รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **ชุดโครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับพริก

2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการอบลดความชื้นสำหรับทำพริกแห้ง
   กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการอบลดความชื้นสำหรับทำพริกแห้ง
   กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการอบลดความชื้นสำหรับทำพริกแห้ง

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการอบลดความชื้นสำหรับทำพริกแห้ง
   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development of Technology and Machines for Chili

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง

นายเวียง อากรชี	หน่วยงานต้นสังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

ผู้ร่วมงาน

นายวิบูลย์ เทเพนทร์	หน่วยงานต้นสังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายสนอง อมฤกษ์	หน่วยงานต้นสังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
นายอนุชา เชาว์โชติ	หน่วยงานต้นสังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายธนกฤต โยธาทูล	หน่วยงานต้นสังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
นายอุทัย ธานี	หน่วยงานต้นสังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี

5. **บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบการใช้เครื่องอบแห้งพริกแบบต่างๆ ในการทำพริกแห้ง โดยเครื่องอบแห้งพริกที่ใช้มี 3 แบบ คือ 1. ใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางใช้แก๊สหุงต้มเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน โดยเครื่องอบ มีขนาด 1.22 x 2.44 x 1.22 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) มีชั้นตะแกรงสแตนเลส ขนาด 0.75 x 1.00 เมตร (กว้าง x ยาว) จำนวน 20 ถาด พัดลมเป็นแบบไหลตัดแนวแกน มีการหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้บางส่วน เมื่อทดสอบอบแห้งพริกขี้หนูพันธุ์หัวเรือ 100 กิโลกรัม พบว่าการอบแห้งพริกขี้หนูพันธุ์หัวเรือจากความชื้นเริ่มต้น 65% เหลือ 14% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 16 ชั่วโมง 2.โรงอบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์สะสมพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์แบบภาวะเรือนกระจก มีขนาด 6.00 x 6.00 x 1.80 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) คลุมด้วยโพลีคาร์บอเนตใส ทดสอบอบแห้งพริกขี้หนูพันธุ์หัวเรือ 100 กิโลกรัม พบว่าการอบแห้งพริกขี้หนูพันธุ์หัวเรือจากความชื้นเริ่มต้น 65% เหลือ 14% ใช้เวลา 5-7 วัน 3. เครื่องอบแห้งแบบโรตารี ขนาดความจุ 250 กิโลกรัมต่อครั้ง ถังอบแห้งรูปทรงกระบอกแปดเหลี่ยม ใช้พัดลมเป็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางใบโค้งหน้า ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า และมีชุดหัวพ่นแก๊สหุงต้มกำเนิดลมร้อนพร้อมอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ทดสอบอบแห้งพริกขี้หนูพันธุ์หัวเรือ 250 กิโลกรัม พบว่าการอบแห้งพริกขี้หนูพันธุ์หัวเรือจากความชื้นเริ่มต้น 65% เหลือ 14% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง

คำสำคัญ **:** เครื่องอบแห้งแบบชั้นวาง, โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ **และ**เครื่องอบแห้งแบบโรตารี

Abstract

This research was experimented of chili dryer, The three types of chili dryer was composed, *1)* Tray Dryer LPG as heat source The Tray Dryer was developed and studied using liquefied petroleum gas (LPG) as heat source. The dimensions in width x length x height is 1.22 x 2.44 x 1.22 meters, respectively. There are 20 stainless screen product trays with the dimensions in width x length of 0.75 x 1.00 meters. The dryer's fan is a cross-flow type. The dryer was designed to circulate hot air resulted in a reduction of heat energy. The testing result drying of fresh *Hua-rue* chili capacity of 100 kg was found that the *Hua-rue* chili was dried from 65% moisture content to approximately 14% was the tray dryer set at 60°C drying time 16 hrs. *2)* The Solar Greenhouse Dryer had dimensions in width x length x height was 6.00 x 6.00 x 1.80 meters, respectively. It was covered by polycarbonate and the structure was knocked-down type. The testing result drying of fresh *Hua-rue* chili capacity of 100 kg was found that the *Hua-rue* chili was dried from 65% moisture content to approximately 14% was the drying time 5-7 days. *3)* The rotary dryer for drying coffee beans. The designed dryer has the holding fresh *Hua-rue* chili capacity of 250 kg. A dryer composes the horizontal rotating octagonal drum, a forward curved blade centrifugal fan powered by electric motor and a LPG burner to generate hot air equiped with temperature control equipment. The results of chili drying from 65% initial moisture content to 14% final moisture content took about 20 hours.

Keywords: Tray Dryer, Solar Greenhouse Dryer and Rotary Dryer

6. คำนำ

พริกเป็นพืชที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนไทยมาเป็นเวลานาน มีพื้นที่ปลูกมากเป็นอันดับ 1 ของพืชผักทั้งหมด ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริก 589,617 ไร่ (ปี 2551-2552) จำนวนเกษตรกรที่ปลูกพริกมีประมาณ 125,000 ครัวเรือน มีผลผลิตพริก 663,834 ตัน ผลผลิตร้อยละ 60 เป็นพริกขี้หนูผลใหญ่ รองลงมา

คือพริกใหญ่ (25%) พริกขี้หนูผลเล็ก (10%) และพริกอื่นๆ (5%) ผลผลิตประมาณร้อยละ 20 แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ซ๊อสพริก น้ำพริกเผา พริกเครื่องแกง ฯลฯ ผลผลิตพริกร้อยละ 97 ใช้บริโภคในประเทศ ที่เหลือประมาณร้อยละ 3 ส่งออกและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อส่งออกและบริโภคในประเทศ นอกจากพริกสามารถใช้ประโยชน์ทั้งในรูปผลสด พริกแห้ง ในประเทศไทยนำพริกไปแปรรูปเป็น ซอสพริก พริกป่น พริกดอง สีผสมอาหาร พริกแกงสำเร็จรูป โดยเฉพาะซอสพริกและพริกแกงสำเร็จรูป เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปที่มีมูลค่าทั้งในประเทศและมีการส่งออกมากที่สุด ประมาณ 80% จากมูลค่าพริกทั้งหมด

จากสถิติการส่งออกและการนำเข้าของกรมศุลกากรปี 2549 พบว่า การส่งออกพริกมีทั้งรูปผลสด ซอสพริก พริกแห้ง เครื่องแกงสำเร็จรูป และพริกบดหรือป่น เป็นปริมาณรวม 34,653 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,139 ล้านบาท สำหรับการส่งออกพริกแห้งมีมูลค่า 66 ล้านบาทแต่มีการนำเข้าเป็นมูลค่าสูงถึง 693 ล้านบาท ปริมาณการส่งออกและนำเข้าพริกแห้งแสดงให้เห็นว่าความต้องการใช้พริกแห้งมีมากขึ้น แต่ปริมาณ คุณภาพ และราคาของพริกที่ผลิตได้ไม่สอดคล้องหรือสม่ำเสมอกับความต้องการใช้ของผู้แปรรูป จึงทำให้ต้องมีการนำเข้าพริกแห้ง เพื่อมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารภายในประเทศ (กมล, 2550)

การทำพริกแห้งส่วนใหญ่ใช้การตากแดดเป็นหลักทั้งในระดับเกษตรกรและระดับผู้ประกอบการในระดับเกษตรกรจะตากแค่พอไว้รับประทานและช่วงที่ผลผลิตพริกล้นตลาดขายไม่ได้ราคาแต่ก็เป็นปัญหามากในการตากพริกปริมาณมากๆ จึงนิยมนำไปขายให้ผู้ประกอบการค้าพริกแห้งที่มีลานตากและมีตลาดรองรับ ในปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรหรือผู้รับซื้อพริกมาทำพริกแห้งก็ใช้การตากลานเป็นส่วนใหญ่ซึ่งก็ต้องพบปัญหาจากสภาพฝนตกตากแล้วพริกเน่าเสียหายมีเชื้อราปนเปื้อน จะมีการใช้เครื่องอบแห้งอยู่บ้างในเขตจังหวัดทางภาคเหนือ โดยใช้เครื่องอบแห้งลำไยที่มีใช้อยู่ โดยเครื่องอบแห้งลำไยแบบกระบะจะอบได้ประมาณครั้งละ 2 ตัน และเครื่องอบแห้งใบยาสูบจะอบแห้งได้ประมาณ 5 ตัน แต่จากการสำรวจสอบถามผู้ผลิตและดูจากผลิตภัณฑ์จะมีปัญหาเรื่องของความสม่ำเสมอในการลดความชื้นและสีของ พริกค่อนข้างคล้ำ และยังมีปัญหาเกี่ยวกับไอร้อนของพริกทำให้ไม่สามารถปฏิบัติงานได้สะดวก ในเรื่องสีของพริกแห้งนี้นับเป็นเรื่องสำคัญมากในการกำหนดราคาขายพริกแห้ง วิธีการ หนึ่งที่ช่วยให้สีของพริกสวยสม่ำเสมอคือการลวกพริกก่อนการตากหรือการอบแห้ง และจากการขาดเทคโนโลยีเกี่ยวกับการอบแห้งพริกในปริมาณที่มากในแต่ละครั้งนี้เป็นเรื่องเสียหายมากเพราะว่าช่วงที่พริกล้นตลาดขายสดไม่ได้ราคา และมีภาวะฝนตก หรือลานตากไม่มี จะทำความเสียหายแก่กลุ่มเกษตรกรหรือผู้รวบรวมการซื้อขายพริกอย่างมาก จากความสำคัญและปัญหาที่เกิด การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในการอบแห้งพริกในระดับกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ค้าพริกจึงมีความจำเป็นอย่างมากเพราะนอกจากเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวแล้วยังรวมไปถึงการแก้ปัญหาให้เกษตรกรรายย่อยสามารถขายพริกสดให้แก่ผู้รวบรวมซื้อขายพริกได้ราคาอีกด้วย

แต่จะพบปัญหาจากสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงมีฝนตก น้ำค้างในตอนกลางคืน มีความยุ่งยากในการเคลื่อนย้ายหลบฝน/หลบน้ำค้าง การขาดแคลนแรงงาน เกษตรกรบางรายมีการนำพริกขึ้นตากบนหลังคาและนำลงมาครั้งเดียวเมื่อต้องการจำหน่ายหรือเห็นว่าแห้งแล้ว หรือนำไปตากริมถนน *ดังภาพที่ 1* ส่งผลให้พริกแห้งที่ได้สูญเสียคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน และไม่ปลอดภัย เสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารแอฟลาทอกซิน ของเสียจากมนุษย์ สัตว์ มีโลหะหนัก

ภาพที่ 1 การตากพริกแห้งแบบชาวบ้าน

การทบทวนวรรณกรรม

พัฒนาภรณ์ (2542) ได้ทำการอบพริกขี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน เพื่อหาวิธีการอบพริกสดที่เหาะสม โดยใช้เครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน และหาผลกระทบของการลวกพริกในน้ำเดือดก่อนอบต่อกระบวนการอบแห้ง การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการสลับลมร้อนเข้าด้วนบนและด้านล่างของเตาอบ และหาผลกระทบของการลวกพริกก่อนอบแห้ง โดยวางแผนการทดลองเป็นแบบ Split plot – design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้วิธีการสลับลมร้อนทุก 3, 5 และ 7 ชั่วโมงเป็น main plot และใช้วิธีการลวกและไม่ลวกพริกก่อนอบ เป็น sup plot ในการอบแต่ละครั้งจะบรรจุพริกประมาณ 23 กิโลกรัม ความหนาของชั้นอบประมาณ 60 เซนติเมตร ความเร็วลม 0.2 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ คือ 75 องศาเซลเซียส ผลการทดลอง พบว่า การสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง มีความเหมาะสม เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาและแรงงานในการสลับลมมากครั้ง และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ของอัตราการลดความชื้น (%M_d/hr), ลักษณะปรากฏ, เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสุดท้าย และคุณภาพสีของพริกแห้งหลังอบของการสลับลมร้อนทุกวิธี โดยการสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมงจะใช้เวลาทั้งหมด 14 ชั่วโมงในการอบพริกแห้งจากความชื้นเริ่มต้น 74.91% (wb) จนเหลือความชื้นสุดท้าย 12.42% (wb) สำหรับผลการทดลองหาผลกระทบของการลวกพริกในน้ำเดือด ต่อกระบวนการอบแห้งพบว่าการลวกไม่มีผลต่ออัตราการลดความชื้น (%M_d /hr) โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เนื่องจากในการทดลองนี้วิธีการลวกยังไม่ดีพอ แต่ในด้านคุณภาพของสี พบว่าการลวกจะทำให้คุณภาพสีของพริกแห้งหลังอบมีคุณภาพดีกว่า

พิพัฒน์ (2542) ได้ทดสอบเครื่องอบแห้งพริกแบบหมุน โดยใช้ความร้อนจาก Heater ขนาด 12000 W โครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบหมุนประกอบด้วย ชุดป้อนพริก โดยมีมอเตอร์ตัวป้อนขนาด 1/4 hp ชุดทดรอบอัตราทด 1: 60 ถังอบแห้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง0.4 m ยาว 1.8 m มอเตอร์ขับเคลื่อนการหมุนของถังอบแห้งขนาด 1 hp ชุดทดรอบมีอัตราการทด 1:10 ปรับรอบโดยใช้หลักการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพู่เล่ย์ พัดลมเป่าอากาศที่ใช้ขนาด 400 W เพื่อพาความร้อนจาก Heater เข้าสู่ถังอบแห้ง เพื่อทำการอบแห้งพริกที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 9 kg ที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 78-84 Wb จนมีความชื้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 15 Wb และน้ำหนักสุดท้ายของพริกประมาณ 2.3 kg จากการทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งแบบหมุนพบว่า อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง 140 องศาเซลเซียส

ความเร็วลม 1m/s อัตราการหมุนของถังอบแห้ง 6 rpm อัตราการป้อนพริก 0.5 kg/min ความลาดเอียงของถังอบแห้ง 0.3 องศาเซลเซียส จะสามารถอบแห้งพริก 9 kg ที่ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 15 wb ภายในเวลา 4 ชั่วโมงครึ่งหรือประมาณ 14 เที่ยว โดยคิดเป็นความสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 6.7 kj/kg ของน้ำ เครื่องอบแห้งแบบหมุน นอกจากสามารถใช้ในการศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งพริกแล้วยังสามารถใช้ศึกษาสภาวะการอบแห้งสำหรับพืชหรือเมล็ดพืชชนิดอื่นได้ เช่น เมล็ดพริกไทย หรือเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ ของเครื่องอบแห้งให้เปลี่ยนแปลงไปตามที่ต้องการได้ เช่น รอบการหมุนของถังอบแห้ง อัตราการป้อนวัสดุที่ต้องการอบแห้ง ตลอดจนอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง โดยเครื่องต้นแบบนี้อาจพัฒนาเพื่อนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้

ธงชัย (2548) ได้ทดสอบเครื่องอบแห้งลำไยแบบสายพาน กล่าวว่า เตาอบลำไยที่เกษตรกรชาวสวนใช้มีอยู่หลายรูปแบบ รุ่นแรกๆ จะเป็นทรงสี่เหลี่ยมด้านบนเปิด ต้องใช้กระสอบคลุม ใช้พลังงานจากก๊าซเป่าลมร้อนเข้าไป จะต้องกลับเมล็ดลำไยบ่อยครั้ง ใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน ต่อมาได้พัฒนาเป็นเตาอบแบบทรงสี่เหลี่ยมแนวตั้ง มีประตูเปิดปิดมิดชิด ใช้พลังงานจากไฟฟ้า รูปทรงสวยงาม แต่ก็มีข้อจำกัดคือ อบลำไยได้ครั้งละไม่มาก และได้คิดค้นเตาอบขนาดใหญ่ อบได้ครั้งละ 1 ตัน ใช้พลังงานจากก๊าซ ใช้ระบบสายพานลำเลียงผลผลิตขณะเข้าและออกจากตู้อบจนถึงบรรจุภาชนะ ทำให้แห้งได้เร็วและสม่ำเสมอ ระดับ ความร้อนสามารถควบคุมได้ ใช้ระบบตั้งอุณหภูมิได้ตามเวลาที่ต้องการ เตาอบแบบสายพานนี้ เมื่อคำนวณต้นทุนการอบใน 1 ครั้ง ใช้เวลา 18-20 ชั่วโมง หรือ 1 วัน อบลำไยได้ครั้งละ 6 ตัน ใช้น้ำมันเตาเพียง 60 ลิตร ใช้ไฟฟ้าในระบบสายพาน 500 บาท ใช้แรงงาน 2 คน ประมาณ 500 บาท นอกจากนี้ ยังทดลองใช้อบพืชผลเกษตรอื่นได้อีก เช่น ข้าวโพด ขิง ใบชา พริกแห้ง หน่อไม้ ดีปลี พริกไทย และพืชผลอื่น ทั้งนี้จะต้องปรับเวลาและอุณหภูมิให้เหมาะสมกับพืชนั้นๆ

จากสถิติการส่งออกและการนำเข้าของกรมศุลกากรปี 2549 พบว่า การส่งออกพริกมีทั้งรูปผลสด ซอสพริก พริกแห้ง เครื่องแกงสำเร็จรูป และพริกบดหรือป่น เป็นปริมาณรวม 34,653 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,139 ล้านบาท สำหรับการส่งออกพริกแห้งมีมูลค่า 66 ล้านบาทแต่มีการนำเข้าเป็นมูลค่าสูงถึง 693 ล้านบาท ปริมาณการส่งออกและนำเข้าพริกแห้งแสดงให้เห็นว่าความต้องการใช้พริกแห้งมีมากขึ้น แต่ปริมาณ คุณภาพและราคาของพริกที่ผลิตได้ไม่สอดคล้องหรือสม่ำเสมอกับความต้องการใช้ของผู้แปรรูป จึงทำให้ต้องมีการนำเข้าพริกแห้ง เพื่อมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารภายในประเทศ (กมล, 2550)

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการทำแห้งผลิตผลเกษตรนับว่ามีความสำคัญมากเพราะเป็นพลังงานที่สะอาดมีอยู่ในธรรมชาติ ประเทศไทยมีศักยภาพในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการทำแห้งผลิตผลเกษตร เนื่องจากมีแสงอาทิตย์เกือบตลอดปี จึงเป็นที่นิยมทำกันโดยทั่วไปทั้งในระดับชาวบ้านและระดับอุตสาหกรรม คือการตากแห้ง เพราะง่ายและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีข้อจำกัดคือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ถูกสุขลักษณะมีการปนเปื้อน จากฝุ่นละออง รวมทั้งมีแมลงรบกวน และยังมีปัญหาอันเนื่องมาจากฝนตกทำให้ไม่สามารถตากแห้งได้ จึงได้มีงานวิจัยในการสร้างเครื่องอบหรือโรงอบแห้งที่ได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นจำนวนมาก เช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร(2547) ได้ออกแบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบเรือนกระจก โดยโรงอบแห้งเป็นทั้งตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์และห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ในเครื่องเดียวกัน ออกแบบ

โครงสร้างของตัวเครื่องให้เป็นรูปทรงพาราโบลา ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตใสคลุมห้องอบแห้ง ซึ่งโรงอบแห้งแบบนี้มีต้นทุนค่อนข้างสูงมาก *ดังภาพที่ 2*

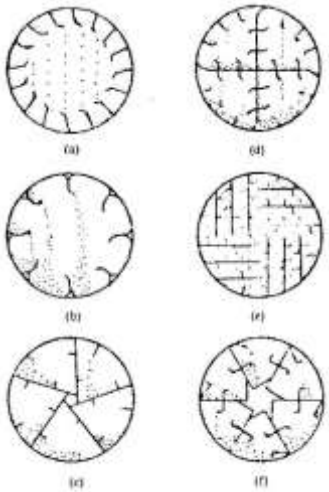
ภาพที่ 2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก

โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่ใช้หลักการสะสมความร้อนของเรือนกระจก กล่าวคือเมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกหรือพลาสติกใสเข้าไปภายในแล้วเปลี่ยนเป็นความร้อน และแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา แต่ไม่สามารถผ่านกระจกหรือพลาสติกออกมาข้างนอกได้ ทำให้อากาศภายในโรงอบร้อนขึ้น โดยไม่ต้องใช้แผงรับแสงอาทิตย์สามารถลดค่าใช้จ่ายในการการก่อสร้างลงได้ อุณหภูมิของอากาศภายในโรงอบแห้งตอนกลางวันที่มีแดด จะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยมากกว่า 10 องศาเซลเซียส แต่เนื่องจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งพืชผลเกษตรมีข้อจำกัดคือจะใช้ได้เฉพาะในช่วงที่มีแดดเท่านั้น จึงเกิดปัญหากับการตากแห้งในช่วงฝนตก และกลางคืนน้ำค้างมาก จะทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสีย เกิดเชื้อราที่เป็นพิษหรือใช้เวลานานเกินปกติ คุณภาพผลิตภัณฑ์ด้อยลง ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวทำให้เกษตรกรหรือผู้ประกอบการต่างๆ ไม่สนใจจะลงทุนจัดหาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการใช้พลังงานความร้อนเสริมจากเชื้อเพลิงอื่นร่วมด้วยในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เช่น ตอนกลางคืนหรือฝนตก เพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหายได้ เวียงและคณะ(2553) ได้วิจัยออกแบบสร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก และทำการศึกษาความร้อนร่วมจากการเผาไหม้ก๊าซหุงต้มเพื่อแก้ปัญหาในช่วงไม่มีแดด โดยออกแบบโรงอบแห้ง ขนาด กว้าง x ยาว x สูง 6.00 x 6.00 x 2.00 เมตร คลุมด้วยพลาสติกชนิด LDPE ป้องกันรังสีอุลตร้าไวโอเลต (UV) มีการติดตั้งชุดความร้อนจากก๊าซหุงต้มเป็นพลังงานความร้อนร่วม *ดังภาพที่ 3* จากผลการทดสอบโรงอบแห้งพบว่าในช่วงเวลาที่มีแสงแดดมากอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยมากกว่า 10 องศาเซลเซียส และจากการทดสอบใช้พลังงานความร้อนร่วมแก๊สหุงต้ม(LPG)ในช่วงเวลากลางคืน พบว่ามีอัตราการใช้แก๊สเฉลี่ยประมาณ 2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิภายนอกโรงอบแห้งเฉลี่ยประมาณ 27 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้อุณหภูมิภายในโรงอบแห้ง ประมาณ 50 องศาเซลเซียส และได้ข้อสรุปงานวิจัยได้ว่า โครงสร้างแบบสี่เหลี่ยมธรรมดาก็สามารถทำอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งได้สูงกว่าภายนอกมากกว่า 10 องศาเซลเซียส ตัววัสดุที่ใช้คลุมถ้าเป็นพลาสติกจะมีอายุการใช้งาน

สั้น และเสี่ยงต่อการถูกทำลายจากสัตว์บางชนิด แรงลมแรงๆ ส่วนการใช้ก๊าซหุงต้มสร้างความร้อนในโรงอบแห้งโดยตรงจะมีการสูญเสียความร้อนค่อนข้างมากไปกับอากาศแวดล้อมเพราะวัสดุคลุมโรงอบแห้งเป็นฉนวนที่ไม่ดีนัก

ภาพที่ 3 การทดสอบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม

เครื่องอบแห้งแบบโรตารี(Rotary dryer) เป็นเครื่องมือสำหรับการอบลดความชื้นวัสดุชื้นได้มากมายหลากหลายชนิด เป็นที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆมากมาย มีองค์ประกอบโครงสร้างหลัก 5 ส่วน ได้แก่ 1)โครงร่างหลัก (main body) เป็นรูปทรงกระบอกมักจะทำด้วยเหล็กแผ่น เหล็กไร้สนิม (Stainless steel) และเหล็กหล่อ 2) Flights มีไว้เพื่อแบ่งกระจายวัสดุอบแห้งให้ทั่วผนังทรงกระบอก และเพื่อเพิ่มพื้นผิวสัมผัสระหว่างลมร้อนและวัสดุอบแห้ง 3) ล้อและลูกกลิ้ง เป็นชิ้นส่วนที่รองรับการหมุนเวียนของเครื่องหรือถังอบ 4) Driving gears กรณีที่ต้องใช้กำลังไม่มากอาจขับเคลื่อนแกนของลูกกลิ้งเพื่อหมุนตัวเครื่องโดยแรงเสียดทานกับล้อ เมื่อต้องการกำลังเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจะขับเคลื่อนโดยใช้เฟืองและโซ่ สำหรับเครื่องอบแห้งขนาดใหญ่จะใช้ driving gear เนื่องจากชุดของมอเตอร์ เฟืองทด เกียร์เปลี่ยนความเร็ว เป็นต้น กะทัดรัดหาได้ง่าย 5) Air seals ณ ตำแหน่งที่ตัวเครื่องหมุนพบกับส่วนที่อยู่นิ่งเพื่อป้องกันการรั่วไหลของลมร้อน และแทรกซึมของอากาศจากข้างนอก ใบกวน (Flights) แผ่นยก (Lifters) ในกรณีของเครื่องอบแห้งแบบหมุนชนิดรับความร้อนโดยตรง Flights มีไว้เพื่อแบ่งกระจายวัสดุให้ทั่วผนังของกระบอก และเพื่อเพิ่มผิวสัมผัสระหว่างลมร้อนและวัสดุอบแห้ง (วิวัฒน์, 2529) *ดังภาพที่ 4*



ภาพที่ 4 Flights and Lifters ถังอบแห้งแบบโรตารี

จากการศึกษาข้อมูลการสร้างและออกแบบเครื่องอบแห้งแบบโรตารี พบว่าเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดใหญ่จะมีรูปทรงของถังอบแห้งเป็นทรงกระบอก ความแข็งแรงของถังอบขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาของวัสดุในการทำถังทรงกระบอก และต้องใช้เทคโนโลยีในการสร้างที่มีมาตรฐานสูงและส่งผลให้ราคาต้นทุนการสร้างสูงมากตามขึ้นไปด้วย *ดังภาพที่ 5*

ภาพที่ 5 เครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

<u>วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย</u>

- เพื่อศึกษาวิจัยเครื่องมือและกรรมวิธีในการอบลดความชื้นสำหรับการทำพริกแห้งที่เหมาะสมทั้งคุณภาพและปริมาณในระดับกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการ

<u>ขอบเขตของโครงการวิจัย</u>

โครงการวิจัยนี้ดำเนินการเพื่อออกแบบสร้างเครื่องมือและศึกษากรรมวิธีในการทำพริกแห้ง โดยมีขั้นตอนสำคัญ 2 ขั้นตอนที่เป็นเป้าหมายในการวิจัย คือ ขั้นตอน การลวกพริก และการอบแห้งพริก ซึ่งการลวกพริก และอบแห้งพริก ต้องมีปริมาณมากพอตรงตามความต้องการของกลุ่มเกษตรกรแปรรูปพริกหรือกลุ่มผู้ซื้อขายพริก

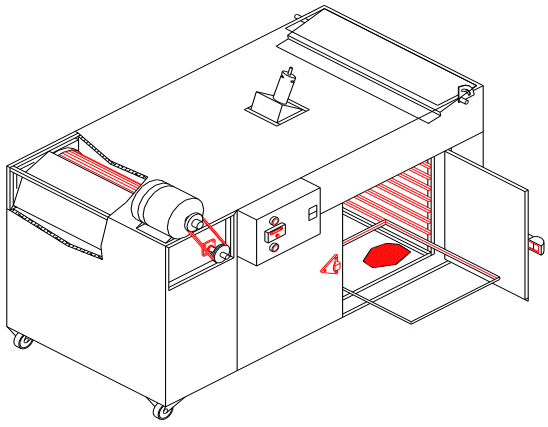
<u>ทฤษฎี สมมติฐาน หรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย</u>

การทำพริกแห้งส่วนใหญ่จะทำต่อเมื่อขายพริกสดไม่ได้ราคาหรือเกิดภาวะล้นตลาด ซึ่งปกติการซื้อขายพริกจะขายสดจากเกษตรกรรายย่อยให้แก่ผู้รวบรวมได้แก่กลุ่มเกษตรกร หรือพ่อค้า แต่เมื่อพริกสดขายไม่ได้ราคา มีพริกเข้ามาปริมาณมากจึงจำเป็นต้องทำแห้ง ซึ่งโดยการตากเป็นส่วนใหญ่

แนวทางในการพัฒนาเครื่องมือต่างๆในการอบแห้งพริกนั้นต้องคำนึงถึง ความต้องการของผู้ที่จะใช้ ปัญหาที่ต้องการแก้ ทฤษฎีและองค์ความรู้ที่สอดคล้อง ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลและแนวทางที่เหมาะสมสรุปได้ว่า ผู้ใช้ระดับผู้รวบรวมซื้อขายพริกต้องการทำพริกแห้งในช่วงพริกสดราคาตกต่ำ พริกล้นตลาดมีปริมาณมาก และ เป็นปัญหามากในช่วงฤดูฝน การตากลานจะไม่ได้ผล มีการเน่าเสียและเกิดเชื้อราอัลฟลาท๊อกซิน การใช้เครื่องอบแห้งและกรรมวิธีที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการนำมาแก้ปัญหาดังกล่าว

7. วิธีดำเนินการ

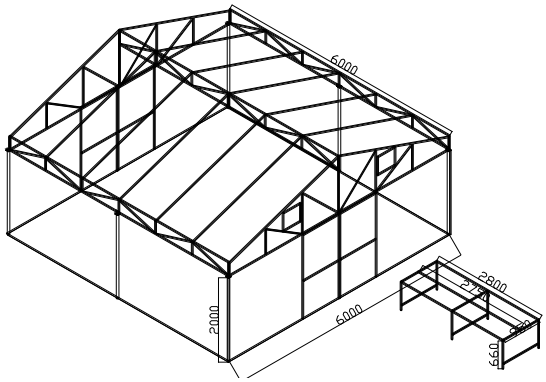
ทำการอบพริกแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง 3 แบบด้วยกัน คือ 1) เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงความร้อน ตามแบบของ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร โดยขนาดตัวเครื่องอบ กว้าง x ยาว x สูง 1.22 X 2.44 X 1.22 เมตร มี 4 ล้อติดอยู่ที่ฐาน สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ถาดวางผลิตภัณฑ์ทำด้วยตะแกรงสเตนเลส ขนาด กว้าง x ยาว 0.75 X 1.00 เมตร จำนวน 20 ถาด หรือคิดเป็นพื้นที่การวาง 15 ตารางเมตร ใช้พัดลมแบบไหลตัดแนวแกน ออกแบบให้มีการหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้ใหม่บางส่วนทำให้ช่วยในการประหยัดพลังงาน มีชุดควบคุมการตั้งอุณหภูมิลมร้อนที่ใช้อบแห้งซึ่งสามารถปรับได้ตามต้องการ *ดังภาพที่ 6* ชั่งพริกใส่ถาดๆละ 5 กิโลกรัม จำนวน 20 ถาด รวม 100 กิโลกรัมทำการตั้งอุณหภูมิในการอบที่ 55-60 องศาเซลเซียส ทำการชั่งน้ำหนักถาดพริกตัวอย่างตั้งแต่เริ่มต้น และทุกๆชั่วโมง พร้อมทำการสุ่มตัวอย่างพริกไปหาความชื้น



ภาพที่ 6 เครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงความร้อน

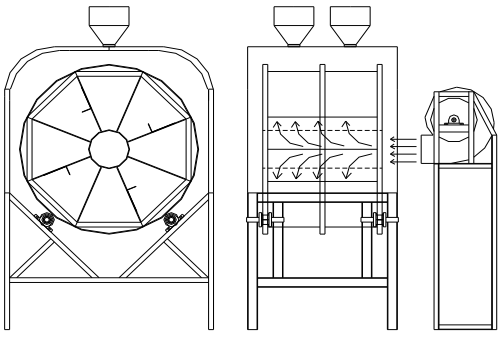
โรงอบแห้งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกขนาด 6.00 x 6.00 x 1.80 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) หลังคาทรงจั่ว วัสดุคลุมโรงอบด้วยโพลีคาร์บอเนตใส โครงสร้างถอดประกอบเป็นชิ้นได้ โดยสร้าง ณ กลุ่มสร้างและผลิต สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร เมตร

หลังคาทรงจั่ว วัสดุคลุมโรงอบด้วยโพลีคาร์บอเนตใส โครงสร้างถอดประกอบเป็นชิ้นได้ โดยสร้าง ณ กลุ่มสร้างและผลิต สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร *ดังภาพที่ 7* อบแห้งพริกโดยใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกอย่างเดียว ทำการชั่งพริกใส่ถาดๆละ 5 กิโลกรัม จำนวน 20 ถาด รวม 100 กิโลกรัม ตากในโรงอบแห้ง ทำการวัดอุณหภูมิ และความชื้นอากาศ ทั้งภายในและภายนอกโรงอบแห้งด้วย Data logger ทำการชั่งน้ำหนักพริกที่ตาก ตอนเช้าและตอนเย็นทุกวันเป็นเวลาประมาณ 7-10 วัน สุ่มตัวอย่างพริกไปหาความชื้น



ภาพที่ 7 โรงอบแห้งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก

ทดสอบอบพริกแห้ง โดยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดความจุ 250 กิโลกรัม มีหลักการทำงานคือการเป่าอัดลมร้อนเข้าถังอบจะมีท่อลมร้อนสำหรับเป่าอัดลมร้อนผ่านเมล็ดพืชมีการออกแบบช่องระบาความชื้นให้ออกทั้งสี่ด้าน *ดังภาพที่ 8* จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักพริกขี้หนูสดบรรจุใส่ลงถังอบแห้ง สุ่มตัวอย่างไปวัดความชื้นเริ่มต้น เปิดเครื่องหมุนถังอบแห้ง เปิดแก๊สกำเนิดความร้อนตั้งค่าอุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง เปิดพัดลมเป่าลมร้อนเข้าถังอบ ตั้งค่าอุณหภูมิลมร้อนเข้าเริ่มต้นประมาณ 60 องศาเซลเซียสดำเนินการอบแห้งไปจนกว่าปริมาณความชื้นเมล็ดพืชจะลดลงถึงจุดที่ต้องการ ซึ่งในระหว่างทำการอบแห้งนี้ทำการเก็บบันทึกข้อมูลการทดลองทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดพืชมาวัดค่าความชื้น บันทึกค่าที่เกี่ยวข้องได้แก่ อุณหภูมิลมร้อนเข้า อุณหภูมิลมร้อนออก อุณหภูมิและความชื้นแวดล้อม ค่าการใช้พลังงานต่างๆได้แก่ ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้ม พลังงานการใช้ไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลังสำหรับพัดลมเป่าลมร้อนและมอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลังขับเคลื่อนการหมุนถังอบแห้ง



ภาพที่ 8 เครื่องอบแห้งแบบโรตารีใช้แก๊สหุงต้มเป็นตัวกำเนิดลมร้อน

ซึ่งในการทดสอบจะเก็บข้อมูลปัจจัยที่สำคัญได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้อบแห้ง ระยะเวลาหรืออัตราในการอบลดความชื้น พลังงานที่ใช้ คุณภาพพริกหลังการอบแห้งได้แก่ สี ความสม่ำเสมอของการลดความชื้น ความบอบช้ำของเมล็ดพริก เป็นต้น โดยในการเก็บข้อมูลจะมีการสุ่มเม็ดพริกมาหาความชื้นโดยเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด ค่าการใช้พลังความร้อนจากแก๊สหุงต้มสภาพของเมล็ดพริก เป็นต้น

ระยะเวลา 2 ปี เริ่มต้น-สิ้นสุด (ตุลาคม 2555 – กันยายน 2557)

สถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

-สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

-กลุ่มวิจัยเกษตรวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว

-ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี จ.จันทบุรี

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

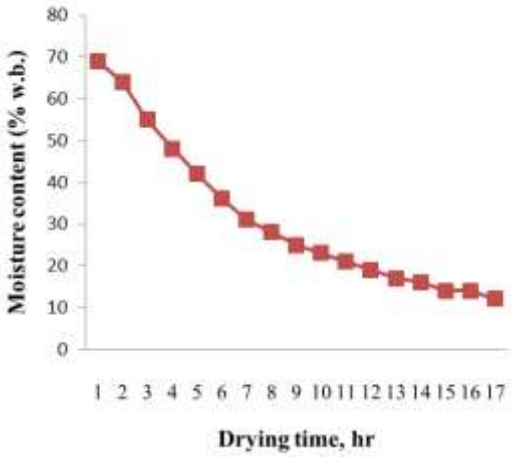
- กลุ่มเกษตรกรแปรรูปพริก

-ไร่พริกเกษตรกร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงความร้อนโดยตั้งอุณหภูมิลมร้อนไว้ที่ 55-60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 16 ชั่วโมง *ดังภาพที่ 9* โดย การอบพริกติดต่อกันจนแห้งถึงความชื้นที่ต้องการจะมีปัญหาความชื้นในไส้พริกที่ตกค้าง และจากการสังเกตพบว่าสีของพริกแห้งค่อนข้างดำเข้มส่งผลให้ราคาอาจตกลง การผลิตพริกอินทรีย์ยังต้องการภาพลักษณ์การผลิตที่สะอาดเป็นธรรมชาติดังนั้นการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางซึ่งใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงกำเนิดความร้อนจะสามารถอบแห้งได้เร็ว แต่การยอมรับของผู้ใช้งานและผู้บริโภคอาจจะไม่ชอบมากนักและยังขึ้นกับปริมาณผลผลิตพริกอินทรีย์ด้วยว่ามีมากน้อยเพียงใดส่วนใหญ่ที่มีการผลิตจะมีปริมาณไม่มากนัก 100-200 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ทั้งนี้เพราะคัดเอาเฉพาะพริกตกเกรดมาอบแห้ง ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้มไปประมาณ 16 กิโลกรัม หรือประมาณ 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการลดความชื้นกราฟ *ดังภาพที่10*

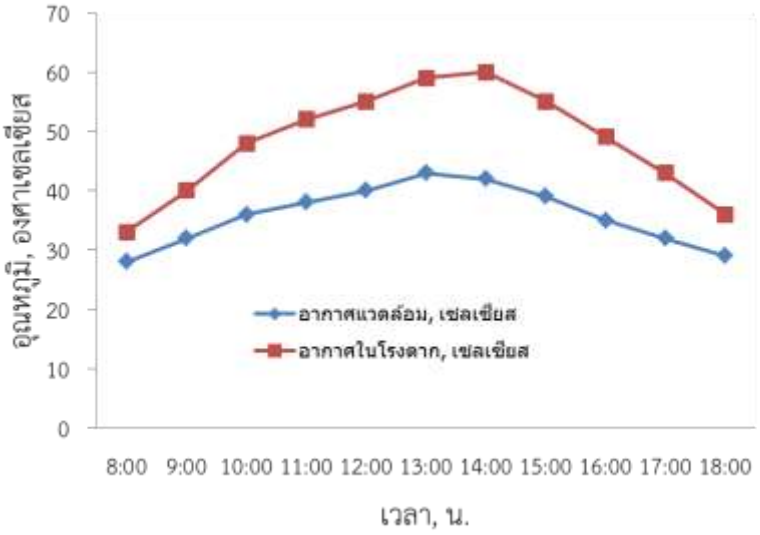
ภาพที่ 9 เครื่องอบแห้งแบบชั้นวางชนิดแหล่งกำเนิดความร้อนจากแก๊สหุงต้ม



ภาพที่ 10 อัตราการลดความชื้นอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวาง

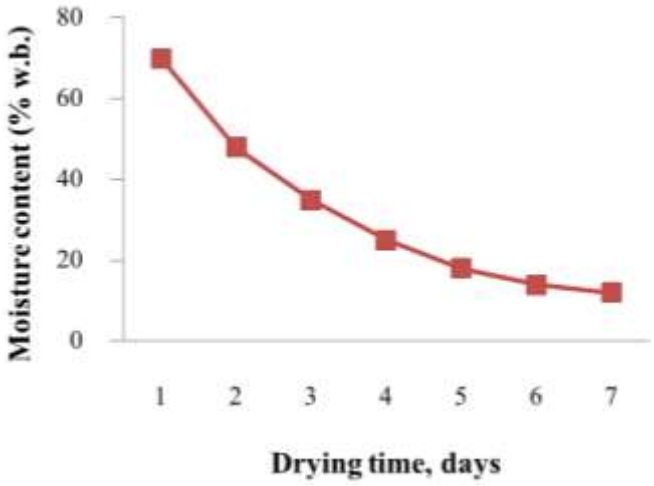
การอบแห้งพริกโดยใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกอย่างเดียว จะใช้เวลาตาก ประมาณ 5-7 วัน (วันที่มีแดดดีตลอดทั้งวัน) *ดังภาพที่ 11* โดยอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงอบแห้ง มากกว่า 10 องศาเซลเซียส โดยทดสอบช่วงเวลา 8:00 นาฬิกา 18:00 นาฬิกา *ดังภาพที่ 12* ปัญหาที่พบเนื่องจากสภาวะแสงแดดไม่แน่นอนบางวันไม่มีแดด แสงน้อย หรือฝนตก การตากในโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์จะมีปัญหามากและอาจเกิดเชื้อราขึ้นได้ถ้าฝนตกติดต่อกันหลายวัน

ภาพที่ 11 การอบแห้งพริกด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก



ภาพที่ 12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์

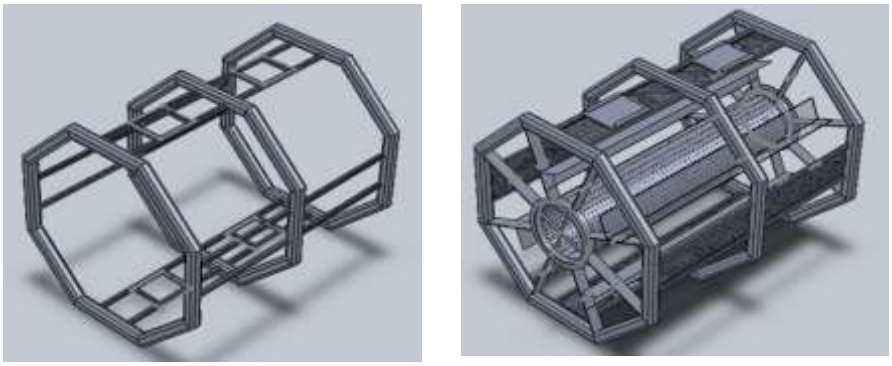
สำหรับปริมาณการลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกจะขึ้นกับปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ทำให้อุณหภูมิในโรงอบแห้งสูงขึ้น กรณีแดดแรงจะลดความชื้นได้เร็วและมาก *ดังภาพที่13*



ภาพที่ 13 อัตราการลดความชื้นพริกแห้งด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์

ทำการศึกษาทดสอบการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี ใช้แก๊สหุงต้มเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน *ดังภาพที่ 14* พบว่าสามารถอบแห้งพริกได้ครั้งละประมาณ 250 กิโลกรัม ข้อเสียการหมุนของถังอบแห้งทำให้พริกช้ำและขั้วหลุด จึงแก้ไขโดยออกแบบถังบรรจุใหม่และใช้อุปกรณ์ควบคุมการหมุนถังให้หมุนเป็นช่วงๆเพื่อลดการบอบช้ำและขั้วหลุด *ดังภาพที่ 15 และ 16* ตามลำดับ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องอบแห้งพริกในระดับผู้ประกอบการ ตามผลที่ได้ในตารางที่ 3

ภาพที่ 14 การทดสอบอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี



รูปที่ 6 ออกแบบพัฒนาถังบรรจุเครื่องอบแห้งแบบโรตารีให้เหมาะสมกับการอบพริก

ภาพที่ 16 ออกแบบพัฒนาเครื่องควบคุมการหมุนถังอบโรตารี

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

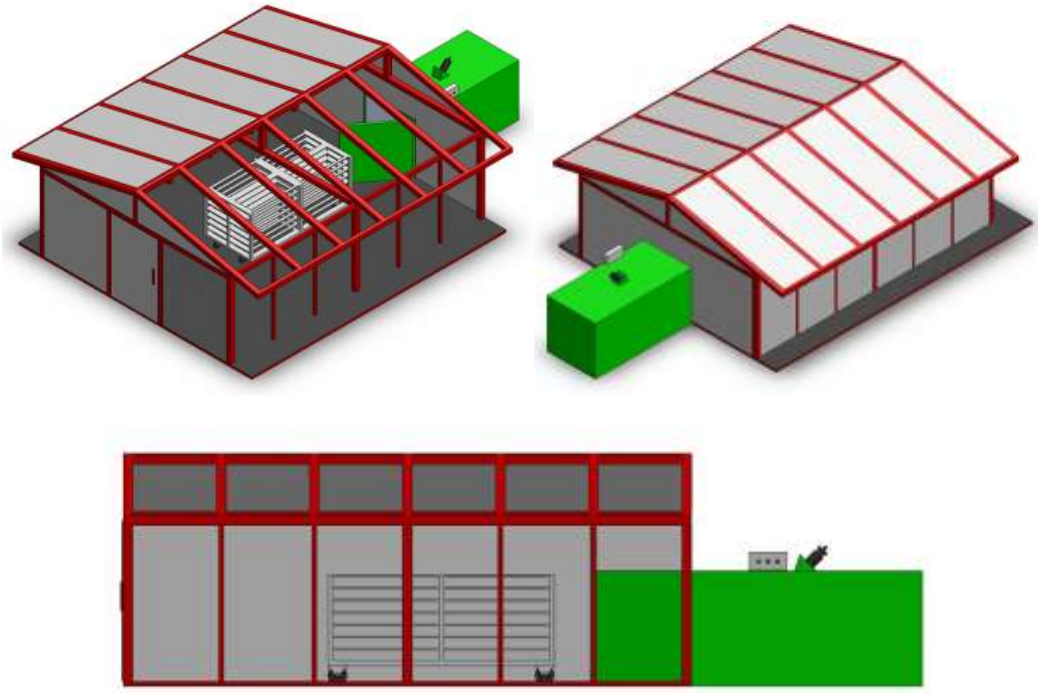
เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางและโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกจะใช้อบแห้งพริกแบบชั้นบางเหมาะสำหรับการทำพริกเม็ดสวย เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางจะอบแห้งลดปริมาณความชื้นในพริกได้เร็วเหมาะ หรือสภาวะที่ไม่สามารถตากแห้งได้เช่นฝนตก แต่ข้อเสียคือพริกสีจะออกคล้ำและดูไม่เป็นธรรมชาติ ส่วนโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกจะใช้งานได้ดีถ้าแสงมีความเข้มสูงตลอดทั้งวันและติดต่อกันหลายวัน พริกแห้งที่ได้มีสีสันสวยงามเป็นที่ต้องการของตลาดแต่มีข้อจำกัดคือใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนาน 5-7 วัน และถ้าเป็นฤดูฝนแทบจะใช้งานไม่ได้เลยทำให้ไม่สามารถควบคุมอัตราการผลิตที่แน่นอนได้ บางครั้งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียได้ เครื่อง

อบแห้งแบบโรตารีเหมะกับการทำแห้งพริกปริมาณมากทำแห้งได้แม้ฝนตกหรือไม่มีแดด แต่พริกจะบอบช้ำมากกว่า เช่นขั้วหลุดร่วง สีคล้ำ จึงเหมาะในการใช้ทำพริกเพื่อนำไปทำพริกป่น

ข้อแนะนำ

- การลงทุนควรมีปริมาณพริกมากพอที่จะใช้เครื่องอบแห้งได้อย่างคุ้มค่า เช่นการรวมเป็นกลุ่มเกษตรกรผลิตพริกอินทรีย์ เป็นต้น

- การใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกสามารถทำงานได้สะดวกขึ้นถ้าได้ออกแบบสร้างให้มีระบบลำเลียงถึงกันในส่วนของชั้นรถเข็นเมื่อต้องการจะเคลื่อนถาดผลิตภัณฑ์ระหว่างเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ *ดังภาพที่ 17*



ภาพที่ 17 การใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

คำแนะนำในการลงทุนใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีควรศึกษาความเหมาะสมทั้งด้านประสิทธิภาพของเครื่องและการตลาดควบคู่กันไปด้วย และที่สำคัญต้องวางแผนการจัดการใช้เครื่องอย่างมีประโยชน์สูงสุดจึงจะได้ผลตอบแทนเต็มที่ เช่น มีการรวมกลุ่มสมาชิกเกษตรกรเพื่อรวบรวมปริมาณผลผลิตมาใช้เครื่องอบได้เต็มเวลา และตั้งผู้ควบคุมดูแลเครื่องอบที่มีความชำนาญ เป็นต้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

การนำรูปแบบและหลักการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก ถือว่ามีความสำคัญมากเพราะจะเป็น

วิธีการที่สามารถมาแก้ปัญหาให้กับการใช้พลังงานจากธรรมชาติ ซึ่งได้แก่แสงอาทิตย์ ที่มีความสะอาด ราคาถูก และเป็นที่ยอมรับของการผลิตสินค้าตามมาตรฐานสากล แต่มีข้อจำกัดตามที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น ซึ่งรูปแบบดังกล่าวนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำแห้งพืชผักและผลไม้อบแห้งได้เป็นอย่างดี จึงเหมาะที่จะส่งเสริมให้แก่กลุ่มเกษตรกรแปรรูปพืชผลเกษตรต่างๆได้นำไปใช้ และที่มีการนำไปใช้ประโยชน์บ้างแล้วได้แก่ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร โครงการหลวงมูลนิธิชัยพัฒนา เป็นต้น เครื่องอบแห้งแบบโรตารีสามารถอบแห้งพริกที่มีปริมาณมากๆ เพื่อแก้ปัญหาการมีพื้นที่ตากไม่พอและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพืชเมล็ดอื่นๆได้อีกหลายอย่าง เช่น พริกไทย กาแฟ โกโก้ เป็นต้น

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

โครงการวิจัยนี้เริ่มดำเนินการจนได้ผลการวิจัยพอสมควรโดยได้รับการสนับสนุนจากทีมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหลายหน่วยด้วยกันได้แก่ เจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ที่สนับสนุนการสร้างและทดสอบ ขอขอบคุณกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย นอกจากนี้ยังมีผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในด้านต่างๆ แต่มิได้เอ่ยนามไว้ ซึ่งล้วนแต่มีส่วนส่งเสริมให้โครงการวิจัยนี้ดำเนินงานจนเป็นผลสำเร็จ ซึ่งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

12. เอกสารอ้างอิง

กมล เลิศรัตน์. 2550. การผลิต การปลูก การแปรรูป และการตลาดของพริกและผลิตภัณฑ์พริกในประเทศไทย. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิบูลย์ เทเพนทร์, เวียง อากรชี และอัคคพล เสนาณรงค์. 2552. เครื่องอบแห้งผักและผลไม้-เอนกประสงค์. รายงานประจำปีงานวิจัยสิ้นสุด. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เวียง อากรชี, วิบูลย์ เทเพนทร์ และอัคคพล เสนาณรงค์. 2553. วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งพลังงาน-แสงอาทิตย์และความร้อนร่วมสำหรับการลดความชื้นผลิตผลเกษตร. รายงานประจำปีงานวิจัยสิ้นสุด. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

รายงานวิจัย. 2547. การพัฒนาสาธิตและเผยแพร่เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตผลทางการเกษตร. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

13. ภาคผนวก

ผนวก ก

แสดงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางอย่างเดียวอบพริกอินทรีย์หรือค่าใช้จ่ายในการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน ใช้สมการในการคำนวณดังนี้

A_c = $(F_c/A) + (1/C_t)(M+K+R\&M+O+F+L+H)$---------- สมการที่ 1

F_c = $D + I$ ---------- สมการที่ 2

D = $(P - S)/N$ ---------- สมการที่ 3

I = $(P + S)/2 \times (r/100)$ ---------- สมการที่ 4

โดย

A_c	=	ต้นทุนการใช้เครื่อง	บาทต่อกิโลกรัม
F_c	=	ต้นทุนคงที่	บาทต่อปี
D	=	ค่าเสื่อมราคา	บาทต่อปี
I	=	ดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาส	บาทต่อปี
r	=	อัตราดอกเบี้ย	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
P	=	ราคาซื้อเครื่องอบแห้ง	บาท
S	=	มูลค่าซาก ราคาขายเมื่อเครื่องอบหมดอายุ	บาท
N	=	อายุการใช้งานของเครื่องอบแห้ง	ปี
A	=	ปริมาณกาแฟกะลาอบแห้งที่อบใน 1 ปี	กิโลกรัมต่อปี
C_t	=	ความสามารถในการทำงานของเครื่อง	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
R&M	=	ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	บาทต่อชั่วโมง
O	=	ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	บาทต่อชั่วโมง

F = ค่าไฟฟ้า บาทต่อชั่วโมง

L = ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน บาทต่อชั่วโมง

H = ค่าเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม(LPG) บาทต่อชั่วโมง

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้เครื่องอบแห้งกาแฟกะลาแบบโรตารี ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการคำนวณ

ราคาเครื่องอบแห้ง	(P)	= 160,000	บาท
อายุการใช้งาน	(N)	= 10	ปี
มูลค่าซาก (5 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ)	(S)	= 8,000	บาท
อัตราดอกเบี้ย	(r)	= 8 เปอร์เซ็นต์ต่อปี	8

จากสมการที่ 3: ค่าเสื่อมราคา (D) = (P-S)/N

= (160,000-8,000)/10 บาทต่อปี

= 15,200 บาทต่อปี

จากสมการที่ 4: ดอกเบี้ย (I) = [(P + S)/2] x (r/100)

= (160,000+8,000)/2 x (8/100) บาทต่อปี

= 6,720 บาทต่อปี

จากสมการที่ 2: ต้นทุนคงที่ (F_c) = D+I

= 15,200 + 6,720 บาทต่อปี

= 21,920 บาทต่อปี

ความสามารถในการทำงานของเครื่อง	(C_t)	= 100	กิโลกรัมต่อครั้ง
ในการอบ 1 ครั้งใช้เวลา 16 ชั่งโมง		= 6.25	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
จำนวนครั้งการอบแห้งพริก		= 180	ครั้งต่อปี
ปริมาณการอบพริกใน 1 ปี	(A)	= 100x180	กิโลกรัมต่อปี
		= 18,000	กิโลกรัมต่อปี

ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M)= 2 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ/100 ชั่วโมงการทำงาน

= 0.02x160,000/100 บาทต่อชั่วโมง

= 32 บาทต่อชั่วโมง

=32x16 =512 บาทต่อครั้งการอบ

(ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้แก่ โซ่ เฟือง ลูกกลิ้ง เหล็ก เป็นต้น)

ค่าบำรุงรักษาอื่น ๆ (O) = 0.2 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ/100 ชั่วโมงการทำงาน

= 0.002x160,000/100 บาทต่อชั่วโมง

= 3.2 บาทต่อชั่วโมง

=51.2 บาทต่อครั้ง

(ค่าบำรุงรักษาอื่น ๆ ได้แก่ จาระบี สายพาน และ อื่น ๆ)

ค่าไฟฟ้า (F) =0.746 x 3.50 =2.61 บาทต่อชั่วโมง

=2.61 x16

= 41.78 บาทต่อครั้ง

(ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ 0.746 หน่วยต่อชั่วโมง ราคาหน่วยละ 3.50 บาท)

ค่าเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม(LPG) (H)= 1.0 x 20 บาทต่อชั่วโมง

= 20 บาทต่อชั่วโมง

= 20 x 16 บาทต่อครั้ง

= 320 บาทต่อครั้ง

(ใช้แก๊สหุงต้ม 1.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ราคากิโลกรัมละ 20 บาท)

ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน (L) =2x300 บาทต่อครั้ง

=600/16 =37.50 บาทต่อชั่วโมง

(คนปฏิบัติงานอบ 2 คน ค่าแรงงานคนละ 300 บาทต่อวัน ทำงาน2วันต่อครั้งการอบแห้ง)

ต้นทุนแปรผัน (R&M+O+F+L+H) =32+3.2+2.61+20+37.5 บาทต่อชั่วโมง

= 95.31 บาทต่อชั่วโมง

=95.31 x 16 บาทต่อครั้ง

= 1,525 บาทต่อครั้ง

ต้นทุนแปรผัน ($1/C_t$) R&M+O+F+L+H) =1/6.25 x 95.31 บาทต่อกิโลกรัม

= **15.25** บาทต่อกิโลกรัม

ต้นทุนคงที่ (F_C/A) = 21,920/18,000 บาทต่อกิโลกรัม

= 1.22 บาทต่อกิโลกรัม

จากสมการที่ 1: ต้นทุนการใช้เครื่อง (A_C) = (F_C/A) + ($1/C_t$) (R&M+O+F+L+H)

= 15.25 + 1.22 บาทต่อกิโลกรัม

= **16.47** บาทต่อกิโลกรัม

การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง

จุดคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่/(รายได้เพิ่มจากการขายพริกแห้ง - ราคาทุนพริกสด)

อบพริกด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางครั้งละ 100 กิโลกรัม ใช้เวลา 2 วัน เดือนละ 15 ครั้ง ปีละ 180 ครั้ง หรือปีละ 18,000 กิโลกรัมพริกอินทรีย์สดคัดทิ้ง

ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี = 21,920 บาทต่อปี

ค่าพริกอินทรีย์สดคัดทิ้ง กิโลกรัมละ 12 บาท 100 กิโลกรัม

เป็นเงิน = 1,200บาท

ต้นทุนการใช้เครื่อง = 16.47 บาทต่อกิโลกรัม

พริกอินทรีย์สดคัดทิ้ง 100 กิโลกรัม = 16.47 x 100 บาทต่อครั้ง

=1,647 บาทต่อครั้ง

พริกอินทรีย์คัดทิ้งสด 100 กิโลกรัม อบแล้วได้พริกแห้ง 25 กิโลกรัม ขายกิโลกรัมละ 200 บาท

คิดเป็นเงิน =200x25 = 5,000 บาทต่อครั้ง

มูลค่าเพิ่มจากการทำพริกอินทรีย์ตากแห้ง = 5,000-1,200-1,647 บาทต่อครั้ง

= 2,153 บาทต่อครั้ง

หรือ = 2,153/100 =21.53 บาทต่อกิโลกรัมพริกสด

ดังนั้น จุดคุ้มทุน = 21,920 / 21.53

= **1,018** **กิโลกรัมต่อปี**

การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง

ผลิตพริกอินทรีย์อบแห้ง 18,000 กิโลกรัมต่อปี = 18,000 กิโลกรัมต่อปี x 21.53 บาทต่อกิโลกรัม

= 387,540 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง / มูลค่าเพิ่ม

= (160,000) บาท

387,540 บาท/ปี

= 0.41 ปี

อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน = (มูลค่าเพิ่ม/ราคาเครื่อง) x 100 เปอร์เซ็นต์

= (387,540/160,000) x 100

ดังนั้น อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนเครื่องอบแห้งกาแฟกะลา = 242 เปอร์เซ็นต์

แสดงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียวหรือค่าใช้จ่ายในการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน ใช้สมการในการคำนวณดังนี้

A_c = $(F_c/A) + (1/C_t)\,L$ .....สมการที่ 1

F_c = D + I .....สมการที่ 2

D = (P – S)/N .....สมการที่ 3

I = (P + S)/2 x (r/100) .....สมการที่ 4

โดย A_c = ต้นทุนการใช้เครื่อง บาทต่อกิโลกรัม

F_c = ต้นทุนคงที่ บาทต่อปี

D	=	ค่าเสื่อมราคา	บาทต่อปี
I	=	ดอกเบี้ย หรือค่าเสียโอกาส	บาทต่อปี
r	=	อัตราดอกเบี้ย	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
P	=	ราคาซื้อเครื่องอบแห้ง	บาท
S	=	มูลค่าซาก ราคาขายเมื่อเครื่องอบหมดอายุ	บาท
N	=	อายุการใช้งานของเครื่องอบแห้ง	ปี
A	=	ปริมาณพริกอินทรีย์อบแห้งที่อบใน 1 ปี	กิโลกรัมต่อปี
C_t	=	ความสามารถในการทำงานของเครื่อง	กิโลกรัมต่อครั้ง
L	=	ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน	บาทต่อชั่วโมง

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ในการคำนวณ

ราคาเครื่องอบแห้ง	(P)	= 150,000	บาท
อายุการใช้งาน	(N)	= 10	ปี
มูลค่าซาก (5 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ)	(S)	= 7,500	บาท
อัตราดอกเบี้ย	(r)	= 8 เปอร์เซ็นต์ต่อปี	8

จากสมการที่ 3: ค่าเสื่อมราคา (D) = (P-S)/N

= (150,000-7,500)/10 บาทต่อปี

= 14,250 บาทต่อปี

จากสมการที่ 4: ดอกเบี้ย (I) = [(P + S)/2] x (r/100)

= (150,000+7,500)/2 x (8/100) บาทต่อปี

= 6,300 บาทต่อปี

จากสมการที่ 2: ต้นทุนคงที่ (F_C) = D+I

= 14,250 + 6,300 บาทต่อปี

= 20,550 บาทต่อปี

ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (C_t) = 100 กิโลกรัมต่อครั้ง

จำนวนวันทำงาน = 48 ครั้งต่อปี

ปริมาณพริกอบแห้งใน 1 ปี (A) = 48x100 กิโลกรัมต่อปี

= 4,800 กิโลกรัมต่อปี

ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน (L) =600 บาทต่อครั้ง

(คนปฏิบัติงานอบ 1 คน ค่าแรงงานคนละ 600 บาทต่อครั้ง)

ต้นทุนแปรผัน =600 บาทต่อครั้ง

ต้นทุนแปรผัน ($1/C_t$) L) =600/100 บาทต่อกิโลกรัม

= **6.00** บาทต่อกิโลกรัม

ต้นทุนคงที่ (F_C/A) = 20,550/4,800 บาทต่อกิโลกรัม

= 4.28 บาทต่อกิโลกรัม

จากสมการที่ 1: ต้นทุนการใช้เครื่อง (A_C) = (F_C /A) + ($1/C_t$) (L)

= 4.28 + 6.00 บาทต่อกิโลกรัม

= **10.28** บาทต่อกิโลกรัม

การคำนวณจุดคุ้มทุนของการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จุดคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่/(รายได้เพิ่มจากการขายพริกแห้ง - ราคาทุนพริกสด)

ตากพริกด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ครั้งละ 100 กิโลกรัม ใช้เวลา 7 วัน เดือนละ 4 ครั้ง ปีละ 48 ครั้ง หรือปีละ 4,800 กิโลกรัมพริกอินทรีย์สดคัดทิ้ง

ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี = 20,550 บาทต่อปี

พริกอินทรีย์สดคัดทิ้ง กิโลกรัมละ 12 บาท 100 กิโลกรัม

เป็นเงิน = 1,200บาท

ค่าใช้จ่ายในการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ = 10.28 บาทต่อกิโลกรัม

= 10.28 x 100 บาทต่อครั้ง

= 1,028 บาทต่อครั้ง

พริกอินทรีย์คัดทิ้งสด 100 กิโลกรัม อบแล้วได้พริกแห้ง 25 กิโลกรัม ขายกิโลกรัมละ 200 บาท

คิดเป็นเงิน = 200 x 25 = 5,000 บาทต่อครั้ง

มูลค่าเพิ่มจากการทำพริกอินทรีย์ตากแห้ง = 5,000-1,200-1,028 บาทต่อครั้ง

= 2,772 บาทต่อครั้ง

หรือ = 2,772/100 = 27.72 บาทต่อกิโลกรัมพริกสด

ดังนั้น จุดคุ้มทุน = 20,550 / 27.72

= **741 กิโลกรัมต่อปี**

การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนโรงตากพริกพลังงานแสงอาทิตย์

มีการผลิตพริกอินทรีย์ทำแห้ง 4,800 กิโลกรัมต่อปี = 4,800 กิโลกรัมต่อปี x 27.72 บาทต่อกิโลกรัม

= 133,056 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง / มูลค่าเพิ่ม

$$= \frac{(150{,}000) \text{ บาท}}{133{,}056 \text{ บาท/ปี}}$$

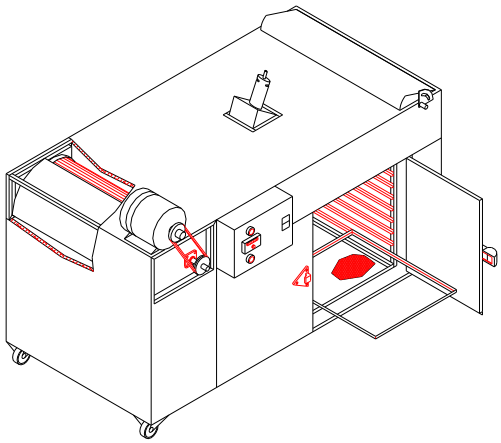
= 1.13 ปี

อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน = (มูลค่าเพิ่ม/ราคาเครื่อง) x 100 เปอร์เซ็นต์

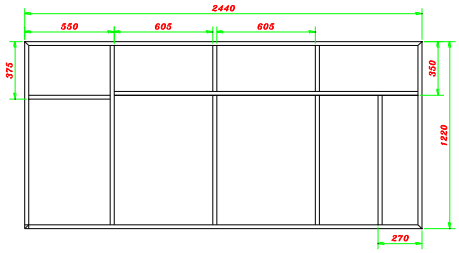
= (133,056/150,000) x 100

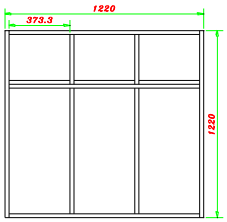
ดังนั้น อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนเครื่องอบแห้งกาแฟกะลา = 88.70 เปอร์เซ็นต์

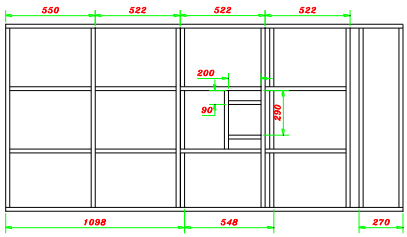
ภาคผนวก ข



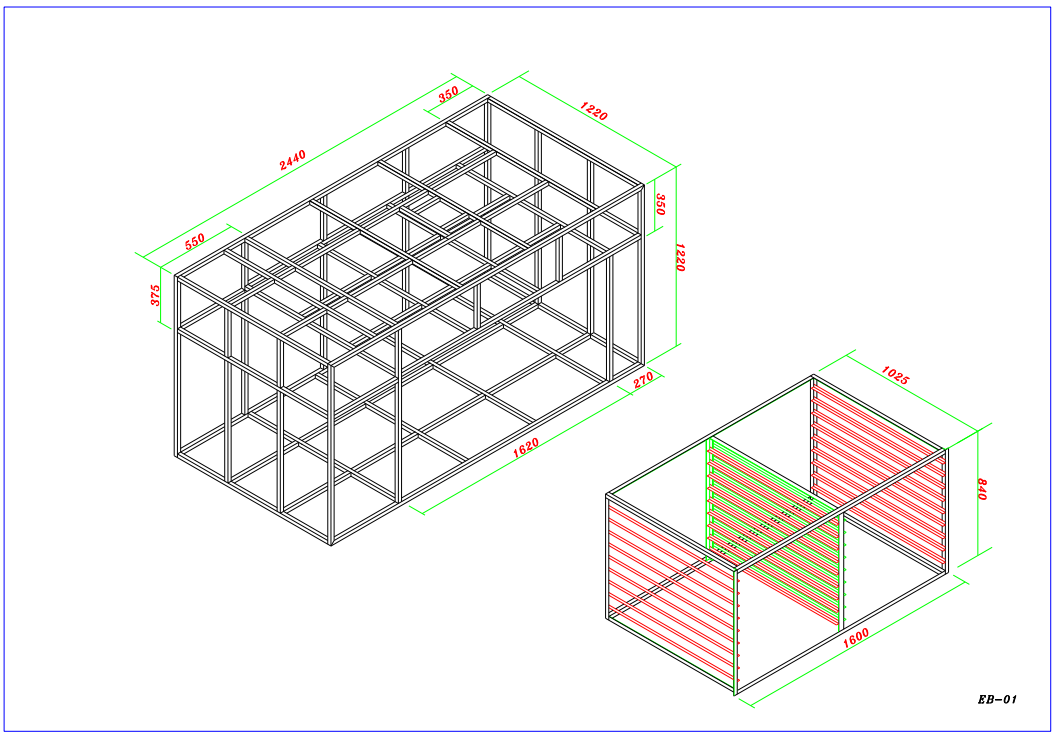
EB-03

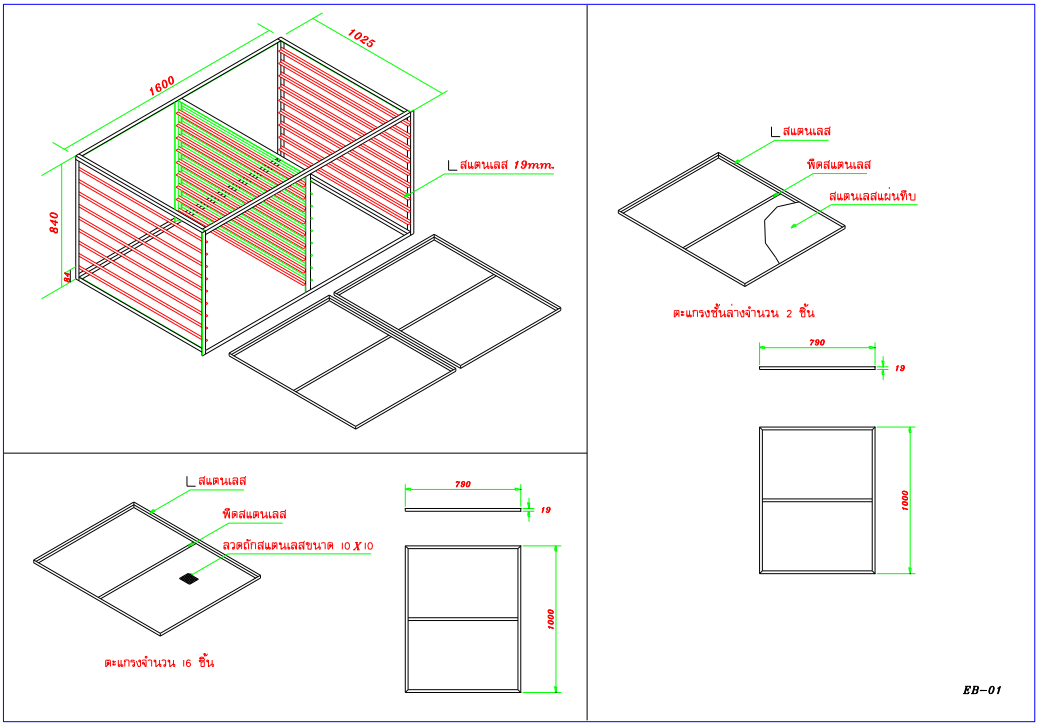

2440
550
605
605
375
350
1220
270

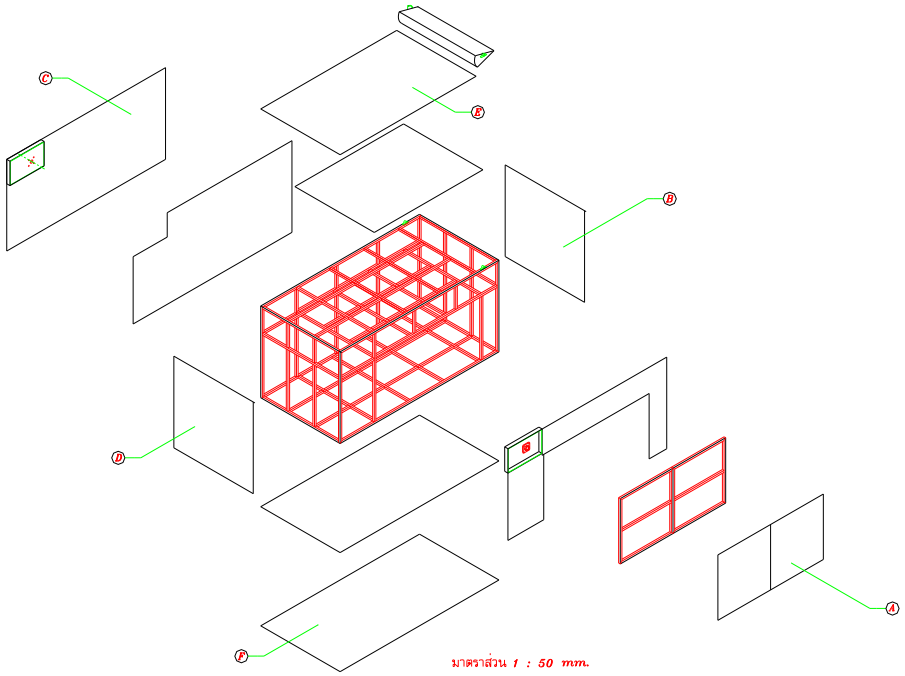

1220
373.3
1220


550
522
522
522
200
90
250
1098
548
270

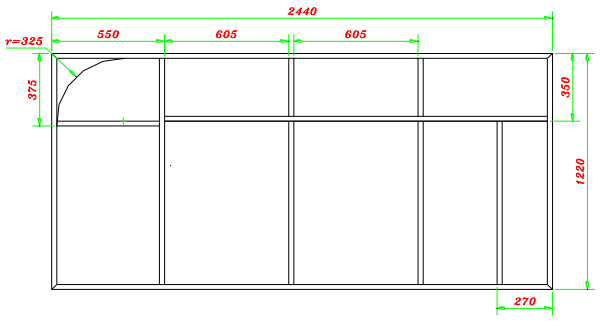
1 : 20

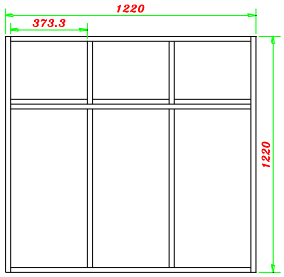

350
1220
2440
550
375
359
1220
270
1620
1025
840
1600
EB-01

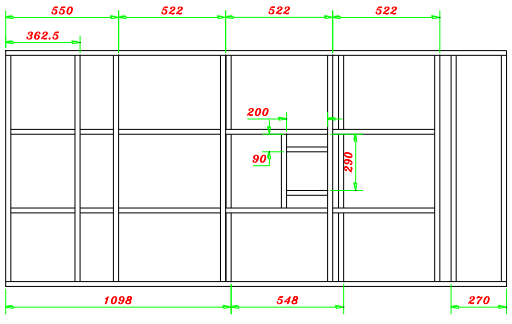

1025
1600
840
สแตนเลส 19mm.
สแตนเลส
พีคสแตนเลส
ลวดถักสแตนเลสขนาด 10 X 10
ตะแกรงจำนวน 16 ชิ้น
790
19
1000
สแตนเลส
พีคสแตนเลส
สแตนเลสแผ่นทึบ
ตะแกรงชั้นล่างจำนวน 2 ชิ้น
790
19
1000
EB-01

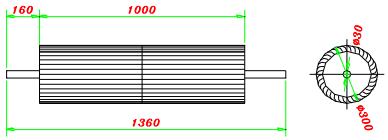


EB-02



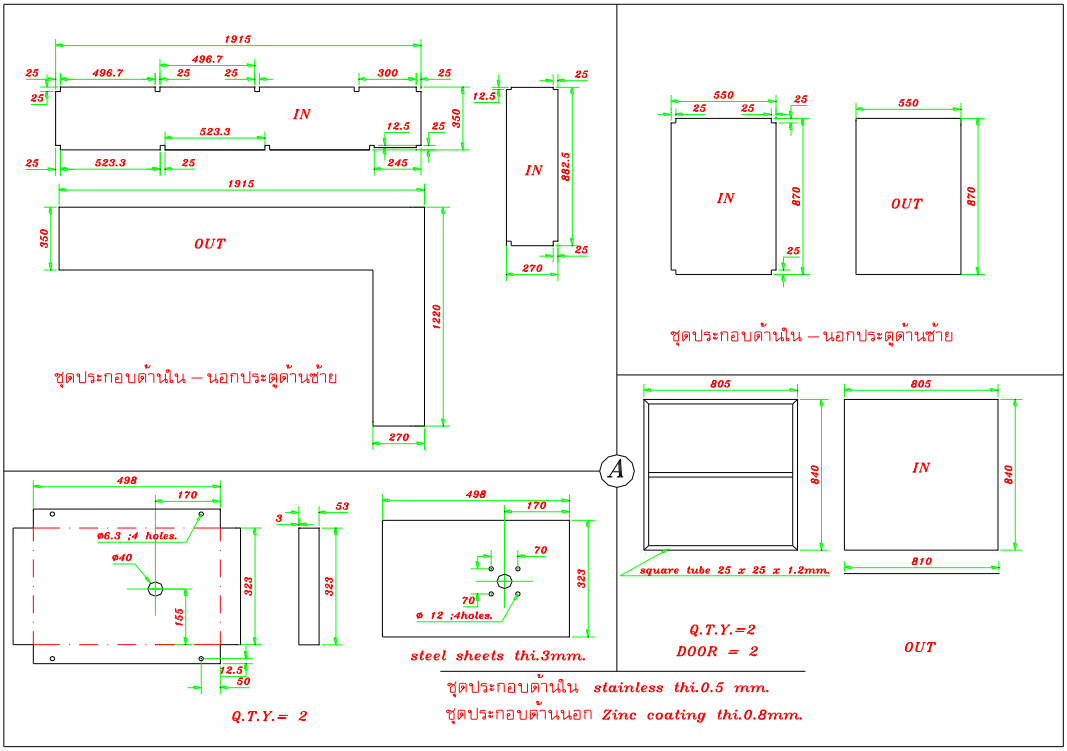


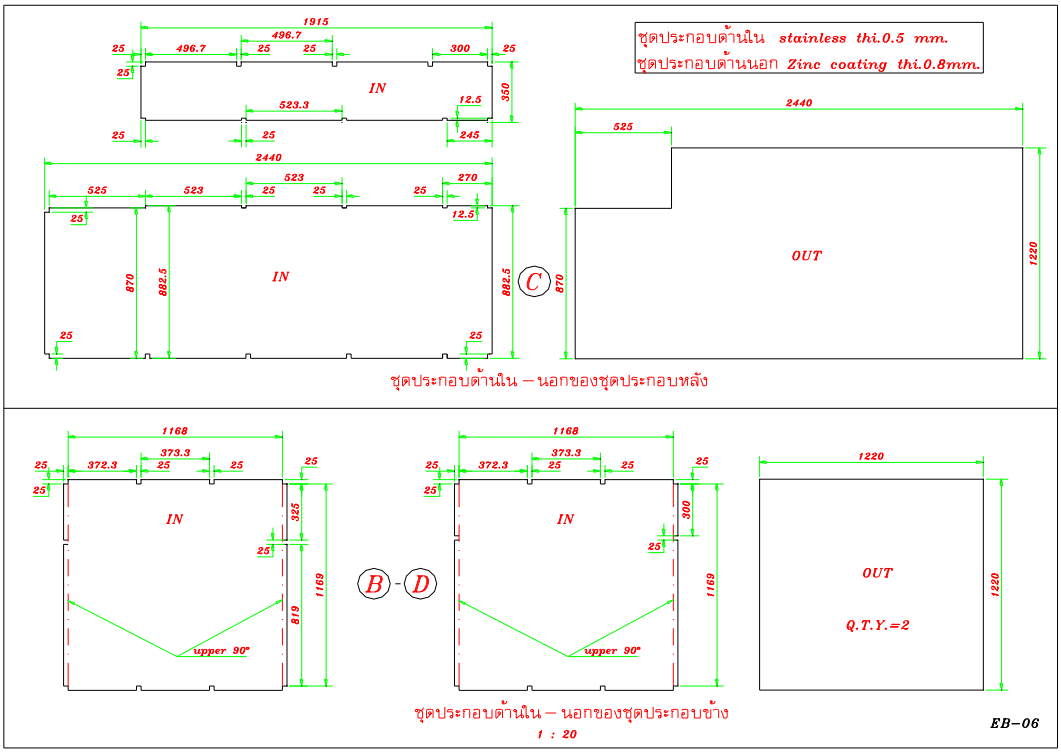


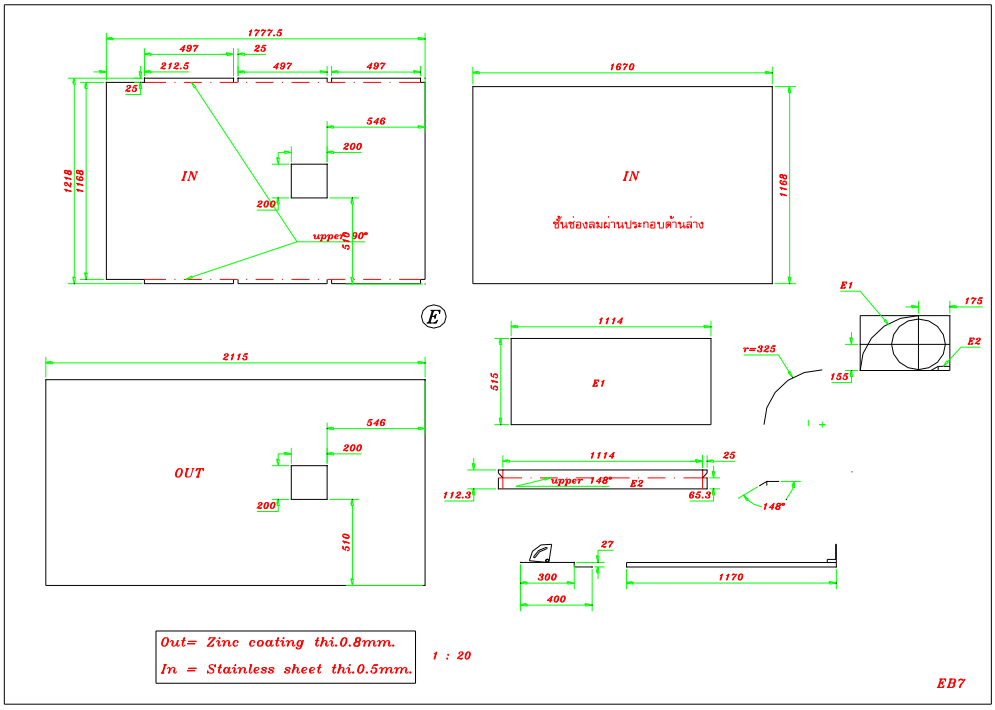


Square tube 25 X 25 X 1.2mm. 1 : 20

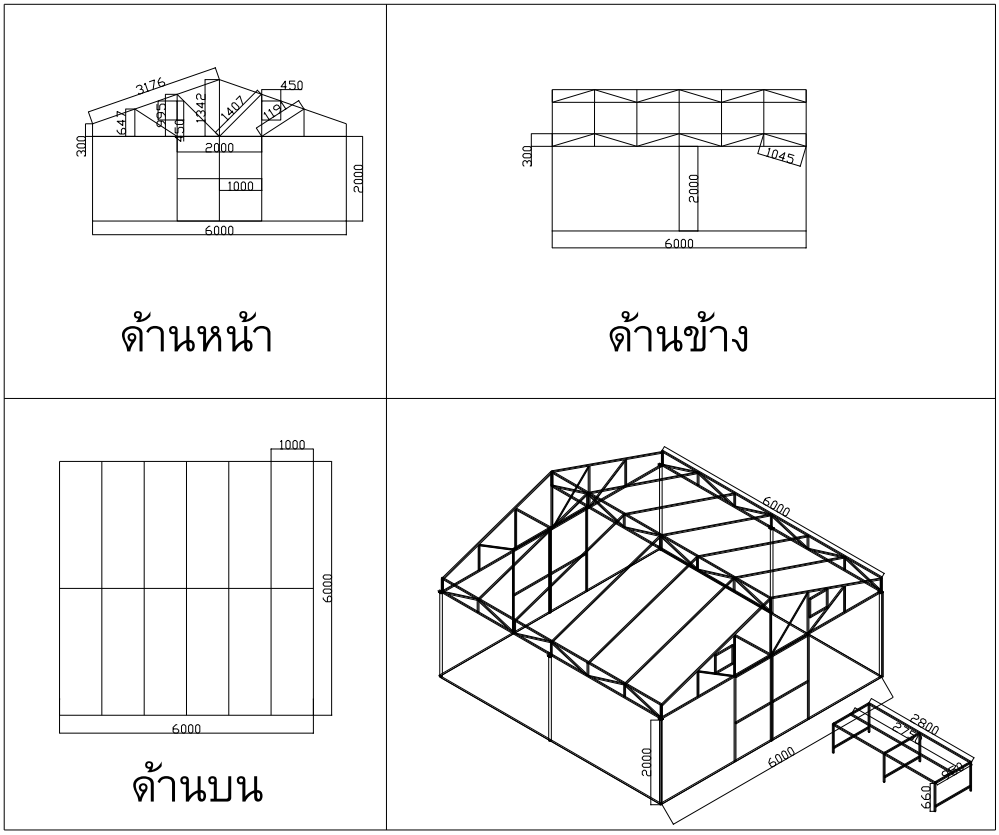
EB-04


1915
496.7
25
300
IN
523.3
12.5
350
245
882.5
OUT
270
1220
ชุดประกอบด้านใน – นอกประตูด้านซ้าย
550
870
ชุดประกอบด้านใน – นอกประตูด้านซ้าย
805
840
IN
OUT
810
square tube 25 x 25 x 1.2mm.
Q.T.Y.=2
DOOR = 2
A
498
170
ø6.3 ;4 holes.
ø40
323
155
53
3
50
Q.T.Y.= 2
70
ø 12 ;4holes.
steel sheets thi.3mm.
ชุดประกอบด้านใน stainless thi.0.5 mm.
ชุดประกอบด้านนอก Zinc coating thi.0.8mm.

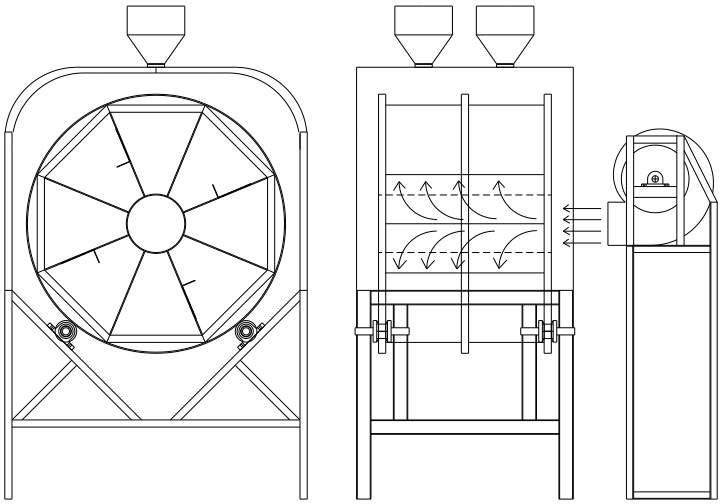

ชุดประกอบด้านใน stainless thi.0.5 mm.
ชุดประกอบด้านนอก Zinc coating thi.0.8mm.
1915
496.7
IN
523.3
350
2440
525
523
270
870
882.5
C
OUT
1220
ชุดประกอบด้านใน – นอกของชุดประกอบหลัง
1168
373.3
372.3
325
819
1169
upper 90°
B - D
300
Q.T.Y.=2
ชุดประกอบด้านใน – นอกของชุดประกอบข้าง
1 : 20
EB–06



ภาพที่ 18 แบบเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง และโรงตากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์



ภาพที่ 19 แบบโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก



ภาพที่20 เครื่องอบแห้งแบบโรตารี