

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 เชาวโชติ

หน่วยงานต้นสังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

นายธนกฤต โยธาฑูล

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 เมื่อทดสอบอบแห้งพริกชี้หนูพันธุ์หัวเรือ 100 กิโลกรัม พบว่าการอบแห้งพริกชี้หนูพันธุ์หัวเรือจาก ความชื้นเริ่มต้น 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 ทดสอบอบแห้งพริกชี้หนูพันธุ์หัวเรือ 100 กิโลกรัม พบว่าการอบแห้งพริกชี้หนูพันธุ์หัวเรือจากความชื้นเริ่มต้น 65% เหลือ 14% ใช้เวลา 5-7 วัน 3. เครื่องอบแห้งแบบโรตารี ขนาดความจุ 250 กิโลกรัมต่อครั้ง ถังอบแห้งรูปทรงกระบอกแปดเหลี่ยม ใช้พัดลมเป็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางใบโค้งหน้า ต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า และมีชุดหัวพ่นแก๊สหุงต้มกำเนิดลมร้อนพร้อมอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ทดสอบอบแห้งพริกชี้หนูพันธุ์หัวเรือ 250 กิโลกรัม พบว่าการอบแห้งพริกชี้หนูพันธุ์หัวเรือจากความชื้นเริ่มต้น 65% เหลือ 14% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งแบบชั้นวาง, โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

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 เป็นพริกชี้หนูผลใหญ่ รองลงมา

คือพริกใหญ่ (25%) พริกขี้หนูผลเล็ก (10%) และพริกอื่นๆ (5%) ผลผลิตประมาณร้อยละ 20 แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ซอสพริก น้ำพริกเผา พริกเครื่องแกง ฯลฯ ผลผลิตพริกร้อยละ 97 ใช้บริโภคในประเทศ ที่เหลือประมาณร้อยละ 3 ส่งออกและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อส่งออกและบริโภคในประเทศ นอกจากนี้พริกสามารถใช้ประโยชน์ทั้งในรูปผลสด พริกแห้ง ในประเทศไทยนำพริกไปแปรรูปเป็น ซอสพริก พริกป่น พริกคอง สีส้มอาหาร 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 และราคาของพริกที่ผลิตได้ไม่สอดคล้องหรือสมำเสมอกับความต้องการใช้ของผู้แปรรูป จึงทำให้ต้องมีการนำเข้าพริกแห้ง เพื่อมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารภายในประเทศ (กมล, 2550)

การทำพริกแห้งส่วนใหญ่ใช้การตากแดดเป็นหลักทั้งในระดับเกษตรกรและระดับผู้ประกอบการในระดับเกษตรกรจะตากแค่พอไว้รับประทานและช่วงที่ผลผลิตพริกล้นตลาดขายไม่ได้ราคาแต่ก็เป็นปัญหาในการตากพริกปริมาณมากๆ จึงนิยมนำไปขายให้ผู้ประกอบการค้าพริกแห้งที่มีลานตากและมีตลาดรองรับ ในปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรหรือผู้รับซื้อพริกมาทำพริกแห้งก็ใช้การตากลานเป็นส่วนใหญ่ซึ่งก็ต้องพบปัญหาจากสภาพฝนตกตากแล้วพริกเน่าเสียหายมีเชื้อราปนเปื้อน จะมีการใช้เครื่องอบแห้งอยู่บ้างในเขตจังหวัดทางภาคเหนือ โดยใช้เครื่องอบแห้งลำไยที่มีโซอยู่ โดยเครื่องอบแห้งลำไยแบบกระบะจะอบได้ประมาณครั้งละ 2 ตัน และเครื่องอบแห้งใบยาสูบจะอบแห้งได้ประมาณ 5 ตัน แต่จากการสำรวจสอบถามผู้ผลิตและดูจากผลิตภัณฑ์จะมีปัญหาเรื่องของความสมำเสมอในการลดความชื้นและสีของ พริกค่อนข้างคล้ำ และยังมีปัญหาเกี่ยวกับไอร้อนของพริกทำให้ไม่สามารถปฏิบัติงานได้สะดวก ในเรื่องสีของพริกแห้งนี้นับเป็นเรื่องสำคัญมากในการกำหนดราคาขายพริกแห้ง วิธีการหนึ่งที่ช่วยให้สีของพริกสวยสมำเสมอก็คือการลวกพริกก่อนการตากหรือการอบแห้ง และจากการขาดเทคโนโลยีเกี่ยวกับการอบแห้งพริกในปริมาณที่มากในแต่ละครั้งนี้เป็นเรื่องเสียหายมากเพราะว่าช่วงที่พริกล้นตลาดขายไม่ได้ราคา และมีภาวะฝนตก หรือลานตากไม่มี จะทำความเสียหายแก่กลุ่มเกษตรกรหรือผู้รวบรวมการซื้อขายพริกอย่างมาก จากความสำคัญและปัญหาที่เกิด การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในการอบแห้งพริกในระดับกลุ่มเกษตรกรหรือผู้ค้าพริกจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพราะนอกจากเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวแล้วยังรวมถึงการแก้ปัญหาให้เกษตรกรรายย่อยสามารถขายพริกสดให้แก่ผู้รวบรวมซื้อขายพริกได้ราคาอีกด้วย

แต่จะพบปัญหาจากสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงมีฝนตก น้ำค้างในตอนกลางคืน มีความยุ่งยากในการเคลื่อนย้ายหลบฝน/หลบน้ำค้าง การขาดแคลนแรงงาน เกษตรกรบางรายมีการนำพริกขึ้นตากบนหลังคาและนำลงมาครั้งเดียวเมื่อต้องการจำหน่ายหรือเห็นว่าแห้งแล้ว หรือนำไปตากริมถนน ดังภาพที่ 1 ส่งผลให้พริกแห้งที่ได้สูญเสียคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน และไม่ปลอดภัยเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารแอฟลาทอกซิน ของเสียจากมนุษย์ สัตว์ มีโลหะหนัก



ภาพที่ 1 การตากพริกแห้งแบบชาวบ้าน

การทบทวนวรรณกรรม

พัฒนาภรณ์ (2542) ได้ทำการอบพริกชี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน เพื่อหาวิธีการอบพริกสดที่เหมาะสม โดยใช้เครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน และหาผลกระทบของการ ลวกพริกในน้ำเดือดก่อนอบต่อกระบวนการอบแห้ง การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการสลับลมร้อนเข้าด้านบนและด้านล่างของเตาอบ และหาผลกระทบของการ ลวกพริกก่อนอบแห้ง โดยวางแผนการทดลองเป็นแบบ Split plot – design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้วิธีการ สลับลมร้อนทุก 3, 5 และ 7 ชั่วโมงเป็น main plot และใช้วิธีการลวกและไม่ลวกพริกก่อนอบ เป็น sub plot ในการอบแต่ละครั้งจะบรรจุพริกประมาณ 23 กิโลกรัม ความหนาของชั้นอบประมาณ 60 เซนติเมตร ความเร็วลม 0.2 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิที่ใช้ในการอบ คือ 75 องศาเซลเซียส ผลการทดลอง พบว่า การสลับ ลมร้อนทุก 7 ชั่วโมง มีความเหมาะสม เนื่องจากไม่ต้องเสียเวลาและแรงงานในการสลับลมมากครั้ง และไม่พบ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ของอัตราการลดความชื้น ($%M_d/hr$), ลักษณะปรากฏ, เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสุดท้าย และคุณภาพสีของพริกแห้งหลังอบของการสลับลมร้อนทุกวิธี โดยการสลับลมร้อนทุก 7 ชั่วโมงจะใช้เวลาทั้งหมด 14 ชั่วโมงในการอบพริกแห้งจากความชื้นเริ่มต้น 74.91% (wb) จนเหลือความชื้นสุดท้าย 12.42% (wb) สำหรับผลการทดลองหาผลกระทบของการลวกพริกในน้ำ เดือด ต่อกระบวนการอบแห้งพบว่าการลวกไม่มีผลต่ออัตราการลดความชื้น ($%M_d/hr$) โดยไม่พบความ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เนื่องจากในการทดลองนี้วิธีการลวกยังไม่ดีพอ แต่ในด้านคุณภาพของสี พบว่าการลวกจะทำให้คุณภาพสีของพริกแห้งหลังอบมีคุณภาพดีกว่า

พิพัฒน์ (2542) ได้ทดสอบเครื่องอบแห้งพริกแบบหมุน โดยใช้ความร้อนจาก Heater ขนาด 12000 W โครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบหมุนประกอบด้วย ชุดป้อนพริก โดยมีมอเตอร์ตัวป้อนขนาด 1/4 hp ชุด ทดรอบอัตราทด 1: 60 ถังอบแห้งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.4 m ยาว 1.8 m มอเตอร์ขับเคลื่อนการหมุนของ ถังอบแห้งขนาด 1 hp ชุดทดรอบมีอัตราทด 1:10 ปรับรอบโดยใช้หลักการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของพูลเลย์ พัดลมเป่าอากาศที่ใช้ขนาด 400 W เพื่อพาความร้อนจาก Heater เข้าสู่ถังอบแห้ง เพื่อทำการ อบแห้งพริกที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 9 kg ที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 78-84 Wb จนมีความชื้นสุดท้าย ประมาณร้อยละ 15 Wb และน้ำหนักสุดท้ายของพริกประมาณ 2.3 kg จากการทดสอบเพื่อหาสถานะที่ เหมาะสมของการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งแบบหมุนพบว่า 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 เทียว โดยคิดเป็นความสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากับ 6.7 kJ/kg ของน้ำ เครื่องอบแห้งแบบหมุน นอกจากสามารถใช้ในการศึกษาสภาวะการอบแห้งที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งพริกแล้วยังสามารถใช้ศึกษาสภาวะการอบแห้งสำหรับพืชหรือเมล็ดพืชชนิดอื่นได้ เช่น เมล็ดพริกไทย หรือเมล็ดธัญพืชต่างๆ ของเครื่องอบแห้งให้เปลี่ยนแปลงไปตามที่ต้องการได้ เช่น รอบการหมุนของถังอบแห้ง อัตราการป้อนวัสดุที่ต้องการอบแห้ง ตลอดจนอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง โดยเครื่องต้นแบบนี้อาจพัฒนาเพื่อนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้

ธงชัย (2548) ได้ทดสอบเครื่องอบแห้งลำใยแบบสายพาน กล่าวว่า เตาอบลำใยที่เกษตรกรชาวสวนใช้มีอยู่หลายรูปแบบ รุ่นแรกๆ จะเป็นทรงสี่เหลี่ยมด้านบนเปิด ต้องใช้กระสอบคลุม ใช้พลังงานจากก๊าซเป่าลมร้อนเข้าไป จะต้องกลับเมล็ดลำใยบ่อยครั้ง ใช้เวลาประมาณ 2-3 วัน ต่อมาได้พัฒนาเป็นเตาอบแบบทรงสี่เหลี่ยมแนวตั้ง มีประตูเปิดปิดมิดชิด ใช้พลังงานจากไฟฟ้า รูปทรงสวยงาม แต่ก็มีข้อจำกัดคือ อบลำใยได้ครั้งละไม่มาก และได้คิดค้นเตาอบขนาดใหญ่ อบได้ครั้งละ 1 ตัน ใช้พลังงานจากก๊าซ ใช้ระบบสายพานลำเลียงผลผลิตขณะเข้าและออกจากตู้อบจนถึงบรรจุภาชนะ ทำให้แห้งได้เร็วและสม่ำเสมอ ระดับความร้อนสามารถควบคุมได้ ใช้ระบบตั้งอุณหภูมิได้ตามเวลาที่ต้องการ เตาอบแบบสายพานนี้ เมื่อคำนวณต้นทุนการอบใน 1 ครั้ง ใช้เวลา 18-20 ชั่วโมง หรือ 1 วัน อบลำใยได้ครั้งละ 6 ตัน ใช้น้ำมันเตาเพียง 60 ลิตร ใช้ไฟฟ้าในระบบสายพาน 500 บาท ใช้แรงงาน 2 คน ประมาณ 500 บาท นอกจากนี้ ยังทดลองใช้อบพืชผลเกษตรอื่นได้อีก เช่น ข้าวโพด จิง ไบซา พริกแห้ง หน่อไม้ ตีปลี 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 คุณภาพ และราคาของพริกที่ผลิตได้ไม่สอดคล้องหรือสม่ำเสมอกับความต้องการใช้ของผู้แปรรูป จึงทำให้ต้องมีการนำเข้าพริกแห้ง เพื่อมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารภายในประเทศ (กมล, 2550)

การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการทำแห้งผลิตผลเกษตรนั้นว่ามีความสำคัญมากเพราะเป็นพลังงานที่สะอาดมีอยู่ในธรรมชาติ ประเทศไทยมีศักยภาพในการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการทำแห้งผลิตผลเกษตรเนื่องจากมีแสงอาทิตย์เกือบตลอดปี จึงเป็นที่นิยมทำกันโดยทั่วไปทั้งในระดับชาวบ้านและระดับอุตสาหกรรมคือการตากแห้ง เพราะง่ายและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีข้อจำกัดคือ ผลผลิตทันทีที่ได้ไม่ถูกสุขลักษณะมีการปนเปื้อน จากฝุ่นละออง รวมทั้งมีแมลงรบกวน และยังมีปัญหาอันเนื่องมาจากฝนตกทำให้ไม่สามารถตากแห้งได้ จึงได้มีงานวิจัยในการสร้างเครื่องอบหรือโรงอบแห้งที่ได้รับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นจำนวนมาก เช่น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (2547) ได้ออกแบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบเรือนกระจก โดยโรงอบแห้งเป็นทั้งตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์และห้องอบแห้งผลิตทันทีในเครื่องเดียวกัน ออกแบบ

โครงสร้างของตัวเครื่องให้เป็นรูปทรงพาราโบลา ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตใสคลุมห้องอบแห้ง ซึ่งโรงอบแห้งแบบนี้มีต้นทุนค่อนข้างสูงมาก ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก

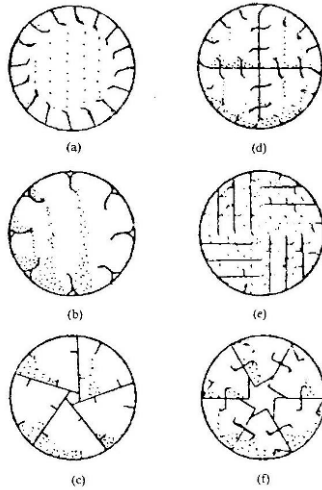
โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่ใช้หลักการสะสมความร้อนของเรือนกระจก กล่าวคือเมื่อรังสีดวงอาทิตย์ส่องผ่านกระจกหรือพลาสติกใสเข้าไปภายในแล้วเปลี่ยนเป็นความร้อน และแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา แต่ไม่สามารถผ่านกระจกหรือพลาสติกออกมาข้างนอกได้ ทำให้อากาศภายในโรงอบร้อนขึ้น โดยไม่ต้องใช้แผงรับแสงอาทิตย์สามารถลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างลงได้ อุณหภูมิของอากาศภายในโรงอบแห้งตอนกลางวันที่มีแดด จะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยมากกว่า 10 องศาเซลเซียส แต่เนื่องจากการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการอบแห้งพืชผลเกษตรมีข้อจำกัดคือจะใช้ได้เฉพาะในช่วงที่มีแดดเท่านั้น จึงเกิดปัญหาเกี่ยวกับการตากแห้งในช่วงฝนตก และกลางคืนน้ำค้างมาก จะทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสีย เกิดเชื้อราที่เป็นพิษหรือใช้เวลานานเกินปกติ คุณภาพผลิตภัณฑ์ด้อยลง ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวทำให้เกษตรกรหรือผู้ประกอบการต่างๆ ไม่สนใจจะลงทุนจัดหาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการใช้พลังงานความร้อนเสริมจากเชื้อเพลิงอื่นร่วมด้วยในช่วงเวลาที่ไม่ใช่แสงอาทิตย์ เช่น ตอนกลางคืนหรือฝนตก เพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์เกิดความเสียหายได้ เวียงและคณะ(2553) ได้วิจัยออกแบบสร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก และทำการศึกษาร่วมกันจากการเผาไหม้ก๊าซหุงต้มเพื่อแก้ปัญหาในช่วงไม่มีแดด โดยออกแบบโรงอบแห้ง ขนาด กว้าง x ยาว x สูง 6.00 x 6.00 x 2.00 เมตร คลุมด้วยพลาสติกชนิด LDPE ป้องกันรังสีอุลตราไวโอเล็ต (UV) มีการติดตั้งชุดความร้อนจากก๊าซหุงต้มเป็นพลังงานความร้อนร่วม ดังภาพที่ 3 จากผลการทดสอบโรงอบแห้งพบว่าในช่วงเวลาที่มีแสงแดดมากอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยมากกว่า 10 องศาเซลเซียส และจากการทดสอบใช้พลังงานความร้อนร่วมแก๊สหุงต้ม(LPG)ในช่วงเวลากลางคืน พบว่ามีอัตราการใช้แก๊สเฉลี่ยประมาณ 2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิภายนอกโรงอบแห้งเฉลี่ยประมาณ 27 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้อุณหภูมิภายในโรงอบแห้ง ประมาณ 50 องศาเซลเซียส และได้ข้อสรุปงานวิจัยได้ว่า โครงสร้างแบบสี่เหลี่ยมธรรมดาสามารถทำอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งได้สูงกว่าภายนอกมากกว่า 10 องศาเซลเซียส ตัววัสดุที่ใช้คลุมถ้าเป็นพลาสติกจะมีอายุการใช้งาน

สั้น และเสี่ยงต่อการถูกทำลายจากสัตว์บางชนิด แรงลมแรงๆ ส่วนการใช้ก๊าซหุงต้มสร้างความร้อนในโรงอบแห้งโดยตรงจะมีการสูญเสียความร้อนค่อนข้างมากไปกับอากาศแวดล้อมเพราะวัสดุคลุมโรงอบแห้งเป็นฉนวนที่ไม่ดีนัก



ภาพที่ 3 การทดสอบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม

เครื่องอบแห้งแบบโรตารี(Rotary dryer) เป็นเครื่องมือสำหรับการอบลดความชื้นวัสดุขึ้นได้มากมาย หลากหลายชนิด เป็นที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆมากมาย มีองค์ประกอบโครงสร้างหลัก 5 ส่วน ได้แก่ 1) โครงร่างหลัก (main body) เป็นรูปทรงกระบอกมักจะทำด้วยเหล็กแผ่น เหล็กไร้สนิม (Stainless steel) และเหล็กหล่อ 2) Flights มีไว้เพื่อแบ่งกระจายวัสดุอบแห้งให้ทั่วผนังทรงกระบอก และเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างลมร้อนและวัสดุอบแห้ง 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 ความแข็งแรงของถังอบขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาของวัสดุในการทำถังกระบอก และต้องใช้เทคโนโลยีในการสร้างที่มีมาตรฐานสูงและส่งผลให้ราคาต้นทุนการสร้างสูงมากตามขึ้นไปด้วย ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 เครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- เพื่อศึกษาวิจัยเครื่องมือและกรรมวิธีในการอบลดความชื้นสำหรับการทำพริกแห้งที่เหมาะสมทั้งคุณภาพและปริมาณในระดับกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการ

ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ดำเนินการเพื่อออกแบบสร้างเครื่องมือและศึกษากรรมวิธีในการทำพริกแห้ง โดยมีขั้นตอนสำคัญ 2 ขั้นตอนที่เป็นเป้าหมายในการวิจัย คือ ขั้นตอน การลวกพริก และการอบแห้งพริก ซึ่งการลวกพริก และอบแห้งพริก ต้องมีปริมาณมากพอตรงตามความต้องการของกลุ่มเกษตรกรแปรรูปพริกหรือกลุ่มผู้ซื้อขายพริก

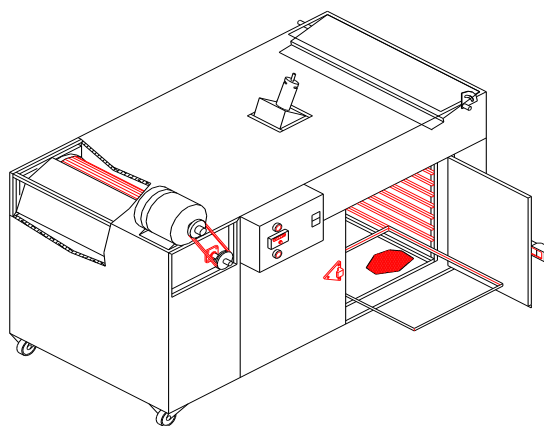
ทฤษฎี สมมติฐาน หรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การทำพริกแห้งส่วนใหญ่จะทำต่อเมื่อขายพริกสดไม่ได้ราคาหรือเกิดภาวะล้นตลาด ซึ่งปกติการซื้อขายพริกจะขายสดจากเกษตรกรรายย่อยให้แก่ผู้รวบรวมได้แก่กลุ่มเกษตรกร หรือพ่อค้า แต่เมื่อพริกสดขายไม่ได้ราคา มีพริกเข้ามาปริมาณมากจึงจำเป็นต้องทำแห้ง ซึ่งโดยการตากเป็นส่วนใหญ่

แนวทางในการพัฒนาเครื่องมือต่างๆในการอบแห้งพริกนั้นต้องคำนึงถึง ความต้องการของผู้ที่จะใช้ ปัญหาที่ต้องการแก้ ทฤษฎีและองค์ความรู้ที่สอดคล้อง ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลและแนวทางที่เหมาะสมสรุปได้ว่า ผู้ใช้ระดับผู้รวบรวมซื้อขายพริกต้องการทำพริกแห้งในช่วงพริกสดราคาตกต่ำ พริกล้นตลาดมีปริมาณมาก และเป็นปัญหามากในช่วงฤดูฝน การตากกลางแจ้งไม่ได้ผล มีการเน่าเสียและเกิดเชื้อราอัลฟลาทอกซิน การใช้เครื่องอบแห้งและกรรมวิธีที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการนำมาแก้ปัญหาดังกล่าว

7. วิธีดำเนินการ

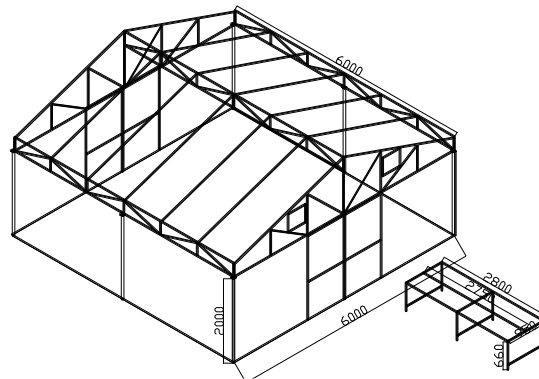
ทำการอบพริกแห้งด้วยเครื่องอบแห้ง 3 แบบด้วยกัน คือ 1) เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงความร้อน ตามแบบของ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร โดยขนาดตัวเครื่องอบ กว้าง x ยาว x สูง 1.22 X 2.44 X 1.22 เมตร มี 4 ล้อติดอยู่ที่ฐาน สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ถาดวางผลิตภัณฑ์ทำด้วยตะแกรงสแตนเลส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



ภาพที่ 6 เครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงความร้อน

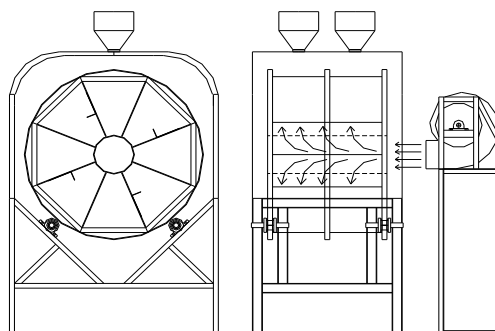
โรงอบแห้งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกขนาด 6.00 x 6.00 x 1.80 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) หลังคาทรงจั่ว วัสดุคลุมโรงอบด้วยโพลีคาร์บอเนตใส โครงสร้างถอดประกอบเป็นชิ้นได้ โดยสร้าง ณ กลุ่มสร้างและผลิต สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร เมตร

หลังคาทรงจั่ว วัสดุคลุมโรงอบด้วยโพลีคาร์บอเนตใส โครงสร้างถอดประกอบเป็นชิ้นได้ โดยสร้าง ณ กลุ่ม
 สร้างและผลิต สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ดังภาพที่ 7 อบอุ่นแห้งโดยใช้โรงอบแห้ง
 พลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกอย่างเดียวย ทำการซังพริกใส่ถาดๆละ 5 กิโลกรัม
 จำนวน 20 ถาด รวม 100 กิโลกรัม ตากในโรงอบแห้ง ทำการวัดอุณหภูมิ และความชื้นอากาศ ทั้งภายในและ
 ภายนอกโรงอบแห้งด้วย Data logger ทำการซังน้ำหนักพริกที่ตาก ตอนเช้าและตอนเย็นทุกวันเป็นเวลา
 ประมาณ 7-10 วัน สุ่มตัวอย่างพริกไปหาความชื้น



ภาพที่ 7 โรงอบแห้งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก

ทดสอบอบพริกแห้ง โดยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีขนาดความจุ 250 กิโลกรัม มีหลักการทำงานคือ
 การเป่าอัดลมร้อนเข้าถังอบจะมีท่อลมร้อนสำหรับเป่าอัดลมร้อนผ่านเมล็ดพีชมีการออกแบบช่องระบาย
 ความชื้นให้ออกทั้งสองด้าน ดังภาพที่ 8 จากนั้นทำการซังน้ำหนักพริกขึ้นหุสครบบรรจุใส่ลงถังอบแห้ง สุ่มตัวอย่างไป
 วัดความชื้นเริ่มต้น เปิดเครื่องหมุนถังอบแห้ง เปิดแก๊สกำเนิดความร้อนตั้งค่าอุณหภูมิความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง
 เปิดพัดลมเป่าลมร้อนเข้าถังอบ ตั้งค่าอุณหภูมิลมร้อนเข้าเริ่มต้นประมาณ 60 องศาเซลเซียสดำเนินการอบแห้ง
 ไปจนกว่าปริมาณความชื้นเมล็ดพีชจะลดลงถึงจุดที่ต้องการ ซึ่งในระหว่างทำการอบแห้งนี้ทำการเก็บบันทึก
 ข้อมูลการทดลองทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดพีชมาวัดค่าความชื้น บันทึกค่าที่เกี่ยวข้อง
 ได้แก่ อุณหภูมิลมร้อนเข้า อุณหภูมิลมร้อนออก อุณหภูมิและความชื้นแวดล้อม ค่าการใช้พลังงานต่างๆได้แก่
 ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้ม พลังงานการใช้ไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลังสำหรับพัดลมเป่าลมร้อนและ
 มอเตอร์ไฟฟ้าต้นกำลังขับเคลื่อนการหมุนถังอบแห้ง



ภาพที่ 8 เครื่องอบแห้งแบบโรตารีใช้แก๊สหุงต้มเป็นตัวกำเนิดลมร้อน

ซึ่งในการทดสอบจะเก็บข้อมูลปัจจัยที่สำคัญได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ออบแห้ง ระยะเวลาหรืออัตราในการอบลดความชื้น พลังงานที่ใช้ คุณภาพพริกหลังการอบแห้งได้แก่ สี ความสม่ำเสมอของการลดความชื้น ความบอบซ้ำของเมล็ดพริก เป็นต้น โดยในการเก็บข้อมูลจะมีการสุ่มเมล็ดพริกมาหาความชื้นโดยเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟราเรด ค่าการใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มสภาพของเมล็ดพริก เป็นต้น

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

สถานที่ทำการทดลอง / เก็บข้อมูล

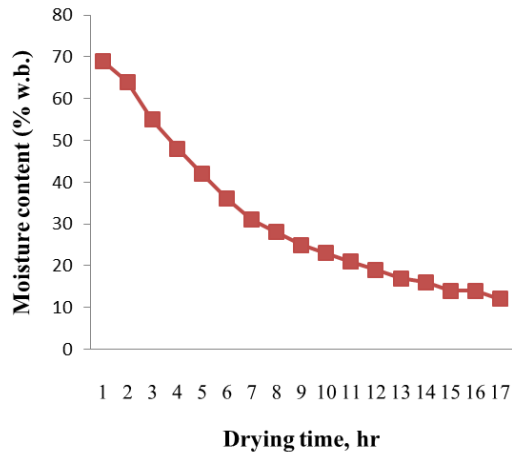
- สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
- กลุ่มวิจัยเกษตรวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว
- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี จ.จันทบุรี
- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
- กลุ่มเกษตรกรแปรรูปพริก
- ไร่พริกเกษตรกร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงความร้อนโดยตั้งอุณหภูมิร้อนไว้ที่ 55-60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 16 ชั่วโมง ดังภาพที่ 9 โดยการอบพริกติดต่อกันจนแห้งถึงความชื้นที่ต้องการจะมีปัญหาความชื้นในไส้พริกที่ตกค้าง และจากการสังเกตพบว่าสีของพริกแห้งค่อนข้างดำเข้มส่งผลให้ราคาอาจตกลง การผลิตพริกอินทรีย์ยังต้องการสภาพลักษณะการผลิตที่สะอาดเป็นธรรมชาติดังนั้นการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางซึ่งใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงกำเนิดความร้อนจะสามารถอบแห้งได้เร็ว แต่การยอมรับของผู้ใช้งานและผู้บริโภคอาจจะไม่ชอบมากนักและยังขึ้นกับปริมาณผลผลิตพริกอินทรีย์ด้วยว่ามีมากน้อยเพียงใดส่วนใหญ่ที่มีการผลิตจะมีปริมาณไม่มากนัก 100-200 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ทั้งนี้เพราะคัดเอาเฉพาะพริกตกเกรดมาอบแห้ง ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้มไปประมาณ 16 กิโลกรัม หรือประมาณ 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการลดความชื้นกราฟ ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 9 เครื่องอบแห้งแบบชั้นวางชนิดแหล่งกำเนิดความร้อนจากแก๊สหุงต้ม

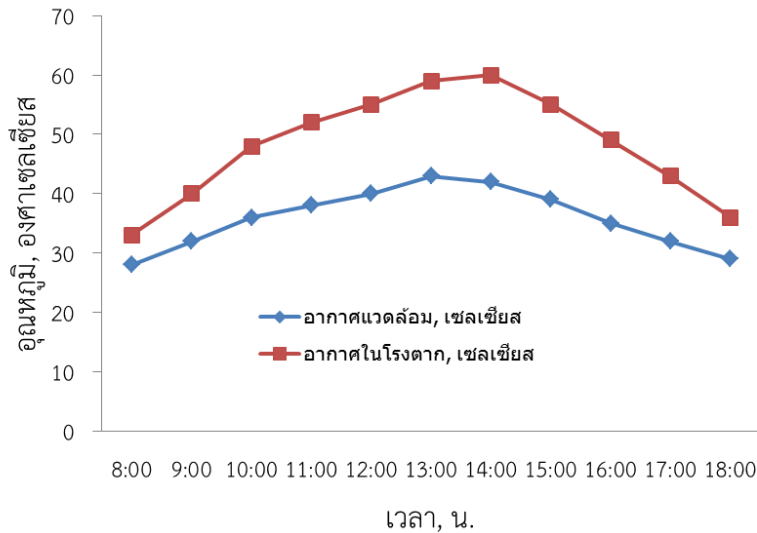


ภาพที่ 10 อัตราการลดความชื้นอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวาง

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

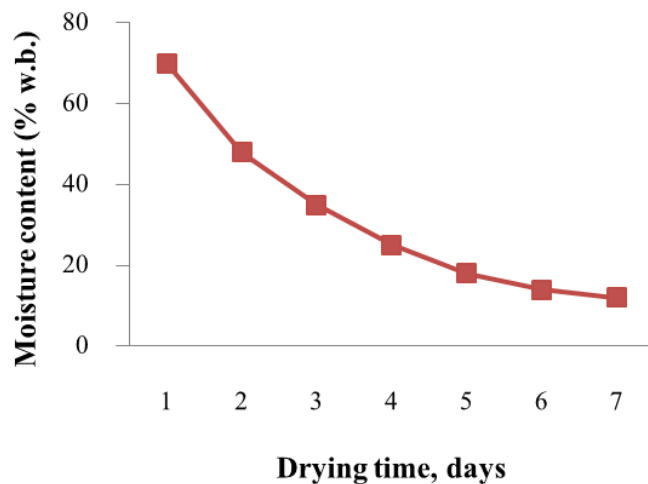


ภาพที่ 11 การอบแห้งพริกด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก



ภาพที่ 12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิกายในและภายนอกโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์

สำหรับปริมาณการลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกจะขึ้นกับปริมาณความชื้นของแสงอาทิตย์ที่ทำให้อุณหภูมิกายในโรงอบแห้งสูงขึ้น กรณีแดดแรงจะลดความชื้นได้เร็วและมาก ดังภาพที่ 13

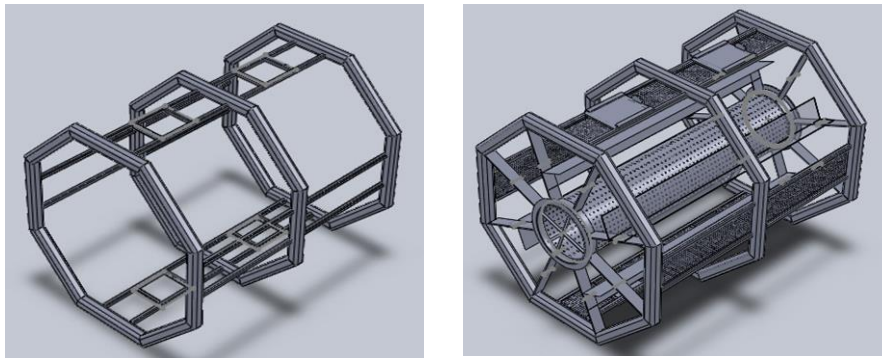


ภาพที่ 13 อัตราการลดความชื้นพริกแห้งด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์

ทำการศึกษาทดสอบการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี ใช้แก๊สหุงต้มเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ดังภาพที่ 14 พบว่าสามารถอบแห้งพริกได้ครั้งละประมาณ 250 กิโลกรัม ข้อเสียการหมุนของถังอบแห้งทำให้พริกชื้นและข้าวหลุด จึงแก้ไขโดยออกแบบถังบรรจุใหม่และใช้อุปกรณ์ควบคุมการหมุนทำให้หมุนเป็นช่วงๆเพื่อลดการบอบชื้นและข้าวหลุด ดังภาพที่ 15 และ 16 ตามลำดับ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องอบแห้งพริกในระดับผู้ประกอบการ ตามผลที่ได้ในตารางที่ 3



ภาพที่ 14 การทดสอบอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี



รูปที่ 6 ออกแบบพัฒนาถังบรรจุเครื่องอบแห้งแบบโรตารีให้เหมาะสมกับการอบพริก



ภาพที่ 16 ออกแบบพัฒนาเครื่องควบคุมการหมุนถังอบโรตารี

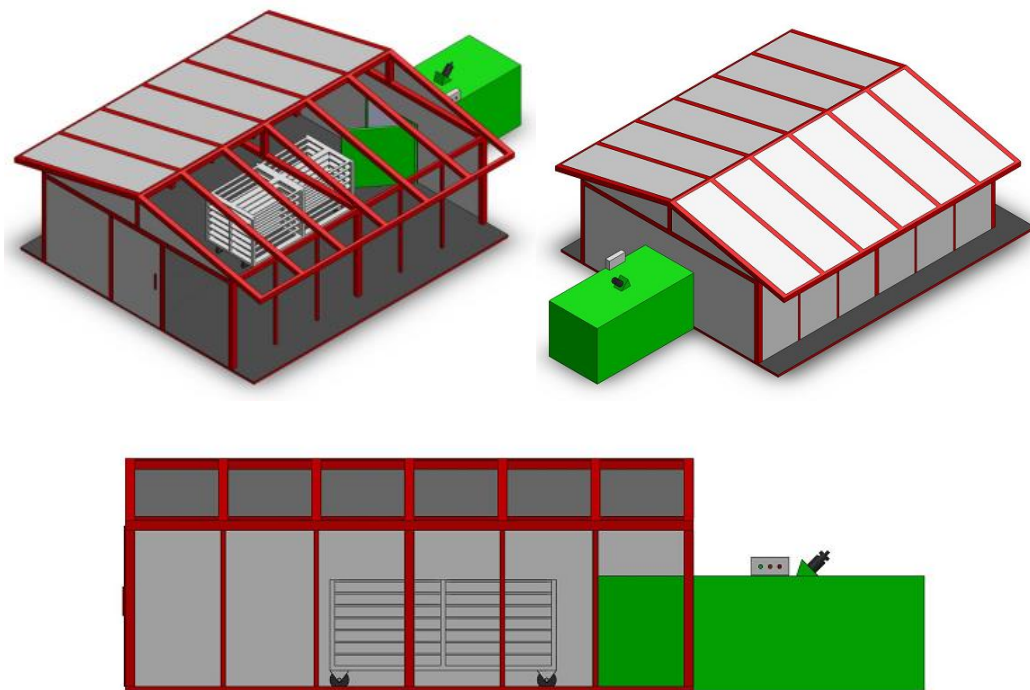
9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางและโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกจะใช้อบแห้งพริกแบบชั้นวางเหมาะสำหรับการทำพริกเม็ดสวย เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางจะอบแห้งลดปริมาณความชื้นในพริกได้เร็วเหมาะ หรือสภาวะที่ไม่สามารถตากแห้งได้เช่นฝนตก แต่ข้อเสียคือพริกสีจะออกคล้ำและดูไม่เป็นธรรมชาติ ส่วนโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกจะใช้งานได้ดีถ้าแสงมีความเข้มสูงตลอดทั้งวันและติดต่อกันหลายวัน พริกแห้งที่ได้มีสีสวยงามเป็นที่ต้องการของตลาดแต่มีข้อจำกัดคือใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนาน 5-7 วัน และถ้าเป็นฤดูฝนแทบจะใช้งานไม่ได้เลยทำให้ไม่สามารถควบคุมอัตราการผลิตที่แน่นอนได้ บางครั้งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสียได้ เครื่อง

อบแห้งแบบโรตารีเหมาะกับการทำแห้งพริกปริมาณมากทำแห้งได้แม้ฝนตกหรือไม่มีแดด แต่พริกจะบอบช้ำมากกว่า เช่นข้าวหลอว์ง สีสล้า จึงเหมาะในการใช้ทำพริกเพื่อนำไปทำพริกป่น

ข้อเสนอแนะ

- การลงทุนควรมีปริมาณพริกมากพอที่จะใช้เครื่องอบแห้งได้อย่างคุ้มค่า เช่นการรวมเป็นกลุ่มเกษตรกรผลิตพริกอินทรีย์ เป็นต้น
- การใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกสามารถทำงานได้สะดวกขึ้นถ้าได้ออกแบบสร้างให้มีระบบลำเลียงถึงกันในส่วนของชั้นรถเข็น เมื่อต้องการจะเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ระหว่างเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 การใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

คำแนะนำในการลงทุนใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีควรศึกษาความเหมาะสมทั้งด้านประสิทธิภาพของเครื่องและการตลาดควบคู่กันไปด้วย และที่สำคัญต้องวางแผนการจัดการใช้เครื่องอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดจึงจะได้ผลตอบแทนเต็มที่ เช่น มีการรวมกลุ่มสมาชิกเกษตรกรเพื่อรวบรวมปริมาณผลผลิตมาใช้เครื่องอบได้เต็มเวลา และตั้งผู้ควบคุมดูแลเครื่องที่มีความชำนาญ เป็นต้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

การนำรูปแบบและหลักการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงร่วมกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก ถือว่ามีความสำคัญมากเพราะจะเป็น

วิธีการที่สามารถมาแก้ปัญหาให้กับการใช้พลังงานจากธรรมชาติ ซึ่งได้แก่แสงอาทิตย์ ที่มีความสะอาด ราคาถูก และเป็นที่ยอมรับของการผลิตสินค้าตามมาตรฐานสากล แต่มีข้อจำกัดตามที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น ซึ่งรูปแบบดังกล่าวนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำแห้งพืชผักและผลไม้อบแห้งได้เป็นอย่างดี จึงเหมาะที่จะส่งเสริมให้แก่กลุ่มเกษตรกรแปรรูปพืชผลเกษตรต่างๆได้นำไปใช้ และที่มีการนำไปใช้ประโยชน์บ้างแล้วได้แก่ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร โครงการหลวงมูลนิธิชัยพัฒนา เป็นต้น เครื่องอบแห้งแบบโรตารีสามารถอบแห้งพริกที่มีปริมาณมากๆ เพื่อแก้ปัญหาการมีพื้นที่ตากไม่พอและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพืชเมล็ดอื่น ๆ ได้อีกหลายอย่าง 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 และการตลาดของพริกและผลิตภัณฑ์พริกใน

ประเทศไทย. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิบูลย์ เทพนนท์, เวียง อากรซี และอัศพล เสนาณรงค์. 2552. เครื่องอบแห้งผักและผลไม้

-เอนกประสงค์. รายงานประจำปีงานวิจัยสิ้นสุด. กรมวิชาการเกษตร.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เวียง อากรซี, วิบูลย์ เทพนนท์ และอัศพล เสนาณรงค์. 2553. วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งพลังงาน

-แสงอาทิตย์และความร้อนร่วมสำหรับการลดความชื้นผลิตผลเกษตร.

รายงานประจำปีงานวิจัยสิ้นสุด. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

รายงานวิจัย. 2547. การพัฒนาสาคิดและเผยแพร่เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตผล

ทางการเกษตร. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

13. ภาคผนวก

ผนวก ก

แสดงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางอย่างเดียวอบพริกอินทรีย์หรือค่าใช้จ่ายในการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน ใช้สมการในการคำนวณดังนี้

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

$$F_c = D + I \text{----- สมการที่ 2}$$

$$D = (P - S)/N \text{----- สมการที่ 3}$$

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

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	=	ปริมาณกาแพะลาอบแห้งที่อบใน 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	8
	เปอร์เซ็นต์ต่อปี	
จากสมการที่ 3: ค่าเสื่อมราคา	(D) = (P-S)/N	
	= (160,000-8,000)/10	บาทต่อปี
	= 15,200	บาทต่อปี
จากสมการที่ 4: ดอกเบี้ย	(I) = [(P + S)/2] × (r/100)	
	= (160,000+8,000)/2 × (8/100)	บาทต่อปี
	= 6,720	บาทต่อปี
จากสมการที่ 2: ต้นทุนคงที่	(F _c) = D+I	
	= 15,200 + 6,720	บาทต่อปี
	= 21,920	บาทต่อปี
ความสามารถในการทำงานของเครื่อง	(C _r) = 100	กิโลกรัมต่อครั้ง
ในการอบ 1 ครั้งใช้เวลา 16 ชั่วโมง	= 6.25	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
จำนวนครั้งการอบแห้งพริก	= 180	ครั้งต่อปี
ปริมาณการอบพริกใน 1 ปี	(A) = 100×180	กิโลกรัมต่อปี
	= 18,000	กิโลกรัมต่อปี

ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา	(R&M) = 2 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ/100 ชั่วโมงการทำงาน	
	= $0.02 \times 160,000 / 100$	บาทต่อชั่วโมง
	= 32	บาทต่อชั่วโมง
	= $32 \times 16 = 512$	บาทต่อครั้งการอบ

(ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้แก่ โช้ เฟือง ลูกกลิ้ง เหล็ก เป็นต้น)

ค่าบำรุงรักษาอื่น ๆ	(O) = 0.2 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ/100 ชั่วโมงการทำงาน	
	= $0.002 \times 160,000 / 100$	บาทต่อชั่วโมง
	= 3.2	บาทต่อชั่วโมง
	= 51.2	บาทต่อครั้ง

(ค่าบำรุงรักษาอื่น ๆ ได้แก่ จาระบี สายพาน และ อื่น ๆ)

ค่าไฟฟ้า	(F) = $0.746 \times 3.50 = 2.61$	บาทต่อชั่วโมง
	= 2.61×16	
	= 41.78 บาทต่อครั้ง	

(ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ 0.746 หน่วยต่อชั่วโมง ราคาหน่วยละ 3.50 บาท)

ค่าเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม(LPG)	(H) = 1.0×20	บาทต่อชั่วโมง
	= 20	บาทต่อชั่วโมง
	= 20×16	บาทต่อครั้ง
	= 320	บาทต่อครั้ง

(ใช้แก๊สหุงต้ม 1.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ราคา กิโลกรัมละ 20 บาท)

ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน	(L) = 2×300	บาทต่อครั้ง
	= $600 / 16 = 37.50$	บาทต่อชั่วโมง

(คนปฏิบัติงานอบ 2 คน ค่าแรงงานคนละ 300 บาทต่อวัน ทำงาน 2 วันต่อครั้งการอบแห้ง)

ต้นทุนแปรผัน (R&M+O+F+L+H)	= $32 + 3.2 + 2.61 + 20 + 37.5$	บาทต่อชั่วโมง
	= 95.31	บาทต่อชั่วโมง

	$= 95.31 \times 16$	บาทต่อครั้ง
	$= 1,525$	บาทต่อครั้ง
ต้นทุนแปรผัน ($1/C_t$) R&M+O+F+L+H)	$= 1/6.25 \times 95.31$	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	$= 1,200$ บาท	
ต้นทุนการใช้เครื่อง	$= 16.47$	บาทต่อกิโลกรัม
พริกอินทรีย์สดคัดทิ้ง 100 กิโลกรัม	$= 16.47 \times 100$	บาทต่อครั้ง
	$= 1,647$	บาทต่อครั้ง
พริกอินทรีย์คัดทิ้งสด 100 กิโลกรัม อบแล้วได้พริกแห้ง 25 กิโลกรัม ขายกิโลกรัมละ 200 บาท		
คิดเป็นเงิน	$= 200 \times 25 = 5,000$	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 \times 21.53 บาทต่อกิโลกรัม

$= 387,540$ บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน $=$ ราคาเครื่อง / มูลค่าเพิ่ม

$= (160,000)$ บาท

$\frac{160,000 \text{ บาท}}{387,540 \text{ บาท/ปี}}$

$= 0.41$ ปี

อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน $=$ (มูลค่าเพิ่ม/ราคาเครื่อง) \times 100 เปอร์เซ็นต์

$= (387,540/160,000) \times 100$

ดังนั้น อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนเครื่องอบแห้งกาแฟกะลา $= 242$ เปอร์เซ็นต์

แสดงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดี่ยวหรือค่าใช้จ่ายในการทำงาน 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

$I = (P + S)/2 \times (r/100)$ 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	=	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] × (r/100)		
	= (150,000+7,500)/2 × (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	$(A) = 48 \times 100$	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 กิโลกรัมพริกอินทรีย์สดคัดทั้ง

ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี $= 20,550$ บาทต่อปี

พริกอินทรีย์สดคัดทั้ง กิโลกรัมละ 12 บาท 100 กิโลกรัม

เป็นเงิน $= 1,200$ บาท

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายในการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์} &= 10.28 && \text{บาทต่อกิโลกรัม} \\ &= 10.28 \times 100 && \text{บาทต่อครั้ง} \\ &= 1,028 && \text{บาทต่อครั้ง} \end{aligned}$$

พริกอินทรีย์คัดทิ้งสด 100 กิโลกรัม อบแล้วได้พริกแห้ง 25 กิโลกรัม ขายกิโลกรัมละ 200 บาท

$$\text{คิดเป็นเงิน} = 200 \times 25 = 5,000 \text{ บาทต่อครั้ง}$$

$$\begin{aligned} \text{มูลค่าเพิ่มจากการทำพริกอินทรีย์ตากแห้ง} &= 5,000 - 1,200 - 1,028 \text{ บาทต่อครั้ง} \\ &= 2,772 \text{ บาทต่อครั้ง} \end{aligned}$$

$$\text{หรือ} = 2,772 / 100 = 27.72 \text{ บาทต่อกิโลกรัมพริกสด}$$

$$\text{ดังนั้น จุดคุ้มทุน} = 20,550 / 27.72$$

$$= 741 \text{ กิโลกรัมต่อปี}$$

การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนโรงตากพริกพลังงานแสงอาทิตย์

$$\begin{aligned} \text{มีการผลิตพริกอินทรีย์ทำแห้ง 4,800 กิโลกรัมต่อปี} &= 4,800 \text{ กิโลกรัมต่อปี} \times 27.72 \text{ บาทต่อกิโลกรัม} \\ &= 133,056 && \text{บาทต่อปี} \end{aligned}$$

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

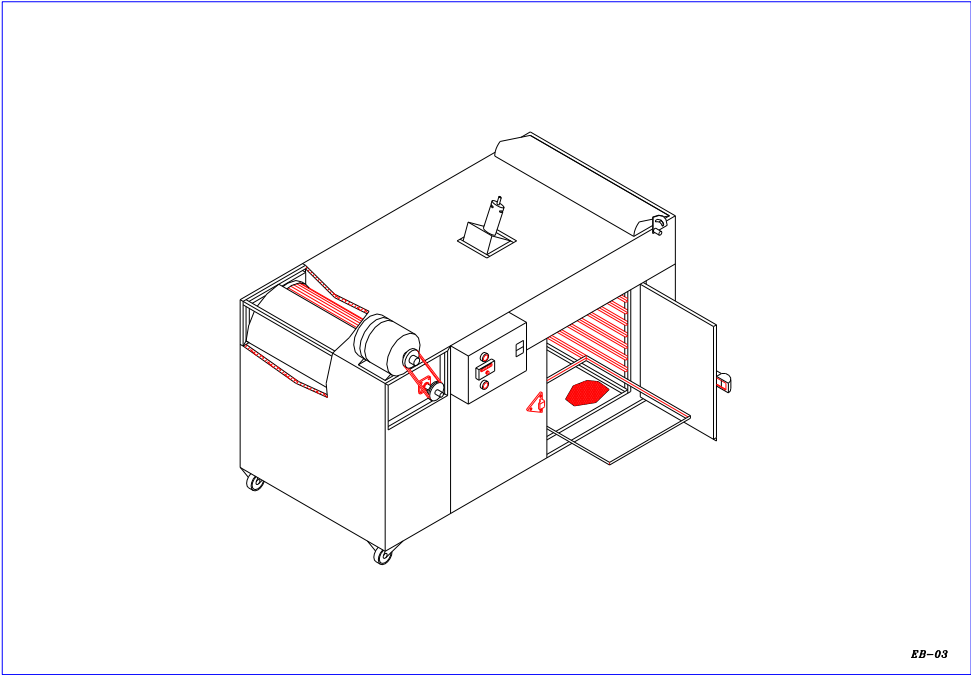
$$= \frac{(150,000) \text{ บาท}}{133,056 \text{ บาท/ปี}}$$

$$= 1.13 \text{ ปี}$$

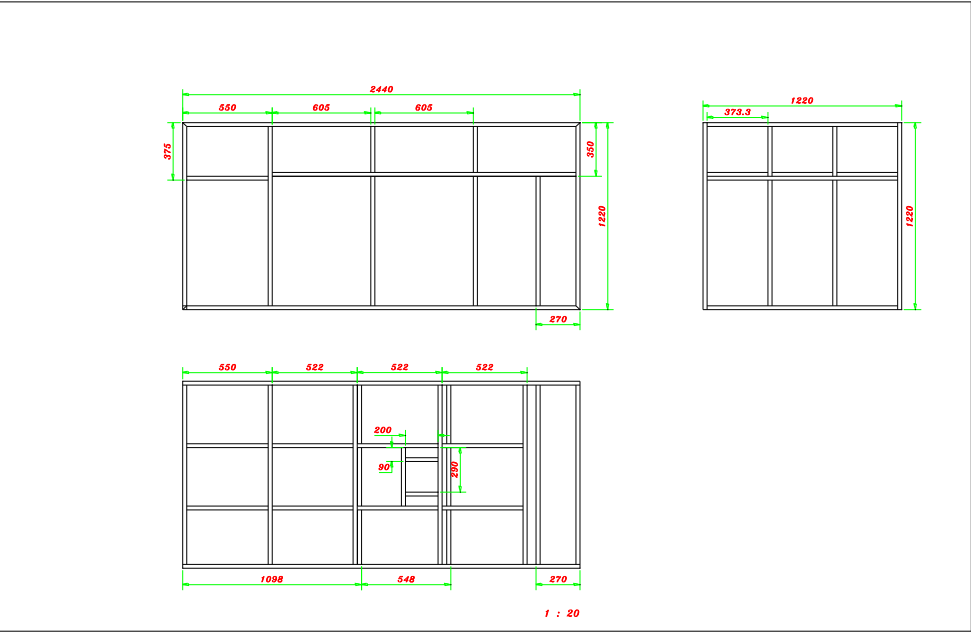
$$\text{อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน} = (\text{มูลค่าเพิ่ม} / \text{ราคาเครื่อง}) \times 100 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

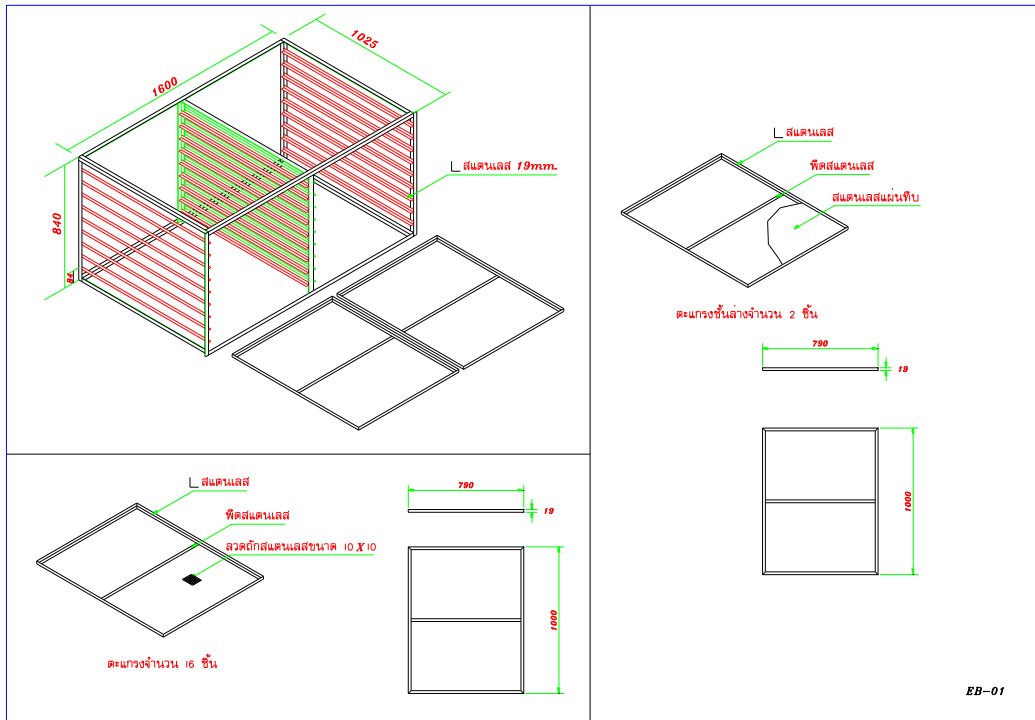
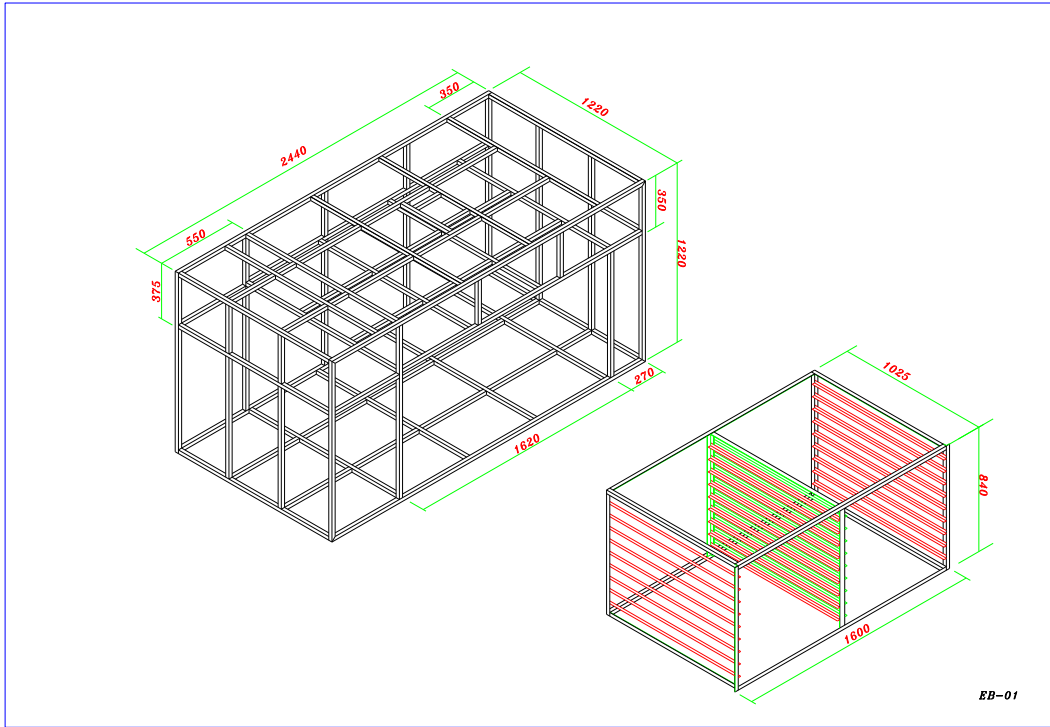
$$= (133,056 / 150,000) \times 100$$

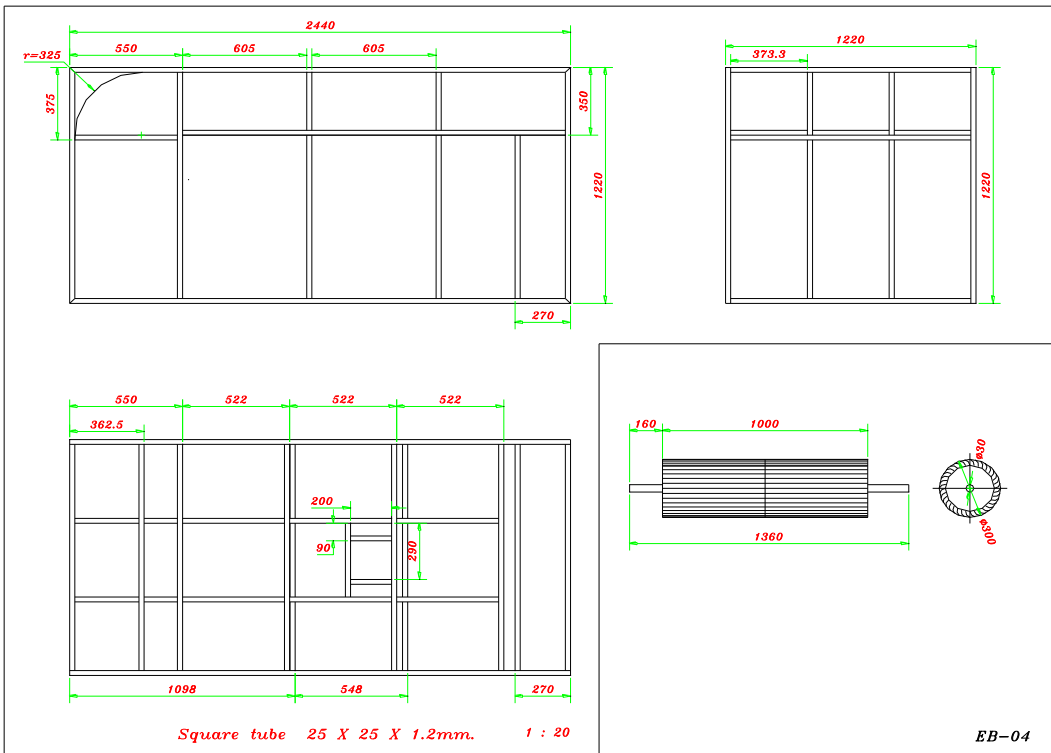
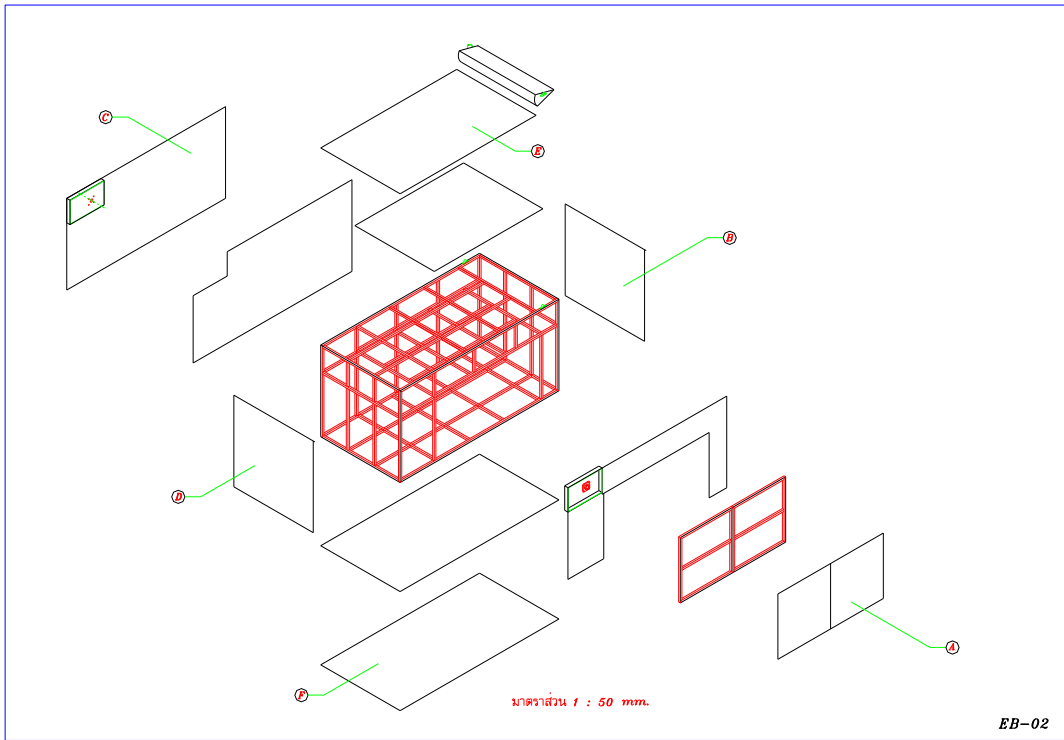
$$\text{ดังนั้น อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนเครื่องอบแห้งกาแฟกะลา} = 88.70 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

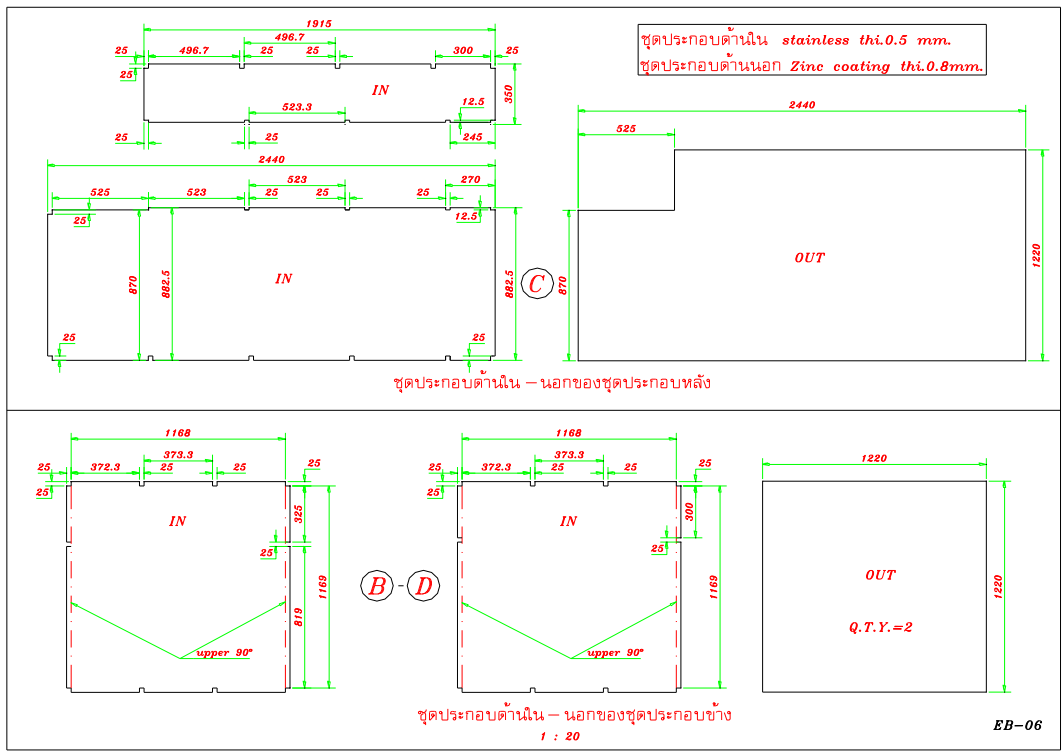
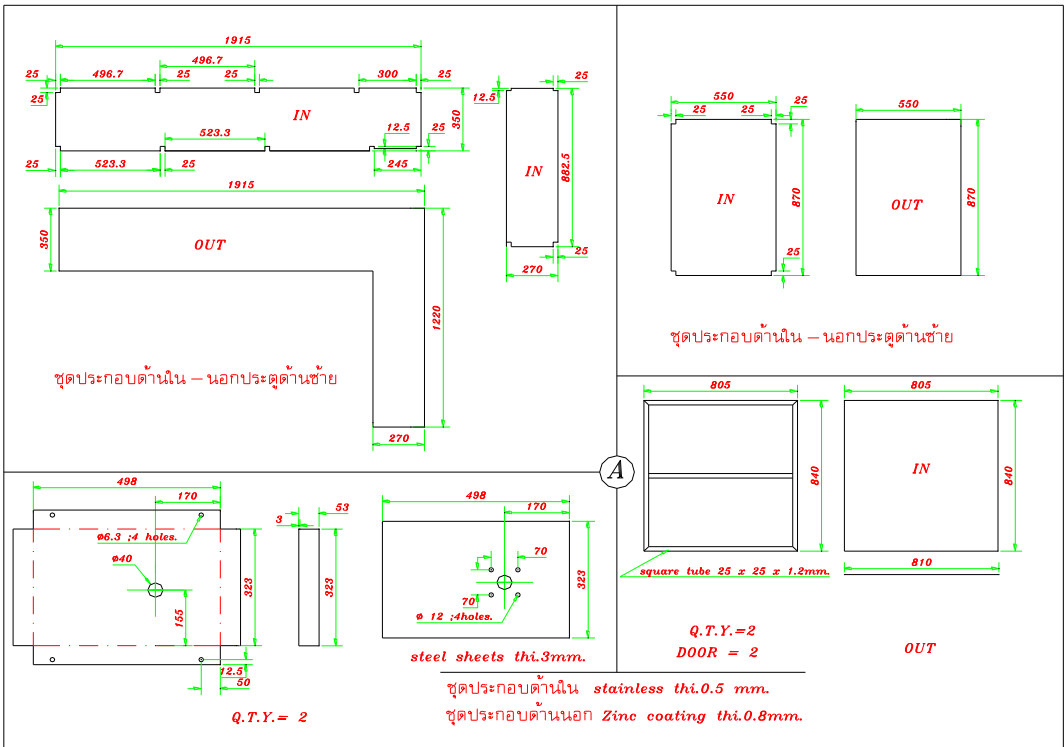


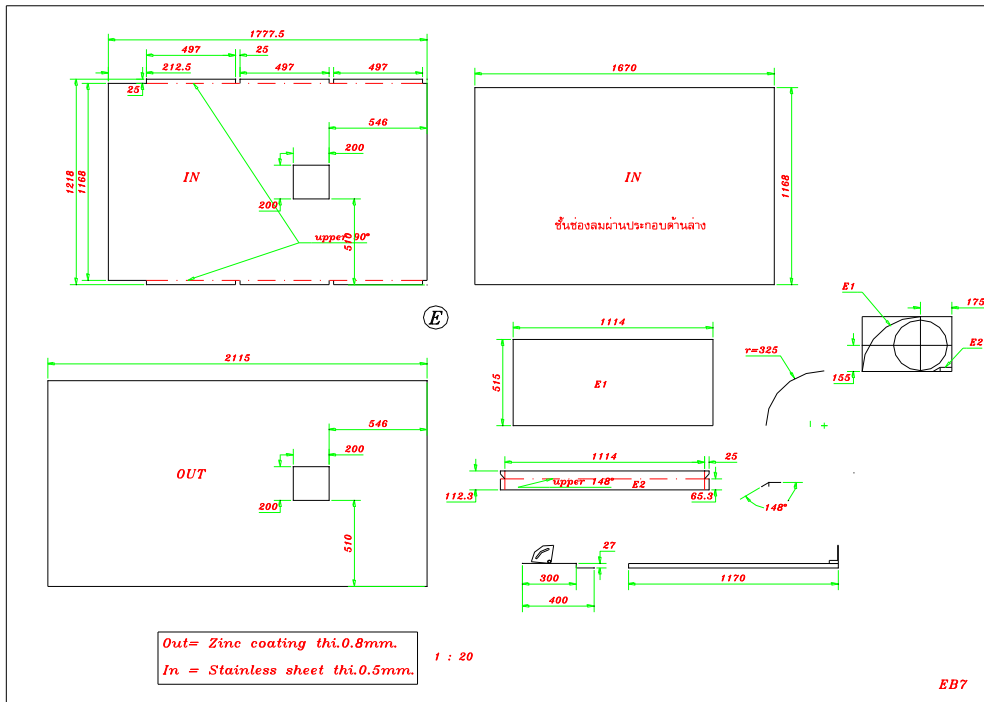
EB-03



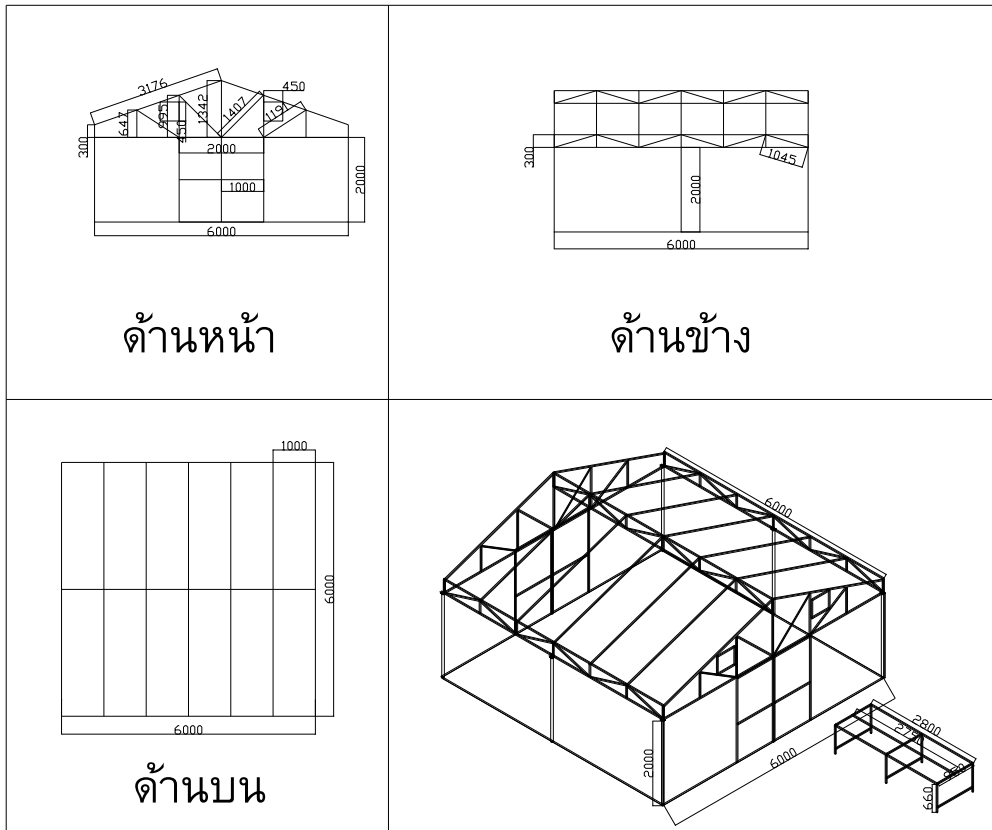




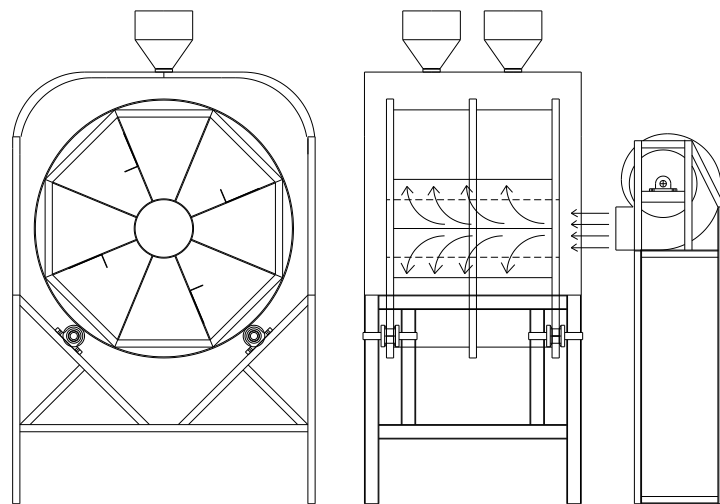




ภาพที่ 18 แบบเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง และโรงตากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์



ภาพที่ 19 แบบโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก



ภาพที่ 20 เครื่องอบแห้งแบบโรตารี