนี้ จะใช้ระบบนิวเมติกหรือระบบทางกลในการป้อนขวดเข้าสู่ระบบการบรรจุ, ขวดจะถูกจับด้วย neck grip ที่บริเวณใต้คอขวดและจะถูกยกขึ้นมาจ่อยังวาล์วควบคุมการจ่ายของเหลวและทำการบรรจุของเหลวลงในขวด. หลังจากบรรจุเสร็จ ขวดจะถูกเคลื่อนไปสู่ระบบการปิดฝาด้วยตัว neck grip ที่อยู่อีกวงรอบหนึ่ง โดยจะทำการส่งต่อขวดตรงจุดที่ได้ทำการป้อนโปรแกรมเอาไว้. ระบบการจับขวดแบบ neck grip เหมาะสำหรับระบบการบรรจุที่ต้องการความต่อเนื่องของการทำงาน ตั้งแต่การบรรจุ, การปิดฝา, การปิดฉลาก เป็นต้น.

1.4.4 การหาค่าความคลาดเคลื่อน

การวัดปริมาณต่างๆ ด้วยเครื่องมือ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถวัดได้อย่างแม่นยำภายใต้ขีดจำกัดในระดับหนึ่ง ซึ่งโดยทั่วไปจะมีความผิดพลาด (error) เกิดขึ้นอยู่เสมอ. โอกาสที่จะวัดได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงของปริมาณที่วัดได้จะมากหรือน้อยขึ้นกับเครื่องมือ, วิธีการวัด, สถานการณ์ที่ทำการวัด, รวมทั้งความสามารถและประสบการณ์ของผู้ที่ทำการวัด และปัจจัยอื่นๆ ซึ่งสามารถสรุปสาเหตุของความคลาดเคลื่อนได้ดังนี้ คือ :

1. Personal error เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความสะเพร่าของผู้ปฏิบัติงาน ต้องมีการแก้ไขโดยการระมัดระวังและทำการทดลองซ้ำหลาย ๆ ครั้ง.

2. Systematic error เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการจัดและใช้เครื่องมือแบบผิดวิธีหรือใช้เครื่องมือในสภาพแวดล้อมที่ต่างไปจากที่กำหนดให้ใช้ เป็นต้น.

3. Random error เป็นความคลาดเคลื่อนที่นอกเหนือจากข้อที่ 1 และ 2 เช่น การอ่านสเกลจากมิเตอร์ผิดพลาด, การจับเวลาในขณะเริ่มต้น หรือหยุดเวลา เป็นต้น.

ในการวัดปริมาณใดๆ นั้น ถ้าต้องการให้การวัดมีความน่าเชื่อถือหรือมีความแม่นยำจำเป็นทำซ้ำกันหลายครั้ง. อย่างไรก็ตาม ค่าที่วัดแต่ละครั้งอาจไม่เท่ากัน เนื่องจากการวัดในแต่ละครั้งอาจมีความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปรวน. ดังนั้น การนำเสนอข้อมูลหรือค่าที่วัดได้จึงต้องอยู่ในรูปของค่าเฉลี่ย (mean) พร้อมทั้งความคลาดเคลื่อนของค่าที่วัดนั้นๆ ด้วย. ขณะเดียวกันการบันทึกและการนำเสนอข้อมูล จำนวนตัวเลขจะต้องไม่เกินความจำเป็น, กล่าวคือ จะต้องมีเพียงเลขนัยสำคัญเท่านั้น. ปกติการทดลองใดๆ ถ้าจะให้ได้ค่าเฉลี่ยที่ถูกต้อง จำนวนข้อมูลที่รวบรวมมานั้นจะต้องมีจำนวนมาก ซึ่งในทางสถิติ เรียกว่า ประชากร, แต่ในทางปฏิบัติ การรวบรวมข้อมูลอาจทำได้เพียงบางส่วนเท่านั้น ซึ่งเรียกว่าตัวอย่าง (sample) ดังนั้น เพื่อให้ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของตัวอย่างสามารถอธิบายประชากรได้, สมการของความแปรปรวนของตัวอย่างจึงเป็นดังนี้ :

$$S^2 = \frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1} \qquad \text{---------- (1)}$$

เมื่อ S^2 เป็นความแปรปรวนของตัวอย่าง,

Xi เป็นข้อมูลตัวอย่าง,

$\bar{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูล,

n เป็นจำนวนตัวอย่าง

โดยที่ค่าการกระจาย (dispersion) ของข้อมูลตัวอย่างที่เรียกว่า **ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน** (standard deviation) ได้จากสมการต่อไปนี้ :

$$S = \sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}} \qquad \text{---------- (2)}$$

เมื่อ $S = \sigma_{n-1}$ เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง.

ในการทดลองในห้องปฏิบัติการทั่วไป, การนำเสนอหรือแสดงปริมาณที่วัดได้ใดๆ ควรบอกทั้งค่าเฉลี่ยปริมาณนั้นๆ ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่แม่นยำที่สุด พร้อมทั้งความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปรวน ซึ่งในทางปฏิบัตินิยมบอกเป็น ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (α, standard error),

$$\alpha = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} \qquad \text{---------- (3)}$$

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

2.1 วัสดุ อุปกรณ์

1. โครงสร้างเครื่องทำจากเหล็กกล้าไม่เป็นสนิม เกรด SUS 304 ขนาด 50 x 60 x 120 ซม.
2. ถังบรรจุพร้อมฝาปิดด้านบน ขนาด 30 ลิตร. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 ซม.
3. หัวบรรจุ แบบ rotary valve ทำจากวัสดุ food grade ป้องกันการกัดกร่อนรั่วซึม.
4. ชุดควบคุมการเปิด-ปิด ของวาล์วด้วยระบบ pneumatic
5. ชุดควบคุมปริมาตรการบรรจุด้วยระบบ volumetric control.
6. กระบอกสูบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว.
7. กระบอกสูบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว.
8. กระบอกพักขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว.
9. ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติพร้อมสวิตซ์ควบคุมการทำงานด้วยมือแบบ push bottom switch, emergency switch, selector switch.
10. ระบบควบคุมการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติพร้อมสวิตซ์ควบคุมการทำงานด้วยเท้าแบบ foot valve.
11. ท่อส่งลมไนลอนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มม. ยาว 5 ม.
12. ชุดควบคุมและปรับคุณภาพลมอัด.
13. ปั๊มลมขนาด 1/4 แรงม้า แรงดัน 6 บาร์ ปริมาตรลมอัด 80 ลิตร/นาที.
14. ซอสปรุงรส ได้แก่ ซีอิ๊ว, ซอสพริก, น้ำจิ้มไก่, อย่างละ 10 ลิตร.
15. ขวดเปล่าขนาดปริมาตรการบรรจุ 300 มล. จำนวน 50 ขวด.

2.2 วิธีการทดสอบหาปริมาตรการบรรจุของเครื่องต้นแบบบรรจุซอสปรุงรส

1. ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องบรรจุซอสปรุงรส พร้อมกับกดสวิตซ์เปิดเครื่องตั้งระบบการทำงานของเครื่องเป็นแบบบรรจุทีละครั้ง.

2. เทซอสปรุงรสที่เตรียมไว้ลงในถังพักวัตถุดิบ จำนวน 10 ลิตร โดยเรียงลำดับดังนี้ ซีอิ้ว, น้ำจิ้มไก่ และซอสพริก.

3. ในการบรรจุตั้งหมายเลขสเกลปรับปริมาตรบนกระบอกสูบให้ตรงกับเลข 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ.

4. นำขวดเปล่าที่ล้างทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว มารองรับซอสปรุงรสดังกล่าว ทำการบรรจุทีละขวด โดยที่แต่ละสเกลปรับปริมาตรจะทำการบรรจุสเกลละ 3 ขวด.

5. นำขวดที่บรรจุแล้วมาชั่งน้ำหนักและวัดปริมาตร พร้อมหาค่าเฉลี่ยของแต่ละสเกลปรับปริมาตร บันทึกผลที่ได้ไว้ในตารางที่ 2.

6. นำค่าที่ได้มาแปลงเป็นกราฟ หาความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขสเกลปรับปริมาตรบนกระบอกสูบกับปริมาตรซอสปรุงรส.

รูปที่ 6. การทดสอบหาปริมาตรการบรรจุของเครื่องต้นแบบบรรจุซอสปรุงรส.

2.3 วิธีการหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องบรรจุซอสปรุงรส

1. ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องต้นแบบบรรจุซอสปรุงรส พร้อมกดสวิตซ์เปิดเครื่องโดยตั้งระบบการทำงานของเครื่องเป็นแบบบรรจุอัตโนมัติ.

2. เทซอสปรุงรสที่เตรียมไว้ลงในถังพักวัตถุดิบ จำนวน 10 ลิตร โดยเรียงลำดับดังนี้ ซอสปรุงรสที่ใช้ซีอิ้ว น้ำจิ้มไก่ และซอสพริก.

3. นำขวดเปล่ามารองรับซอสปรุงรสดังกล่าว พร้อมจับเวลาตั้งแต่กดสวิตซ์ จนกระทั่งจับเวลาครบ 1 นาที.

4. นับจำนวนขวดที่บรรจุได้ (ขวดต่อนาที) พร้อมทั้งชั่งน้ำหนักและวัดปริมาตร บันทึกผลที่ได้ (แสดงในตารางที่ 3).

5. นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาร้อยละความคลาดเคลื่อนของเครื่องต้นแบบบรรจุซอสปรุงรสตามสูตร.

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (α, standard error) จากสมการ (2) และ (3)

$$\alpha = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} = \frac{\sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{X})^2}{n-1}}}{\sqrt{n}} \qquad \text{---------- (4)}$$

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

การประกอบและติดตั้งเครื่องต้นแบบสำหรับเครื่องบรรจุซอสปรุงรส โดยเชื่อมโครงสร้างของเครื่องและถังพักวัตถุดิบก่อน, จากนั้นติดตั้งกระบอกสูบและกระบอกพักวัตถุดิบเข้าด้วยกัน โดยระมัดระวังตรงบริเวณรอยต่อให้มาก หากประกอบไม่แน่นอาจเกิดรอยรั่วได้, จากนั้นจึงเดินระบบไฟและระบบนิวเมติกเข้าด้วยกัน, เมื่อประกอบเสร็จแล้วจะได้เครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรสดังรูปที่ 7.

รูปที่ 7. เครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรส.

หลังจากทำการประกอบและติดตั้งเครื่องบรรจุซอสปรุงรสต้นแบบเรียบร้อยแล้ว จึงทดลองเดินเครื่อง เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงาน, โดยทำการทดลองกับซอสปรุงรสที่มีความหนืดต่างกันทั้งของเหลวใสและของเหลวข้น ทั้งที่มีกากใยและไม่มีกากใย เช่น ซีอิ๊ว, น้ำจิ้มไก่ และซอสพริก เป็นต้น. การบรรจุซอสปรุงรสแต่ละชนิดด้วยระบบกึ่งอัตโนมัติและระบบอัตโนมัติ, ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 1.

ตารางที่ 1. ความเร็วของการบรรจุและร้อยละความคลาดเคลื่อนของเครื่องต้นแบบบรรจุซอสปรุงรส

ซอสปรุงรส	ความเร็วของการบรรจุ (ขวดต่อนาที)		ร้อยละความคลาดเคลื่อนของการบรรจุ	ลักษณะทางกายภาพขณะทำการบรรจุ
	ระบบกึ่งอัตโนมัติ	ระบบอัตโนมัติ		
ซีอิ๊ว ไม่มีกากใย ความหนืดต่ำ (Viscosity = 2.86 cP)	10-12	12	±0.87	ขณะบรรจุน้ำซีอิ๊วลง ขวดจะเกิดฟองล้นออก มาบริเวณปากขวด
น้ำจิ้มไก่ มีกากใยความหนืดปานกลาง (Viscosity =1,082 cP)	10-12	12	±0.90	ขณะบรรจุน้ำจิ้มไก่ลงขวด ไม่มีน้ำล้นออกมา สามารถบรรจุได้ง่าย
ซอสพริก ไม่มีกากใย ความหนืดสูง (Viscosity =15,663 cP)	8-10	10	±0.66	ขณะบรรจุซอสพริกลงขวด ไม่มีซอสล้นออกมา สามารถบรรจุได้ง่าย แต่จะมีซอสค้างอยู่ที่หัวบรรจุ

หมายเหตุ : ค่าความหนืดดังกล่าวได้จากเครื่องวัดความหนืด

จากตารางพบว่า ความหนืดของซอสปรุงรสที่ใช้มีผลต่อความเร็วของการบรรจุ โดยซีอิ๊วและน้ำจิ้มไก่มีค่าความหนืดน้อยถึงปานกลาง ส่งผลให้ความเร็วของการบรรจุอยู่ที่ 10-12 ขวดต่อนาที. สำหรับซอสพริกที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่หนืดและข้นมาก ซึ่งมีผลต่อความเร็วในการบรรจุอยู่ที่ 8-10 ขวดต่อนาที. ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของการบรรจุซอสปรุงรสซีอิ๊ว น้ำจิ้มไก่และซอสพริก มีค่าเท่ากับ ±0.87, ±0.90 และ ±0.66 ตามลำดับ, ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนของซีอิ๊วเกิดจากมีน้ำซีอิ๊วบางส่วนล้นออกมาขณะทำการบรรจุลงขวด, ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำจิ้มไก่เกิดจากกากใยของเมล็ดและเนื้อพริก โดยซอสพริกเกิดจากความหนืดที่มีมาก ทำให้มีซอสบางส่วนค้างอยู่ภายในหัวบรรจุ.

ตารางที่ 2. น้ำหนักและปริมาตรของซอสปรุงรสที่บรรจุด้วยเครื่องบรรจุซอสปรุงรสต้นแบบ โดยตั้งระบบการทำงานของเครื่องเป็นแบบบรรจุทีละครั้ง

หมายเลขสเกล		ชนิดของซอสปรุงรส					
		ซีอิ๊ว		ซอสพริก		น้ำจิ้มไก่	
		น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มล.)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มล.)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มล.)
1		46	39.72	42	35.41	56	45.71
		48	41.45	44	37.10	54	44.08
		42	36.27	42	35.41	54	44.08
	เฉลี่ย	**45.33**	**39.15**	**42.67**	**35.98**	**54.67**	**44.63**
2		118	101.90	116	97.81	118	96.33
		108	93.26	118	99.49	124	101.22
		126	108.81	116	97.81	120	97.96
	เฉลี่ย	**117.33**	**101.32**	**116.67**	**98.37**	**120.67**	**98.50**
3		200	172.71	190	160.20	214	174.69
		202	174.44	188	158.52	216	176.33
		206	177.89	188	158.52	204	166.53
	เฉลี่ย	**202.67**	**175.01**	**188.67**	**159.08**	**211.33**	**172.52**
4		280	241.80	260	219.22	296	241.63
		275	237.48	262	220.91	294	240.00
		278	240.07	260	219.22	294	240.00
	เฉลี่ย	**277.67**	**239.78**	**260.67**	**219.79**	**294.67**	**240.54**
5		349	301.38	330	278.25	376	306.94
		352	303.97	332	279.93	376	306.94
		350	302.25	332	279.93	378	308.57
	เฉลี่ย	**350.33**	**302.53**	**331.33**	**279.37**	**376.67**	**307.48**

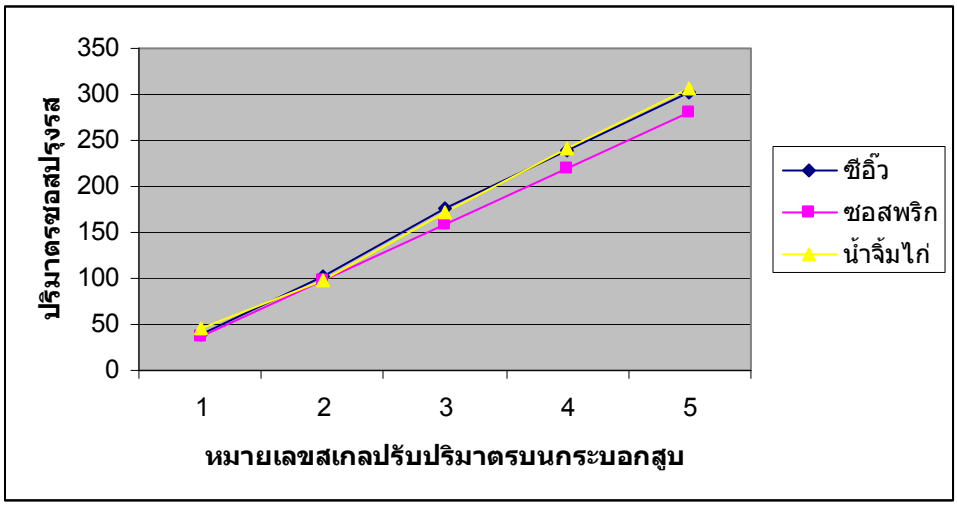
หมายเหตุ : ค่าความหนาแน่น (ρ) ของซอสปรุงรสที่ได้จากการทดลองมีค่าดังนี้ :

ความหนาแน่นของซีอิ๊ว = 1.158 กรัม/มล.

ความหนาแน่นของซอสพริก = 1.186 กรัม/มล.

ความหนาแน่นของน้ำจิ้มไก่ = 1.225 กรัม/มล.

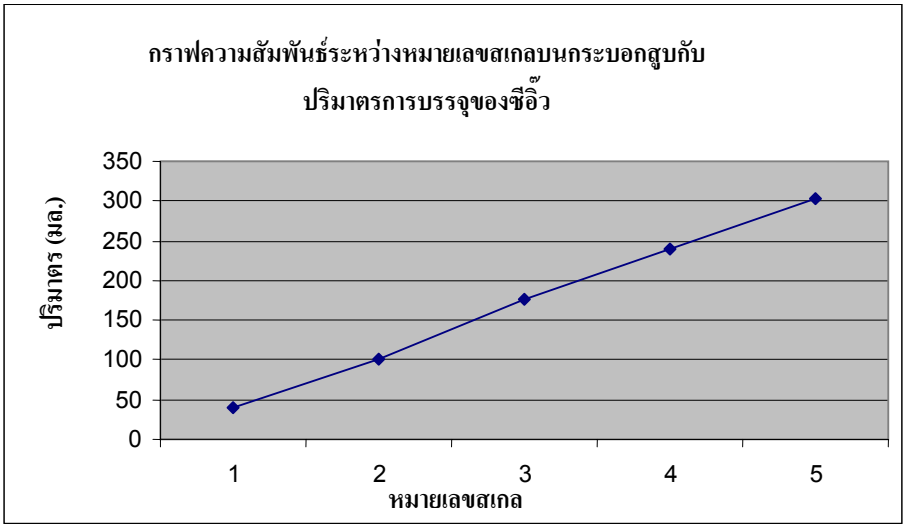
จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของปริมาตรแต่ละหมายเลขสเกลตั้งแต่ 1-5 ของซีอิ๊ว น้ำจิ้มไก่ และซอสพริกที่ได้จากตารางที่ 2 มาแปลงเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขสเกลปรับปริมาตรกับปริมาตรของซอสปรุงรสดังแสดงในรูปที่ 8. ตัวอย่างปริมาตรการบรรจุซอสปรุงรส ดังแสดงในรูปที่ 9.

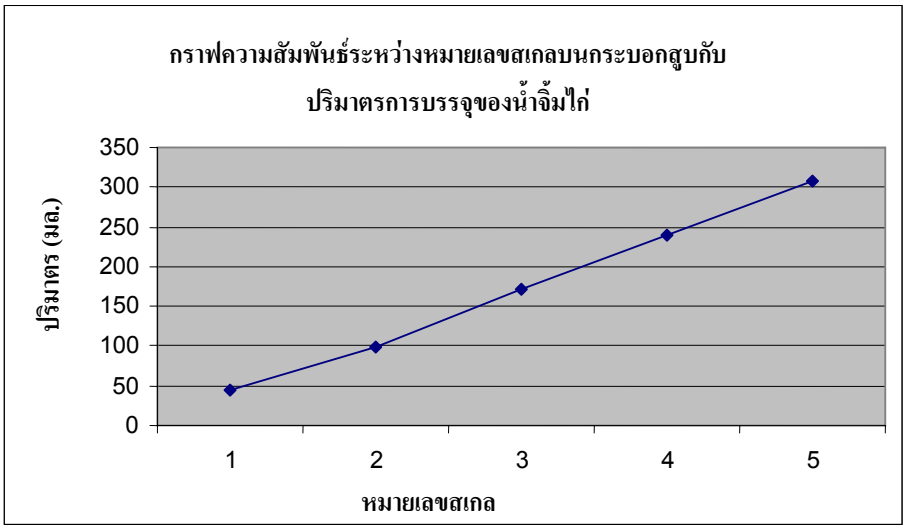


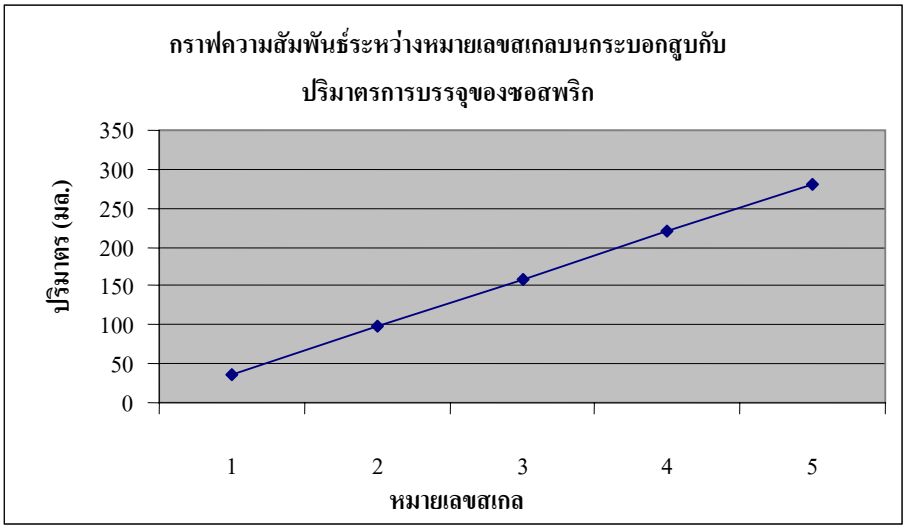
รูปที่ 8. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขสเกลกับปริมาตรซอสปรุงรส.

รูปที่ 9. ตัวอย่างปริมาตรการบรรจุซอสปรุงรสที่หมายเลขสเกล 1, 2, 3, 4 และ 5.

นำกราฟในรูปที่ 8 มาแยกเป็นแต่ละกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขสเกลบนกระบอกสูบกับปริมาตรซอสปรุงรส ดังนี้ :







หลังจากได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขสเกลบนกระบอกสูบกับปริมาตรของซอสปรุงรสแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาปรับปริมาตรที่ต้องการบรรจุ, ซึ่งในการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องนั้นจะใช้หมายเลขสเกลเดียว คือ หมายเลข 5 ในการบรรจุซอสทุกชนิด เนื่องจากเป็นหมายเลข ที่บรรจุแล้วปริมาตรของซอสที่ได้ใกล้เคียงกับขนาดบรรจุของขวดที่เตรียมไว้ โดยจับเวลา 1 นาทีในการบรรจุซอสปรุงรสแต่ละชนิด ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. น้ำหนักและปริมาตรการบรรจุซอสปรุงรส โดยใช้หมายเลขสเกลเท่ากับ 5 ในเวลา 1 นาที

ขวดที่	ซีอิ๊ว		น้ำจิ้มไก่		ซอสพริก	
	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มล.)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มล.)	น้ำหนัก (กรัม)	ปริมาตร (มล.)
1	352	303.97	368	300.41	330	278.25
2	354	305.70	372	303.67	330	278.25
3	352	303.97	372	303.67	328	276.56
4	354	305.70	368	300.41	326	274.87
5	356	307.43	370	302.04	328	276.56
6	352	303.97	372	303.67	328	276.56
7	346	298.79	366	298.78	322	271.50
8	356	307.43	368	300.41	326	274.87
9	348	300.52	366	298.78	326	274.87
10	352	303.97	364	297.14	326	274.87
11	354	305.70	346	282.45		
12	358	309.15	376	306.94		
เฉลี่ย	**352.83**	**304.69**	**367.33**	**299.86**	**327**	**275.72**

จากตารางเมื่อปรับหมายเลขสเกลเท่ากับ 5 พบว่า ปริมาตรเฉลี่ยของซีอิ๊ว, น้ำจิ้มไก่ และซอสพริกที่ได้เท่ากับ 304.69 มิลลิลิตร, 299.86 มิลลิลิตร และ 275.72 มิลลิลิตร ตามลำดับ, ในเวลา 1 นาที. เครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรสสามารถบรรจุซีอิ๊วกับน้ำจิ้มไก่ลงขวดได้จำนวน 12 ขวด, ส่วนซอสพริกบรรจุลงขวดได้ 10 ขวด.

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรส พบว่า เครื่องดังกล่าวสามารถทำการบรรจุได้กับของเหลวทุกชนิด รวมทั้งชนิดที่มีกากใย, ของเหลวหนืดข้น, ของเหลวใส เช่น ซีอิ๊ว, น้ำจิ้มไก่ ซอสพริก, ซอสมะเขือเทศ และน้ำจิ้มต่างๆ. โดยขนาดบรรจุแต่ละครั้งสามารถปรับตั้งได้ตั้งแต่ 50 - 500 มิลลิลิตร, โดยการปรับหมายเลขสเกลปรับปริมาตรทางด้านท้ายของตัวเครื่อง. ความเร็วในการบรรจุ 8-12 ขวดต่อนาที, ระบบการบรรจุเป็นแบบปรับปริมาตร สามารถบรรจุได้ทีละครั้งโดยใช้สวิตซ์เท้าเหยียบหรือบรรจุแบบอัตโนมัติต่อเนื่องด้วยระบบของเครื่อง. ผลการทดลองการใช้งานเครื่องต้นแบบสำหรับเครื่องบรรจุปรุงรสอาหารไทยกับซอสปรุงรสที่มีความหนืดต่างกัน พบว่า

1. ซีอิ๊ว มีค่าความหนืด 2.86 cP ความเร็วของเครื่องบรรจุได้ 10-12 ขวดต่อนาที.
2. น้ำจิ้มไก่ มีค่าความหนืด 1,082 cP ความเร็วของเครื่องบรรจุได้ 10-12 ขวดต่อนาที.
3. ซอสพริก มีค่าความหนืด 15,663 cP ความเร็วของเครื่องบรรจุได้ 8-10 ขวดต่อนาที.

รูปที่ 10. ตัวอย่างขวดซีอิ๊ว น้ำจิ้มไก่ และซอสพริก ที่บรรจุด้วยหมายเลขสเกลเท่ากับ 5.

เมื่อทำการบรรจุซอสทั้ง 3 ชนิด ด้วยเครื่องบรรจุต้นแบบทั้งระบบกึ่งอัตโนมัติและอัตโนมัติแล้วนำไปคำนวณทางสถิติ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาตรที่บรรจุไม่เกินร้อยละ 1.

4.1 ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรส

รูปที่ 11. ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรส.

4.2 หลักการทำงานของเครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรส

การทำงานอาศัยหลักการของระบบนิวเมติกในการควบคุมกระบอกพักวัตถุดิบ โดยใช้ระบบการวัดปริมาตรแบบคงที่ (volumetric filling) อาศัยการทำงานของลูกสูบร่วมกับการควบคุมลิ้นปิด-เปิด ในการดูดซอสปรุงรสจากถังพักวัตถุดิบเข้ามาในกระบอกพักจนได้ปริมาตรตามต้องการแล้วกลับทิศทางช่องเปิดของลิ้นเพื่อปล่อยซอสปรุงรสลงภาชนะบรรจุ โดยปรับปริมาตรการบรรจุด้วยการหมุนปรับหมายเลขสเกลท้ายตัวเครื่อง.

สำหรับการใช้งานของเครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรส โดยเทซอสปรุงรสที่ต้องการลงในถังพักวัตถุดิบ, จากนั้นเลือกระบบของการบรรจุ หากต้องการบรรจุครั้งละขวด หมุนสวิตซ์ไปยังตำแหน่งบรรจุทีละครั้ง, จากนั้นนำขวดเปล่ามารองรับตรงบริเวณด้านล่างหัวบรรจุ แล้วใช้เท้าเหยียบสวิตซ์ด้านล่าง หากต้องการบรรจุให้เร็วขึ้นและแม่นยำ สามารถเลือกระบบการบรรจุเป็นบรรจุอัตโนมัติ, ภายหลังจากใช้งานเรียบร้อยแล้วควรถอดกระบอกพักวัตถุดิบออกล้างทำความสะอาดทุกครั้ง โดยการคลายน็อตหน้าแปลน รวมทั้งถอดล้างบริเวณลิ้นปิด-เปิด

ถังพักวัตถุดิบ และหัวบรรจุให้สะอาดด้วยน้ำเปล่าหรือน้ำยาทำความสะอาด ควรรอให้อุปกรณ์ทุกชิ้นแห้งสนิทก่อนแล้วจึงประกอบเครื่องกลับเหมือนเดิม, สำหรับคุณสมบัติของเครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรสได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.

ตารางที่ 4. คุณสมบัติของเครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรส

Technical information	**รายละเอียดของเครื่องบรรจุซอสปรุงรส**
1. จำนวนหัวบรรจุ	1 หัวบรรจุ
2. ระบบบรรจุขนาด	50-500 ซีซี.
3. ระบบการบรรจุ	แบบอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติ
4. ความเร็วของเครื่อง	8-12 ขวดต่อนาที
5. ถังพักวัตถุดิบขนาดบรรจุ	30 ลิตร
6. ผลิตภัณฑ์บรรจุ	ของเหลวที่มีความหนืด กากใย เช่น น้ำผลไม้ น้ำจิ้มซอสปรุงรสต่างๆ เป็นต้น
7. ชนิดขวดพลาสติก	ขวดแก้ว ขวดพลาสติกทำจาก PET
8. กำลังไฟฟ้า	220 โวลต์ 50 Hz 3 แอมป์
9. กำลังลม	6 บาร์
10. น้ำหนัก	50 กก.
11.ขนาดของเครื่อง : กว้าง x ยาว x สูง	50 x 120 x 160 มม.

5. ข้อเสนอแนะ

1. ไม่ควรใช้เครื่องต้นแบบสำหรับบรรจุซอสปรุงรสกับของเหลวที่มีกากใยขนาดใหญ่กว่าหัวบรรจุ เช่น ซอสเต้าเจี้ยว.

2. การบรรจุด้วยระบบอัตโนมัติจะให้ความแม่นยำกว่าแบบกึ่งอัตโนมัติ ดังนั้นควรใช้ระบบการบรรจุแบบอัตโนมัติในการบรรจุเครื่องปรุงรสที่มี.

3. ในขณะเริ่มเดินเครื่องใหม่ๆ ปริมาตรการบรรจุของขวดแรกๆ จะยังไม่คงที่ ดังนั้นควรลองเครื่องประมาณ 3-5 ขวด แล้วจึงเริ่มทำการบรรจุจริง.

4. ในการล้างทำความสะอาดเครื่องควรถอดล้างหน้าแปลน เพื่อล้างภายในกระบอกพักทุกครั้ง หลังใช้งานเสร็จเพื่อป้องกันการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์.

6. บรรณานุกรม

วัยโรจนวงศ์, ธนิสร์ และคณะ. 2549. การพัฒนาเครื่องบรรจุวัสดุใส่ถุงแบบต่อเนื่อง. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, รายงานฉบับที่ 1 (ฉบับสมบูรณ์), โครงการวิจัยที่ ภ. 48-05.

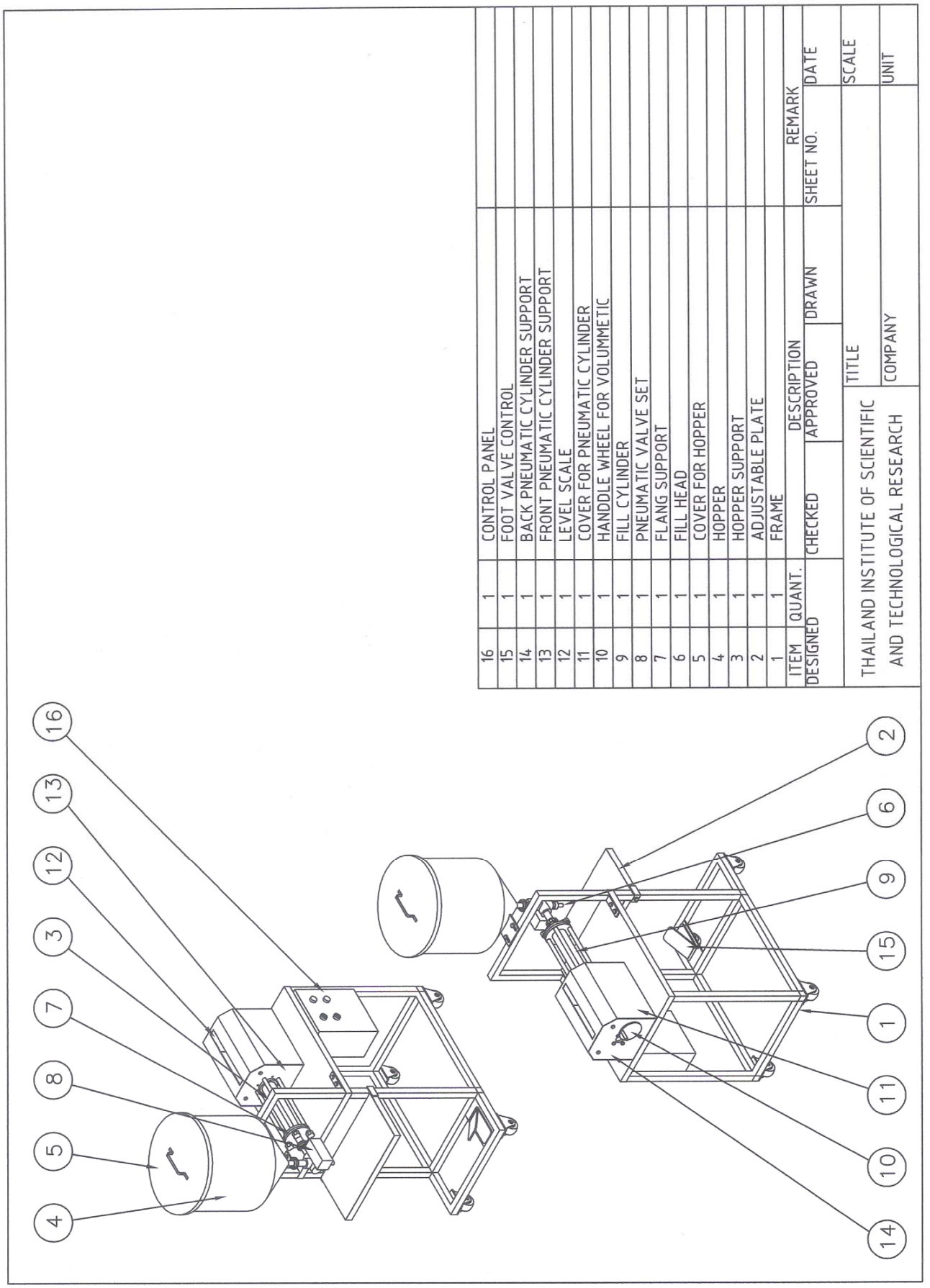
ศรีทอง, ชาคริต และ สายสุนทร, ศุภกิตต์. 2550. เครื่องบรรจุพริกเผาแบบสกรู (Screw Chill Paste Pacing Machine). กรุงเทพฯ : กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.

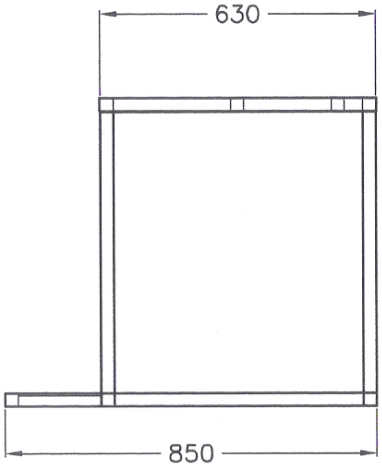
สถาบันไทย-เยอรมัน. 2547. โครงการศึกษาการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต สาขาเครื่องจักรบรรจุภัณฑ์ (เครื่องจักรบรรจุของเหลว). กรุงเทพฯ : สถาบันไทย-เยอรมัน.

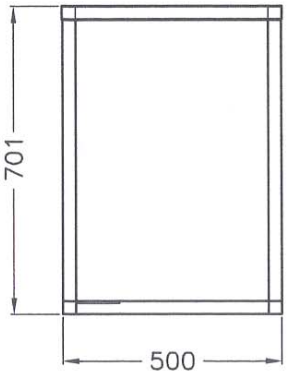
หลิ่มบุญเรือง, ธีรภัทร; พันธุ์อภัย, พิสมัย และ แย้มใส, สมชาย. 2550. "การออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุผลิตภัณฑ์สำหรับผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว (Design and Construct Packing Machine for Liquid Product)", *เอกสารการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยศรีปทุมปีการศึกษา สิงหาคม 2550*, กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีปทุม, 72 น.

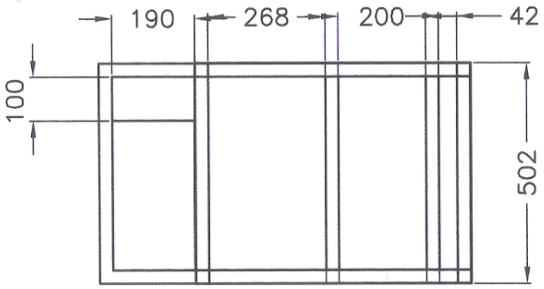
อึ้งภากรณ์, วริทธิ์ และ ฉนัดงาน, ชาญ. 2534. การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

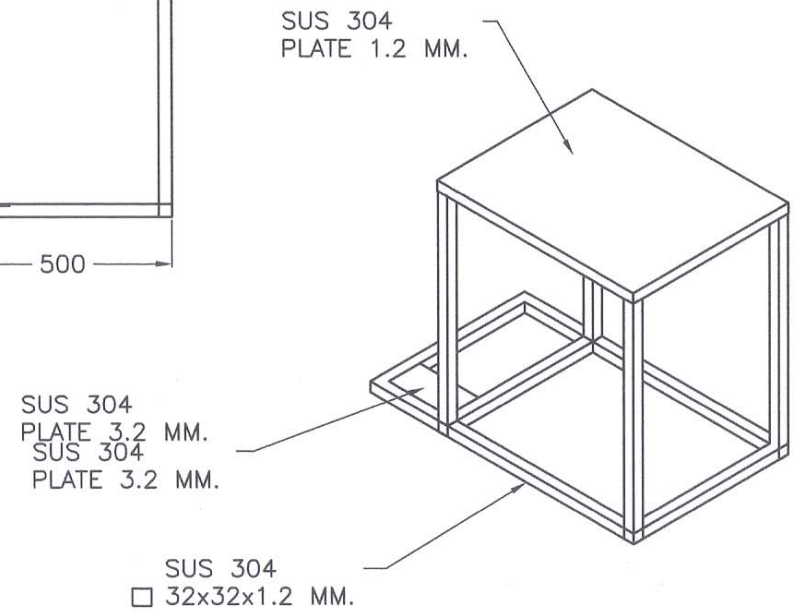
7. ภาคผนวก : แบบรายละเอียดทางวิศวกรรม



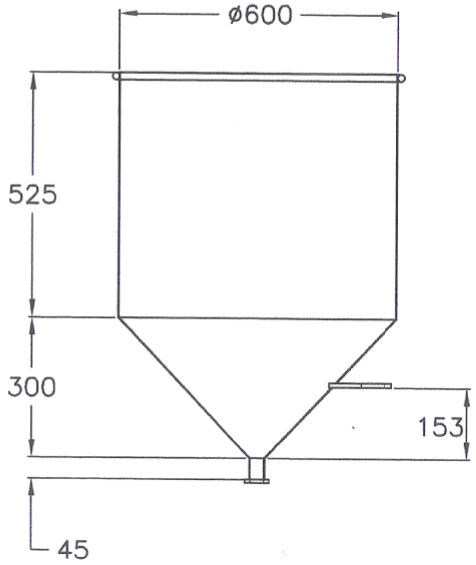


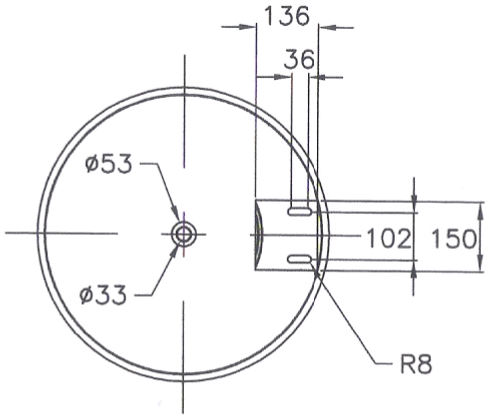


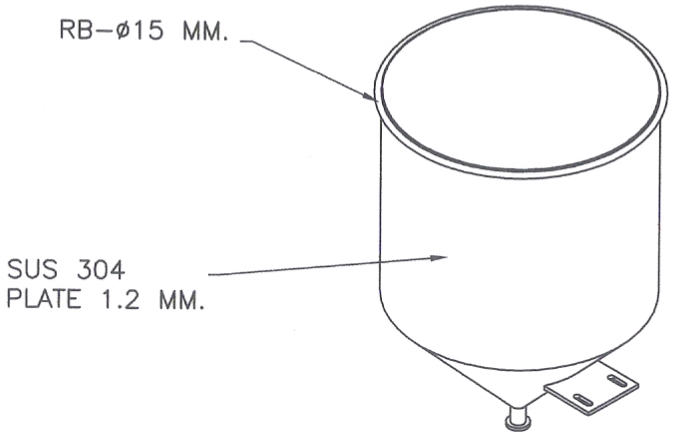




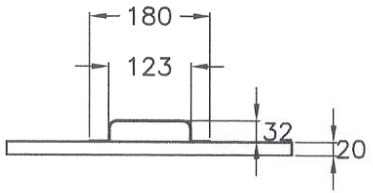
ITEM	QUANT.	DESCRIPTION			REMARK	
DESIGNED		CHECKED	APPROVED	DRAWN	SHEET NO.	DATE
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH		TITLE FRAME				SCALE 1:15
		COMPANY				UNIT

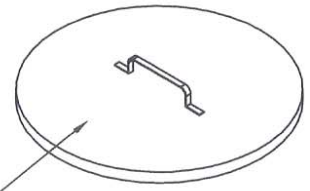




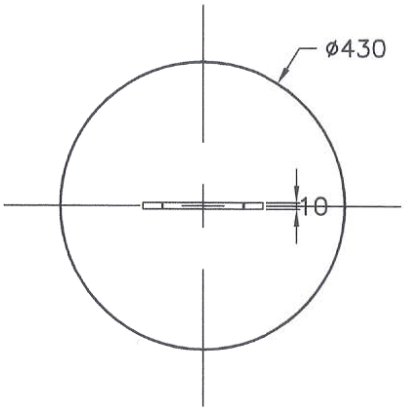


ITEM	QUANT.	DESCRIPTION			REMARK	
DESIGNED		CHECKED	APPROVED	DRAWN	SHEET NO.	DATE
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH			TITLE HOPPER			SCALE 1:15
			COMPANY			UNIT

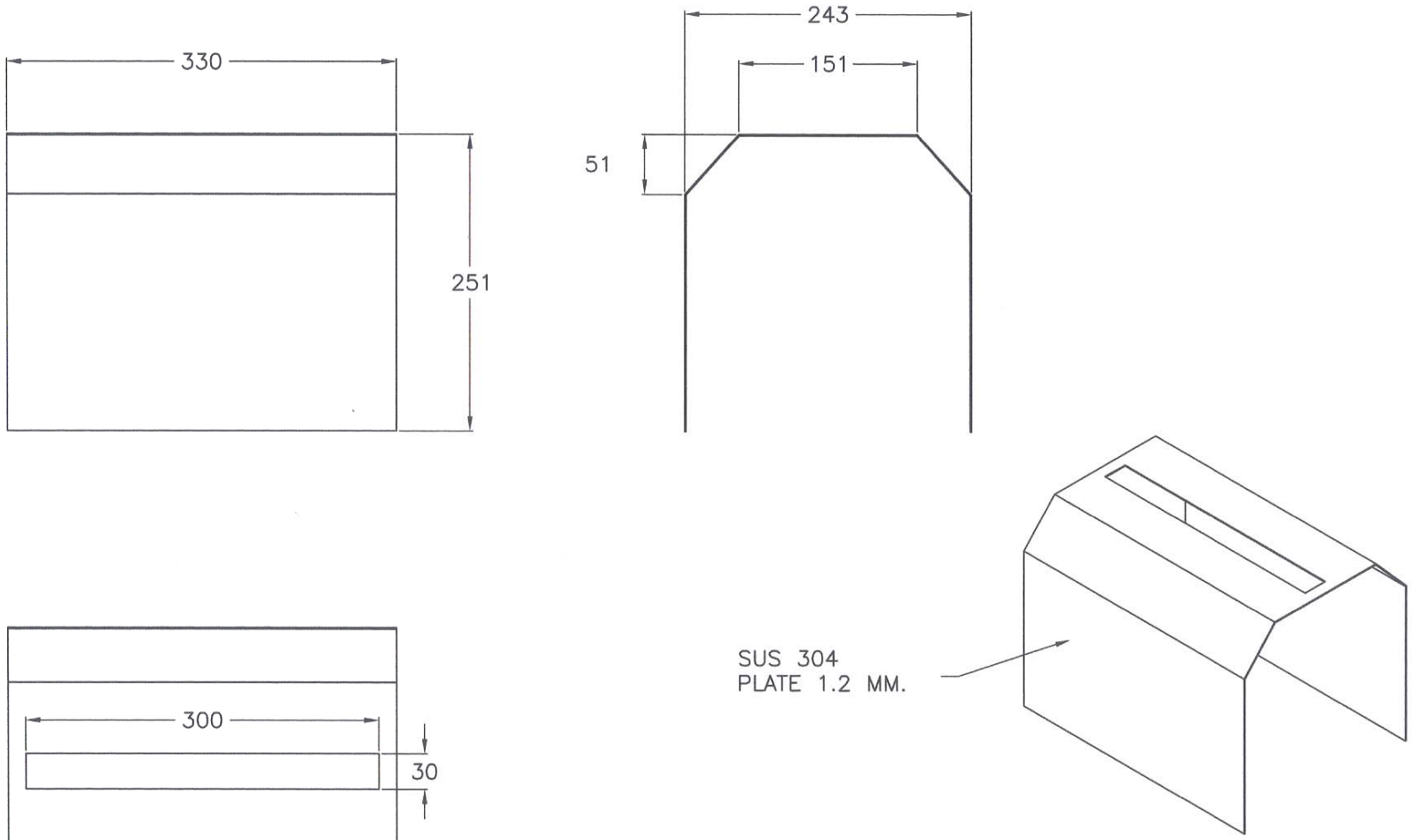


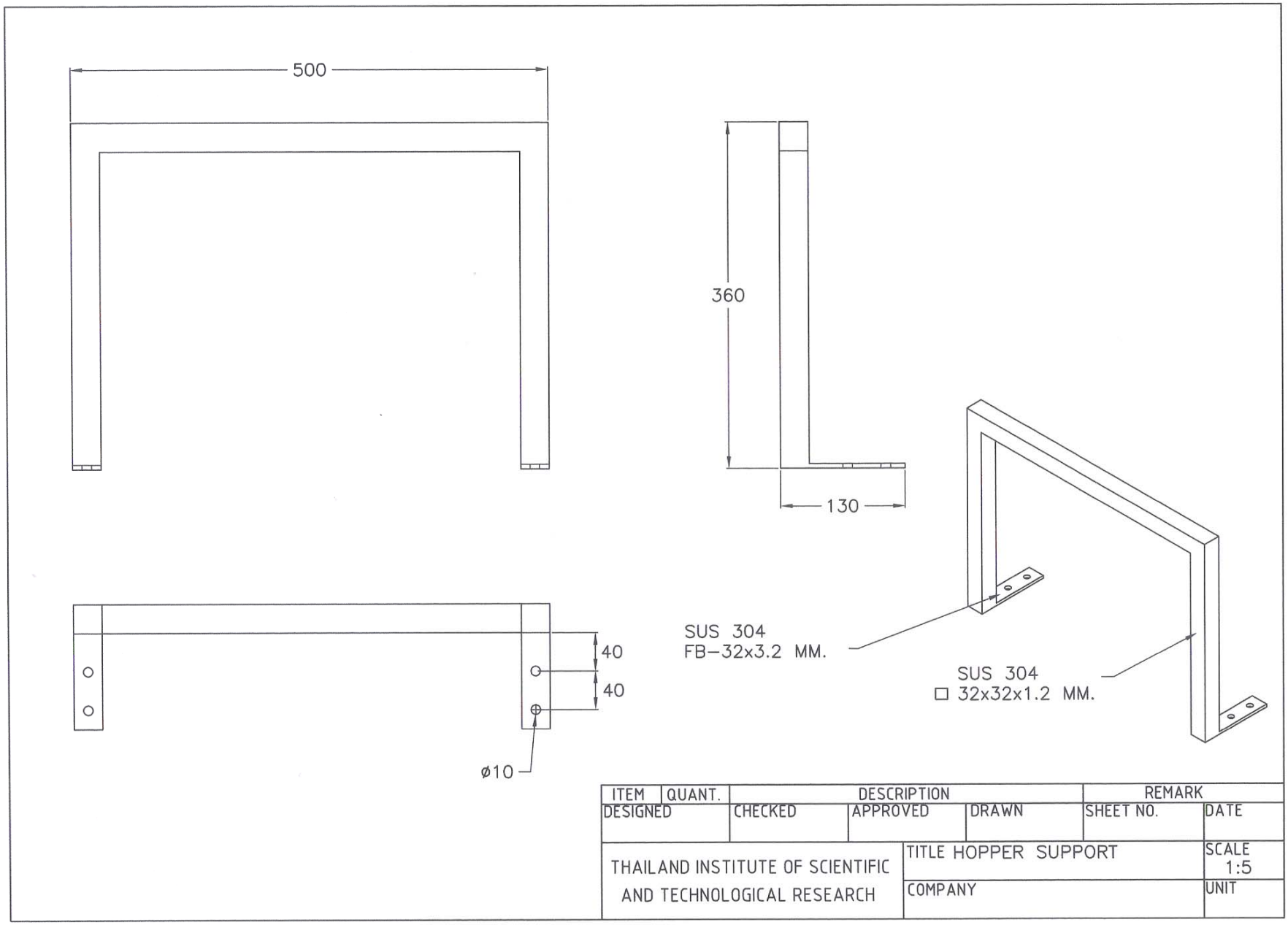


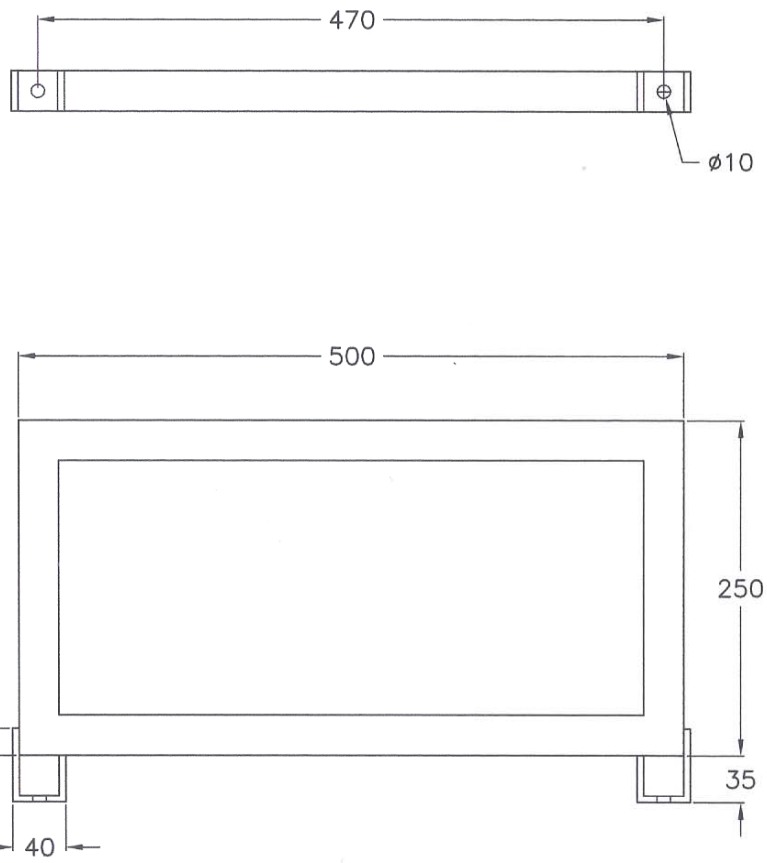
SUS 304
PLATE 1.2 MM.

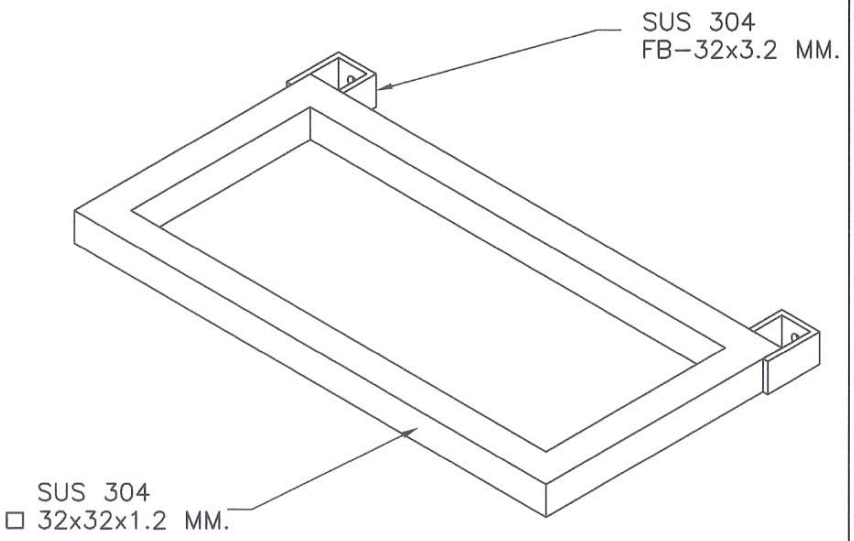


ITEM	QUANT.	DESCRIPTION		REMARK	
DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DRAWN	SHEET NO.	DATE 1:10
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH		TITLE COVER FOR HOPPER			SCALE
		COMPANY			UNIT

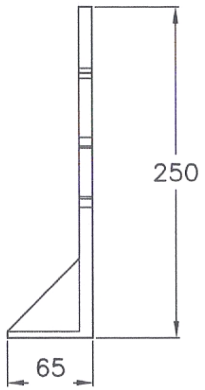

330
251
243
151
51
300
30
SUS 304
PLATE 1.2 MM.
ITEM
QUANT.
DESCRIPTION
REMARK
DESIGNED
CHECKED
APPROVED
DRAWN
SHEET NO.
DATE
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH
TITLE COVER FOR PNEUMATIC CYLINDER
SCALE 1:5
COMPANY
UNIT

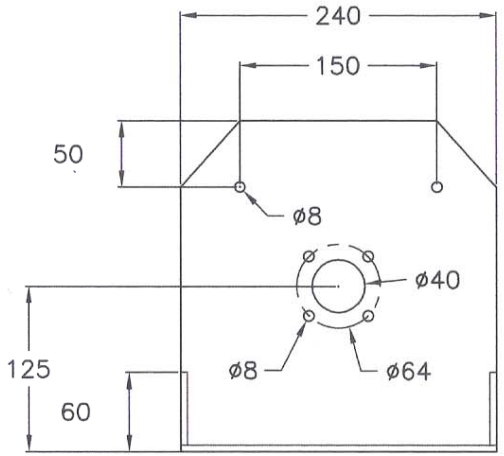

500
360
130
40
40
ø10
SUS 304
FB–32x3.2 MM.
SUS 304
□ 32x32x1.2 MM.
ITEM
QUANT.
DESCRIPTION
REMARK
DESIGNED
CHECKED
APPROVED
DRAWN
SHEET NO.
DATE
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH
TITLE HOPPER SUPPORT
SCALE 1:5
COMPANY
UNIT

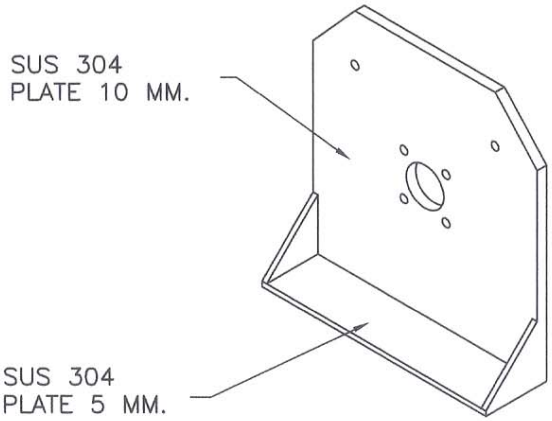




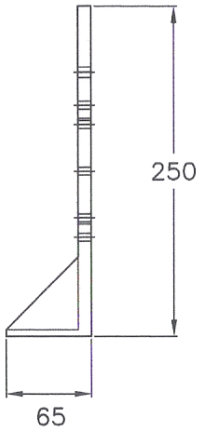
ITEM	QUANT.	DESCRIPTION			REMARK	
DESIGNED		CHECKED	APPROVED	DRAWN	SHEET NO.	DATE
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH		TITLE ADJUST TABLE PLATE				SCALE 1:5
		COMPANY				UNIT

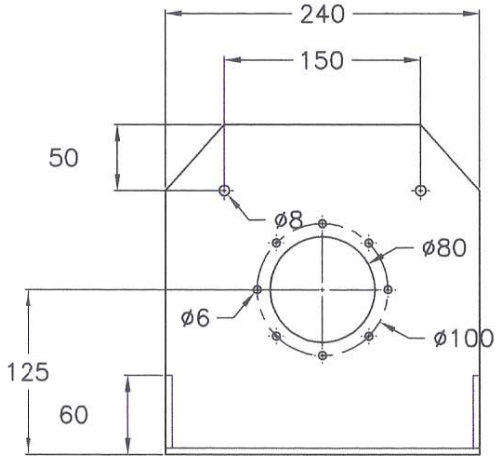


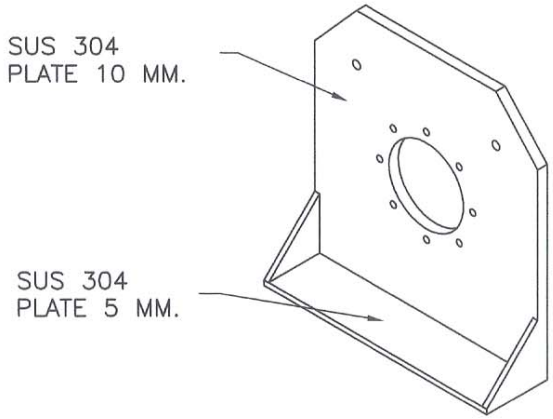




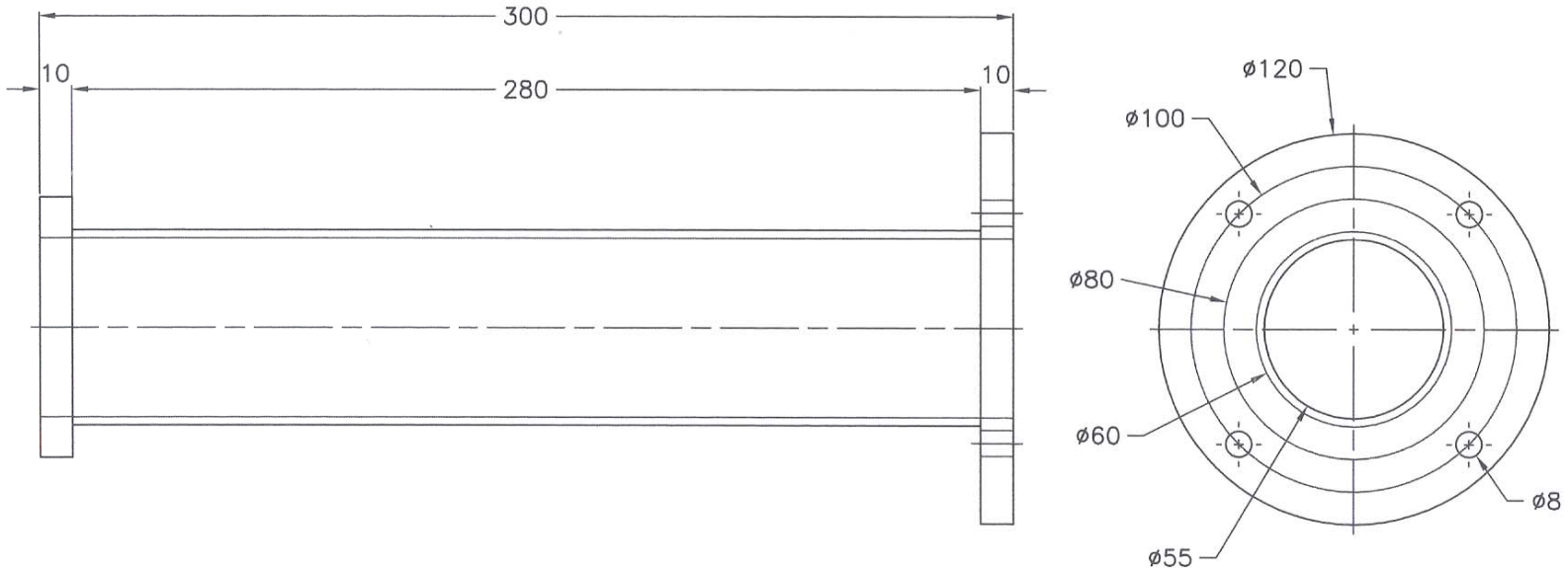
ITEM	QUANT.	DESCRIPTION			REMARK	
DESIGNED		CHECKED	APPROVED	DRAWN	SHEET NO.	DATE
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH			TITLE BACK PNEUMATIC CYLINDER SUPPORT			SCALE 1:5
			COMPANY			UNIT



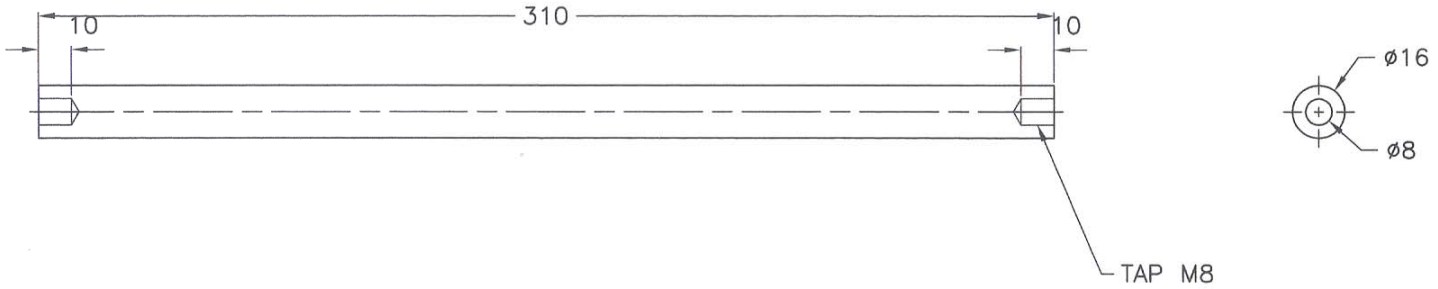


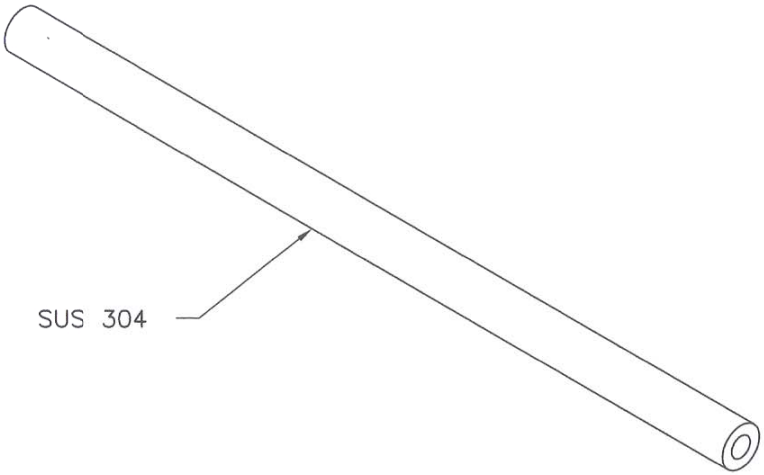


ITEM	QUANT.	DESCRIPTION			REMARK	
DESIGNED		CHECKED	APPROVED	DRAWN	SHEET NO.	DATE
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH		TITLE FRONT PNEUMATIC CYLINDER SUPPORT				SCALE 1:5
		COMPANY				UNIT

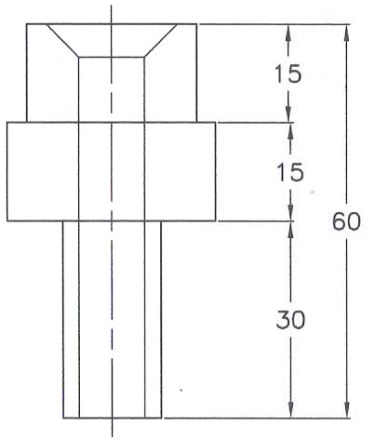


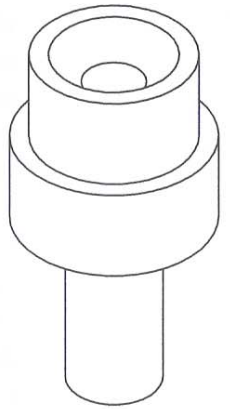
ITEM	QUANT.	DESCRIPTION			REMARK	
DESIGNED		CHECKED	APPROVED	DRAWN	SHEET NO.	DATE
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH			TITLE FILL CYLINDER			SCALE 1:2
			COMPANY			UNIT

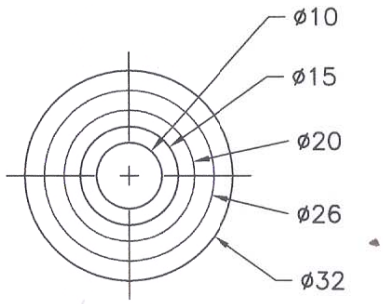




ITEM	QUANT.	DESCRIPTION			REMARK	
DESIGNED		CHECKED	APPROVED	DRAWN	SHEET NO.	DATE
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH		TITLE FLANG SUPPORT				SCALE 1:2
		COMPANY				UNIT







ITEM	QUANT.	DESCRIPTION			REMARK	
DESIGNED		CHECKED	APPROVED	DRAWN	SHEET NO.	DATE
THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH			TITLE FILL HEADT			SCALE 1:1
			COMPANY			UNIT