



รายงานโครงการวิจัย

การทดสอบพัฒนาเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงตากแห้ง
พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตพริกแห้งอินทรีย์คุณภาพในพื้นที่
จังหวัดอุบลราชธานี

Testing and Development of Using Tray Dryer together
with Solar Greenhouse Dryer for Organic Dried Chili at
Ubolrachathani Province

นายเวียง อากรชี

Mr. Weang Arekornchee

พ.ศ. 2556



รายงานโครงการวิจัย

การทดสอบพัฒนาเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงตากแห้ง
พลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตพริกแห้งอินทรีย์คุณภาพในพื้นที่
จังหวัดอุบลราชธานี

Testing and Development of Using Tray Dryer together
with Solar Greenhouse Dryer for Organic Dried Chili at
Ubolrachathani Province

นายเวียง อากรชี

Mr. Weang Arekornchee

พ.ศ. 2556

คำปรารภ

รายงานโครงการวิจัยเรื่อง วิจัยและพัฒนาเครื่องเก็บและย่อยแห้งน้ำมันสำปะหลังติดท้ายแทรกเตอร์ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตั้งแต่ ตุลาคม 2555 ถึง กันยายน 2556 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบเก็บข้อมูลการใช้เครื่องอบแห้งพริกอินทรีย์ชนิดตู้อบลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้เครื่องอบแห้งที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่เกษตรกรทำพริกอินทรีย์ จังหวัดอุบลราชธานี เนื่องจากการตากพริกแห้งที่เกษตรกรทำกันอยู่จะใช้เวลาตากแดดในที่โล่งแจ้งตามริมถนน บนหลังคาบ้านเป็นต้นทำให้มีปัญหาเรื่องคุณภาพสิ่งปนเปื้อน และอาจเกิดเชื้อราอัลฟลาทอกซิน งานวิจัยนี้จึงทำการนำเทคโนโลยีการอบแห้งที่มีการวิจัยไว้ให้สามารถนำไปใช้ได้จริง โดยนำเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางพลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้ม(LPG) ร่วมกับโรงตากแห้งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกเพื่อสามารถแก้ปัญหาการทำพริกแห้งอินทรีย์ให้ได้คุณภาพและสามารถทำแห้งได้แม้สภาวะฝนตก โดยมีหลักว่าถ้าแดดดี ปริมาณพริกไม่มากก็ใช้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ ถ้าแดดดี ปริมาณพริกมากก็ใช้ทั้งสองแบบร่วมกัน ถ้ามีฝนตกชุด(ฤดูฝน) ก็ใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง

เนื้อหาทั้งหมดในรายงานเล่มนี้จะกล่าวถึงความสำคัญที่มาของการทำวิจัย งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิธีการ ผลการวิจัย ตลอดจนการอภิปรายผล และบทสรุปพร้อมข้อเสนอแนะ

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานเล่มนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร และผู้สนใจโดยทั่วไป ที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

(นายเวียง อากรซี)
หัวหน้าโครงการวิจัย
10 มีนาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	5
ผู้วิจัย	5
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	5
บทคัดย่อ	6
บทนำ	7
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	8
การทบทวนวรรณกรรม	8
ระเบียบวิธีการวิจัย	11
ผลการวิจัยและอภิปรายผล	13
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	16
บรรณานุกรม	17

ผนวก ก แสดงการคำนวณวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์	18
ผนวก ข แสดงแบบเครื่องอบแห้งแบบขึ้นวาง และโรงตากแสงอาทิตย์	30

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ขอขอบ คุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี เจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว เจ้าหน้าที่ฝ่ายสร้างและผลิต สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่สนับสนุนการสร้างและทดสอบการใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่นักวิจัยสำนักวิจัยและพัฒนาเขตที่ 4 กรมวิชาการเกษตร และขอขอบคุณ คุณวิเชียร ชีช่วง เกษตรกรทำไร่พริกอินทรีย์ อ.ม่วงสามสิบ จ.อุบลราชธานี ที่สนับสนุนสถานที่และพริกอินทรีย์ในการทดสอบเก็บข้อมูล

ผู้วิจัย

นายเวียง อากรชี	นางนวลจันทร์ ศรีสมบัติ	นางสาวเพียว พรหมพันธุ์ใจ
Mr. Weang Arekornchee	Mrs. Nuanchan Srisombat	Miss Nongyao Phompanjai
นายทวีศักดิ์ บุญคุ้ม	นายบัณฑิต จิตรจันงค์	นางสาวสุพี วนศิริกุล
Mr. Thaweesak Boonkhum	Mr. Bhundit Jitjumnong	Miss Suphee Wanasirakul

นายอนุชา เชาวโชติ

นายอุทัย ธาณี

Mr. Anucha Chaochote

Mr. Uthai Thani

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

W_1 = น้ำหนักพริกเริ่มต้นก่อนอบแห้ง (กก.)

W_2 = น้ำหนักพริกหลังการอบแห้ง (กก.)

MC_1 = ปริมาณความชื้นพริกก่อนการอบแห้ง (%)

MC_2 = ปริมาณความชื้นพริกหลังการอบแห้ง (%)

%w.b. = wet basis (มาตรฐานเปียก)

บทคัดย่อ

การวิจัยศึกษาการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางใช้แก๊สหุงต้มเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ร่วมกับการใช้โรงอบแห้งสะสมพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์แบบภาวะเรือนกระจกในการอบแห้ง พริก เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานความร้อน ระยะเวลาการทำแห้งและคุณภาพพริกแห้ง โดย เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง 1.22 x 2.44 x 1.22 เมตร มีชั้น ตะแกรงสแตนเลส ขนาด กว้าง x ยาว 0.75 x 1.00 เมตร จำนวน 20 ถาด พัดลมเป็นแบบไหลตัด แนวแกน มีการหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้บางส่วน สำหรับโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง 6.00 x 6.00 x 1.80 เมตร คลุมด้วยโพลีคาร์บอเนตใส โครงสร้างถอดประกอบเป็น ชั้นได้ ผลการทดสอบอบพริกขี้หนูสด 100 กิโลกรัม จากความชื้นเริ่มต้น 65% ให้ลดลงเหลือ ความชื้น 14% ด้วยการทดสอบ 3 แบบ คือ 1.ใช้เครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 °C พบว่า ใช้เวลา 16 ชั่วโมง ใช้แก๊สหุงต้ม 16 กิโลกรัม 2.ใช้โรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าใช้

เวลา 5-7 วัน พริกสีส้มสวย 3.ใช้ตู้อบลมร้อนแบบชั้นวาง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง และต่อด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ 2 วัน พบว่าสามารถประหยัดแก๊สหุงต้มได้ประมาณ 50 % พริกแห้งสีสวย

Abstract

The research was studied using Tray dryer LPG as heat source together with Solar greenhouse dryer. This concept is comparison of heat energy consumption, drying time and quality of product. The Tray dryer was developed and studied using liquefied petroleum gas (LPG) as heat source. The dimension in width x length x height was 1.22 x 2.44 x 1.22 meters, respectively. There are 20 stainless screen product trays with the dimension in width x length of 0.75 x 1.00 meters, respectively. The dryer's fan was a cross-flow type. The dryer is designed to circulate hot air resulting a reduction of heat energy. The Solar greenhouse dryer had dimension 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 knock-down type. The three methods test result of drying chili was found that the dryer has the holding capacity of approximately 100 kg, chili was dried from 65% moisture content to approximately 14%, method 1 the tray dryer set at 60°C had drying time 16 hrs, LPG consumption 16 kg, method 2 the solar greenhouse dryer had drying time 5-7 sunny days, and method 3 the tray dryer set at 60°C drying time 8 hrs together with Solar greenhouse dryer 2 sunny days was found reduction of LPG 50% and good quality of dried chili.

บทนำ

พริกเป็นพืชผักที่สำคัญของคนไทยทั้งในด้านเศรษฐกิจและเป็นเครื่องปรุงรสอาหารในชีวิตประจำวัน มีพื้นที่ปลูกมากเป็นอันดับ 1 ของพืชผักทั้งหมด ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริก 589,617 ไร่ (ปี 2551-2552) แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ อุบลราชธานี นครราชสีมา ชัยภูมิ เชียงใหม่ ศรีสะเกษ นครปฐม จำนวนเกษตรกรที่ปลูกพริกมีประมาณ 125,000 ครัวเรือน มีผลผลิตพริก 663,834 ตัน ผลผลิตร้อยละ 60 เป็นพริกชี้หูผลใหญ่ รองลงมาคือพริกใหญ่ (25%) พริกชี้หูผลเล็ก (10%) และพริกอื่นๆ (5%) ผลผลิตประมาณร้อยละ 20 แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ซอสพริก น้ำพริกเผา พริกเครื่องแกง ฯลฯ ผลผลิตพริกร้อยละ 97 ใช้บริโภคในประเทศ ที่เหลือประมาณร้อยละ 3 ส่งออกและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อส่งออกและบริโภคในประเทศ นอกจากพริกสามารถใช้

ประโยชน์ทั้งในรูปผลสด พริกแห้งแล้ว ในประเทศไทยนำพริกไปแปรรูปเป็น ซอสพริก พริกป่น พริกตอง 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 คุณภาพและราคาของพริกที่ผลิตได้ไม่สอดคล้องหรือสม่ำเสมอกับความต้องการใช้ของผู้แปรรูป จึงทำให้ต้องมีการนำเข้าพริกแห้ง เพื่อมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารภายในประเทศ (กมล, 2550)

จังหวัดอุบลราชธานีมีพื้นที่ปลูกพริก 14,725 ไร่ผลผลิตรวม 27,579 ตัน มูลค่า 480 ล้านบาท มีพื้นที่ปลูกมากอยู่ที่อำเภอม่วงสามสิบ อำเภอเมือง อำเภอเขื่องใน ได้แก่พันธุ์ หัวเรือ ซ่อไสว หัวยี่สิบ จินดา หัวเรือศก.13 หัวเรือศก. 25 ปลูกมากในช่วงเดือน กันยายน – เดือนพฤษภาคม ทั้งในที่ดินสภาพไร่ การถนอมปรับพื้นที่ทำให้มีระดับสูงและปลูกในนาหลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปี ส่วนใหญ่ปลูกพริกขี้หนูผลใหญ่ ได้แก่พันธุ์ หัวเรือ ซ่อไสว หัวยี่สิบ จินดา หัวเรือศก.13 หัวเรือศก.25 มีการจำหน่ายผลผลิตเป็นพริกสดทั้งพริกแดงและพริกเขียว ให้กับพ่อค้าประจำซึ่งเข้าไปรับซื้อถึงสวนในช่วงเดือนธันวาคม – เดือนกุมภาพันธ์ โดยราคาพริกจะสูงในช่วงปลายเดือนธันวาคม-กลางเดือนมกราคม (100-120 บาท/กิโลกรัม) จากนั้นราคาพริกจะค่อยลดลงจนถึงราคา 12-15 บาท/กิโลกรัม และพ่อค้าค่อยๆทยอยหยุดรับซื้อในเดือนมีนาคม เมื่อพริกราคาลดต่ำลงที่ราคา 12-15 บาท/กิโลกรัม เกษตรกรจะตากพริกแห้งขายแทนพริกสด และพ่อค้าที่มาซื้อพริกก็นำไปตากเป็นพริกแห้งเช่นกัน

การทำพริกแห้งส่วนใหญ่ใช้การตากแดดเป็นหลัก ทั้งในระดับเกษตรกรและระดับผู้ประกอบการ แต่ในการตากพริกปริมาณมากๆ มีความยุ่งยาก เนื่องจากขาดแคลนวัสดุในการตากพริกเช่นผ้าพลาสติกปูพื้น พบปัญหาจากสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลงฝนตกผิดฤดูกาล มีความยุ่งยากในการเคลื่อนย้ายหลบฝน/หลบน้ำค้าง การขาดแคลนแรงงาน ไม่มีบริเวณเพียงพอสำหรับตากพริก บางรายมีการนำพริกขึ้นตากบนหลังคาและนำลงมาครั้งเดียวเมื่อต้องการจำหน่ายหรือเห็นว่าแห้งแล้วหรือนำไปตากริมถนน ส่งผลให้พริกแห้งที่ได้สูญเสียคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน และไม่ปลอดภัย เสี่ยงต่อการปนเปื้อน เชื้อจุลินทรีย์ *Samonella* spp. และ *E.coli* การปนเปื้อนของเชื้อรา และสารแอฟลา

ทอกซิน และของเสียจากมนุษย์และสัตว์ โลหะหนัก และสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ปัจจุบันประเทศไทยต้องเตรียมความพร้อมในการเข้าสู่ความเป็นประชาคมอาเซียน ซึ่งในกรอบความร่วมมืออาเซียน ได้มีการกำหนดให้มีการส่งเสริมความมั่นคงและความปลอดภัยด้านอาหาร และหลายประเทศอาจมีการนำมาตรการที่ไม่ใช่ภาษีเข้ามากีดกันทางการค้าแทนระบบภาษี เช่น มาตรการด้านสุขอนามัย และมาตรฐานสินค้า ดังนั้นเพื่อให้สามารถผลิตสินค้าเกษตร เช่น พริกแห้งได้อย่างมีคุณภาพปลอดภัยจากสารพิษตกค้างและลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ จึงมีความจำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพริกแห้งคุณภาพที่เหมาะสม เพื่อให้เกษตรกร ผู้ประกอบการองค์การบริหาร หน่วยงานหรือผู้สนใจ นำไปใช้เป็นต้นแบบในการผลิตพริกแห้งที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อทดสอบเก็บข้อมูลการใช้เครื่องอบแห้งพริกอินทรีย์ชนิดตู้อบลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้เครื่องอบแห้งที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่เกษตรกรทำพริกอินทรีย์ จังหวัดอุบลราชธานี

การทบทวนวรรณกรรม

การตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องและผลงานวิจัยที่ผ่านมา

นโยบายอาหารปลอดภัยให้ไทยเป็นครัวโลก ได้เน้นให้เกษตรกรผู้ผลิตต้องมีคุณภาพชีวิตและรายได้ที่มั่นคง ผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศต้องได้บริโภคอาหารที่มีความปลอดภัยปราศจากสารพิษตกค้างภายใต้มาตรฐานเดียวกัน ในการผลิตพริกแห้งคุณภาพตามมาตรฐานของ มกอช.ต้องมีคุณลักษณะดังนี้

1. ไม่มีกลิ่นอับหรือกลิ่นแปลกปลอม
2. ผลพริกในบรรจุภัณฑ์เดียวกันต้องเป็นพริกชนิดเดียวกัน
3. ต้องไม่มีศัตรูพืช หรือ นส่วนของศัตรูพืช
4. ความชื้นไม่เกินร้อยละ 13.5
5. ไม่เน่าเสียทำให้ไม่เหมาะสมต่อผู้บริโภค

6. ต้องไม่ปรากฏเส้นใยของเชื้อรา
7. สารแอฟลาทอกซินไม่เกิน 15 ไมโครกรัม/กิโลกรัมตัวอย่าง
8. จุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 5×10^5 โคโลนีต่อกรัม
9. ห้ามแต่งสี

พัฒนาภรณ์ (2542) ได้ทำการอบพริกชี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน เพื่อหาวิธีการอบพริกสดที่เหมาะสม โดยใช้เครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน และหาผลกระทบของการลวกพริกในน้ำเดือดก่อนอบต่อกระบวนการอบแห้ง การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ทดลองหาเวลาที่เหมาะสมในการสลับลมร้อนเข้าด้านบนและด้านล่างของเตาอบ และหาผลกระทบของการลวกพริกก่อนอบแห้ง โดยวางแผนการทดลองเป็นแบบ Split plot design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้วิธีการ สลับลมร้อนทุก 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% (w.b.) จนเหลือความชื้นสุดท้าย 12.42% (w.b.) สำหรับผลการทดลองหาผลกระทบของการลวกพริกในน้ำเดือด ต่อกระบวนการอบแห้งพบว่าการลวกไม่มีผลต่ออัตราการลดความชื้น (% M_d /hr) โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% เนื่องจากในการทดลองนี้วิธีการลวกยังไม่ดีพอ แต่ในด้านคุณภาพของสี พบว่าการลวกจะทำให้คุณภาพสีของพริกแห้งหลังอบมีคุณภาพดีกว่า

วิบูลย์และคณะ(2552) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งผักและผลไม้เอนกประสงค์ เป็นเครื่องอบแห้งแบบใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงกำเนิดความร้อน ขนาดเครื่องอบ กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 1,220 x 2,440 x 1,220 มิลลิเมตร มีถาดใส่ผลผลิตทำด้วยสแตนเลส ขนาด กว้าง x ยาว เท่ากับ 750 x 1,000 มิลลิเมตร จำนวน 18 ถาด ใช้พัดลมแบบไหลตัดแนวแกน ที่ให้กำลังลมแรงที่รอบหมุนใบพัดต่ำ 617 รอบต่อนาที มีการกระจายลมร้อนได้ทั่วถึง และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.75

กิโวลต์ต์ในการขับเคลื่อนพัดลม ตู้อบนี้ออกแบบให้มีการหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้ใหม่ทำให้ช่วยประหยัดพลังงานความร้อน อุณหภูมิที่ใช้ออบแห้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้งสามารถปรับตั้งได้จากงานวิจัยครั้งแรกใช้ในการอบแห้งเมล็ดถั่วเขียวต้มซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในการผลิตถั่วเขียวทอดของมูลนิธิชัยพัฒนา และได้มีการประยุกต์นำมาใช้กับผักและผลไม้หลายชนิด เช่น กัลยาดาก ลำไยอบแห้ง พริก เป็นต้น

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (2547) ได้ออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก โดยจะให้เครื่องอบเป็นทั้งตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์และห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ในเครื่องเดียวกัน ออกแบบโครงสร้างของตัวเครื่องให้เป็นรูปทรงพาราโบลาซึ่งสร้างง่าย ไม่สิ้นเปลืองวัสดุและทนต่อแรงลม หลักสำคัญในการสร้างคือพื้นจะปูด้วยแผ่นพลาสติกและเทคอนกรีตเสริมเหล็กด้านบน โดยผิวด้านบนจะผสมด้วยผงซีเมนต์สีดำเพื่อช่วยดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ และใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตที่เป็นฉนวนโปร่งแสงคลุมเพื่อลดการสูญเสียความร้อนซึ่งจะทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รูปทรงพาราโบลา กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ร่วมกับ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

เวียงและคณะ(2553) ได้วิจัยออกแบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกซึ่งตัวโรงอบแห้งเป็นทั้งตัวรับพลังงานแสงอาทิตย์และห้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ โครงสร้างโรงอบแห้งเป็นห้องสี่เหลี่ยมหลังคาทรงจั่ว มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง 6.00 x 6.00 x 2.00 เมตร คลุมด้วยพลาสติกชนิด LDPE โครงสร้างถอดประกอบเป็นชิ้นได้ เหมาะสำหรับการขนย้ายหรือ

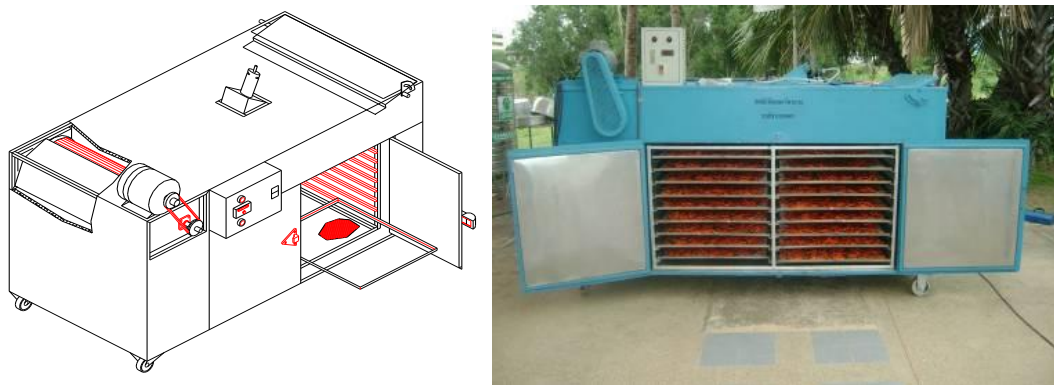
ติดตั้งชั่วคราว ผลการทดสอบโรงอบแห้งพบว่าในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงแดดอุณหภูมิอากาศภายในโรงอบแห้งจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 11°C และผลการทดสอบการอบกล้วยजूได้ประมาณ 150 กิโลกรัม ที่ความชื้นกล้วยเริ่มต้น 65 % ลดลงเหลือประมาณ 20 % จะใช้เวลา 4 วัน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก

ระเบียบวิธีการวิจัย

เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงกำเนิดความร้อน ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ขนาดตัวเครื่องอบ 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 พัดลมแบบไหลตัดแนวแกนให้กำลังลมแรงที่รอบต่ำความเร็วรอบใบพัด 617 รอบ / นาที มีความเร็วลมที่ 1.40 เมตร/วินาที มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.75 กิโลวัตต์ พัดลมแบบนี้มีข้อดีคือ การกระจายลมร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง สม่ำเสมอทั้งด้านบน กลางและด้านล่างของห้องอบแห้ง ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงกำเนิดความร้อน ออกแบบให้มีการหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้ใหม่ทำให้ช่วยในการประหยัดพลังงาน มีชุดควบคุมการตั้งอุณหภูมิซึ่งสามารถปรับได้ตามต้องการ อุณหภูมิที่ใช้อบแห้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ที่นำมาอบแห้ง(วิบูลย์และคณะ, 2552)



ภาพที่ 3 เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางความร้อนจากแก๊สหุงต้ม(LPG)

โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง 6.00 x 6.00 x 1.80 เมตร หลังคาทรงจั่ว วัสดุคลุมโรงอบด้วยโพลีคาร์บอเนตใส โครงสร้างถอดประกอบเป็นชิ้นได้ สามารถสะสมความร้อนอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งสูงกว่าอากาศภายนอกเฉลี่ยมากกว่า 10 องศาเซลเซียส มีพื้นที่การวางอบพริก ประมาณ 30 ตารางเมตร ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก

ทำการทดสอบ อบแห้งพริกชี้หูสดพันธุ์หัวเรือ โดยทดสอบอบแห้งด้วยเครื่องอบ 3 วิธี คือ 1.ใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง อย่างเดียว ตั้งอุณหภูมิในการอบที่ 60 องศาเซลเซียส ใส่พริกแต่ละถาด หนัก 5 กิโลกรัม จำนวน 20 ถาด รวม 100 กิโลกรัม 2.ใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกอย่างเดียว ตากพริกชี้หู 100 กิโลกรัม และ 3.ใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกโดยเริ่มทำการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวาง ที่

อุณหภูมิความร้อน 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง และต่อด้วยการตากแห้งด้วยโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ ในการทดลองแต่ละวิธีทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิภายในและภายนอกเครื่องอบ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศแวดล้อม ปริมาณความชื้นพริกชี้หนูที่ลดลงขณะทำการอบแห้งโดยสุ่มตัวอย่างไปวัดความชื้น สมการที่ใช้ในการคำนวณอัตราการลดความชื้น $W_1 (100 - MC_1) = W_2 (100 - MC_2)$ ซึ่งนำหน้าปริมาณการใช้แก๊สหุงต้ม ลักษณะสังเกตอื่นๆเช่น สีของพริก โดยเก็บข้อมูลทุกๆ 1 ชั่วโมง สำหรับการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวาง และเก็บทุกวัน เวลา 17:00 น. ของทุกวันของการทำแห้งแบบโรงตากแห้งพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก จากนั้นนำพริกแห้งที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพต่อไป โดยมีพื้นที่เป้าหมายในการทดสอบที่ อ.ม่วงสามสิบ จ.อุบลราชธานี รวบรวมข้อมูลผลการทดสอบวิเคราะห์ผลประเมินประสิทธิภาพ

สถานที่ทำการทดลอง/ดำเนินการ

กลุ่มสร้างและผลิต สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

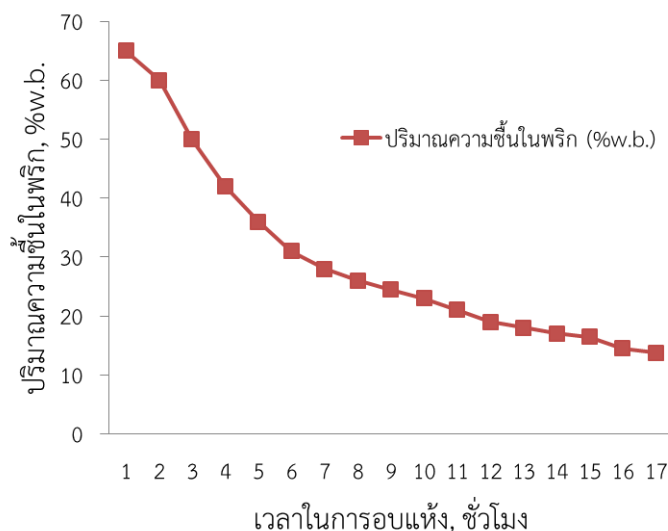
แปลงเกษตรกรทำพริกอินทรีย์ อ.ม่วงสามสิบ จ.อุบลราชธานี เป็นต้น

ระยะเวลา 1 ปี เริ่มต้น-สิ้นสุด (ตุลาคม 2555 – กันยายน 2556)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

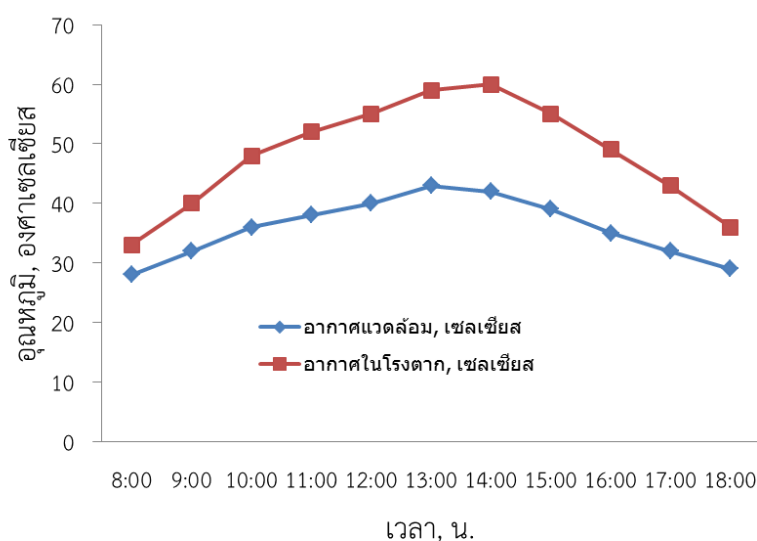
จากการทดสอบอบพริกชี้หนูพันธุ์หัวเรือ วิธีที่ 1 ใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงกำเนิดความร้อน โดยตั้งอุณหภูมิความร้อนไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 16 ชั่วโมง โดยแบ่งการอบแห้งเป็น 2 ช่วง คือช่วงแรกใช้เวลา 8 ชั่วโมง แล้วพักไว้ 1 คืน จากนั้นมาอบไล่ความชื้นต่ออีก 8 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส การอบพริกติดต่อกันจนแห้งถึงความชื้นที่ต้องการจะมีปัญหาความชื้นช่วงใส่พริกที่ตกค้างอยู่จึงจำเป็นต้องมีการพักตัวให้ความชื้นสมดุลก่อนจึงอบไล่ความชื้นในช่วงที่ 2 ในการอบรวมกันประมาณ 16 ชั่วโมง ใช้แก๊สหุงต้มไปประมาณ 16 กิโลกรัม หรือประมาณ 1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และจากการสังเกตพบว่าสีของพริกแห้งค่อนข้างดำเข้มส่งผลให้ราคาอาจตกลง การผลิตพริกอินทรีย์ยังต้องการภาพลักษณ์การผลิตที่สะอาดเป็นธรรมชาติดังนั้นการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางซึ่งใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงกำเนิดความร้อนจะสามารถอบแห้งได้เร็วประมาณไม่เกิน 2 วัน แต่การยอมรับของผู้ใช้งานและผู้บริโภค

อาจจะไม่ชอบมากนักและยังขึ้นกับปริมาณผลผลิตพริกอินทรีย์ด้วยว่ามีอย่างน้อยเพียงใดส่วนใหญ่ที่มีการผลิตจะมีปริมาณไม่มากนัก 100-200 กิโลกรัมต่อสัปดาห์ทั้งนี้เพราะคัดเอาเฉพาะพริกตกเกรดมาอบแห้ง อัตราการลดความชื้นในพริกดูที่ใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางได้จากกราฟดัง ภาพที่ 5



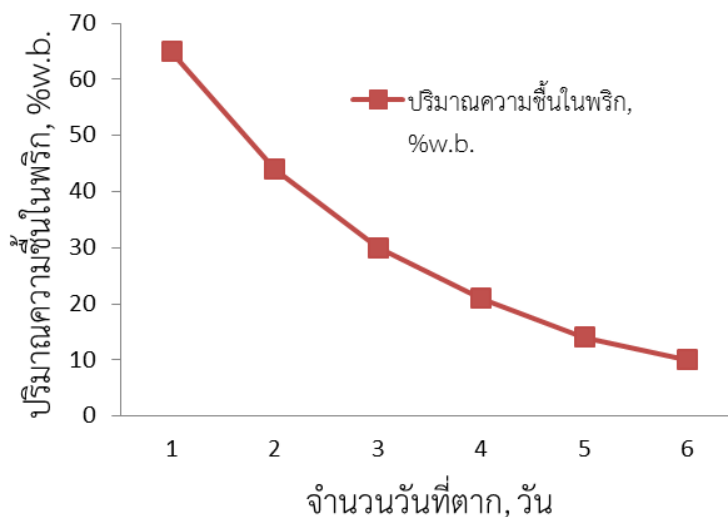
ภาพที่ 5 ปริมาณการลดความชื้นในพริกจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวาง

กรณีที่ 2 ใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกอย่างเดียว จะใช้เวลาตาก ประมาณ 5-7 วัน (วันที่มีแดดดีตลอดทั้งวัน) โดยอุณหภูมิภายในโรงอบแห้งเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงอบแห้ง มากกว่า 10 องศาเซลเซียส โดยทดสอบช่วงเวลา 8:00 นาฬิกา 18:00 นาฬิกา ดังภาพที่ 6 ปัญหาที่พบเนื่องจากสภาวะแสงแดดไม่แน่นอนบางวันไม่มีแดด แสงน้อย หรือ ฝนตก การตากในโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์จะมีปัญหาและอาจเกิดเชื้อราขึ้นได้ถ้าฝนตก ติดต่อกันหลายวัน



ภาพที่ 6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์

สำหรับปริมาณการลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกจะขึ้นกับปริมาณความชื้นของแสงอาทิตย์ที่ทำให้อุณหภูมิในโรงอบแห้งสูงขึ้น กรณีแดดแรงจะลดความชื้นได้เร็วและมาก ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟปริมาณความชื้นที่ลดลงจากการตากในโรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

และกรณีที่ 3 การใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง ตั้งอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส อบแห้งในช่วง 10 ชั่วโมงแรก จะสามารถลดความชื้นจากเริ่มต้น ประมาณ 60 % ลดลงเหลือประมาณ 22 % จะใช้แก๊สหุงต้มประมาณ 8 กิโลกรัม แล้วนำไปตากด้วยโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อีกประมาณ 2 วัน จะช่วยให้ประหยัดพลังงานความร้อนจากการใช้แก๊สหุงต้มลดลง 50% และได้ผลิตภัณฑ์พริกแห้งที่มีสีสดดีกว่าการอบด้วยลมร้อนอย่างเดียว และไม่มีปัญหาความชื้นตกค้างที่ไส้กลางพริก และกรณีแสงน้อยหรือฝนตก ก็ไม่มีปัญหาการเน่าเสียหรือเกิดเชื้อราเพราะค่าความชื้นในพริกได้ลดลงมากแล้ว ซึ่งผลการทดสอบเปรียบเทียบข้อมูลการอบแห้งพริกทั้ง 3 วิธี ได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดสอบการอบแห้งพริกอินทรีย์พันธุ์หัวเรือทั้ง 3 วิธี

หัวข้อการทดสอบ	เครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวาง	โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์	แบบชั้นวาง + โรงตากพลังงานแสง
ปริมาณพริกอินทรีย์ (กก.)	100.00	100.00	100.00
ความชื้นเริ่มต้นพริก (%)	65	64	65
น้ำหนักพริกหลังการอบแห้ง (กก.)	40.70	42.10	40.60
ความชื้นพริกหลังการอบแห้ง (%)	14	14.5	13.8

สัดส่วนน้ำหนัก เริ่มต้น : หลังอบแห้ง	3.46 : 1	3.38 :1	3.55 :1
ระยะเวลาในการทำแห้ง	10+6 ชั่วโมง	4-5 วัน	10 ชั่วโมง + 2 วัน
อุณหภูมิในการอบแห้ง (องศาเซลเซียส)	60	40-60	55, 40-60
ปริมาณการใช้แก๊สหุงต้ม (กก.)	16.2	-	7.9

การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์

จากการวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์พบว่าปริมาณพริกอินทรีย์จะเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจในการลงทุน ซึ่งพอจะสรุปให้เห็นได้ในตารางที่ 2, 3 และ 4 โดยแสดงวิธีการคำนวณอย่างละเอียดของแต่ละวิธีการอบแห้งด้วยเครื่องทั้ง 3 แบบไว้ใน ภาคผนวก ก

ตารางที่ 2 แสดงสรุปการวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง

หัวข้อการสรุปผล วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์	ประมาณการจำนวนครั้งการใช้งานเครื่องอบแห้งอบพริกอินทรีย์ต่อปี				
	180 ครั้ง (18,000 กก.)	135 ครั้ง (13,500 กก.)	90 ครั้ง (9,000 กก.)	45 ครั้ง (4,500 กก.)	15 ครั้ง (1,500 กก.)
จุดคุ้มทุน (กก./ปี)	1,018	1,018	1,018	1,018	1,018
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	0.41	0.55	0.83	1.65	4.95
อัตราผลตอบแทน(%)	242	182	121	61	20

ตารางที่ 3 แสดงสรุปการวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์การใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

หัวข้อการสรุปผล วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์	ประมาณการจำนวนครั้งการใช้งานโรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ อบพริกอินทรีย์ต่อปี				
	48 ครั้ง (4,800 กก.)	36 ครั้ง (3,600 กก.)	24 ครั้ง (2,400 กก.)	12 ครั้ง (1,200 กก.)	6 ครั้ง (600 กก.)
จุดคุ้มทุน (กก./ปี)	741	741	741	741	741
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	1.13	1.50	2.25	4.51	9.02
อัตราผลตอบแทน (%)	89	67	44	22	11

ตารางที่ 4 แสดงสรุปการวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์การใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง
ร่วมกับโรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

หัวข้อการสรุปผล วิเคราะห์เศรษฐศาสตร์	ประมาณการจำนวนครั้งการใช้งานเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับ โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อบพริกอินทรีย์ต่อปี				
	120 ครั้ง, (12,000 กก.)	90 ครั้ง, (9,000 กก.)	60 ครั้ง, (6,000 กก.)	30 ครั้ง, (3,000 กก.)	20 ครั้ง, (2,000 กก.)
จุดคุ้มทุน (กก./ปี)	2,244	2,244	2,244	2,244	2,244
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	1.36	1.82	2.73	5.46	8.19
อัตราผลตอบแทน (%)	73	55	37	18	12

การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์เป็นส่วนสำคัญที่ต้องนำไปประกอบการตัดสินใจการลงทุน
จัดซื้อจัดหาเครื่องอบแห้งมาใช้ในการทำพริกอินทรีย์แห้งทั้งนี้เพื่อให้เห็นความเป็นไปได้ถึงการคืนกำไร
กลับมา จากข้อมูลที่ได้พบว่า การใช้เครื่องอบแห้งจะคืนทุนได้เร็วขึ้นอยู่กลับปริมาณการใช้งานหรือ
ปริมาณพริกแห้งที่ผลิตได้ รวมถึงคุณภาพสีสันของพริก การยอมรับของผู้บริโภค

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางจะอบแห้งลดปริมาณความชื้นในพริกได้เร็วเหมาะกับการ
จัดการพริกที่มีปริมาณมาก หรือสภาวะที่ไม่สามารถตากแห้งได้เช่นฝนตก แต่ข้อเสียคือพริกสีจะออก
คล้ำและดูไม่เป็นธรรมชาติ ส่วนโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกจะ
ใช้งานได้ดีถ้าแสงมีความเข้มสูงตลอดทั้งวันและติดต่อกันหลายวัน พริกแห้งที่ได้มีสีสันสวยงามเป็นที่
ต้องการของตลาดแต่มีข้อจำกัดคือใช้ระยะเวลาในการทำแห้งนาน 5-7 วัน และถ้าเป็นฤดูฝนแทบจะ
ใช้งานไม่ได้เลยทำให้ไม่สามารถควบคุมอัตราการผลิตที่แน่นอนได้ บางครั้งส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสีย
ได้ การใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางใช้แก๊สหุงต้มเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนต่อเนื่องด้วยโรง
อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกมีความเหมาะสมในการผลิตพริก
แห้งคุณภาพดี เป็นการประหยัดพลังงานความร้อนจากการใช้แก๊สหุงต้มเพียงอย่างเดียว ลดเวลาใน

การตากและแก้ปัญหาการเน่าเสียหรือเกิดเชื้อราจากสภาวะอากาศที่ไม่เหมาะสม ได้ผลิตภัณฑ์พริก
แห้งที่มีคุณภาพดีสีสวยเป็นที่ต้องการของตลาด

ข้อเสนอแนะ

การลงทุนควรมีปริมาณพริกมากพอที่จะใช้เครื่องอบแห้งได้อย่างคุ้มค่า เช่นรวมเป็นกลุ่ม
เกษตรกรผลิตพริกอินทรีย์เป็นต้น

บรรณานุกรม

กมล เลิศรัตน์. 2550. การผลิต การปลูก การแปรรูป และการตลาดของพริกและผลิตภัณฑ์พริกใน

ประเทศไทย. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พัฒนาภรณ์ ใจอุทัย. 2542. การอบพริกชี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งระบบสลับหมุนเวียนลมร้อน.

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่

วิบูลย์ เทพนนท์, เวียง อากรชี และอัศคพล เสนาณรงค์. 2552. เครื่องอบแห้งผักและผลไม้

-เอนกประสงค์. รายงานประจำปีงานวิจัยสิ้นสุด. กรมวิชาการเกษตร.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เวียง อากรชี, วิบูลย์ เทพนนท์, และอัศคพล เสนาณรงค์. 2553. วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งพลังงาน

-แสงอาทิตย์และความร้อนร่วมสำหรับการลดความชื้นผลิตผลเกษตร.

รายงานประจำปีงานวิจัยสิ้นสุด. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

รายงานวิจัย. 2547. การพัฒนาสาธิตและเผยแพร่เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตผล

ทางการเกษตร. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ผนวก ก

แสดงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

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

$$= 0.02 \times 160,000 / 100 \quad \text{บาทต่อชั่วโมง}$$

$$= 32 \quad \text{บาทต่อชั่วโมง}$$

$$= 32 \times 16 = 512 \quad \text{บาทต่อครั้งการรอบ}$$

(ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้แก่ โซ่ เฟือง ลูกกลิ้ง เหล็ก เป็นต้น)

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

$$= 0.002 \times 160,000 / 100 \quad \text{บาทต่อชั่วโมง}$$

$$= 3.2 \quad \text{บาทต่อชั่วโมง}$$

$$= 51.2 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

(ค่าบำรุงรักษาอื่น ๆ ได้แก่ จาระบี สายพาน และ อื่น ๆ)

ค่าไฟฟ้า (F) = $0.746 \times 3.50 = 2.61$ บาทต่อชั่วโมง

$$= 2.61 \times 16$$

$$= 41.78 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

(ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ 0.746 หน่วยต่อชั่วโมง ราคาหน่วยละ 3.50 บาท)

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

$$= 20 \quad \text{บาทต่อชั่วโมง}$$

$$= 20 \times 16 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

$$= 320 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

(ใช้แก๊สหุงต้ม 1.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ราคา กิโลกรัมละ 20 บาท)

ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน (L) = 2×300 บาทต่อครั้ง

$$= 600 / 16 = 37.50 \quad \text{บาทต่อชั่วโมง}$$

(คนปฏิบัติงานรอบ 2 คน ค่าแรงงานคนละ 300 บาทต่อวัน ทำงาน 2 วันต่อครั้งการรอบแห่ง)

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

	= 95.31	บาทต่อชั่วโมง
	= 95.31 × 16	บาทต่อครั้ง
	= 1,525	บาทต่อครั้ง
ต้นทุนแปรผัน (1/C _t) R&M+O+F+L+H)	= 1/6.25 × 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 × 100	บาทต่อครั้ง
	= 1,647	บาทต่อครั้ง
พริกอินทรีย์คัดทิ้งสด 100 กิโลกรัม อบแล้วได้พริกแห้ง 25 กิโลกรัม ขายกิโลกรัมละ 200 บาท		
คิดเป็นเงิน	= 200 × 25 = 5,000	บาทต่อครั้ง

$$\begin{aligned}
 \text{มูลค่าเพิ่มจากการทำฟริกอินทรีย์ตากแห้ง} &= 5,000 - 1,200 - 1,647 \quad \text{บาทต่อครั้ง} \\
 &= 2,153 \quad \text{บาทต่อครั้ง} \\
 \text{หรือ} &= 2,153 / 100 = 21.53 \quad \text{บาทต่อกิโลกรัมฟริกสด} \\
 \text{ดังนั้น จุดคุ้มทุน} &= 21,920 / 21.53 \\
 &= 1,018 \quad \text{กิโลกรัมต่อปี}
 \end{aligned}$$

การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง

$$\begin{aligned}
 \text{ผลิตฟริกอินทรีย์อบแห้ง 18,000 กิโลกรัมต่อปี} &= 18,000 \text{ กิโลกรัมต่อปี} \times 21.53 \text{ บาทต่อกิโลกรัม} \\
 &= 387,540 \quad \text{บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{ราคาเครื่อง} / \text{มูลค่าเพิ่ม} \\
 &= (160,000) \quad \text{บาท} \\
 &\quad \underline{\hspace{1.5cm} 387,540 \text{ บาท/ปี} \hspace{0.5cm}} \\
 &= 0.41 \text{ ปี}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน} &= (\text{มูลค่าเพิ่ม} / \text{ราคาเครื่อง}) \times 100 \text{ เปอร์เซ็นต์} \\
 &= (387,540 / 160,000) \times 100
 \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนเครื่องอบแห้งกาแฟกะลา} = 242 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

แสดงการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดี่ยวหรือค่าใช้จ่ายในการทำงาน ซึ่งประกอบด้วยต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผัน ใช้สมการในการคำนวณดังนี้

$$A_c = (F_c / A) + (1 / C_t) L \dots \dots \dots \text{สมการที่ 1}$$

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

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

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

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	=	ปริมาณฟริกอินทรีย์อบแห้งที่อบใน 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	
8	เปอร์เซ็นต์ต่อปี	
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)	= 48×100	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 กิโลกรัมพริกอินทรีย์สดคัดทิ้ง

$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี} = 20,550 \quad \text{บาทต่อปี}$$

พริกอินทรีย์สดคัดทิ้ง กิโลกรัมละ 12 บาท 100 กิโลกรัม

$$\text{เป็นเงิน} = 1,200 \text{ บาท}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์} = 10.28 \quad \text{บาทต่อกิโลกรัม}$$

$$= 10.28 \times 100 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

$$= 1,028 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

พริกอินทรีย์คัดทิ้งสด 100 กิโลกรัม อบแล้วได้พริกแห้ง 25 กิโลกรัม ขายกิโลกรัมละ 200 บาท

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

$$\text{มูลค่าเพิ่มจากการทำพริกอินทรีย์ตากแห้ง} = 5,000 - 1,200 - 1,028 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

$$= 2,772 \text{ บาทต่อครั้ง}$$

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

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

$$= 741 \text{ กิโลกรัมต่อปี}$$

การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนโรงตากพริกพลังงานแสงอาทิตย์

$$\text{มีการผลิตพริกอินทรีย์ทำแห้ง 4,800 กิโลกรัมต่อปี} = 4,800 \text{ กิโลกรัมต่อปี} \times 27.72 \text{ บาทต่อกิโลกรัม}$$

$$= 133,056 \quad \text{บาทต่อปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{ราคาเครื่อง} / \text{มูลค่าเพิ่ม} \\ &= \frac{(150,000) \text{ บาท}}{133,056 \text{ บาท/ปี}} \\ &= 1.13 \text{ ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน} &= (\text{มูลค่าเพิ่ม/ราคาเครื่อง}) \times 100 \text{ เปอร์เซ็นต์} \\ &= (133,056/150,000) \times 100 \end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนเครื่องอบแห้งกาแฟกะลา = 88.70 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางรวมกับการใช้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจกอบพริกอินทรีย์หรือค่าใช้จ่ายในการทำงาน 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	= 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

การวิเคราะห์หาต้นทุนการใช้เครื่องอบร่วมกับโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ข้อมูลต่อไปนี้ในการคำนวณ

ราคาเครื่องอบแห้งแบบชั้นวาง + โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ (P)	= 310,000	บาท
อายุการใช้งาน (N)	= 10	ปี
มูลค่าซาก (5 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ) (S)	= 15,500	บาท
อัตราดอกเบี้ย (r)	= 8	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
จากสมการที่ 3: ค่าเสื่อมราคา (D)	= $(P-S)/N$	
	= $(310,000-15,500)/10$	บาทต่อปี
	= 29,450	บาทต่อปี
จากสมการที่ 4: ดอกเบี้ย (I)	= $[(P + S)/2] \times (r/100)$	
	= $(310,000+15,500)/2 \times (8/100)$	บาทต่อปี
	= 13,020	บาทต่อปี
จากสมการที่ 2: ต้นทุนคงที่ (F_c)	= $D+I$	
	= 29,450 + 13,020	บาทต่อปี

	$= 42,470$	บาทต่อปี
ความสามารถในการทำงานของเครื่อง (C _r) = 100		กิโลกรัมต่อครั้ง
ในการอบ 1 ครั้งใช้แบบชั้นวางเวลา 10 ชั่วโมง = 10		กิโลกรัมต่อชั่วโมง
จำนวนครั้งการอบแห้งพริก	$= 120$	ครั้งต่อปี
ปริมาณการอบพริกใน 1 ปี (A) = 100×120		กิโลกรัมต่อปี
	$= 12,000$	กิโลกรัมต่อปี
ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (R&M) = 2 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ/100 ชั่วโมงการทำงาน		
	$= 0.02 \times 160,000 / 100$	บาทต่อชั่วโมง
	$= 32$	บาทต่อชั่วโมง
	$= 32 \times 10 = 320$	บาทต่อครั้งการอบ
(ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้แก่ โซ่ เฟือง ลูกกลิ้ง เหล็ก เป็นต้น)		
ค่าบำรุงรักษาอื่น ๆ (O) = 0.2 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ/100 ชั่วโมงการทำงาน		
	$= 0.002 \times 160,000 / 100$	บาทต่อชั่วโมง
	$= 3.2$	บาทต่อชั่วโมง
	$= 32$	บาทต่อครั้ง
(ค่าบำรุงรักษาอื่น ๆ ได้แก่ จาระบี สายพาน และ อื่น ๆ)		
ค่าไฟฟ้า (F) = 0.746 × 3.50 = 2.61		บาทต่อชั่วโมง
	$= 2.61 \times 10$	
	$= 26.10$	บาทต่อครั้ง
(ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ 0.746 หน่วยต่อชั่วโมง ราคาหน่วยละ 3.50 บาท)		
ค่าเชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม(LPG) (H) = 1.0 × 20		บาทต่อชั่วโมง
	$= 20$	บาทต่อชั่วโมง

$$= 20 \times 10 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

$$= 200 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

(ใช้แก๊สหุงต้ม 1.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ราคา กิโลกรัมละ 20 บาท)

$$\text{ค่าแรงงานคนปฏิบัติงาน (L)} = 2 \times 300 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

$$= 600/10 = 60 \quad \text{บาทต่อชั่วโมง}$$

(คนปฏิบัติงานอบ 2 คน ค่าแรงงานคนละ 300 บาทต่อวัน ทำงาน 2 วันต่อครั้งการอบแห้ง)

$$\text{ต้นทุนแปรผัน (R\&M+O+F+L+H)} = 32+3.2+2.61+20+37.5 \quad \text{บาทต่อชั่วโมง}$$

$$= 95.31 \quad \text{บาทต่อชั่วโมง}$$

$$= 95.31 \times 10 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

$$= 953 \quad \text{บาทต่อครั้ง}$$

$$\text{ต้นทุนแปรผัน (1/C}_t \text{) R\&M+O+F+L+H)} = 1/10 \times 95.31 \quad \text{บาทต่อกิโลกรัม}$$

$$\text{ต้นทุนผันแปร เครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวาง} = 9.53 \quad \text{บาทต่อกิโลกรัม}$$

$$\text{ต้นทุนผันแปร การใช้โรงตากแสงอาทิตย์} = 6.00 \quad \text{บาทต่อกิโลกรัม}$$

$$\text{ต้นทุนคงที่ (F}_c \text{/A)} = 42,470/12,000 \quad \text{บาทต่อกิโลกรัม}$$

$$= 3.54 \quad \text{บาทต่อกิโลกรัม}$$

$$\text{จากสมการที่ 1: ต้นทุนการใช้เครื่อง (A}_c \text{)} = 9.53 + 6.00 + 3.54 \quad \text{บาทต่อกิโลกรัม}$$

$$= 19.07 \quad \text{บาทต่อกิโลกรัม}$$

การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง

จุดคุ้มทุน = ค่าใช้จ่ายคงที่/(รายได้เพิ่มจากการขายพริกแห้ง - ราคาทุนพริกสด)

อบพริกอินทรีย์ครั้งละ 100 กิโลกรัม ใช้เวลา 3 วัน เดือนละ 10 ครั้ง ปีละ 120 ครั้ง หรือปีละ 12,000 กิโลกรัมพริกอินทรีย์สดคั้ดทิ้ง

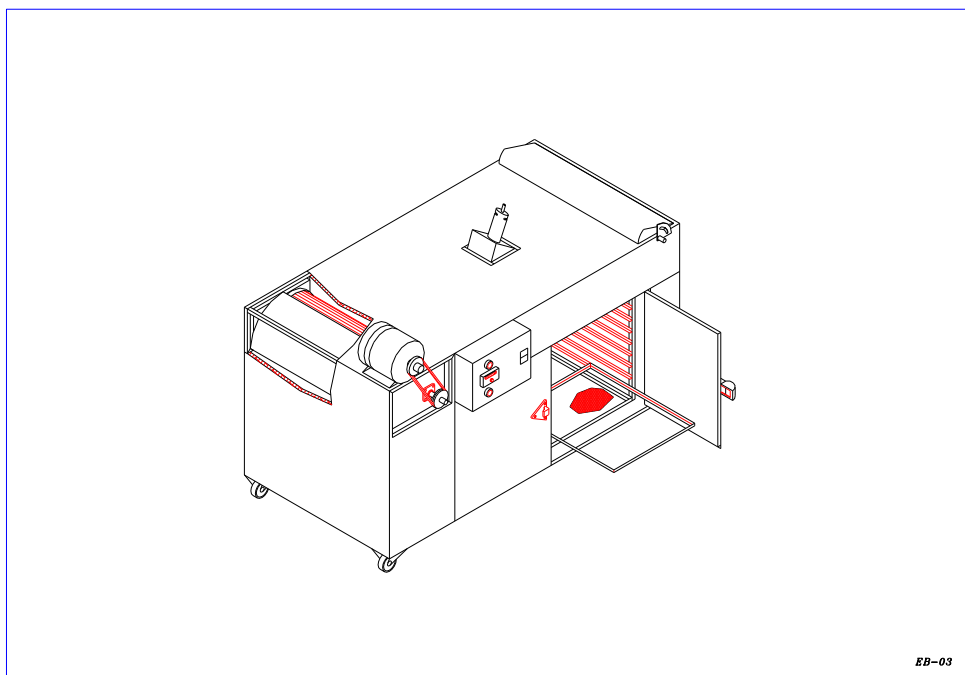
$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี} = 42,470 \quad \text{บาทต่อปี}$$

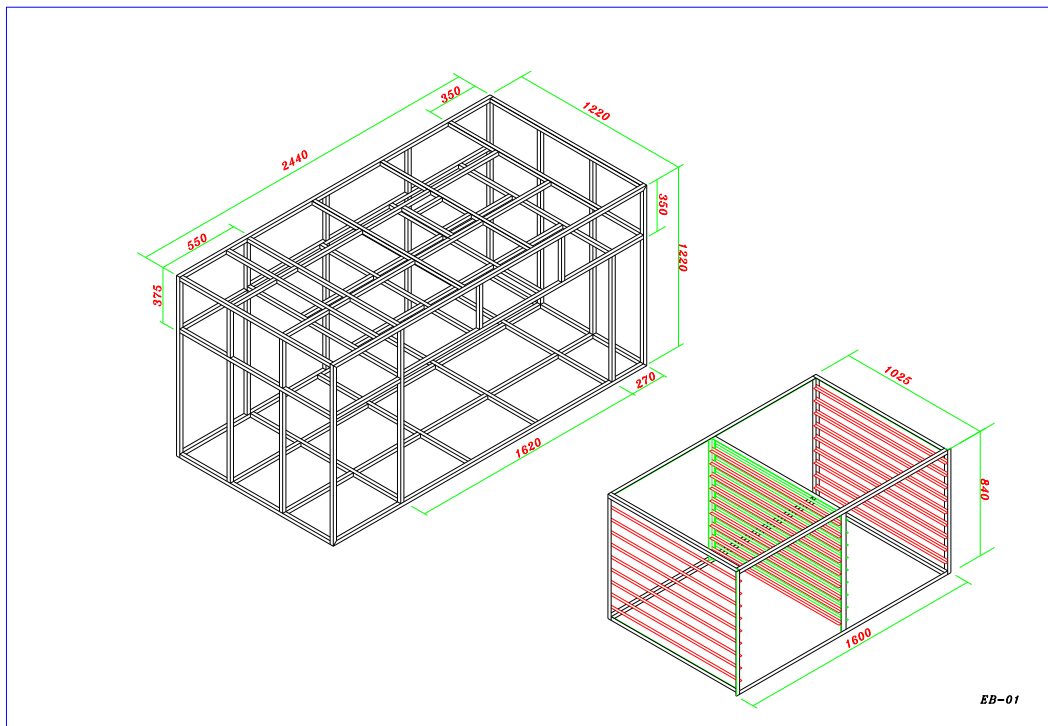
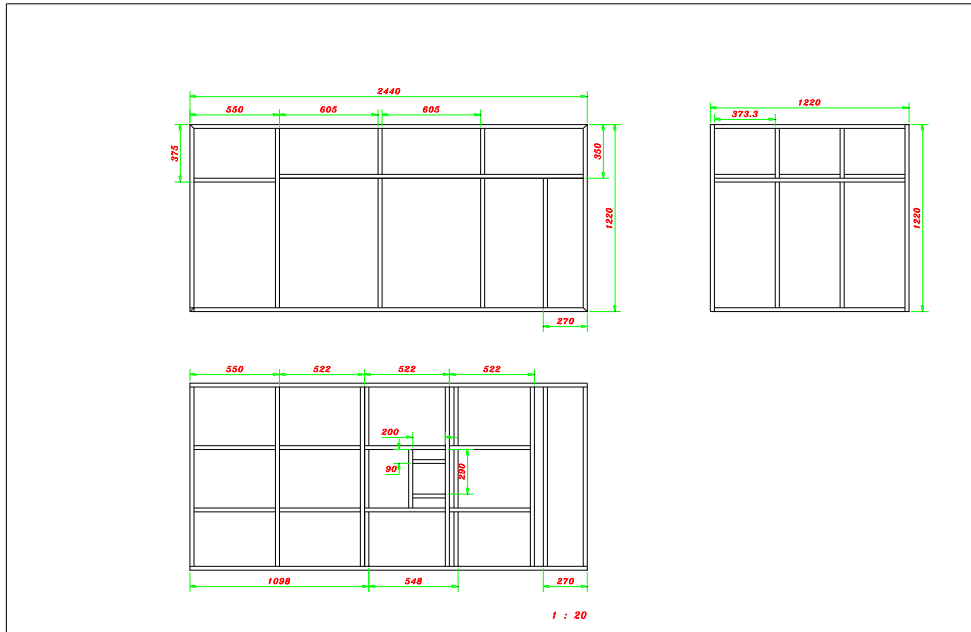
ค่าพริกอินทรีย์สดคั้ดทิ้ง กิโลกรัมละ 12 บาท 100 กิโลกรัม

	เป็นเงิน	= 1,200บาท	
ต้นทุนการใช้เครื่อง		= 19.07	บาทต่อกิโลกรัม
พริกอินทรีย์สดคั้ทั้ง 100 กิโลกรัม		= 19.07 x 100	บาทต่อครั้
		=1,907	บาทต่อครั้
พริกอินทรีย์คั้ทั้งสด 100 กิโลกรัม อบแล้วได้พริกแห้ง 25 กิโลกรัม ขายกิโลกรัมละ 200 บาท			
	คิดเป็นเงิน	=200 x 25 = 5,000	บาทต่อครั้
มูลค่าเพิ่มจากการทำพริกอินทรีย์ตากแห้ง		= 5,000-1,200-1,907	บาทต่อครั้
		= 1,893	บาทต่อครั้
หรือ		= 1,893/100 =18.93	บาทต่อกิโลกรัมพริกสด
ดังนั้น จุดคุ้มทุน		= 42,470 / 18.93	
		= 2,244	กิโลกรัมต่อปี
การคำนวณระยะเวลาการคืนทุนของการลงทุนเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชื้นวางรวมกับการใช้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก			
ผลิตพริกอินทรีย์อบแห้ง 12,000 กิโลกรัมต่อปี		= 12,000 กิโลกรัมต่อปี x 18.93 บาทต่อกิโลกรัม	
		= 227,160	บาทต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน		= ราคาเครื่อง / มูลค่าเพิ่ม	
		= (310,000) บาท	
		$\frac{310,000}{227,160 \text{ บาท/ปี}}$	
		= 1.36 ปี	
อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน		= (มูลค่าเพิ่ม/ราคาเครื่อง) x 100 เปอร์เซ็นต์	
		= (227,160/310,000) x 100	
ดังนั้น อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนเครื่องอบแห้งกาแพะลา		= 73	เปอร์เซ็นต์

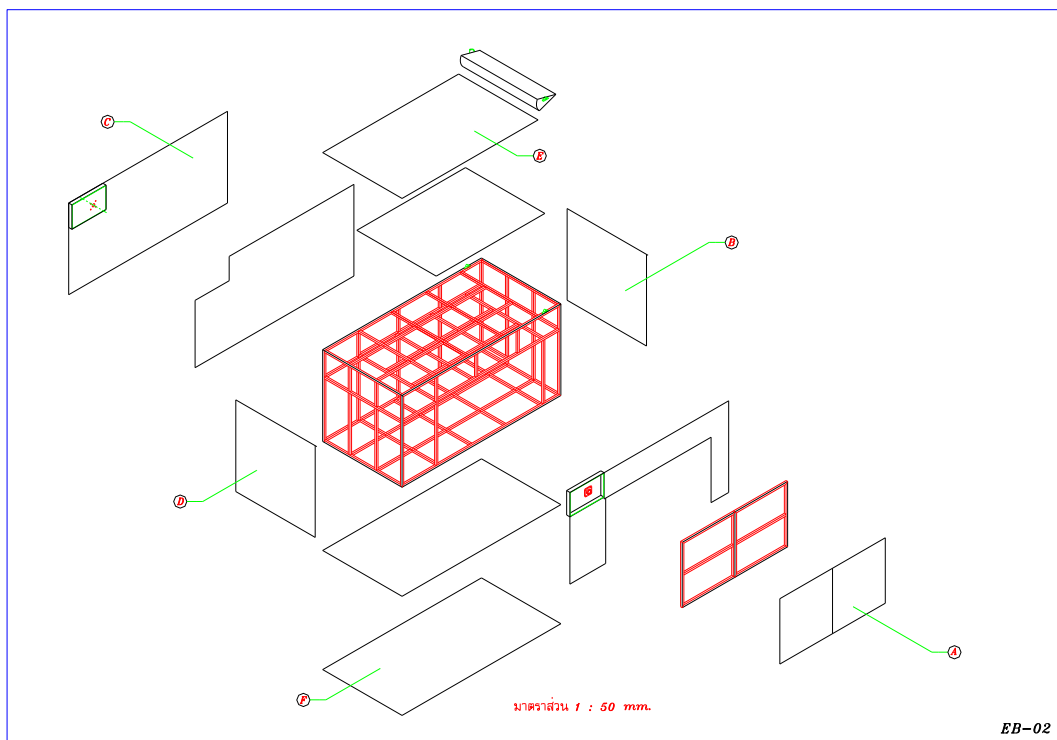
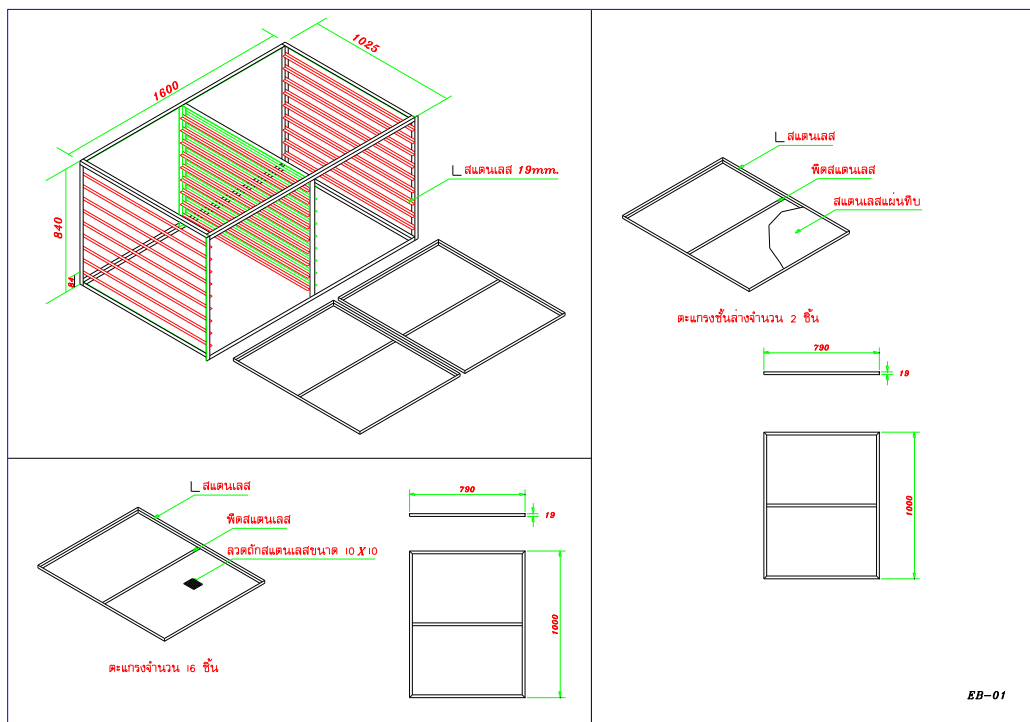
ภาคผนวก ข

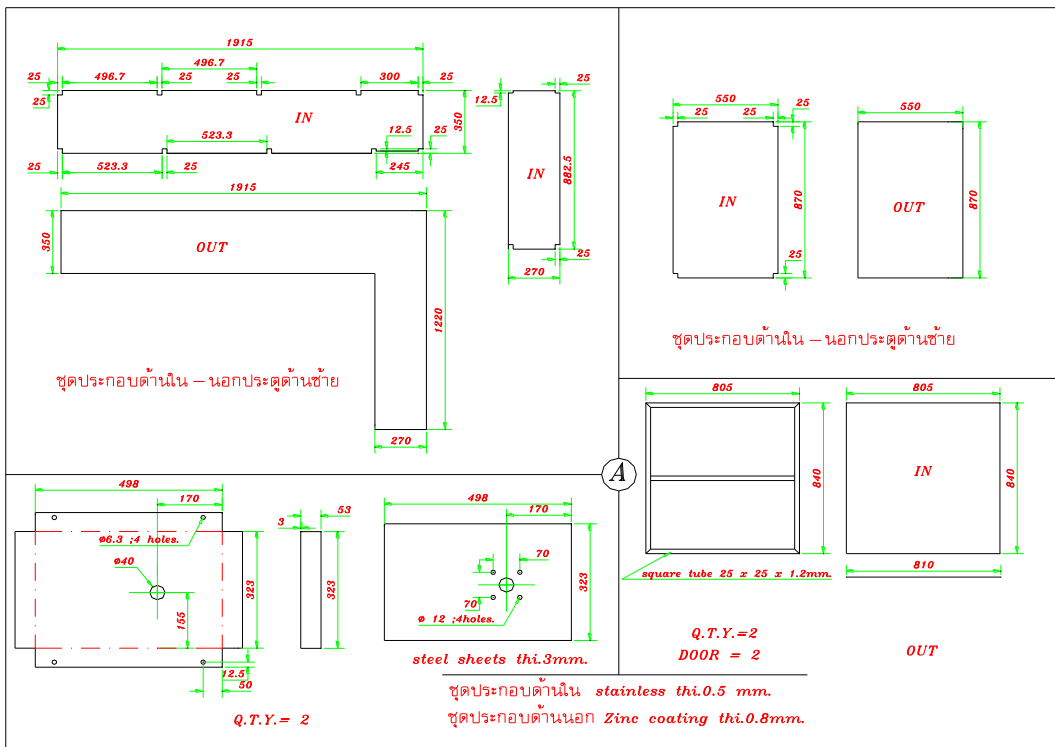
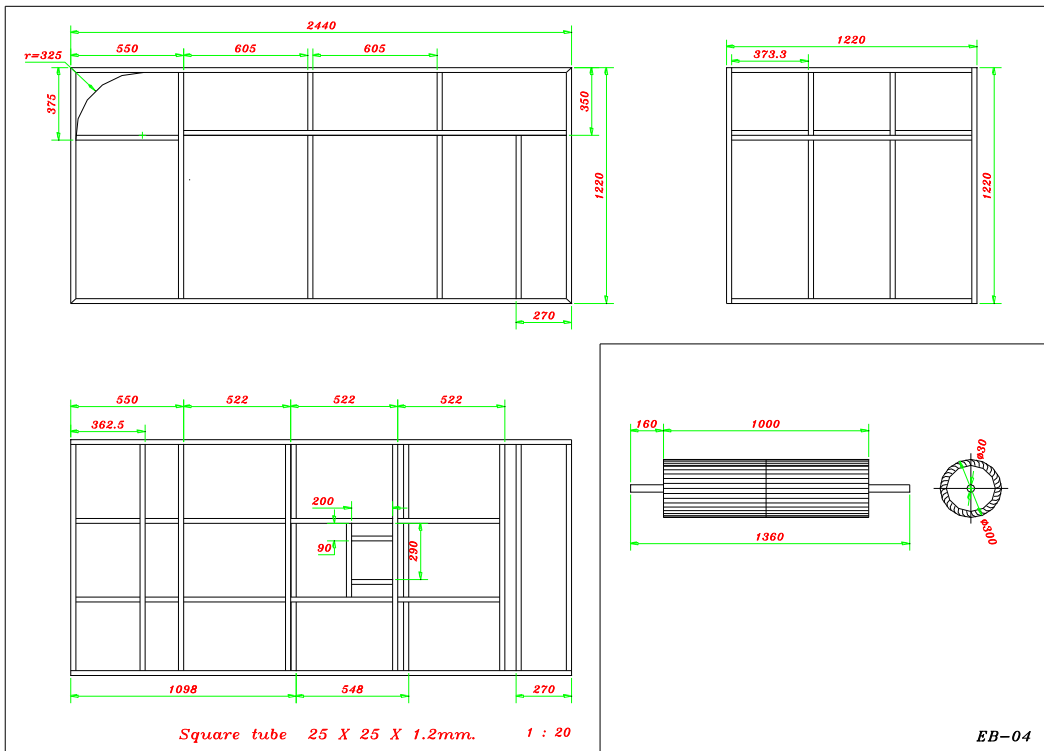
แบบเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง และโรงตากพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์

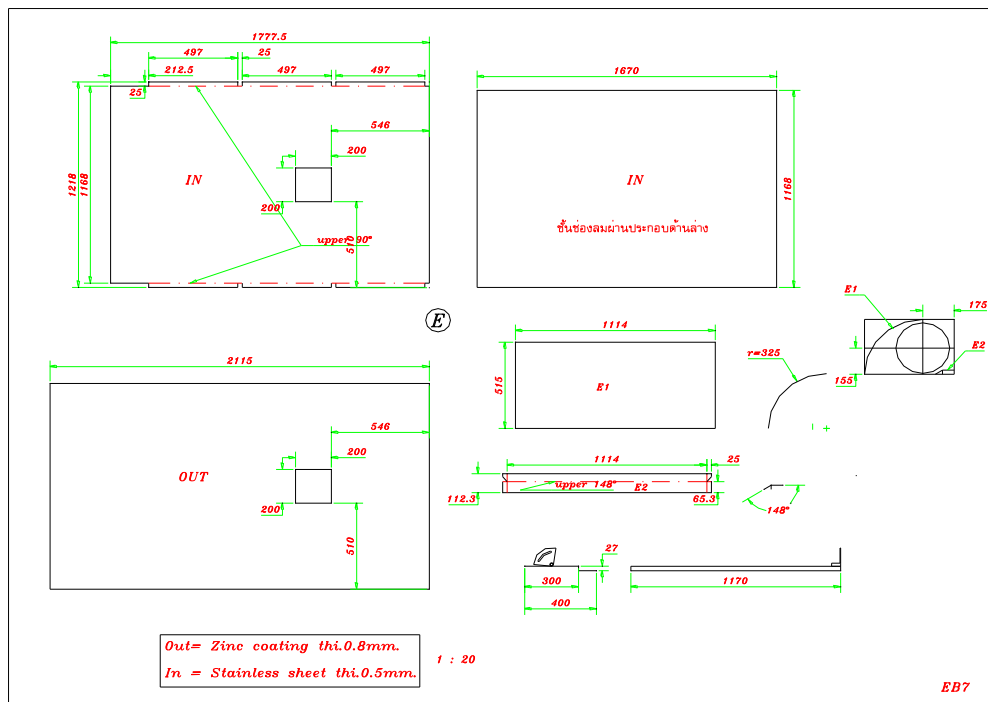
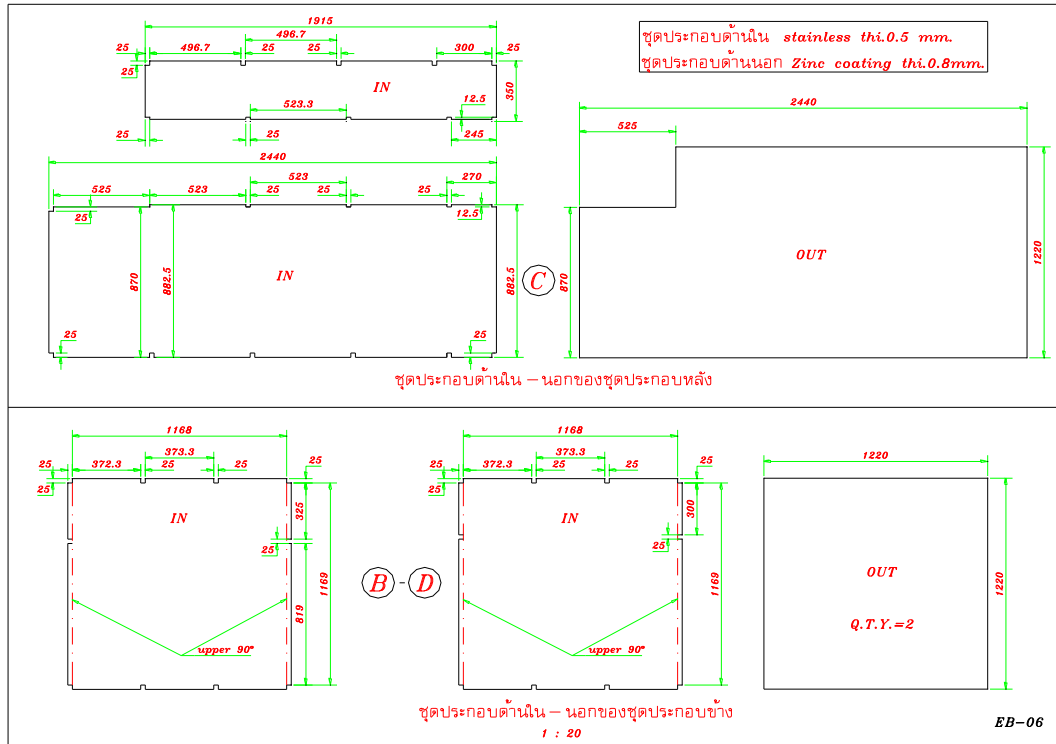




EB-01







แบบโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบภาวะเรือนกระจก

