



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสาน
โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง
Research and Development of Rotary Dryer with
Solar Drying Pilot for the Production of Dried Cocoa Beans.

นายบัณฑิต จิตรจำนงค์
Bundit Jitjumnong

พ.ศ. 2561



รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสาน
โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง
Research and Development of Rotary Dryer with
Solar Drying Pilot for the Production of Dried Cocoa Beans.

นายบัณฑิต จิตรจำนงค์
Bundit Jitjumnong

พ.ศ. 2561

คำปรารภ

โกโก้เป็นพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก ผลผลิตของโกโก้ใช้ประโยชน์ในทางบริโภคมิคุณค่าทางอาหารสูง ปัจจุบันเมล็ดโกโก้แห้งเป็นสินค้าเกษตรที่โรงงานผลิตโกโก้ขนาดใหญ่ซึ่งตั้งอยู่ในประเทศไทยนำมาแปรรูปเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกสู่ต่างประเทศ แต่ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้ในภาวะปัจจุบันยังไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงมีจำเป็นต้องส่งเสริมการปลูกให้มากขึ้น การปลูกโกโก้มีการส่งเสริมให้ปลูกเป็นพืชแซมในสวนมะพร้าวและเพิ่มขยายการปลูกแซมในสวนยางพาราซึ่งมีราคาน้ำยางดิบตกต่ำในสถานการณ์ปัจจุบัน เมล็ดโกโก้ที่ผลิตได้จะนำมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเครื่องดื่ม อาหารหวานและขนมหวานหลากหลายชนิด โดยมีผลิตภัณฑ์โกโก้ที่สำคัญ เช่น ผงโกโก้ ไขมันและน้ำมันจากเมล็ดโกโก้ ช็อคโกแลต เป็นต้น

กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยพืชสวนได้เป็นเจ้าภาพในการจัดประชุมระหว่างประเทศ คณะทำงานโกโก้อาเซียน ครั้งที่ 18 เพื่อได้รับทราบสถานการณ์การผลิตโกโก้ของประเทศอาเซียน ความร่วมมือในด้านวิชาการ ซึ่งทำให้เกิดประโยชน์กับอุตสาหกรรมโกโก้ในประเทศไทยเป็นอย่างยิ่ง แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของโกโก้ในประเทศไทยในอนาคต

เมล็ดโกโก้ตากแห้งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นที่กลุ่มเกษตรกรทำเองแล้วส่งขายโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป ขั้นตอนการทำเมล็ดโกโก้ตากแห้งเริ่มจากแกะเมล็ดโกโก้ออกจากผลโกโก้โดยใช้แรงงานคน เมื่อแกะเมล็ดโกโก้ออกจากผลแล้วจะนำมาทำการหมักอีก 6 วัน เพื่อให้ได้กลิ่นและรสชาติที่ดีขึ้น เมื่อหมักเสร็จแล้วก็นำเมล็ดโกโก้มาตากให้แห้ง ใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ เพื่อลดระดับความชื้นจาก 60 เปอร์เซ็นต์ ให้เหลือเพียงประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดโกโก้ที่แห้งแล้วจะถูกนำมารวบรวมบรรจุในกระสอบเพื่อจัดส่งไปยังโรงงาน โดยในขั้นตอนการตากเมล็ดโกโก้ให้แห้งจะมีปัญหาที่สำคัญคือ สภาพพื้นที่ปลูกโกโก้ในเขตภาคใต้และภาคตะวันออกที่ผลิตโกโก้ส่วนใหญ่มีฝนตกบ่อย ปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้เกิดปัญหาการตากเมล็ดโกโก้ไม่แห้ง เกิดเชื้อราที่เป็นพิษ คุณภาพของเมล็ดโกโก้ไม่ดีและส่งผลกระทบต่อราคาในการจำหน่าย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการวิจัยพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนการตากลาน ซึ่งจะช่วยพัฒนากระบวนการผลิตเมล็ดโกโก้แห้งของเกษตรกรให้ได้คุณภาพมากขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้และความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

บัณฑิต จิตรจำนงค์

บัณฑิต จิตรจำนงค์
วิศวกรการเกษตรปฏิบัติการ
หัวหน้าโครงการวิจัย
ธันวาคม 2561

สารบัญ	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	1
ผู้วิจัย	2
บทนำ	3
บทคัดย่อ	5
การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสาน โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง	7
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	26
บรรณานุกรม	27
ภาคผนวก	28

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้ร่วมงานและเจ้าหน้าที่ทุกท่านของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่มีส่วนช่วยในการพัฒนางานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และขอขอบคุณคณะเจ้าหน้าที่สหกรณ์การเกษตรแหลมสิงห์ จ.จันทบุรี สำหรับการอำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่ทดสอบและข้อเสนอแนะต่างๆ ตลอดจนความสนใจในการนำไปใช้งานจริงต่อไป

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย ผู้ร่วมงาน	นายบัณฑิต จิตรจำนงค์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายสากล วีรยานันท์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายเวียง อากรชี	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
	นางสาวพัชร์วิภา สุทธิวารีย์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายพุทธธินันท์ จารุวัฒน์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายอนุสรณ์ สุวรรณเวียง	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายนิวัต อาระวิล	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายอาธร พรบุญ	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายอุทัย ธานี	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

บทนำ

โกโก้เป็นพืชที่สำคัญเศรษฐกิจพืชหนึ่งของโลก ผลผลิตของโกโก้ใช้ประโยชน์ในทางบริโภค มีคุณค่าทางอาหารสูง ปัจจุบันเมล็ดโกโก้แห้งเป็นสินค้าเกษตรที่มีโรงงานผลิตโกโก้ขนาดใหญ่ตั้งอยู่ในประเทศไทยเพื่อแปรรูปสำหรับบริโภคภายในประเทศและส่งออกสู่ต่างประเทศ แต่ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้ในปัจจุบันยังไม่เพียงพอ กับความต้องการ จึงมีการส่งเสริมการปลูกมากขึ้น โดยแนะนำให้ปลูกเป็นพืชแซมในสวนมะพร้าวและเพิ่มขยายพื้นที่ปลูกโดยการปลูกแซมในสวนยางพาราเพื่อช่วยเสริมรายได้ในขณะที่ราคาน้ำยางดิบตกต่ำในสถานการณ์ปัจจุบัน เมล็ดโกโก้ที่ผลิตได้จะนำมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเครื่องดื่ม อาหารหวานและขนมหวาน หลากหลายชนิด มีผลิตภัณฑ์โกโก้ที่สำคัญ เช่น ผงโกโก้ ไขมันและน้ำมันจากเมล็ดโกโก้ ช็อคโกแลต เป็นต้น โกโก้ในประเทศไทยมีการปลูกนานแล้ว ส่วนใหญ่นิยมปลูกในเขตภาคใต้และภาคตะวันออก เช่นจังหวัด ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี ชุมพร และจันทบุรี พื้นที่ปลูกโกโก้ในประเทศไทยมีประมาณ 5,200 ไร่ ผลผลิตมีประมาณ 200 ตันต่อปี ราคาที่โรงงานรับซื้อ 90 บาทต่อกิโลกรัม ขณะที่ความต้องการบริโภคโกโก้ภายในประเทศไทยมีความต้องการสูงถึงปีละ 20,000 ตัน ทำให้ไทยต้องพึ่งพิงการนำเข้าเมล็ดโกโก้จากต่างประเทศ จากรายงาน ในปี 2551 ไทยมีการนำเข้าโกโก้ปริมาณ 38,847.88 ตัน มูลค่า 3,978.55 ล้านบาท แหล่งนำเข้าเมล็ดโกโก้มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย และกาน่า คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 30.42 , 20.87 และ 15.70 ของปริมาณนำเข้า สาเหตุหลักที่ไทยยังมีการนำเข้ามาก เนื่องจากพื้นที่ปลูกและผลผลิตในประเทศไม่เพิ่มขึ้น ประกอบกับต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูงแต่ราคารับซื้อในประเทศยังไม่จูงใจ รวมถึงขาดแคลนแหล่งรับซื้อเมล็ดโกโก้ สถานการณ์ส่งออกโกโก้และผลิตภัณฑ์ ปี 2551 ปริมาณส่งออก 18,482.35 เมตริกตัน มูลค่า 2,180.19 ล้านบาท มูลค่าขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.29 ตลาดหลัก ได้แก่ สหภาพยุโรป ออสเตรเลีย มาเลเซีย

กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยพืชสวนได้เป็นเจ้าภาพในการจัดประชุมระหว่างประเทศ คณะทำงานโกโก้อาเซียน ครั้งที่ 18 วันที่ 22 กันยายน พ.ศ. 2558 เพื่อได้รับทราบสถานการณ์การผลิตโกโก้ของประเทศอาเซียน ความร่วมมือในด้านวิชาการ ซึ่งทำให้เกิดประโยชน์กับอุตสาหกรรมโกโก้ในประเทศไทยเป็นอย่างดี แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของโกโก้ในประเทศไทยในอนาคต

เมล็ดโกโก้ตากแห้งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นที่กลุ่มเกษตรกรทำเองแล้วส่งขายโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป ขั้นตอนการทำเมล็ดโกโก้ตากแห้งเริ่มจากแกะเมล็ดโกโก้ออกจากผลโกโก้โดยใช้แรงงานคน เมื่อแกะเมล็ดโกโก้ออกจากผลแล้วจะนำมาหมักอีก 6 วัน เพื่อให้ได้กลิ่นและรสชาติที่ดีขึ้น เมื่อหมักเสร็จแล้วก็นำเมล็ดโกโก้มาตากให้แห้ง ใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ เพื่อลดความชื้นจาก 60 เปอร์เซ็นต์ ให้เหลือเพียงประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดโกโก้ที่แห้งแล้วจะถูกนำมารวบรวมบรรจุในกระสอบเพื่อจัดส่งไปยังโรงงาน โดยในขั้นตอนการตากเมล็ดโกโก้ให้แห้งจะมีปัญหาที่สำคัญคือ สภาพพื้นที่ปลูกโกโก้ในเขตภาคใต้และภาคตะวันออกที่ผลิตโกโก้ส่วนใหญ่มีฝนตกบ่อย ปริมาณน้ำฝนมากความชื้นสูง ทำให้เกิดปัญหาการตากเมล็ดโกโก้ไม่แห้ง เกิดเชื้อราที่เป็นพิษ ทำลายคุณภาพของเมล็ดโกโก้ซึ่งส่งผลกระทบต่อราคาในการจำหน่าย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีโดยผสมผสานการใช้งานร่วมกับโรงตากแบบพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดแทนการตากลาน ซึ่งจะช่วยพัฒนากระบวนการผลิตเมล็ดโกโก้แห้งของเกษตรกรให้ได้คุณภาพมากขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้และความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนำมาทดแทนการตากลานในกระบวนการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง เพื่อลดเวลาในการตากและแก้ปัญหาการเกิดเชื้อราจากสภาวะอากาศที่ไม่เหมาะสม

ระเบียบวิธีวิจัยของโครงการวิจัย

1. เก็บข้อมูลรูปแบบวิธีการตากเมล็ดโกโก้
2. ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบโรตารีและโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง
3. ทดสอบเครื่องมือต้นแบบเบื้องต้นและปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง
4. ทดสอบและเก็บข้อมูลเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้กับกลุ่มเกษตรกร การเก็บข้อมูลได้แก่ ระยะเวลาในการอบ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ระยะเวลาในการตากในโรงตาก เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดโกโก้ โดยเก็บข้อมูลดังนี้
 - 4.1 เก็บข้อมูลการใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีอย่างเดียว อบจนได้เมล็ดโกโก้แห้ง
 - 4.2 เก็บข้อมูลการใช้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว ตากจนได้เมล็ดโกโก้แห้ง
 - 4.3 เก็บข้อมูลการใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์อบและตากจนได้เมล็ดโกโก้แห้ง
5. ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพและปริมาณ การใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีอย่างเดียว, การใช้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว และการใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์โดยเปรียบเทียบกับวิธีการตากลานของเกษตรกร และวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
6. จัดทำรายงานผลการวิจัยและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย

ตารางที่ 1 รายละเอียดการทำวิจัยของโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง

โครงการวิจัย	ระยะเวลาการทำวิจัย
โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง	2 ปี (ต.ค. 2559 – ก.ย. 2561)
การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง	2 ปี (ต.ค. 2559 – ก.ย. 2561)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีและโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการผลิตเมล็ดโกโก้แห้งเพื่อแทนวิธีการตากลาน ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรีได้พัฒนาเครื่องมือการอบแห้งเมล็ดโกโก้ 2 แบบ คือ เครื่องอบแห้งแบบโรตารี โดยถังอบถูกออกแบบเป็นรูปทรงกระบอก 12 เหลี่ยมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร ยาว 1.3 เมตร ปริมาตรของถังอบ 1.47 ลูกบาศก์เมตร ถังอบสามารถหมุนได้เพื่อให้เมล็ดโกโก้แยกออกจากกันและแห้งอย่างสม่ำเสมอด้วยมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า และใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานความร้อนในการอบ มีระบบจุดไฟด้วยตัวสปาร์คไฟฟ้า โดยใช้โซลินอยด์วาล์วทำหน้าที่เปิด-ปิดแก๊สเพื่อควบคุมอุณหภูมิในการอบตามที่ตั้งค่าไว้ที่อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ใช้พัดลมหอยโข่ง ขนาด ใบพัด 40 ซม. ที่ขับด้วยมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ช่วยกระจายความร้อน มีระบบหมุนเวียนลมกลับเพื่อประหยัดเชื้อเพลิงเมื่อเมล็ดโกโก้ใกล้แห้ง และได้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร และสูง 1.8 เมตร ออกแบบให้โครงสร้างสามารถถอดประกอบได้ มีหลังคาแบบหน้าจั่วสูง 1.4 เมตร ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตใสเป็นวัสดุ มีพื้นที่ในการตาก 24 ตารางเมตร ผลการทดสอบอบเมล็ดโกโก้ ความชื้นเริ่มต้น 51% ให้ลดลงเหลือความชื้น 7% ด้วยการทดสอบ 3 แบบ คือ 1. อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส พบว่าใช้เวลา 20 ชั่วโมง ใช้แก๊สหุงต้ม 22 กิโลกรัม 2.อบด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าใช้เวลา 4-5 วัน 3. อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง ความชื้นลดลงเหลือ 20% แล้วจึงตากที่โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์อีก 1-2 วัน พบว่าสามารถประหยัดแก๊สได้ 50%

คำสำคัญ: เมล็ดโกโก้แห้ง; เครื่องอบแห้งแบบโรตารี; โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์

ABSTRACT

This research objective is to research and develop the implement for replacing the traditional drying cocoa beans. There are 2 types of drying implement developed by Agricultural Engineering Research Center of Chantabur. First implement is the rotary type dryer. The prototype was 12 sides polygon cylinder designed, with diameter of 1.2 meter and , 1.3 meter height. The volume of the drying tube is 1.47 cubic meter. The drying tube can be rotated so that the cocoa beans are separated and dried regularly. The LPG gas supplied for the drying process that was controlled by a solenoid valve to act on-off the gas and the drying temperature was controlled by temperature controller. The hot air in drying system was circulated to reduce the energy consumption before the end of process. Second implement is solar drying house. The body of prototype is square type; 6 m width, 6 m length and 1.8 m height and the roof is isosceles triangle type 1.4 m height. The structure was made of steel and used the clear polycarbonate sheet. The prototype has 24 m² working area and the structure is able to assemble-disassemble. Three type of the experiment were carried out to reduce from the initial moisture contents of cocoa beans 51% to dry bean with 7%. The results showed that experiment 1, Cocoa beans were dried by rotary type dryer at 65°C for 20 hours and the energy consumption was 1.2 kg.hr⁻¹. Experiment 2, Cocoa beans were dried by solar drying house and took for 4-5 days drying time to get 7% dried bean. Experiment 3, Cocoa beans were tested by the rotary dryer integrated with solar drying house. The samples were firstly dried 10 hours with rotary dryer, then the moisture content reduce to 20%, beans

were transferred to the solar drying house for 48 hours respectively. The result showed 50% lower of energy consumption.

Keywords: dried cocoa beans; Rotary dryer; Solar Drying

การทดลองที่ 1 วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์
สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง

Research and Development of Rotary Dryer with Solar Drying Pilot
for The Production of Dried Cocoa Beans.

คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง

ผู้ร่วมงาน

นายบัณฑิต จิตรจ้านงค์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายสากล วีรยานันท์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายเวียง อากรชี	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
นางสาวพัชร์วิภา สุทธิวาริ	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายพุทธธินันท์ จารุวัฒน์	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายอนุสรณ์ สุวรรณเวียง	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายนิวัต อาระวิล	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายอาธร พรบุญ	สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
นายอุทัย ธานี	สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

คำสำคัญ: เมล็ดโกโก้แห้ง; เครื่องอบแห้งแบบโรตารี; โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์

Keywords: dried cocoa beans; Rotary dryer; Solar power plant

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีและโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการผลิตเมล็ดโกโก้แห้งเพื่อแทนวิธีการตากลาน ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรีได้พัฒนาเครื่องมือการอบแห้งเมล็ดโกโก้ 2 แบบ คือ เครื่องอบแห้งแบบโรตารี โดยถังอบถูกออกแบบเป็นรูปทรงกระบอก 12 เหลี่ยมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร ยาว 1.3 เมตร ปริมาตรของถังอบ 1.47 ลูกบาศก์เมตร ถังอบสามารถหมุนได้เพื่อให้เมล็ดโกโก้แยกออกจากกันและแห้งอย่างสม่ำเสมอด้วยมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า และใช้แก๊สทุ้งต้มเป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานความร้อนในการอบ มีระบบจุดไฟด้วยตัวสปาร์คไฟฟ้า โดยใช้โซลินอยด์วาล์วทำหน้าที่เปิด-ปิดแก๊สเพื่อควบคุมอุณหภูมิในการอบตามที่ตั้งค่าไว้ที่อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ใช้พัดลมหยอโข่ง ขนาด ใบพัด 40 ซม. ที่ขับด้วยมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ช่วยกระจายความร้อน มีระบบหมุนเวียนลมกลับเพื่อประหยัดเชื้อเพลิงเมื่อเมล็ดโกโก้ใกล้แห้ง และได้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร และสูง 1.8 เมตร ออกแบบให้โครงสร้างสามารถถอดประกอบได้ มีหลังคาแบบหน้าจั่วสูง 1.4 เมตร ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตใสเป็นวัสดุ มีพื้นที่ในการตาก 24 ตารางเมตร ผลการทดสอบอบเมล็ดโกโก้ ความชื้นเริ่มต้น 51% ให้ลดลงเหลือความชื้น 7% ด้วยการทดสอบ 3 แบบ คือ 1. อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส พบว่าใช้เวลา 20 ชั่วโมง ใช้แก๊สทุ้งต้ม 22 กิโลกรัม 2.อบด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าใช้เวลา 4-5 วัน 3. อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง ความชื้นลดลงเหลือ 20% แล้วจึงตากที่โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์อีก 1-2 วัน พบว่าสามารถประหยัดแก๊สได้ 50%

ABSTRACT

This research objective is to research and develop the implement for replacing the traditional drying cocoa beans. There are 2 types of drying implement developed by Agricultural Engineering Research Center of Chantabur. First implement is the rotary type dryer. The prototype was 12 sides polygon cylinder designed, with diameter of 1.2 meter and , 1.3 meter height. The volume of the drying tube is 1.47 cubic meter. The drying tube can be rotated so that the cocoa beans are separated and dried regularly. The LPG gas supplied for the drying process that was controlled by a solenoid valve to act on-off the gas and the drying temperature was controlled by temperature controller. The hot air in drying system was circulated to reduce the energy consumption before the end of process. Second implement is solar drying house. The body of prototype is square type; 6 m width, 6 m length and 1.8 m height and the roof is isosceles triangle type 1.4 m height. The structure was made of steel and used the clear polycarbonate sheet. The prototype has 24 m² working area and the structure is able to assemble-disassemble. Three type of the experiment were carried out to reduce from the initial moisture contents of cocoa beans 51% to dry bean with 7%. The results showed that experiment 1, Cocoa beans were dried by rotary type dryer at 65°C for 20 hours and the energy consumption was 1.2 kg.hr⁻¹. Experiment 2, Cocoa beans were dried by solar drying house and took for 4-5 days drying time to get 7% dried bean. Experiment 3, Cocoa beans were tested by the rotary dryer integrated with solar drying house. The samples were firstly dried 10 hours with rotary dryer, then the moisture content reduce to 20%, beans were transferred to the solar drying house for 48 hours respectively. The result showed 50% lower of energy consumption.

บทนำ

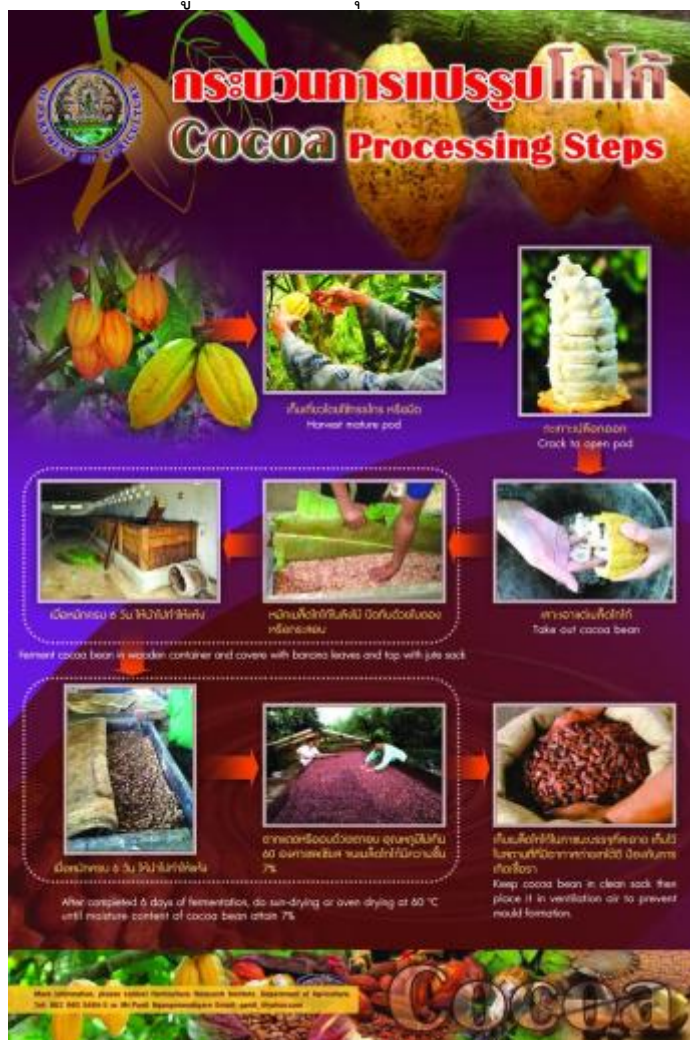
โกโก้เป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของโลก ผลผลิตของโกโก้ใช้ประโยชน์ในทางบริโภคมีคุณค่าทางอาหารสูง ปัจจุบันเมล็ดโกโก้แห้งเป็นสินค้าเกษตรที่โรงงานผลิตโกโก้ขนาดใหญ่ซึ่งตั้งอยู่ในประเทศไทยนำมาแปรรูปเพื่อใช้บริโภคภายในประเทศและส่งออกสู่ต่างประเทศ แต่ปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้ในภาวะปัจจุบันยังไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงมีจำเป็นต้องส่งเสริมการปลูกให้มากขึ้น การปลูกโกโก้มีการส่งเสริมให้ปลูกเป็นพืชแซมในสวนมะพร้าวและเพิ่มขยายการปลูกแซมในสวนยางพาราซึ่งมีราคาน้ำยางดิบตกต่ำในสถานการณ์ปัจจุบัน เมล็ดโกโก้ที่ผลิตได้จะนำมาแปรรูปเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเครื่องดื่ม อาหารหวานและขนมหวานหลากหลายชนิด โดยมีผลิตภัณฑ์โกโก้ที่สำคัญ เช่น ผงโกโก้ ไขมันและน้ำมันจากเมล็ดโกโก้ ช็อคโกแลต เป็นต้น การปลูกโกโก้ในประเทศไทยได้เริ่มมีการปลูกมานานแล้ว นิยมปลูกในภาคใต้และภาคตะวันออก เช่นจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี ชุมพร และจันทบุรี พื้นที่ปลูกโกโก้ในประเทศไทยมีประมาณ 5,200 ไร่ ผลผลิตมีประมาณ 200 ตัน/ปี ราคาที่โรงงานรับซื้อ 90 บาท/กิโลกรัม ขณะที่ความต้องการโกโก้ในประเทศไทยมีความต้องการ ปีละประมาณ 20,000 ตัน ทำให้ไทยต้องพึ่งพิงการนำเข้าเมล็ดโกโก้จากต่างประเทศ ในปี 2551 ไทยมีการนำเข้าโกโก้ปริมาณ 38,847.88 ตัน มูลค่า 3,978.55 ล้านบาท แหล่งนำเข้าเมล็ดโกโก้มากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย และกาน่า คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 30.42 , 20.87 และ 15.70 ของปริมาณนำเข้า สาเหตุหลักที่ไทยยังมีการนำเข้ามาก ขณะที่พื้นที่ปลูกและผลผลิตในประเทศไม่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากต้นทุนการผลิตของเกษตรกรที่สูงและราคาซื้อในประเทศยังไม่สูงใจ รวมถึงแหล่งรับซื้อเมล็ดโกโก้ที่ยังมีไม่มาก สถานการณ์ส่งออกโกโก้และผลิตภัณฑ์ ปี 2551 ปริมาณส่งออก 18,482.35 เมตริกตัน มูลค่า 2,180.19 ล้านบาท มูลค่าขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 22.29 ตลาดหลัก ได้แก่ สหภาพยุโรป ออสเตรเลีย มาเลเซีย

กรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยพืชสวนได้เป็นเจ้าภาพในการจัดประชุมระหว่างประเทศ คณะทำงานโกโก้อาเซียน ครั้งที่ 18 เพื่อได้รับทราบสถานการณ์การผลิตโกโก้ของประเทศอาเซียน ความร่วมมือในด้านวิชาการ ซึ่งทำให้เกิดประโยชน์กับอุตสาหกรรมโกโก้ในประเทศไทยเป็นอย่างยิ่ง แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของโกโก้ในประเทศไทยในอนาคต

เมล็ดโกโก้ตากแห้งเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นที่กลุ่มเกษตรกรทำเองแล้วส่งขายโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป ขั้นตอนการทำเมล็ดโกโก้ตากแห้งเริ่มจากแกะเมล็ดโกโก้ออกจากผลโกโก้โดยใช้แรงงานคน เมื่อแกะเมล็ดโกโก้ออกจากผลแล้วจะนำมาทำการหมักอีก 6 วัน เพื่อให้ได้กลิ่นและรสชาติที่ดีขึ้น เมื่อหมักเสร็จแล้วก็จะนำเมล็ดโกโก้มาตากให้แห้ง ใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ เพื่อลดระดับความชื้นจาก 60 เปอร์เซ็นต์ ให้เหลือเพียงประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดโกโก้ที่แห้งแล้วจะถูกนำมาตรวจสอบบรรจุในกระสอบเพื่อจัดส่งไปยังโรงงาน โดยในขั้นตอนการตากเมล็ดโกโก้ให้แห้งจะมีปัญหาที่สำคัญคือ สภาพพื้นที่ปลูกโกโก้ในเขตภาคใต้และภาคตะวันออกที่ผลิตโกโก้ส่วนใหญ่มีฝนตกบ่อย ปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้เกิดปัญหาการตากเมล็ดโกโก้ไม่แห้ง เกิดเชื้อราที่เป็นพิษ คุณภาพของเมล็ดโกโก้ไม่ดีและส่งผลกระทบต่อราคาในการจำหน่าย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทำการวิจัยพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ทดแทนการตากลาน ซึ่งจะช่วยพัฒนากระบวนการผลิตเมล็ดโกโก้แห้งของเกษตรกรให้ได้คุณภาพมากขึ้น ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้และความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

การทบทวนวรรณกรรม

กระบวนการแปรรูปโกโก้เพื่อการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง (รูปที่ 1) เริ่มจากแกะเมล็ดโกโก้ออกจากผลโดยใช้แรงงานคน จากนั้นนำมาทำการหมักอีก 6 วัน เพื่อให้ได้กลิ่นและรสชาติที่ดีขึ้น เมื่อหมักเสร็จแล้วก็จะนำเมล็ดโกโก้มาตากให้แห้ง ใช้เวลาประมาณ 1-2 สัปดาห์ เพื่อลดระดับความชื้นจาก 60 เปอร์เซ็นต์ ให้เหลือเพียงประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเมล็ดแห้งแล้วจะถูกรวบรวมบรรจุกระสอบเพื่อจัดส่งไปยังโรงงาน



รูปที่ 1 กระบวนการแปรรูปโกโก้

ขั้นตอนการแปรรูปโกโก้ ของสหกรณ์การเกษตรแหลมสิงห์ จำกัด จังหวัดจันทบุรี จะเริ่มจากการรับซื้อผลโกโก้จากเกษตรกรผู้ปลูกโกโก้ที่ได้รับการส่งเสริมให้ปลูกโกโก้แซมในสวนไม้ผลและสวนยางพารา (รูปที่ 2) โดยได้ต้นพันธุ์โกโก้มาจากศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี แล้วนำมาแปรรูปเป็นเมล็ดโกโก้ตากแห้งและรวบรวมส่งขายให้โรงงานแปรรูปเมล็ดโกโก้ บริษัท สยามโกโก้ โปรดักส์ จำกัด

ตารางที่ 1 ปริมาณและมูลค่าการซื้อขาย โกโก้ของสหกรณ์การเกษตรแหลมสิงห์ จำกัด จังหวัดจันทบุรี

ปี	นน. ผลโกโก้ที่รับซื้อ(กก.)	มูลค่าที่รับซื้อ (บาท)	มูลค่าที่ขายเมล็ดโกโก้(กก.)	มูลค่าที่ขายได้ (บาท)
2552	35,187.00	175,888.00	-	269,344.67
2553	69,692.70	368,042.00	-	768,386.93
2554	112,651.60	672,440.00	10,517.00	939,896.37
2555	132,319.60	864,473.00	14,475.00	1,058,881.04
2556	163,071.10	2,425,576.00	39,270.00	2,708,762.86
2557	185,445.50	3,196,279.00	40,410.00	3,806,737.07
รวม	698,367.50	7,702,698.00	104,672.00	9,552,008.94



รูปที่ 2 ผลโกโก้ที่สหกรณ์การเกษตรแหลมสิงห์รับซื้อจากเกษตรกร
ผลสดโกโก้จะถูกแกะเอาเมล็ดออกโดยใช้แรงงานคนซึ่งจะประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงาน (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 การแกะเมล็ดโกโก้โดยใช้แรงงานคน
เมล็ดโกโก้ที่แกะออกมาแล้วจะถูกนำมาทำการหมักเป็นเวลา 6 วัน (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 การหมักเมล็ดโกโก้ เมล็ดโกโก้ติดกันเป็นก้อนเนื่องจากเนื้อโกโก้ยังมีความชื้นสูง

เมื่อกระบวนการหมักเสร็จสิ้น เมล็ดโกโก้ถูกนำมาตากแดดให้แห้ง (รูปที่ 5) โดยคนตากต้องเกลี่ยเมล็ดโกโก้ที่ติดกันเนื่องจากเนื้อโกโก้ยังมีความชื้นสูง ให้กระจายออกและแห้งทั่วถึง หากเป็นช่วงมีแสงแดดน้อย เมล็ดโกโก้จะเกิดเชื้อราต้องล้างเชื้อราออกแล้วตากใหม่ ส่งผลเสียต่อคุณภาพโกโก้และราคาขาย ถ้าฝนตกคนที่ดูแลการตากก็ต้องเข็นรถตากเข้าในที่ร่มซึ่งจังหวัดจันทบุรีมีฝนตกบ่อยในช่วงฤดูฝน



รูปที่ 5 การตากเมล็ดโกโก้ที่ปฏิบัติกันอยู่ในปัจจุบัน

การวิจัยพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง มีปัจจัยหลักคือสภาวะอากาศขณะนั้น คือ

1 ถ้าเป็นช่วงที่ไม่มีแดดหรือฝนตกตลอด จะใช้เครื่องอบแห้งโรตารีอบอย่างเดียวจนได้เมล็ดโกโก้แห้งที่พร้อมเก็บรักษาเพื่อส่งขายโรงงานแปรรูป

2 ถ้าเป็นช่วงที่มีแสงแดด จะใช้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง เพื่อลดระยะเวลาเมื่อเทียบกับการตากลานของเกษตรกร เพราะโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิภายในโรงตากสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 10 องศาเซลเซียส

3 ถ้าเป็นช่วงมีฝนสลับกับมีแดด จะใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีอบในช่วงแรกจนความชื้นของเมล็ดโกโก้สามารถตากต่อในโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ได้โดยไม่เกิดเชื้อรา ถ้ามีแสงแดดน้อยหรือฝนตก การใช้งานร่วมกัน 2 ชั้นตอนนี้จะช่วยประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงในการอบด้วย

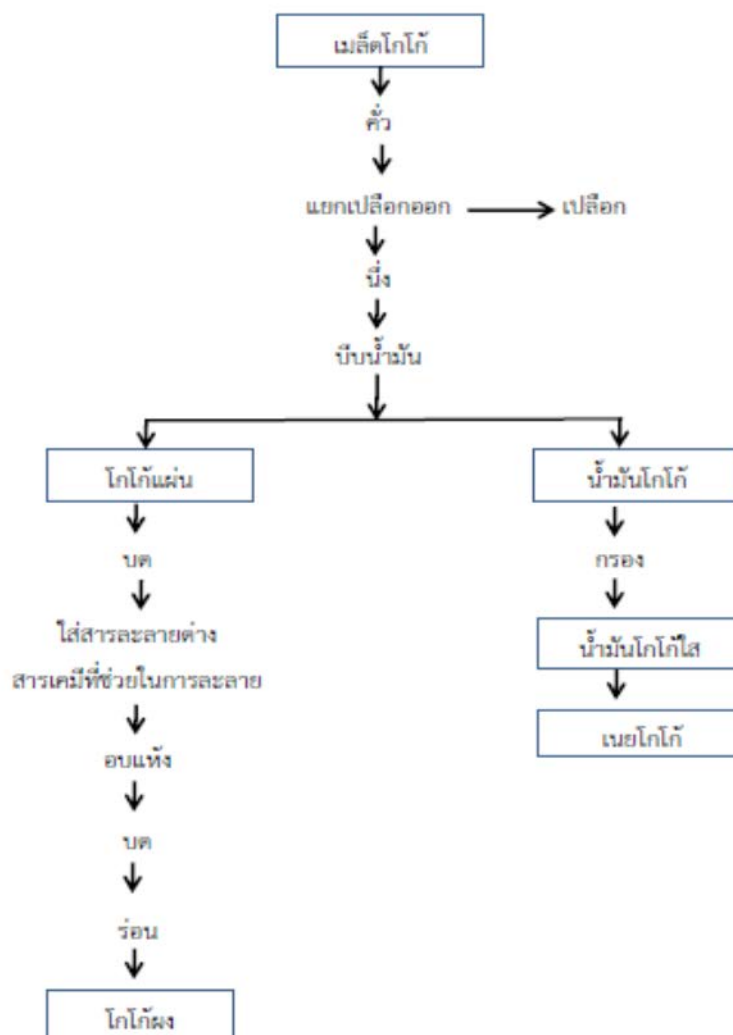
เวียง อากรซี (2554) ได้ทำการวิจัย การพัฒนาเครื่องอบแห้งกาแฟกะลาโรบัสต์โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารี ทำการทดสอบอบแห้งกาแฟกะลา อุณหภูมิที่ใช้อบเริ่มต้น 100 องศาเซลเซียส และปรับลดลงตามอุณหภูมิเมล็ดที่สูงขึ้น โดยอุณหภูมิเมล็ดไม่ควรเกิน 45 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบแห้งแต่ละครั้ง ประมาณ 16-18 ชั่วโมง ที่ความชื้นเมล็ดกาแฟเริ่มต้น 55 % ลดลงเหลือ 12% จาก วิธีการอบแห้งแบบการเวียนลมร้อนบางส่วน กลับ มาใช้ใหม่ มีค่าประสิทธิภาพความร้อนประมาณ 80% การประยุกต์ใช้สามารถใช้อบแห้งพีชเมล็ดเกือบทุกชนิด เช่น กาแฟโรบัสต์ อาราบิก้า ได้ทั้งแบบเปลือกสดหรือกะลา ข้าวโพด ถั่ว ชนิดต่างๆ พริกไทย เป็นต้น เพียงเปลี่ยนตะแกรงช่องระบายความชื้นให้มีขนาดเหมาะสม กับขนาดเมล็ดพีชชนิดนั้นๆ จากงานวิจัยนี้จะนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาประยุกต์ให้เหมาะสมในการใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับอบเมล็ดโกโก้

เวียง อากรซี (2556) ได้ทำการวิจัยการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง โดยใช้แก๊สทุ้มเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ร่วมกับการใช้โรงอบแห้งสะสมพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์แบบภาวะเรือนกระจกในการอบแห้งพริก เพื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานความร้อน ระยะเวลาการทำแห้งและคุณภาพพริกแห้งโดยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวาง มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 1.22 x 2.44 x 1.22 เมตร มีชั้นตะแกรงสเตนเลส ขนาด กว้าง x ยาว เท่ากับ 0.75 x 1.00 เมตร จำนวน 20 ถาด พัดลมเป็นแบบไหลตัดแนวแกน มีการหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้บางส่วน สำหรับโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ มีขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 6.00 x 6.00 x 1.80 เมตร คลุมด้วยแผ่นพลาสติกโพลีคาร์บอเนตใส โครงสร้างถอดประกอบแยกเป็นชั้นได้ ผลการทดสอบอบพริกชี้หูสด 100 กิโลกรัม จากความชื้นเริ่มต้น 60% ให้ลดลงเหลือ ความชื้น 14% ด้วยการทดสอบ

3 แบบ คือ 1)ใช้เครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส พบว่า ใช้เวลา 16 ชั่วโมง ใช้แก๊สหุงต้ม 16 กิโลกรัม 2)ใช้โรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าใช้เวลา 4-5 วัน 3.ใช้ตู้อบลมร้อนแบบชั้นวาง อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง และต่อด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ 1- 2 วัน พบว่าสามารถประหยัดแก๊สหุงต้มได้ 50 % พริกแห้งสีสวย

ปรีดีเปรม ทศนกุล (2554) ได้รายงานเกี่ยวกับโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเตาเผาว่า เป็นการอบที่ใช้ระยะเวลาสั้นไม่เกิน 4 วันและอบย่างได้ในทุกสภาพอากาศ ในช่วงที่มีแดด แสงแดดจะส่องผ่านแผงรับความร้อนซึ่งมีทรายและหิน เป็นตัวกักเก็บความร้อน แล้วระบายความร้อนเข้าสู่ห้องอบ ความชื้นจากยางแผ่นที่อยู่ในห้องอบจะระบายออกทางปล่องระบายความชื้น นอกจากนี้ แสงแดดที่ส่องผ่านแผงรับความร้อนและตกกระทบบริเวณผนังของโรงอบที่ทำด้วยสังกะสีทาสีดำ ขณะเดียวกัน ลมที่พัดผ่านช่องระบายอากาศตรงส่วนฐานล่างของพื้นที่ลาดเตต่าจะช่วยให้ลมร้อนระบายเข้าสู่ห้องอบได้เร็วขึ้น ยางจึงแห้งเร็วขึ้น แต่ถ้าไม่มีแดดจะใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไม้ฟืนให้ความร้อนเพียงพอที่จะทำให้ยางแผ่นแห้งได้ แสดงให้เห็นว่าการอบแห้งที่มีการให้พลังงานความร้อนร่วมกับความร้อนจากแสงอาทิตย์ จะสามารถอบแห้งได้ในทุกสภาวะอากาศ

สิริชัย ส่งเสริมพงษ์ (2536) รายงานว่า ขั้นตอนการแปรรูปโกโก้(รูปที่ 6) เป็นการแปรรูปเมล็ดโกโก้เปียกเป็นเมล็ดโกโก้แห้ง ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร กรมวิชาการเกษตร ได้ศึกษาการแปรรูปขั้นต้น และได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้ให้แก่เกษตรกรแล้ว วิธีทำคือ แกะเมล็ดโกโก้ออกจากผล แล้วหมักเมล็ดโกโก้ในถังประมาณ 6 วัน เพื่อให้เมล็ดเปลี่ยนสี และมีกลิ่นที่ดี จากนั้นทำให้เมล็ดโกโก้แห้ง โดยใช้ตู้อบหรือตากแดด หลังจากเมล็ดโกโก้แห้งสนิทดีแล้วจะบรรจุใส่ถุงกระสอบที่บุด้วยถุงพลาสติกแล้วปิดปากให้แน่น



รูปที่ 6 กระบวนการผลิตโกโก้ผงและเนยโกโก้ของกองเกษตรวิศวกรรมโดยมีเมล็ดโกโก้แห้งเป็นวัตถุดิบ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับนำมาทดแทนการตากลานในกระบวนการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง เพื่อลดเวลาในการตากและแก้ปัญหาการเกิดเชื้อราจากสภาวะอากาศที่ไม่เหมาะสม

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับการอบเมล็ดโกโก้โดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน หลังจากอบแล้วจะนำเมล็ดโกโก้มาตากต่อในโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้ ลดเวลาในการตากและแก้ปัญหาการเกิดเชื้อราจากสภาวะอากาศที่ไม่เหมาะสม สำหรับนำมาทดแทนการตากลานในกระบวนการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง

ทฤษฎี สมมุติฐานและกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

กรอบแนวความคิด

แนวทางการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง มีหลักการทำงานในช่วงแรกจะใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีอบเมล็ดโกโก้ที่ผ่านการหมักแล้ว โดยตั้งเวลาด้วยชุดควบคุมให้ถึงอุณหภูมิเป็นช่วงๆ เพื่อให้เกิดการคลุกเคล้าเมล็ดโกโก้ที่ติดกันเนื่องจากยังความชื้นสูงให้แยกออกจากกัน และแห้งสม่ำเสมอ อุณหภูมิที่ใช้อบไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส จากนั้นจะนำมตากต่อในโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์สะสมความร้อนแบบสภาวะเรือนกระจก เพื่อประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงที่ใช้และสามารถลดต้นทุนการผลิต อุณหภูมิในโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์จะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 10 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้เวลาในการตากลดลงเมื่อเทียบกับการตากลานของเกษตรกร ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตใสเป็นหลังคาและผนังด้านข้าง สามารถระบายความชื้นได้ดี โดยความชื้นของเมล็ดโกโก้เริ่มต้น 60% เมื่อเมล็ดแห้งแล้วจะเหลือประมาณ 7%



รูปที่ 7 เครื่องอบแห้งแบบโรตารีและโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์

ระเบียบวิธีการวิจัย

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 100 กิโลกรัม
2. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลพิกัด 2 กิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. ตู้อบไฟฟ้า
4. สายวัดและไม้บรรทัด
5. เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์
6. นาฬิกาจับเวลา

ประเด็นวิจัย เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับนำมาทดแทนการตากลานในกระบวนการผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง เพื่อลดเวลาในการตากและแก้ปัญหาการเกิดเชื้อราจากสภาวะอากาศที่ไม่เหมาะสม

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาเริ่มต้น ตุลาคม 2559 – ระยะเวลาสิ้นสุด กันยายน 2561

สถานที่ดำเนินการ

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี ต.พลับพลา อ.เมือง จ.จันทบุรี

สหกรณ์การเกษตรแหลมสิงห์ จำกัด จ.จันทบุรี

วิธีดำเนินการ

1. เก็บข้อมูลรูปแบบวิธีการตากเมล็ดโกโก้
2. ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบโรตารีและโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง
3. ทดสอบเครื่องมือต้นแบบเบื้องต้นและปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง
4. ทดสอบและเก็บข้อมูลเครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้กับกลุ่มเกษตรกร การเก็บข้อมูลได้แก่ ระยะเวลาในการอบ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ระยะเวลาในการตากในโรงตาก เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดโกโก้ โดยเก็บข้อมูลดังนี้
 - 4.1 เก็บข้อมูลการใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีอย่างเดียว อบจนได้เมล็ดโกโก้แห้ง
 - 4.2 เก็บข้อมูลการใช้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว ตากจนได้เมล็ดโกโก้แห้ง
 - 4.3 เก็บข้อมูลการใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์อบและตากจนได้เมล็ดโกโก้แห้ง
5. ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพและปริมาณ การใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีอย่างเดียว, การใช้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์อย่างเดียว และการใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีผสมผสานโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์โดยเปรียบเทียบกับวิธีการตากลานของเกษตรกร และวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
6. จัดทำรายงานผลการวิจัยและเผยแพร่สู่กลุ่มเป้าหมาย

ผลการวิจัย

1. ได้ทำการสำรวจข้อมูลวิธีการผลิตเมล็ดโกโก้ของเกษตรกร จะมีการผ่าผลสดโกโก้เพื่อนำเมล็ดโกโก้มาทำการหมักประมาณหนึ่งอาทิตย์ก่อนจะนำมาตากแห้ง โดยใช้รถเข็นใส่เมล็ดโกโก้ นำออกมาตากแดด ถ้าแสงแดดดีสม่ำเสมอจะใช้เวลาดตากประมาณ 7 วัน หากมีฝนตกบ่อยจะใช้เวลาดตากประมาณ 10-14 วัน หรือถ้านานกว่านั้นจะเกิดเชื้อราทำให้เมล็ดโกโก้เสียหาย และต้องใช้แรงงานคนเข็นเข้าออกเพื่อหลบฝนซึ่งมีปัญหาขาดแคลนแรงงาน

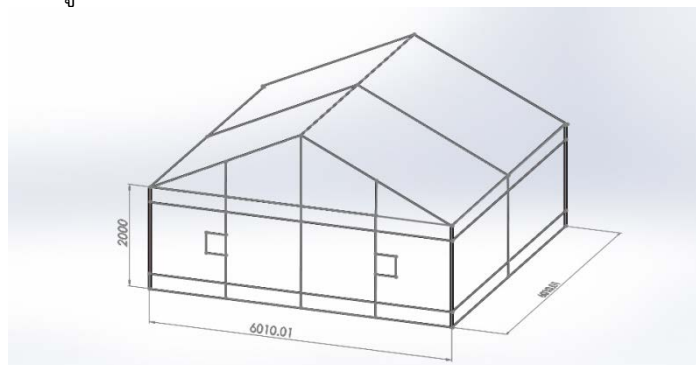


รูปที่ 8 สอบถามข้อมูลจากผู้ผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง ที่สหกรณ์การเกษตรแหลมสิงห์ จ.จันทบุรี



รูปที่ 8 การตากเมล็ดโกโก้ที่ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน

2.ออกแบบและสร้างโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์แบบของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ส่วนล่างเป็นห้องสี่เหลี่ยมขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 6x6x1.8 เมตร ส่วนบนเป็นหลังคาหน้าจั่วสูง 1.4 เมตร ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตใสเป็นวัสดุคลุม โครงสร้างใช้เหล็กกล่องขนาด 1x1 นิ้ว ออกแบบให้สามารถถอดประกอบได้ มีพื้นที่ในการตาก 24 ตารางเมตร (รูปที่ 11)



รูปที่ 9 แบบโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม





รูปที่ 10 การสร้างโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 11 โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์

3. ออกแบบเครื่องอบแห้งแบบโรตารี โดยมีเงื่อนไขการออกแบบ คือสามารถอบเมล็ดโกโก้ได้ครั้งละ 400 กิโลกรัม รองรับกับปริมาณการผลิตโกโก้ของกลุ่มเกษตรกร

คำนวณหาปริมาตรของถังอบ จากปริมาตรของเมล็ดโกโก้ขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร (รูปที่ 12)

จากค่ามวลต่อปริมาตรของเมล็ดโกโก้ที่ได้คือ 580 กิโลกรัม/ 1 ลูกบาศก์เมตร

ดังนั้น เมล็ดโกโก้ 400 กิโลกรัม มีปริมาตร = $400/580 = 0.69$ ลูกบาศก์เมตร

ต้องการพื้นที่การโรยตัว $1/3$ ของปริมาตรทั้งหมด

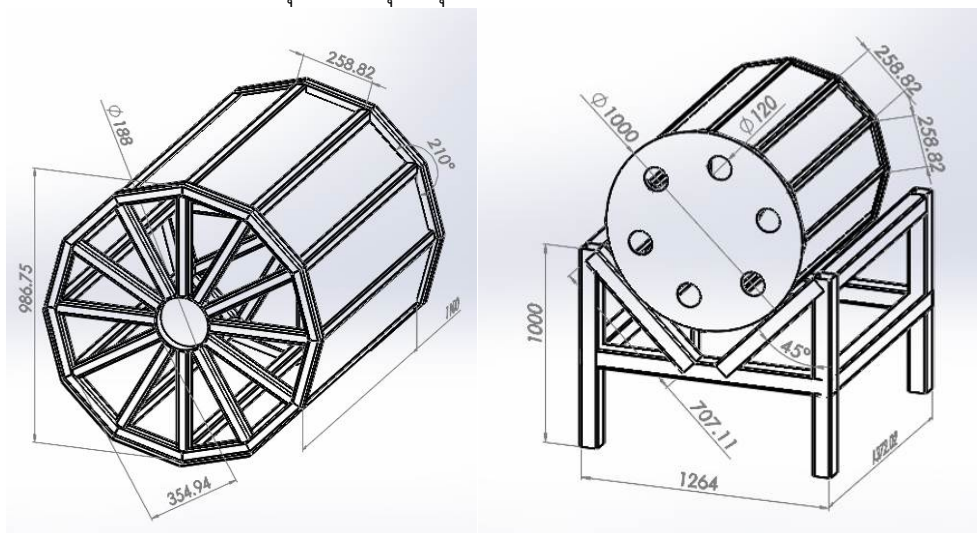
ปริมาตรของถังอบเมล็ดโกโก้ 400 กิโลกรัม = $0.69 \times (3/2) = 1.25$ ลูกบาศก์เมตร

ได้เส้นผ่านศูนย์กลางถังอบ 1.2 เมตร และ ความสูงของถัง 1.1 เมตร



รูปที่ 12 การหามวลต่อปริมาตรของเมล็ดโกโก้

เครื่องอบแห้งแบบโรตารี ได้ถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นถังอบทรงกระบอกกลีบสองเหลี่ยมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร ยาว 1.1 เมตร ปริมาตรของถังอบ 1.25 ลูกบาศก์เมตร(รูปที่ 13) สามารถบรรจุเมล็ดโกโก้ได้ 400 กิโลกรัม ใช้พลังงานความร้อนจากแก๊สหุงต้มเป็นพลังงานหลักในการอบ จุดไฟด้วยระบบไฟฟ้าเพื่อจุดแก๊ส ควบคุมการเปิดปิดแก๊สด้วยโซลินอยด์วาล์ว มีระบบป้องกันแก๊สรั่วสะสมในเครื่องเมื่อไฟดับ มีชุดควบคุมอุณหภูมิ สำหรับตั้งอุณหภูมิในการอบที่เหมาะสมกับเมล็ดโกโก้ นำพาความร้อนด้วยชุดพัดลมแบบหอยโข่งขนาดใบพัด 40 ซม. และมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลัง ช่วยกระจายความร้อนในถัง มีชุดควบคุมการหมุนของถังอบสามารถตั้งเวลาให้ถังอบหมุนและหยุดหมุนได้เพื่อให้เมล็ดโกโก้แยกออกจากกัน



รูปที่ 13 แบบเครื่องอบแห้งแบบโรตารี



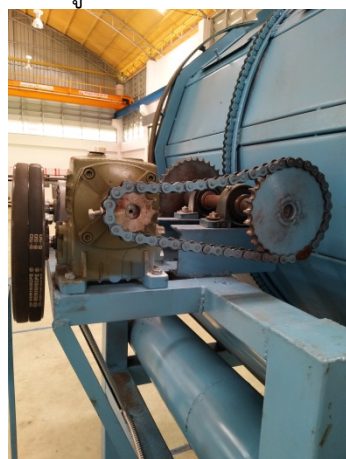
รูปที่ 14 การสร้างเครื่องอบแห้งแบบโรตารี



รูปที่ 15 ตัวสปาร์คไฟฟ้าเพื่อจุดแก๊ส



รูปที่ 16 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 17 ชุดขับเคลื่อนการหมุนถังอบ



รูปที่ 18 ตู้ควบคุมการทำงานของเครื่อง



รูปที่ 19 เครื่องอบแห้งแบบโรตารี

4. ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบ

4.1 ดำเนินการเก็บข้อมูลการตากเมล็ดโกโก้วิธีตากลานที่เกษตรกรใช้อยู่ในปัจจุบัน

ผลการเก็บข้อมูลการตากแห้งเมล็ดโกโก้ของเกษตรกรที่ใช้วิธีการตากลาน ด้วยการใช้ เมล็ดโกโก้ที่หมัก แล้วน้ำหนักเมล็ดโกโก้ก่อนตาก 240 กิโลกรัม ความชื้นก่อนตาก 52% ใช้เวลาดตากประมาณ 7 วัน วันที่มีแดดทั้ง ตลอดทั้งวัน ช่วงวันที่ 12 ม.ค. 60 อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 36% หลังตากพบว่า น้ำหนักเมล็ดโกโก้ลดลงเหลือ 126 กิโลกรัม ความชื้นหลังตาก 7% ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 2

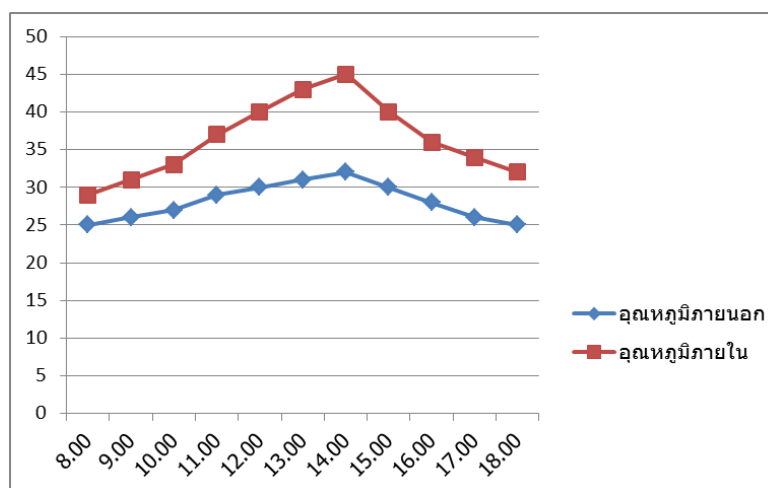
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบตากเมล็ดโกโก้ด้วยการตากลานของเกษตรกร

หัวข้อ	โกโก้
น้ำหนักเมล็ดโกโก้ก่อนตาก (กิโลกรัม)	240
ความชื้นก่อนตาก (เปอร์เซ็นต์)	52
น้ำหนักเมล็ดโกโก้หลังตาก (กิโลกรัม)	126
ความชื้นหลังตาก (เปอร์เซ็นต์)	7
ระยะเวลาในการตาก (วัน)	7

4.2 ผลการทดสอบตากเมล็ดโกโก้ด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ โตะตากมีขนาด 1.6x2.5 เมตร จำนวนทั้งหมด 6 ตัว พื้นที่ในการตาก 4 ตารางเมตร/ตัว ตากได้ประมาณ 40 กิโลกรัม/ตัว โตะหนึ่งตัวสามารถมีพื้นที่ในการตากทั้งหมด 24 ตารางเมตร สามารถตากเมล็ดโกโก้ได้ครั้งละประมาณ 240 กิโลกรัม ทำการทดสอบโดยใช้เมล็ดโกโก้ที่หมักแล้วน้ำหนักเมล็ดโกโก้ก่อนตาก 120 กิโลกรัม (เนื่องจากผลผลิตโกโก้มีปริมาณไม่เพียงพอจึงได้ไม่เต็มความจุโรงตาก) ความชื้นเริ่มต้น 51.4% ใช้เวลาตากประมาณ 4-5 วัน โดย ทำการทดสอบในวันที่ 31 สิงหาคม 2561 (เป็นวันที่มีแดดทั้งตลอดทั้งวัน) สภาพของอากาศในวันที่ทำการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 21 จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิในโรงตากเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกโรงตากมากกว่า 10 องศาเซลเซียส และในช่วงที่อุณหภูมิสูงสุด คือ ช่วงเวลา 14.00 น. ของวัน ที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิมากถึง 15 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่า โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้น สามารถช่วยลดระยะเวลาในการตากได้ 30-40 % เมื่อเปรียบเทียบกับการตากแบบดั้งเดิมของเกษตรกรที่ใช้การตากในลาน ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 3



รูปที่ 20 การตากเมล็ดโกโก้ในโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 21 อุณหภูมิกายนอกและภายในโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ เวลา 8.00-18.00 น.
(วันที่ 31 สิงหาคม 2561 วันที่มีแดดทั้งตลอดทั้งวัน)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบตากเมล็ดโกโก้ด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์

หัวข้อ	โกโก้
น้ำหนักเมล็ดโกโก้ก่อนตาก (กิโลกรัม)	120
ความชื้นก่อนตาก (เปอร์เซ็นต์)	51.4
น้ำหนักเมล็ดโกโก้หลังตาก (กิโลกรัม)	62
ความชื้นหลังตาก (เปอร์เซ็นต์)	7
ระยะเวลาในการตาก (วัน)	4-5

4.3 การทดสอบอบเมล็ดโกโก้ด้วยเครื่องต้นแบบเพื่อหาสภาวะการอบโกโก้ที่เหมาะสม (รูปที่ 22, 23) โดยทดสอบที่อุณหภูมิในการอบ 3 อุณหภูมิ คือ 70 , 65 , 60 องศาเซลเซียส และกำหนดระยะเวลาในการอบ 3 ระดับ คือ มากกว่า, เท่ากับ และน้อยกว่า 20 ชั่วโมง ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 3 จากผลการทดสอบพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบโกโก้ คือ 65 องศาเซลเซียส เนื่องจาก อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เปลือกของเมล็ดโกโก้แห้งและเริ่มร่อนหากนำไปอบในเครื่องอบแห้งโรตารีที่ถึงอบมีการหมุนจะทำให้เปลือกเมล็ดโกโก้หลุดร่อนออกจากเมล็ดส่งผลเสียต่อคุณภาพเมล็ดโกโก้ได้ ส่วนอุณหภูมิ 65 , 60 องศาเซลเซียส เปลือกไม่แห้งจนหลุดร่อน ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เมล็ดโกโก้จะแห้งเร็วกว่าจึงเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ จึงได้ทดสอบอบเมล็ดโกโก้ด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ใช้เวลาอบ 20 ชม ด้วยตัวอย่างเมล็ดโกโก้ก่อนอบ 323 กิโลกรัม ความชื้นก่อนอบ 51.4% พบว่า อัตราการใช้แก๊ส 1.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง น้ำหนักเมล็ดโกโก้หลังอบ 161 กิโลกรัม ความชื้นหลังอบ 7% ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 4 และแนวโน้มการลดลงของความชื้น แสดงดังรูปที่ 24

ตารางที่ 4 การทดสอบเพื่อเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบเมล็ดโกโก้ด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

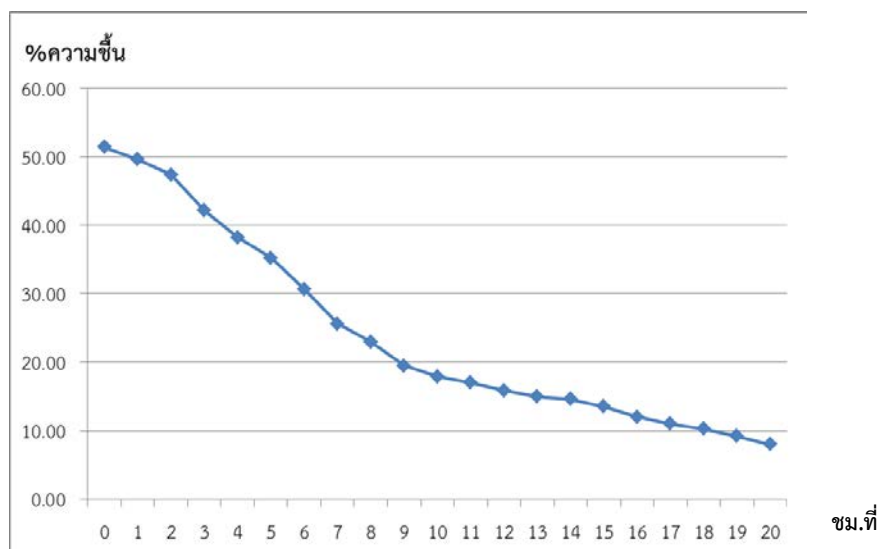
อุณหภูมิที่ใช้ในการอบทดสอบ (องศาเซลเซียส)	ลักษณะเปลือกเมล็ดโกโก้	ระยะเวลาในการอบ
70	เปลือกของเมล็ดโกโก้แห้งและเริ่มร้อน	< 20 ชม.
65	เปลือกของเมล็ดโกโก้ไม่แห้งจนร้อน	20 ชม.
60	เปลือกของเมล็ดโกโก้ไม่แห้งจนร้อน	> 20 ชม.



รูปที่ 22 เมล็ดโกโก้ก่อนและหลังการหมัก



รูปที่ 23 การทดสอบเครื่องอบแห้งแบบโรตารี



รูปที่ 24 เปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดโกโก้และระยะเวลาในการอบด้วยเครื่องอบโรตารี

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

หัวข้อ	โกโก้
น้ำหนักเมล็ดโกโก้ก่อนอบ (กิโลกรัม)	323
ความชื้นก่อนอบ (เปอร์เซ็นต์)	51.4
น้ำหนักเมล็ดโกโก้หลังอบ (กิโลกรัม)	161
ความชื้นหลังอบ (เปอร์เซ็นต์)	7
ระยะเวลาในการอบ (ชั่วโมง)	20
แก๊สหุงต้มที่ใช้ (กิโลกรัม)	22

4.4 ทดสอบอบเมล็ดโกโก้แบบพลังงานร่วม โดยช่วงระยะเวลา 10 ชั่วโมงแรก อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นใช้การตากด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ การทดสอบใช้ตัวอย่างเมล็ดโกโก้ก่อนอบ 320 กิโลกรัม ความชื้นเริ่มต้น 51.4% พบว่า หลังจากอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีแบบต่อเนื่อง 10 ชั่วโมง ความชื้นลดลงเหลือประมาณ 20% มีอัตราการ 1.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากนั้นจึงนำไปตากที่โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระยะเวลา 2 วัน พบว่า น้ำหนักเมล็ดโกโก้หลังผ่านขั้นตอนการอบแบบใช้พลังงานร่วมเป็น 158 กิโลกรัม ความชื้นหลังตาก 7% ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบอบด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีแล้วตากที่โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์

หัวข้อ	โกโก้
น้ำหนักเมล็ดโกโก้ก่อนอบ (กิโลกรัม)	320
ความชื้นก่อนอบ (เปอร์เซ็นต์)	54
น้ำหนักเมล็ดโกโก้หลังอบ (กิโลกรัม)	158
ความชื้นหลังตาก (เปอร์เซ็นต์)	7
ระยะเวลาในอบ (ชม.) + การตาก (วัน)	10 ชม + 2 วัน

การเผยแพร่งานวิจัย

1. ร่วมสาธิตในการจัดฝึกอบรมเกษตรกร โครงการไทยนิยมยั่งยืน ระหว่าง วันที่ 8-10 สิงหาคม 2561

2. ร่วมจัดงานนิทรรศการพืชสวนก้าวหน้า Hortex 2018 ครั้งที่ 15 ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี จ.จันทบุรี ระหว่างวันที่ 14-16 ธันวาคม พ.ศ.2561



รูปที่ 25 โปสเตอร์ประชาสัมพันธ์งานพืชสวนก้าวหน้าครั้งที่ 15



รูปที่ 26 สาธิตการทำงานของเครื่องอบแห้งแบบโรตารีสำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ได้เครื่องอบแห้งแบบโรตารี ถังอบทรงกระบอกสลิปสองเหลี่ยมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร ยาว 1.1 เมตร ปริมาตรของถังอบ 1.25 ลูกบาศก์เมตร ถังอบสามารถหมุนได้เพื่อให้เมล็ดโกโก้แยกออกจากกันและแห้งอย่างสม่ำเสมอ ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานความร้อน จุดไฟด้วยตัวสปาร์คไฟฟ้า โดยมีอุปกรณ์โซลินอยด์วาล์วทำหน้าที่เปิด-ปิดแก๊ส เพื่อควบคุมอุณหภูมิในการอบตามที่ตั้งค่าไว้ที่อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ ระบบหมุนเวียนลมกลับเพื่อประหยัดเชื้อเพลิงเมื่อเมล็ดโกโก้ใกล้แห้ง และได้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 6 x 6 x 1.8 เมตร โครงสร้างแบบถอดประกอบได้ ส่วนบนเป็นหลังคาหน้าจั่วสูง 1.4 เมตร ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตใสเป็นวัสดุคลุม โครงสร้างแบบถอดประกอบได้ มีพื้นที่ในการตาก 24 ตารางเมตร ผลการทดสอบอบเมล็ดโกโก้ จากความชื้นเริ่มต้น 51% ให้ลดลงเหลือความชื้น 7% ด้วยการทดสอบ 3 แบบ คือ 1. ใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีอย่างเดียว ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส พบว่าใช้เวลา 20 ชั่วโมง ใช้แก๊สหุงต้ม 22 กิโลกรัม 2.โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าใช้เวลา 4-5 วัน 3. อบด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง แล้วตากที่โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์อีก 1-2 วัน พบว่าสามารถประหยัดแก๊สได้ 50%

สำหรับการตากแห้งเมล็ดโกโก้ของเกษตรกรที่ใช้วิธีการตาก ใช้เวลาตากประมาณ 7 วัน ซึ่งการใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีและโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วงลดระยะเวลาการตาก โดยไม่ต้องคอยเก็บเมล็ดโกโก้เข้าที่รมเมื่อมีฝนตก ถ้าอยู่ในช่วงฤดูฝนที่ไม่ค่อยมีแดดการใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีจะช่วยให้สามารถผลิตเมล็ดโกโก้แห้งได้ไม่เกิดความเสียหายจากเชื้อรา และถ้าช่วงที่มีแดดดีการใช้โรงตากพลังงานแสงอาทิตย์จะช่วงลดระยะเวลาการตากได้

บรรณานุกรม

นิรนาม.2558. กว่าจะมาเป็นโกโก้ :

http://www.refreshertai.com/article/Cocoa_Processing.php. สืบค้น 17 เมษายน 2558.

นิรนาม.2558. ขั้นตอนการแปรรูปเมล็ดโกโก้ :

<https://sites.google.com/site/chxkkolaet414428/6u-6/thuphaakph>. สืบค้น 17 เมษายน 2558.

สิริชัย ส่งเสริมพงษ์.2536.เครื่องมือแปรรูปเมล็ดโกโก้.เครื่องจักรกลเกษตร 2536.กองเกษตรวิศวกรรม.

กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ : หน้า93-96

เวียง อากรชี .2556.เครื่องอบกาแฟ. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.:

doa.go.th/aeri/files/KM/kmcoffee2.pdf. สืบค้น 4 พฤษภาคม 2558

เวียง อากรชี .2556.ศึกษาการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบชั้นวางร่วมกับโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการทำพริกแห้ง. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร. :

http://kukr.lib.ku.ac.th/ku_frontend/BKN/search_detail/result/13456.

สืบค้น 4 พฤษภาคม 2558

ปรีดีเปรม ทศนกุล .2554. ศูนย์วิจัยยางสงขลา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.:

<http://it.doa.go.th/rrit/web/download.php?idload=2026&PHPSESSID=9fe27aae75dd562ea9699d4bbcc2677>. สืบค้น 4 พฤษภาคม 2558

ภาคผนวก

ภาคผนวก การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารีและโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตเมล็ดโกโก้แห้ง

1. การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

กำหนดให้

-	ราคาเครื่องอบแห้งแบบโรตารี	250,000	บาท
-	อายุการใช้งาน	10	ปี
-	มูลค่าซาก 1% ของราคาเครื่อง	2,500	บาท
-	ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง	1,000	บาท/ปี
-	อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	8	เปอร์เซ็นต์/ปี
-	ค่าแก๊สหุงต้ม	24	บาท/กิโลกรัม
-	ค่าจ้างแรงงาน	300	บาท/วัน
-	ค่าไฟฟ้า	3	บาท/หน่วย

ต้นทุนคงที่

- ค่าเสื่อมราคาเครื่อง

สมการค่าเสื่อมราคาเครื่องแบบเส้นตรง $(P-L)/N$

โดย

P = ราคาซื้อเครื่องจักร, บาท

L = ราคาซากเครื่องจักร, บาท

N = อายุการใช้งาน, ปี

ค่าเสื่อมราคาของเครื่องอบแห้งแบบโรตารี = $(250,000-2,500)/10$ บาท/ปี

= 24,750 บาท/ปี

- ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

$$\text{สมการค่าดอกเบี้ย} \quad [(P+L)/2] \times (i/100)$$

โดย $i =$ อัตราดอกเบี้ย/ปี, เปอร์เซ็นต์

$$\text{ค่าดอกเบี้ยลงทุนเครื่องอบแห้งแบบโรตารี} = [(250,000+2,500)/2] \times (8/100) \text{ บาท/ปี}$$

$$= 10,100 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม} = \text{ค่าเสื่อมราคาเครื่อง} + \text{ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน}$$

$$= 24,750 + 10,100 \quad \text{บาท/ปี}$$

$$= 34,850 \text{ บาท/ปี}$$

ต้นทุนผันแปร

- ค่าวัตถุดิบผลโกโก้สด 2,000 กิโลกรัม/วัน อบแห้ง 24 ครั้ง/ปี

ผลโกโก้สด 10 บาท/กิโลกรัม

$$\text{ดังนั้นต้นทุนค่าวัตถุดิบต่อปี} = 10 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 2,000 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 24 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$= 480,000 \quad \text{บาท/ปี}$$

- ค่าแรงงานในการแกะเมล็ดโกโก้ออกจากผล

$$\text{ค่าแรงงาน} \quad 300 \text{ บาท/วัน/คน}$$

ใช้แรงงานทั้งหมด 4 คน ดังนั้นต้นทุนค่าแรงงานในการแกะเมล็ดโกโก้ออกจากผล ใช้เวลา 2 วัน

$$= 300 \times 4 \times 24 \times 2 \text{ บาท/วัน}$$

$$= 57,600 \quad \text{บาท/ปี}$$

- ค่าแรงงานในตากเมล็ดโกโก้ออกจากผล

ใช้แรงงานทั้งหมด 1 คน ดังนั้นต้นทุนค่าแรงงานในการตากเมล็ดโกโก้ ใช้เวลา 7 วัน

$$= 300 \times 1 \times 24 \times 7 \text{ บาท/วัน}$$

$$= 50,400 \quad \text{บาท/ปี}$$

- ค่าไฟฟ้า

$$\begin{aligned} \text{จากความสัมพันธ์} \quad P &= I \times V \\ \text{โดย} \quad P &= \text{กำลังไฟฟ้า, วัตต์} \\ I &= \text{กระแสไฟฟ้า, แอมแปร์} \\ V &= \text{ความต่างศักย์ไฟฟ้า, โวลต์} \end{aligned}$$

เครื่องอบแห้งแบบโรตารี ใช้มอเตอร์ 1 แรงม้า 220 โวลต์ ในการหมุนถังอบ ทำงาน 10 ชั่วโมง/วัน ใช้พลังงานไฟฟ้า 3.8 แอมแปร์

ดังนั้นใช้พลังงานไฟฟ้า

$$\begin{aligned} P &= 3.8 \times 220 \text{ วัตต์} \\ &= 0.84 \text{ กิโลวัตต์} \\ \text{ทำงานวันละ} \quad 10 \text{ ชั่วโมง} &= 0.84 \times 10 \text{ กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน} \\ &= 8.4 \text{ กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน} \\ &= 8.4 \text{ หน่วย/วัน} \end{aligned}$$

เครื่องอบแห้งแบบโรตารี ใช้มอเตอร์ 2 แรงม้า 220 โวลต์ ในการขับพัดลม ทำงาน 20 ชั่วโมง/วัน

ใช้พลังงานไฟฟ้า 13.8 แอมแปร์

ดังนั้น ใช้พลังงานไฟฟ้า

$$\begin{aligned} P &= 13.8 \times 220 \text{ วัตต์} \\ &= 3.04 \text{ กิโลวัตต์} \\ \text{ทำงานวันละ} \quad 20 \text{ ชั่วโมง} &= 3.04 \times 20 \text{ กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน} \\ &= 60.8 \text{ กิโลวัตต์} \times \text{ชั่วโมง/วัน} \\ &= 68.40 \text{ หน่วย/วัน} \end{aligned}$$

รวมเครื่องอบแห้งแบบโรตารี ใช้พลังงานไฟฟ้า

$$= 8.4+60.8 \quad \text{หน่วย/วัน}$$

$$= 69.2 \quad \text{หน่วย/วัน}$$

คิดค่าไฟฟ้า หน่วยละ 3 บาท

$$\text{ดังนั้น ต้นทุนค่าไฟฟ้า} = 69.2 \text{ หน่วย/วัน} \times 3 \text{ บาท/หน่วย} \times 48 \text{ วัน/ปี}$$

$$= 9,964.8 \text{ บาท/ปี}$$

- ค่าแก๊สหุงต้ม

เครื่องอบแห้งแบบโรตารี ใช้แก๊สหุงต้ม 0.2 กิโลกรัม/กิโลกรัมโกโก้อบแห้ง

เครื่องสามารถผลิตโกโก้อบแห้งได้ 126 กิโลกรัม/วัน

ค่าแก๊สหุงต้ม 24 บาท/กิโลกรัม

ดังนั้นต้นทุนค่าแก๊สหุงต้ม

$$= 0.2 \text{ กิโลกรัม/กิโลกรัมโกโก้อบแห้ง} \times 24 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 126 \text{ กิโลกรัม/วัน} \times 48 \text{ วัน/ปี}$$

$$= 29,030.4 \text{ บาท/ปี}$$

- ค่าซ่อมบำรุง

$$\text{คิดคงที่} = 1,000 \text{ บาท/ปี} \quad \text{ตลอดอายุการใช้งาน}$$

ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม

$$= 48,000+57,600+50,400+9,964.8+29,030.4+1,000 \text{ บาท/ปี}$$

$$= 627,995.2 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ดังนั้นต้นทุนรวมทั้งหมด} = 627,995.2 + 34,850 \text{ บาท/ปี}$$

$$= 662,845.2 \text{ บาท/ปี}$$

ระยะเวลา 1 ปี เครื่องอบแห้งแบบโรตารี สามารถทำงานได้

$$= 126 \text{ กิโลกรัมโกโก้อบแห้ง/วัน} \times 48 \text{ วัน/ปี}$$

$$= 6,048 \text{ กิโลกรัมโกโก้อบแห้ง/ปี}$$

ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

$$= (662,845.2 \text{ บาท/ปี}) / (6,048 \text{ กิโลกรัมโกโก้แห้ง/ปี})$$

$$= 109.5 \text{ บาท/กิโลกรัมโกโก้แห้ง}$$

2. การคำนวณจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารี

- ราคาขายผลิตภัณฑ์โกโก้แห้ง 140 บาท/กิโลกรัม

- เครื่องอบแห้งแบบโรตารีสามารถผลิตโกโก้แห้ง ได้ 6,048 กิโลกรัม/ปี

$$\text{ดังนั้น เกษตรกรมีรายได้} = 140 \text{ บาทต่อกิโลกรัม} \times 6,048 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

$$= 846,720 \text{ บาท/ปี}$$

เกษตรกรมีกำไรจากการอบแห้งโกโก้ด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

$$= 846,720 - 662,845.2 \text{ บาท/ปี}$$

$$= 183,874.8 \text{ บาท/ปี}$$

- หากจุดคุ้มทุนจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารี รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย

ดังนั้นได้ว่า $140 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times N \text{ กิโลกรัม/ปี}$

$$= 109.5 \text{ บาท/กิโลกรัม} \times 6,048 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

$N =$ ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน ,กิโลกรัม/ปี

$$= (109.5 \times 6,048) / 140 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

$$= 4,730.4 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องอบแห้งแบบโรตารี

$$= 4,730 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

3. การคำนวณระยะเวลาคืนทุนของเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

ระยะเวลาคืนทุนหาได้จากความสัมพันธ์, ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม

$$= (250,000 \text{ บาท}) / (183,874.8 \text{ บาท/ปี})$$

ดังนั้นระยะเวลาคืนทุนเครื่องอบแห้งแบบโรตารี = 2 ปี

4. การคำนวณอัตราผลตอบแทนเงินลงทุนของเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนหาได้จากความสัมพันธ์,

$$\begin{aligned}\text{อัตราผลตอบแทนเงินลงทุน} &= (\text{มูลค่าเพิ่ม/ราคาเครื่อง}) \times 100 \text{ เปอร์เซ็นต์} \\ &= ((183,874.8 \text{ บาท/ปี})/250,000 \text{ บาท}) \times 100 \text{ เปอร์เซ็นต์}\end{aligned}$$

ดังนั้น อัตราผลตอบแทนเงินลงทุนของเครื่องอบแห้งแบบโรตารี

$$= 73.54 \text{ เปอร์เซ็นต์/ปี}$$