รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ

Research and Development Arabica coffee parchment solar-dryer greenhouse for farmers by humidity and temperature controlled

นายพงษ์รวี นามวงศ์
Mr. Pongrawee Namwong

ปี พ.ศ. 2564

กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ

Research and Development Arabica coffee parchment solar-dryer greenhouse for farmers by humidity and temperature controlled

นายพงษ์รวี นามวงศ์
Mr. Pongrawee Namwong

ปี พ.ศ. 2564

กรมวิชาการเกษตร

คำปรารภ

โครงการวิจัยเรื่อง “วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ” คณะผู้จัดทำผลงานวิจัยเริ่มดำเนินการตั้งแต่ ตุลาคม 2562 ถึง กันยายน 2564 เป็นเวลา 2 ปี วัตถุประสงค์ของโครงการ เพื่อวิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร เพื่อลดแรงงานและต้นทุนในการผลิตกาแฟอะราบิกา รวมถึงการยกระดับคุณภาพหลังการแปรรูปกาแฟและจำหน่ายได้ในราคาที่สูงขึ้น ตลอดจนพัฒนาคุณภาพแปรรูปกาแฟโดยรวมของประเทศ

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร และผู้สนใจที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป และเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	5
ผู้วิจัย	6
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	7
บทนำ.....	8
บทคัดย่อ.....	10
1. วิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ.	12
บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	19
บรรณานุกรม.....	20
ภาคผนวก	21

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยหลวงเกษตรเชียงใหม่ และทีมงานเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ส่วนแยกขุนวาง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบต้นแบบงอบแห้งฯ รวมทั้งเก็บข้อมูลในการทดสอบ ขอขอบเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่และกลุ่มวิจับวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว ที่ช่วยในการสร้างต้นแบบโรงอบแห้งฯ รวมทั้งทำการเก็บข้อมูลการทดสอบจนแล้วเสร็จ นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมที่ปรึกษาด้านวิชาการทั้งของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมและสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ที่ช่วยให้คำแนะนำปรึกษาการออกแบบพัฒนาเครื่องมือและปรับปรุงโรงอบแห้งต้นแบบ จนได้โรงอบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเกษตรกร แบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิภายในอัตโนมัติ

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

พงษ์รวี นามวงศ์	ปรีชา อานันท์รัตนกุล	มานพ รักญาติ
Pongrawee Namwong	Preecha Anantatanakul	Manop Rakyart
สนอง อมฤกษ์	ปริญญวัฒน์ อยู่ทองอินทร์	สรวิศ จันทร์เจนจบ
Sanong Amaroek	Parinyawat Yoothongin	Sorawit Junjenjob
นิติ ผูกจิต	ฉัตรนภา ข่มอาวุธ	
Niti Pookjit	Chatnapa Komarvut	

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

wb = wet basis

% = เปอร์เซนต์

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

กาแฟจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในโลกมีอยู่ 70 ชนิด ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในบริเวณแถบรอยต่อประเทศเอธิโอเปีย อบีสซิเนีย และ อาราเบีย ทวีปแอฟริกาเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิระหว่าง 17-22 องศาเซลเซียส จัดเป็นพืชกึ่งเมืองหนาว ถ้าปลูกในเขตร้อนต้องปลูกบนพื้นที่สูง ส่วนใหญ่ที่ปลูกแพร่หลาย มี 4 กลุ่มได้แก่ กาแฟสายพันธุ์อะราบิกา กาแฟพันธ์โรบัสตา กาแฟ พันธุ์เอ็กเซลซ่า และกาแฟพันธุ์ลิเบอริกา โดยเฉพาะอย่างยิ่งนั้นกาแฟอะราบิก้า (Arabica coffee) ในอดีตใช้เป็น พืชที่ปลูกทดแทนพืชเสพติด เช่น ฝิ่น เพราะเหมาะสมที่ปลูกในภาคเหนือของประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่พื้นที่ความสูง 700 เมตร จากระดับน้ำทะเล และนอกจากนั้นเนื่องด้วยมีสภาพภูมิอากาศเอื้ออำนวยต่อการออกดอกและติดผล ถึงแม้มีข้อจำกัดเนื่องจากเป็นพืชที่ไม่เหมาะที่ปลูกในสภาพกลางแจ้ง และไม่ทนต่อสภาวะอากาศแห้งแล้ง แต่เหมาะสมที่จะปลูกในสภาพร่มเงาหรือบริเวณที่ มีแสงแดดลอดผ่านได้อย่างน้อย 50 เปอร์เซ็นต์ หรือปลูกเป็นพืชแซมกับไม้ยืนต้น ไม้ป่าธรรมชาติ ผู้ปลูกไม่จำเป็นต้องโค่นถางป่าช่วยลดการบุกรุกทำลายป่าไม้ อีกทั้งเป็นระบบที่รักษาสภาพแวดล้อมหรือปลูกแบบเชิงอนุรักษ์ธรรมชาติตามระบบวนเกษตร เพราะองค์ประกอบสำคัญคือ ป่า น้ำ พื้นที่ปลูกพืช ตลอดจน ผลผลิตจากป่า รวมถึงประโยชน์ที่ได้รับของเกษตร ป่าไม้ทั้งทางตรง และทางอ้อม

การปลูกกาแฟอาราบิกาเริ่มขึ้นในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนโดยโครงการหลวงพัฒนาชาวเขา (มูลนิธิโครงการหลวง) ภายใต้ความช่วยเหลือของกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA) ตั้งแต่ พ.ศ. 2517 ซึ่งได้มอบหมายให้กรมวิชาการเกษตรทำการวิจัยและพัฒนาการปลูกกาแฟอาราบิก้าบนพื้นที่สูง เพื่อ ทดแทนการปลูกฝิ่นของชาวไทยภูเขาในภาคเหนือ หลังจากนั้นได้กระจายพันธุ์ไปตามแหล่งปลูกต่าง ๆ บน พื้นที่สูงทางภาคเหนือ เช่น มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง ดอยช้าง ดอยวาวี จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ตาก น่าน และเพชรบูรณ์ ตามลำดับ

กาแฟจึงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทยที่ทำรายได้ให้ประเทศปีละประมาณ 30,000 ล้านบาท โดยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ปี 2556-2560) ตลาดมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการใช้เมล็ดกาแฟของโรงงานแปรรูปกาแฟในประเทศไทยเพิ่มขึ้นจาก 70,000 ตัน ในปี 2556 เป็น 95,000 ตัน ในปี 2560 ขณะที่สามารถผลิตในประเทศได้เพียง 23,000 ตันเท่านั้น เนื่องจากผลผลิตกาแฟในประเทศกลับลดลงอย่างต่อเนื่อง จากราคาที่ตกต่ำเป็นเวลานาน ทำให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นแทน เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และไม้ผล จึงทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้มีการนำเข้าจากต่างประเทศเพิ่มขึ้นด้วย

กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว นับเป็นจุดสำคัญหนึ่งในการผลิตผลิตภัณฑ์กาแฟ ซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าได้ ดังนั้นความจำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัย เพื่อหาวิธีการผลิตที่ได้ผลดีที่สุด ที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิต เผยแพร่ข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตที่สามารถประยุกต์ให้เหมาะสมกับชุมชนผู้ประกอบการขนาดย่อม สำหรับการแปรรูปกาแฟอะราบิกา มีกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว วิธีการปฏิบัติ การแปรรูปแตกต่างกัน ทำให้ผลผลิตที่ได้มีความแตกต่างกัน ส่งผลถึงรสชาติของกาแฟคุณภาพที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดปัญหาทางการตลาด และเป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดราคา

ปัจจุบันการตากแห้งกาแฟกะลา เกษตรกรยังไม่มีเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม ยังต้องใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นหลัก และต้องตากบนพื้นดินหรือพื้นคอนกรีต ทำให้กาแฟบางส่วนไม่ได้คุณภาพและต้องใช้เวลาในการตากให้แห้งนาน ใช้พื้นที่ในการตากมาก ซึ่งล้วนเป็นปัญหาต่อการ

กรมวิชาการเกษตร

ผลิตกาแฟของเกษตรกรในพื้นที่ทางภาคเหนือ จากการเก็บข้อมูลโรงอบแสงอาทิตย์ของกระทรวงพลังงาน (แบบ พพ.1) มาทดสอบอบแห้งกาแฟกะลา พบว่า อุณหภูมิในห้องอบแห้งนั้นสูงถึง 62 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกาแฟกะลาขณะอบแห้งสูงถึง 72 องศาเซลเซียส ทำให้กาแฟกะลาเสียหาย เช่นการคดงอ แห้งเกินไป ซึ่งส่งผลทำให้กาแฟกะลามีคุณภาพต่ำ

เป้าหมายหลักของเทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับกาแฟกะลาคือคือการสร้างมาตรฐานสินค้าที่สะอาด ปลอดภัย เป็นจุดเด่นด้านนวัตกรรมและอนุรักษ์พลังงาน เพื่อสร้างคุณค่าในระยะยาวและลดระยะเวลาการผลิตลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำงานวิจัยโรงอบแห้งเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งและได้กาแฟกะลาที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อวิจัยและพัฒนาโรงอบแห้งกาแฟกะลาพันธุ์อะราบิกา โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ สามารถผลิตกาแฟที่มีคุณภาพ และเหมาะสมกับระดับเกษตรกร ทดแทนการใช้แคร่ตากและลานตาก ใช้เวลาการทำแห้งกะลากาแฟน้อยลงกว่าเดิม ไม่น้อยกว่า 2 เท่า

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การวิจัยการลดความชื้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยโรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สั่งงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็น ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สุ่มกะลากาแฟสดครั้งละ 2.5 กิโลกรัม มาลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน กะลากาแฟมีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้งมีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า

Abstract

Arabica coffee parchment drying study was conducted using solar energy equipped in a 4 x 6 m2 curved-roof drying house. The automated drying system controlled the maximum temperature of 45 ºC, 75% relative humidity. Two 30-watt fans were used, providing flow rate of 700 m3/hr for removing heat and moisture from the drying house. There were 8 drying racks inside the unit, holding at least 1.5 ton of coffee parchment. In this present study, the test was conducted during January to March. In the meantime, 2.5 kg of coffee sample were taken out in order to quantify the moisture content. The study found that coffee parchment had initial moisture content of 55%. Maximum and minimum temperature in the drying house was 39.4 and 6.1 ºC, respectively. Average temperature and relative humidity were 18.73 ºC and 57.27%, respectively. The drying process took about 7 to 10 days, making moisture content in coffee parchment declined to 12.0%. The drying rate was 0.2665%/hr. At last, coffee samples obtained from solar energy drying house showed no physical damage, i.e., breaking and bending, compared with ones from conventional drying process which took much longer time (3 times).

กรมวิชาการเกษตร

วิจัยและพัฒนาเครื่องล้างทำความสะอาดผลกาแฟอะราบิกาสำหรับเกษตรกร

Research and Development of Arabica Coffee Cherry Washer Machine for Farmer

พงษ์รวี นามวงศ์ Pongrawee Namwong

ปรีชา อานันท์รัตนกุล Preecha Anantatanakul

มานพ รักญาติ Manop Rakyart

สนอง อมฤกษ์ Sanong Amaroek

ปริญญวัฒน์ อยู่ทองอินทร์ Parinyawat Yoothongin

สรวิศ จันทร์เจนจบ Sorawit Junjenjob

นิติ ผูกจิต Niti Pookjit

ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ Chatnapa Komarwut

คำสำคัญ : อบแห้ง, กาแฟอะราบิกา พลังงานแสงอาทิตย์

Key words : Drying, Arabica Coffee, Solar

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การวิจัยการลดความชื้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยโรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สั่งงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็น ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สุ่มกะลากาแฟสดครั้งละ 2.5 กิโลกรัม มาลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน กะลากาแฟมีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้งมีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า

Abstracts

Arabica coffee parchment drying study was conducted using solar energy equipped in a 4 x 6 m2 curved-roof drying house. The automated drying system controlled the maximum temperature of 45 ºC, 75% relative humidity. Two 30-watt fans were used, providing flow rate of 700 m3/hr for removing heat and moisture from the drying house. There were 8 drying racks inside the unit, holding at least 1.5 ton of coffee parchment. In this present study, the test was conducted during January to March. In the meantime, 2.5 kg of coffee sample were taken out in

order to quantify the moisture content. The study found that coffee parchment had initial moisture content of 55%. Maximum and minimum temperature in the drying house was 39.4 and 6.1 ºC, respectively. Average temperature and relative humidity were 18.73 ºC and 57.27%, respectively. The drying process took about 7 to 10 days, making moisture content in coffee parchment declined to 12.0%. The drying rate was 0.2665%/hr. At last, coffee samples obtained from solar energy drying house showed no physical damage, i.e., breaking and bending, compared with ones from conventional drying process which took much longer time (3 times).

บทนำ

กาแฟจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในโลกมีอยู่ 70 ชนิด ถิ่นกำเนิดดั้งเดิมอยู่ในบริเวณแถบรอยต่อประเทศเอธิโอเปีย อบีสซิเนีย และ อาราเบีย ทวีปแอฟริกาเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิระหว่าง 17-22 องศาเซลเซียส จัดเป็นพืชกึ่งเมืองหนาว ถ้าปลูกในเขตร้อนต้องปลูกบนพื้นที่สูง ส่วนใหญ่ที่ปลูกแพร่หลาย มี 4 กลุ่มได้แก่ กาแฟสายพันธุ์อะราบิกา กาแฟพันธ์โรบัสตา กาแฟ พันธุ์เอ็กเซลซ่า และกาแฟพันธุ์ลิเบอริกา โดยเฉพาะอย่างยิ่งนั้นกาแฟอะราบิก้า (Arabica coffee) ในอดีตใช้เป็น พืชที่ปลูกทดแทนพืชเสพติด เช่น ฝิ่น เพราะเหมาะสมที่ปลูกในภาคเหนือของประเทศไทย สามารถเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่พื้นที่ความสูง 700 เมตร จากระดับน้ำทะเล และนอกจากนั้นเนื่องด้วยมีสภาพภูมิอากาศเอื้ออำนวยต่อการออกดอกและติดผล ถึงแม้มีข้อจำกัดเนื่องจากเป็นพืชที่ไม่เหมาะที่ปลูกในสภาพกลางแจ้ง และไม่ทนต่อสภาวะอากาศแห้งแล้ง แต่เหมาะสมที่จะปลูกในสภาพร่มเงาหรือบริเวณที่ มีแสงแดดลอดผ่านได้อย่างน้อย 50 เปอร์เซ็นต์ หรือปลูกเป็นพืชแซมกับไม้ยืนต้น ไม้ป่าธรรมชาติ ผู้ปลูกไม่จำเป็นต้องโค่นถางป่าช่วยลดการบุกรุกทำลายป่าไม้ อีกทั้งเป็นระบบที่รักษาสภาพแวดล้อมหรือปลูกแบบเชิงอนุรักษ์ธรรมชาติตามระบบวนเกษตร เพราะองค์ประกอบสำคัญคือ ป่า น้ำ พื้นที่ปลูกพืช ตลอดจน ผลผลิตจากป่า รวมถึงประโยชน์ที่ได้รับของเกษตร ป่าไม้ทั้งทางตรง และทางอ้อม

การปลูกกาแฟอาราบิกาเริ่มขึ้นในพื้นที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนโดยโครงการหลวงพัฒนาชาวเขา (มูลนิธิโครงการหลวง) ภายใต้ความช่วยเหลือของกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA) ตั้งแต่ พ.ศ. 2517 ซึ่งได้มอบหมายให้กรมวิชาการเกษตรทำการวิจัยและพัฒนาการปลูกกาแฟอาราบิก้าบนพื้นที่สูง เพื่อ ทดแทนการปลูกฝิ่นของชาวไทยภูเขาในภาคเหนือ หลังจากนั้นได้กระจายพันธุ์ไปตามแหล่งปลูกต่าง ๆ บน พื้นที่สูงทางภาคเหนือ เช่น มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง ดอยช้าง ดอยวาวี จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ตาก น่าน และเพชรบูรณ์ ตามลำดับ

กาแฟจึงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทยที่ทำรายได้ให้ประเทศปีละประมาณ 30,000 ล้านบาท โดยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ปี 2556-2560) ตลาดมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ความต้องการใช้เมล็ดกาแฟของโรงงานแปรรูปกาแฟในประเทศไทยเพิ่มขึ้นจาก 70,000 ตัน ในปี 2556 เป็น 95,000 ตัน ในปี 2560 ขณะที่สามารถผลิตในประเทศได้เพียง 23,000 ตันเท่านั้น เนื่องจากผลผลิตกาแฟในประเทศกลับลดลงอย่างต่อเนื่อง จากราคาที่ตกต่ำเป็นเวลานาน ทำให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นแทน เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และไม้ผล จึงทำให้ผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการ ทำให้มีการนำเข้าจากต่างประเทศเพิ่มขึ้นด้วย

กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว นับเป็นจุดสำคัญหนึ่งในการผลิตผลิตภัณฑ์กาแฟ ซึ่งสามารถเพิ่มมูลค่าได้ ดังนั้นความจำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัย เพื่อหาวิธีการผลิตที่ได้ผลดีที่สุด ที่ช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิต เผยแพร่ข้อมูลเทคโนโลยีการผลิตที่สามารถประยุกต์ให้เหมาะสมกับชุมชนผู้ประกอบการขนาดย่อม สำหรับการแปรรูปกาแฟอะราบิกา มีกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว วิธีการปฏิบัติ การแปรรูปแตกต่างกัน ทำให้ผลผลิตที่ได้มีความแตกต่างกัน ส่งผลถึงรสชาติของกาแฟ คุณภาพที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดปัญหาทางการตลาด และเป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดราคา

ปัจจุบันการตากแห้งกาแฟกะลา เกษตรกรยังไม่มีเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม ยังต้องใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นหลัก และต้องตากบนพื้นดินหรือพื้นคอนกรีต ทำให้กาแฟบางส่วนไม่ได้คุณภาพและต้องใช้เวลาในการตากให้แห้งนาน ใช้พื้นที่ในการตากมาก ซึ่งล้วนเป็นปัญหาต่อการผลิตกาแฟของเกษตรกรในพื้นที่ทางภาคเหนือ จากการเก็บข้อมูลโรงอบแสงอาทิตย์ของกระทรวงพลังงาน (แบบ พพ.1) มาทดสอบอบแห้งกาแฟกะลา พบว่า อุณหภูมิในห้องอบแห้งนั้นสูงถึง 62 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกาแฟกะลาขณะอบแห้งสูงถึง 72 องศาเซลเซียส ทำให้กาแฟกะลาเสียหาย เช่นการคดงอแห้งเกินไป ซึ่งส่งผลทำให้กาแฟกะลามีคุณภาพต่ำ

เป้าหมายหลักของเทคโนโลยีการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับกาแฟกะลาคือคือการสร้างมาตรฐานสินค้าที่สะอาด ปลอดภัย เป็นจุดเด่นด้านนวัตกรรมและอนุรักษ์พลังงาน เพื่อสร้างคุณค่าในระยะยาวและลดระยะเวลาการผลิตลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำงานวิจัยโรงอบแห้งเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการตากแห้งและได้กาแฟกะลาที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน

ระเบียบวิธีการวิจัย

การออกแบบ สร้างและทดสอบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้นแบบ จะประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 โรงอบแห้ง เลือกใช้หลังคาแบบโพลีคาร์บอเนต เพราะมีความทนทาน สามารถใช้ได้นานกว่าใช้พลังคาที่ทำจากพลาสติก ส่วนหลังคาออกแบบให้เป็นหลังคาโค้ง เนื่องจากงานวิจัยที่ได้ศึกษามา พบว่าหลังคาโค้งจะสามารถกระจายความร้อนได้ดีกว่าหลังคาแบบจั่ว

ส่วนที่ 2 เป็นชุดควบคุมอัตโนมัติ ใช้ชุดควบคุมสมองกลฝังตัว Arduino รุ่น Uno R3

1.ทดสอบการทำงานเบื้องต้น วางแผนการทดลองแบบ CRD ตั้งเงื่อนไขการควบคุมอัตโนมัติทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีเงื่อนไขการอบแห้งไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส โดยบันทึกข้อมูลดังนี้

1) บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงอบแห้ง 3 จุด คือ หน้า กลาง และท้ายโรงอบ

2) วัดความชื้นเริ่มต้นกาแฟกะลา โดยใช้กาแฟกะลาจากแปลงของเกษตรกร ซึ่งจะมีค่าความชื้นเริ่มต้นไม่เท่ากัน นำตัวอย่างกะลากาแฟไปอบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง

3) สุ่มวัดอุณหภูมิกาแฟกะลา โดยวัดที่ผิวของกะลากาแฟ

4) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างกาแฟกะลา สุ่มตัวอย่างตัวอย่างละ 2.5 กิโลกรัม บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุกทุก 30 นาที

กรมวิชาการเกษตร

5) น้ำหนักสุดท้ายหลังการอบแห้งทดลองโดยการทำซ้ำโดยเงื่อนไขการอบแห้งแบบเดิม

2.จากนั้นนำข้อมูลการทดสอบมาปรับปรุงและพัฒนาโรงอบต้นแบบให้สามารถใช้งานได้ ทั้งในเชิงปริมาณและเวลาในการสดทอบ เช่น ความสามารถในการอบแห้ง อัตราการอบแห้ง กราฟการอบแห้ง รวมถึงรสชาติกาแฟเปรียบเทียบกับวิธีการตากแบบเดิม

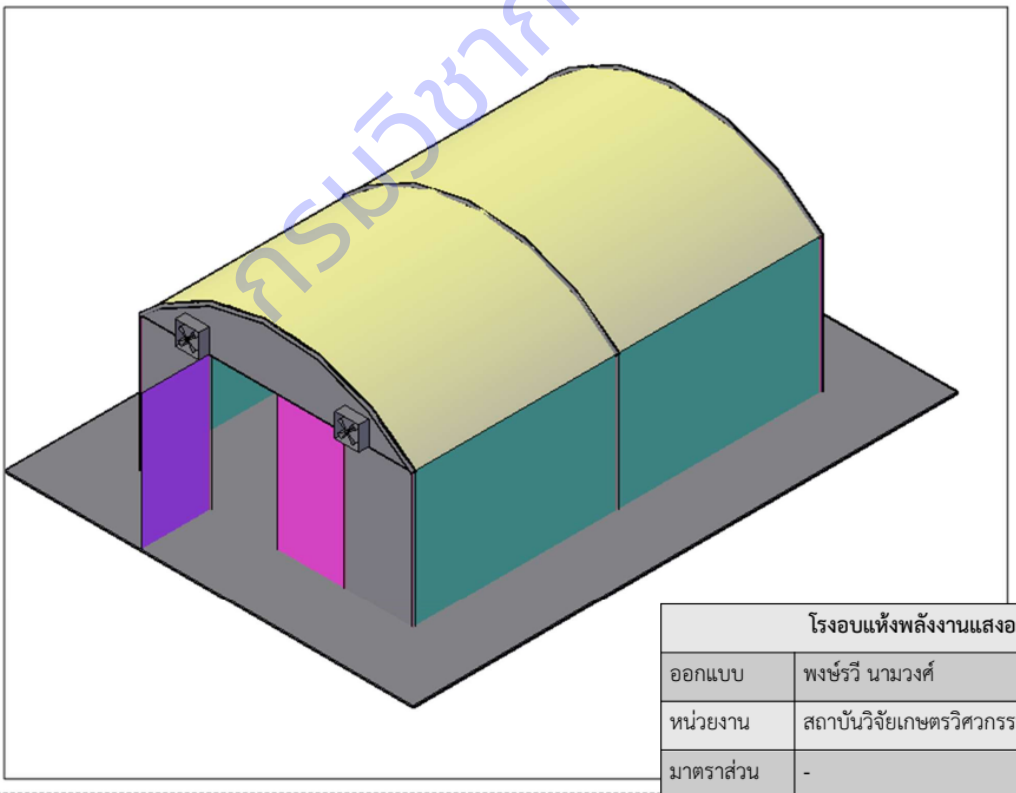
3.เก็บข้อมูลกะลากาแฟหลังผ่านกระบวนการอบแห้ง เช่น แมลง เมล็ดที่เสียหายจากกะลาแตก เทียบกับการตากแห้งแบบเดิมของเกษตรกร โดยการจัดเก็บแบบเดียวกัน

4.ปรับปรุงและพัฒนาโรงอบต้นแบบเพื่อให้โรงอบแห้งใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง เปรียบเทียบค่าอัตราการอบแห้ง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน ระยะเวลาที่ใช้อบแห้ง เทียบกับการตากแห้งแบบดั้งเดิม/ผึ่งลม

ผลการทดลองและอภิปราย

ออกแบบและสร้างโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร ด้านบนมุงด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบลูกฟูกใส หนา 6 มม. ด้านหน้าและด้านหลัง ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตใสบุผนัง ในส่วนของด้านข้าง ใช้พลาสติกโรงเรือนใส หนา 150 ไมครอน (0.15 มม.) เทพื้นด้วยคอนกรีตหนา 10 ซม. ติดตั้งพัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหลรวม 422 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สั่งงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว Arduino รุ่น Uno R3 ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็น



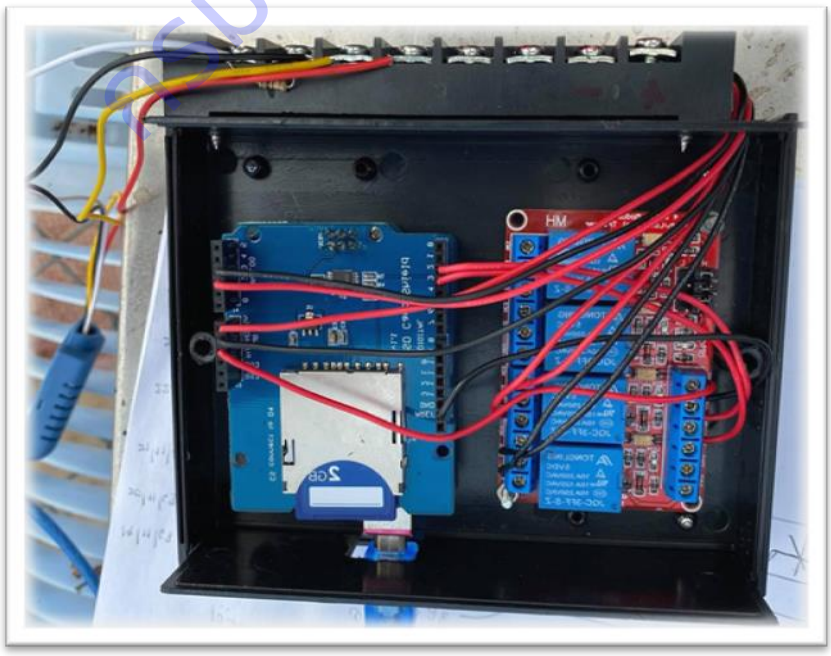
โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	
ออกแบบ	พงษ์รวี นามวงศ์
หน่วยงาน	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
มาตราส่วน	-
วันที่	26 ส.ค.2563

ภาพที่ 1 แบบโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 2 โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ศึกษาวิจัยการลดความชื้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยโรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สั่งงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็น ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม ใช้กะลากาแฟสดสุ่มตัวอย่างทดสอบ 2.5 กิโลกรัมต่อครั้ง บันทึกน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงทุก 1 ชั่วโมง โดยเครื่องชั่งแบบบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติ



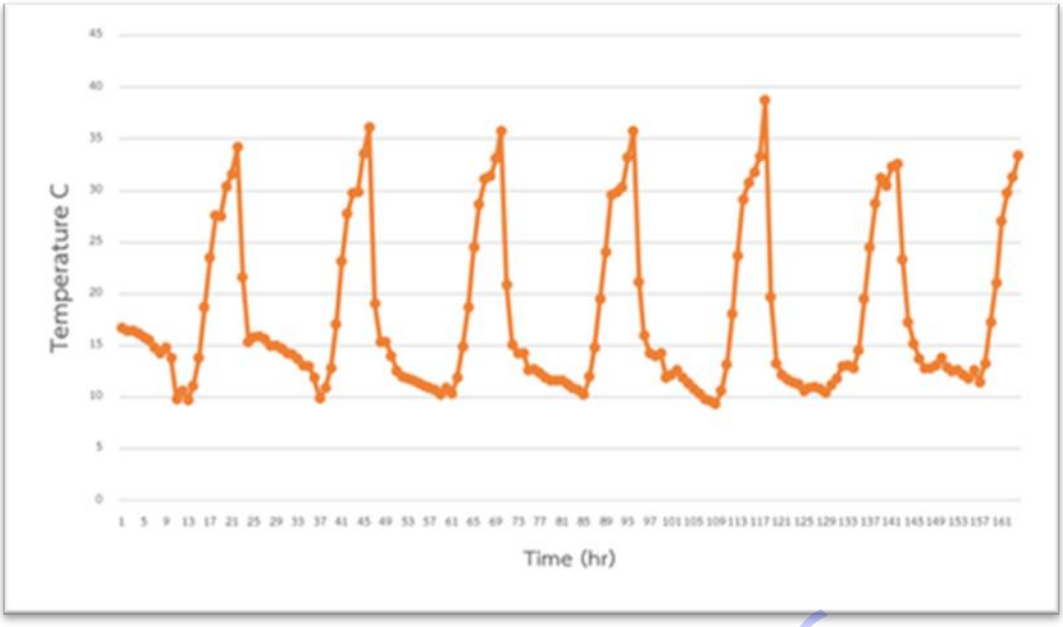
ภาพที่ 3 สมองกลฝังตัว ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นอัตโนมัติ

ภาพที่ 4 เครื่องชั่งแบบบันทึกน้ำหนักอัตโนมัติโดยใช้สมองกลฝังตัว

การลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ กะลากาแฟ มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 55 มาตรฐานเปียก (wb) มีอุณหภูมิตลอดการทดลอง สูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27%

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 5 อัตราการอบแห้ง



ภาพที่ 6 อุณหภูมิอบแห้ง

ภาพที่ 7 กะลากาแฟหลังการอบแห้ง

การทดสอบตากแห้งกะลากาแฟอะราบิกา ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของช่วงเวลาที่ตากแห้ง ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้ายร้อยละ 12 wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดการทดลอง 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% มีอัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ เมื่อนำไปทดสอบด้วยวิธี Sensory Test มีค่าใกล้เคียงกันมาก เทียบกับวิธีการตากหรือผึ่งลมแบบเดิม

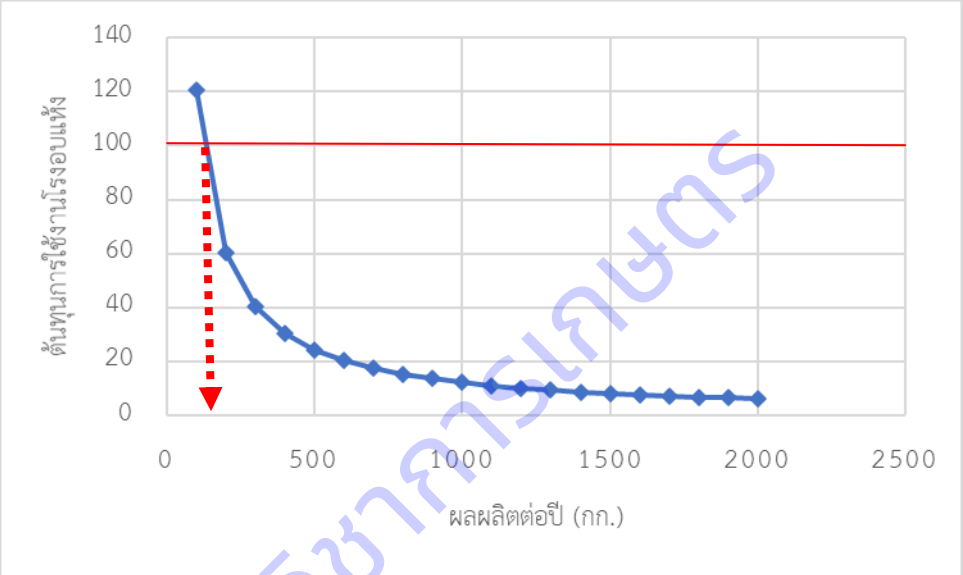
อภิปรายผล

การลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ใช้กะลากาแฟอะราบิกาสด สุ่มตัวอย่างทดสอบ 2.5 กิโลกรัมต่อครั้ง กะลากาแฟ มีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า

กรมวิชาการเกษตร

การวิเคราะห์ทางเศรษศาสตร์

คำนวณหาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์จะวิเคราะห์ต้นทุนการใช้งานโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยคำนวณความคุ้มทุน (Break-even Point, BEP) ในกรณีที่เกษตรกรจะลงทุนสร้างโรงเรือนและระบบควบคุม ราคา 120,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี เพื่ออบแห้งกะลากาแฟจนความชื้นเหลือ 11%wb โดยกะลากาแฟสด 100 กิโลกรัม เมื่ออบแห้งจนได้ความชื้นที่ต้องการแล้วจะเหลือน้ำหนัก 56 กิโลกรัม ขายในราคากิโลกรัมละ 100 บาท จากการคำนวณ (ภาคผนวก ก) สามารถเขียนกราฟแสดงความความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะต่อปริมาณผลผลิตต่อปีได้ดัง รูปที่8

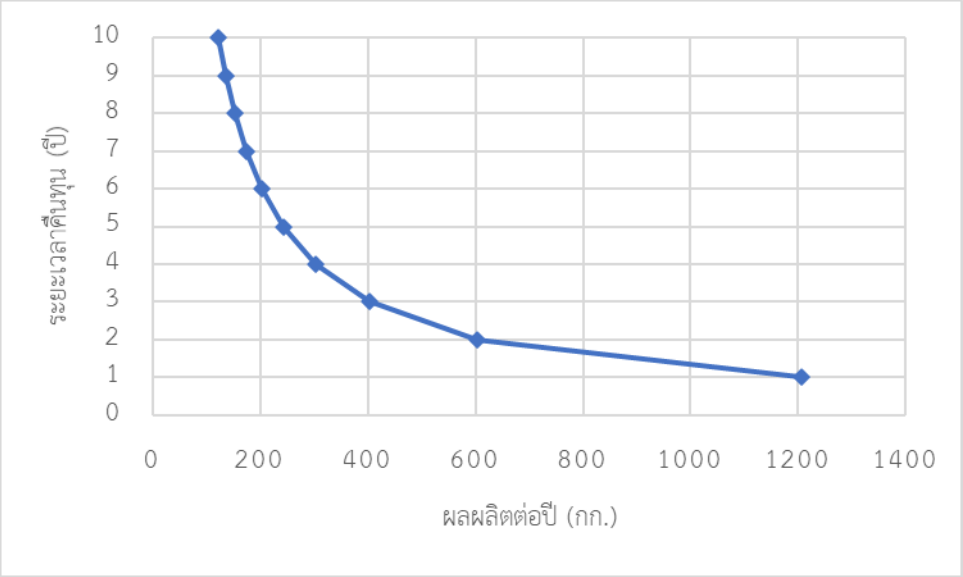


รูปที่ 8 ความความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการใช้งานโรงอบแห้งต่อปริมาณผลผลิตต่อปี

จากรูปที่ 8 จะเห็นว่าต้นทุนในการใช้งานโรงอบแห้งฯจะลดลงเมื่อผลผลิตต่อปีมากขึ้น เกษตรกรสามารถพิจารณาได้ว่าควรจะลงทุนสร้างโรงอบแห้งและติดตั้งระบบควบคุมหรือไม่ โดยพิจารณาจุดตัดระหว่างต้นทุนในการใช้งานโรงอบแห้งกับราคาผลผลิตในปัจจุบันซึ่งเท่ากับ 100 บาท/กก. จากกราฟจะเห็นว่าที่ต้นทุนในการใช้งานโรงอบแห้ง 100 บาท/กก. ผลผลิตต่อปีเท่ากับ 120 กก. ดังนั้นเกษตรกรที่จะลงทุนสร้างโรงอบแห้ง อบแห้งกาแฟกะลาอะราบิกา ควรผลิตกะลากาแฟแห้งได้ไม่ต่ำกว่า 120 กก./ปี เป็นเวลา 10 ปี จึงจะคุ้มต่อการสร้างโรงอบแห้ง

ระยะเวลาการคืนทุนของโรงอบแห้งขึ้นกับผลผลิตต่อปี จากการคำนวณ (ภาคผนวก ก) สามารถเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 9 โดยพบว่าระยะเวลาการคืนทุนของโรงอบแห้งอยู่ในช่วง 1-10 ปี ถ้าเกษตรกรต้องการคืนทุนเร็วก็ต้องทำให้ได้ผลผลิตต่อปีสูงขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการคืนทุนใน 3 ปี ต้องผลิตให้ได้อย่างน้อย 402.5 กก./ปี และขายผลผลิตในราคา 1,200 บาท/กก.

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 9 ความความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการคืนทุนของโรงอบแห้งกับผลผลิตต่อปี

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

โรงตากแบบหลังคาโค้งขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 6 เมตร สั่งงานระบบควบคุมอัตโนมัติด้วยสมองกลฝังตัว ทำงานอัตโนมัติที่การตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 75 เปอร์เซ็น ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 30 วัตต์ 2 ตัว อัตราการไหล 700 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนและความชื้นออกจากโรงตาก ภายในโรงตากบรรจุชั้นตากกาแฟ 8 ชั้น สามารถตากกาแฟได้ครั้งละไม่น้อยกว่า 1.5 ตัน ทดสอบในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สุ่มกะลากาแฟสดครั้งละ 2.5 กิโลกรัม มาลดความชื้นด้วยโรงตากพลังงานแสงอาทิตย์ มีอุณหภูมิตลอดการทดลองสูงสุด 39.4 องศาเซลเซียส ต่ำสุด 6.1 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 18.73 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 57.27% ใช้ระยะเวลา 7-10 วัน กะลากาแฟมีความชื้นเริ่มต้น 55 %wb ได้เมล็ดกาแฟความชื้นสุดท้าย 12 %wb อัตราการอบแห้งเฉลี่ย 0.2665 %wb ต่อชั่วโมง กาแฟกะลาหลังตากแห้ง มีลักษณะทางกายภาพที่ดี ไม่แตกร้าวและบิดงอ ไม่ต่างจากการผึ่งลมในปัจจุบัน ซึ่งใช้เวลานานกว่าถึงสามเท่า

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.). 2560. คู่มือโครงการสนับสนุนการลงทุนติดตั้งการใช้งานระบบอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ปี 2560. สืบค้น 23 เมษายน 2561 จาก http://www solardryerdede.com/wp-content/uploads/2017/01/2560.pdf

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ และบัณฑูรย์ วาฤทธิ์. 2542. การปลูกและผลิตกาแฟอะราบิกาที่สูง. ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 229 หน้า.

ประพันธ์พงษ์ สมศิลา,อำไพศักดิ์ ทีบุญมา,ประทีป ตุ้มทอง, สุริยา อุดด้วงและมานะ วิชางาม.2555. ชนิดโครงสร้างของโรงเรือนที่มีผลต่อการไหลเวียนและอุณหภมิของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์. ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 212-215 (2555)

ปรีชา ศรีประภาคาร. 2558. การศึกษาการใช้ห้องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กสำหรับวิสาหกิจชุมชน กรณีศึกษา : ตำบลหนองผักตบ อำเภอศรีสมเด็จ จังหวัดร้อยเอ็ด. การงานประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8.

สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 2553. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟแบบครบวงจร. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดรักษ์พิมพ์.

สุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล, จุฑารัตน์ ทะสะระ, เฉลิม ปานมา , รัชนีกร นำชัย และ ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล.2554.ปัจจัยของเงื่อนไขการอบแห้งต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพของการอบแห้งขนุน. งานประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 21 ประจำปี 2554

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟอะราบิก้า (มกษ. 5701-2553). สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กรุงเทพฯ. 44 หน้า.

วสันต์ จีนธาดา และพรชัย เพชรสงคราม. 2559. ลักษณะรูปทรงของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อการอบแห้งยางพาราแผ่น.วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 27 ฉบับที่ 1 ม.ค.-เม.ย. 2560.

วันไชย คำเสน,อำนาจ ผัดวัง,ชูธง สัมมัตตะ,จิรพนธ์ ทาแกง, พงศกร สุรินทร์,สรายุทธ มาลัยพันธุ์. 2559. โรงเรือนอบแห้งพลังงานร่วมด้วยรังสีแสงอาทิตย์และไฟฟ้า. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 54

เวียง อากรชี, ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์ ,วิบูลย์ เทเพนทร์, อนุชา เชาว์โชติ, อุทัย ธานี,อัคคพล เสนาณรงค์. 2559. การศึกษาการใช้โรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับเครื่องอบลมร้อนแบบชั้นวางสำหรับอบแห้งผักและผลไม้. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 (2559), 39-45 น.

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

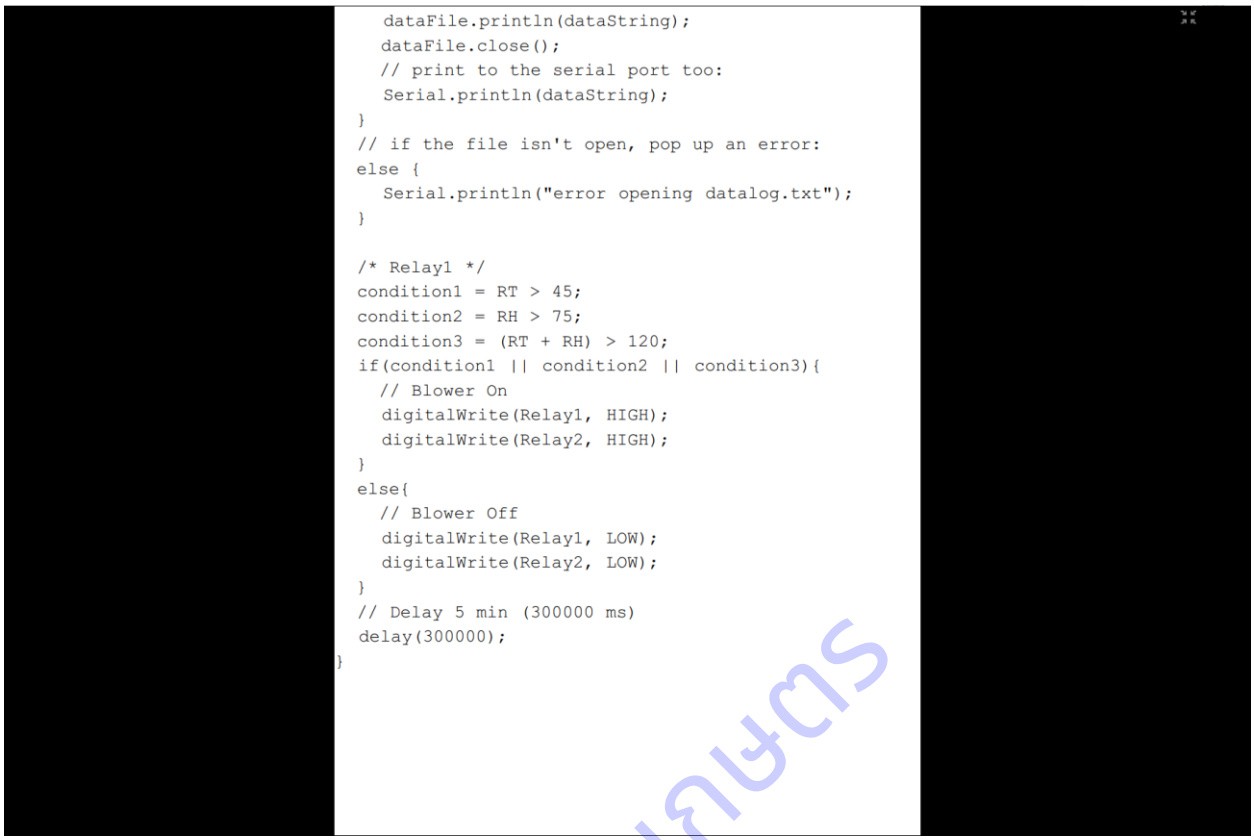
ภาคผนวก-ก

1.สมการควบคุมของสมองกลฝังตัว

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h>

/* SD Card Config */
const int chipSelect = 4;

/* Temp Sensor Config */
// Humidity wire (Yellow)
int RHpin = A2;
// Temp. wire (White)
int RTpin = A3;

/* Relay Config */
int Relay1 = 2;
int Relay2 = 3;

float RH = 0;
float RT = 0;
bool condition1 = false;
bool condition2 = false;
bool condition3 = false;
bool runOnceFlag = true;

void setup() {
  pinMode(Relay1, OUTPUT);
  pinMode(Relay2, OUTPUT);

  // Open serial communications and wait for port to
open:
  Serial.begin(9600);

  // if the Card failed, or not present
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
```

```
    // don't do anything more:
    while (1){
      Serial.println("Card failed, or not present");
      delay(1000);
    }
  }
}

void loop() {
  // Get Temp. and Humid Values
   RH = analogRead(RHpin);
   RT = analogRead(RTpin);

   RT = (((RT*5)/1023)*80)/0.8;
   RH = (((RH*5)/1023)*100)/3;

  // make a string for assembling the data to log:
  String dataString = "";
  dataString = "Temp. = " + String(RT) + ",RH.1 = " +
String(RH);

  // open the file. note that only one file can be
open at a time,
  // so you have to close this one before opening
another.
  File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

  // if the file is available, write to it:
  if (dataFile) {
    if (runOnceFlag){
      dataFile.println("//Logging");
      runOnceFlag = false;
    }
```

กรมวิทยาศาสตร



```
    dataFile.println(dataString);
    dataFile.close();
    // print to the serial port too:
    Serial.println(dataString);
  }
  // if the file isn't open, pop up an error:
  else {
    Serial.println("error opening datalog.txt");
  }

  /* Relay1 */
  condition1 = RT > 45;
  condition2 = RH > 75;
  condition3 = (RT + RH) > 120;
  if(condition1 || condition2 || condition3){
    // Blower On
    digitalWrite(Relay1, HIGH);
    digitalWrite(Relay2, HIGH);
  }
  else{
    // Blower Off
    digitalWrite(Relay1, LOW);
    digitalWrite(Relay2, LOW);
  }
  // Delay 5 min (300000 ms)
  delay(300000);
}
```

ภาคผนวก-ข

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ค่าที่กำหนดสำหรับใช้ในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของโรงเรือนอัจฉริยะ

ราคาแรกซื้อ, P	120,000	บาท
ราคาซาก, S	10%ของ P	บาท
อายุการใช้งาน, L	10	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i	10	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
ค่าบำรุงรักษา	500	บาท/ปี
ค่าไฟฟ้า (คำนวณที่ฤดูกาลเก็บเกี่ยว 3 เดือน)	175	บาท/ปี
ผลผลิตต่อปี	A	บาท/ปี

การคำนวณต้นทุนการใช้งานโรงเรือนอัจฉริยะ

การคำนวณค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรง (Straight-Line Method) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$D=(P-S)/L$$

เมื่อ D= ค่าเสื่อมราคา

P= ราคาแรกซื้อ

S= ราคาซาก

L= อายุการใช้งาน (ปี)

กรมวิชาการเกษตร

การคำนวณค่าดอกเบี้ยในการลงทุน เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$I = 0.5(P+S) \times i$$

เมื่อ I= ดอกเบี้ยในการลงทุนแต่ละปี
P= ราคาแรกซื้อ
S= ราคาซาก
i = อัตราดอกเบี้ย

ราคาโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์และระบบควบคุม	120,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา, D	10,800	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	6,600	บาท/ปี
รวมต้นทุนคงที่	11,400	บาท/ปี
<u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u>		
ค่าบำรุงรักษา	500	บาท/ปี
ค่าไฟฟ้า	175	บาท/ปี
รวมค่าต้นทุนผันแปร	675	บาท/ปี

ความสัมพันธ์ของต้นทุนการใช้งานโรงอบแห้งฯต่อปริมาณผลผลิต A กก./ปี สามารถเขียนเป็น สมการได้ดังนี้

ต้นทุนการใช้งานโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์, บาท/กก

$$= \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนผันแปร}$$

$$= (11{,}400/A) + (675/A)$$

$$= 12{,}075/A \qquad (1)$$

จุดที่คุ้มทุนของการใช้งานโรงอบแห้งฯสามารถคำนวณได้เมื่อต้นทุนในการใช้งานในสมการที่ (1) เท่ากับราคาขายผลผลิตในปัจจุบันเท่ากับ 100 บาท/กก.

ต้นทุนในการใช้งานโรงอบแห้งฯ = ราคาขายผลผลิตในปัจจุบัน

$$12{,}075/A = 100$$

$$A = 120.75 \text{ กก./ปี}$$

ระยะเวลาการคืนทุนขึ้นกับปริมาณการผลิตต่อปีของโรงอบแห้ง ถ้ามีผลผลิตต่อปีมากก็จะคืนทุนเร็วขึ้น โดยสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{100 \text{ (บาท/กก.)} \times 120.75 \text{ (กก./ปี)} \times 10 \text{ (ปี)}}{A \text{ (กก./ปี)} \times 100 \text{ (บาท/กก.)}} \qquad (2)$$

กรมวิชาการเกษตร

กรณีที่เกษตรกรต้องการคืนทุนภายใน 3 ปี สามารถหาจำนวนผลผลิตที่ต้องผลิตต่อปีได้จากการแทนค่าในสมการที่ (2)

$$3 = \frac{100 \text{ (บาท/กก.)} \times 120.75 \text{ (กก./ปี)} \times 10 \text{ (ปี)}}{A \text{ (กก./ปี)} \times 100 \text{ (บาท/กก.)}}$$

$$A = 402.5 \text{ กก./ปี}$$

กรมวิชาการเกษตร

2.ผลการทดสอบเมล็ดกาแฟด้วยวิธี Sensory Test

2.1กาแฟที่ผ่านการอบแห้งด้วยโรงอบแห้งฯ

ต้นฉบับ

เลขทะเบียนส่ง 043/64
เอกสารเรื่อง Coffee Sample Report
ผู้ส่งออก สุพัตรา

HILLKOFF

Coffee Sample Report
SUMMARY OF RESULIS

Farm name:	Agricultural Engineering Research Institute	Altitude:	Bag Weight:
		Variety:	Cupping Station HQ
Country of Origin:		Harvest Date:	Coffee Year:
Exporter:		Process Type:	Roasting Date:
Lab Code:		Supplier Sample ID:	Cupping Date 9/12/2021

Note: Dark Roast

ROASTED COFFEE

%TSS: 0.80 %TDS: 0.63

	SCORE
Fragrance/Aroma	7.00
Flavor	7.00
Aftertaste	7.00
Acidity	7.00
Body	6.75
Balance	6.75

	SCORE
Uniformity	10.00
Clean Cup	10.00
Sweetness	10.00
Overall	7.00
Final Score	78.50

Notes: Dry Aroma: Soya Sauce / Hint Dark Chocolate / Hint Vanilla
Wet Aroma: Honey / Soya Sauce / Sugarcane

Testeless

(Narumon Taksaudom) — **Cupper 1** — Date 09/12/21

(Champorn Amnyuem) — **Cupper 2** — Date 9/12/21

(Sachporn Phimmisaep) — **Cupper 3** — Date 09/12/21

The Definition

Hillkoff Protocol standard: The Average score from 3 cuppers will reported in this sheet.

กรมวิชาการเกษตร

2.2 กาแฟที่ผ่านการตากแห้งแบบเดิม

ต้นฉบับ

เลขทะเบียนส่ง 044/64
เอกสารเรื่อง Coffee Sample Report
ผู้ส่งออก สุสุกา

HILLKOFF

Coffee Sample Report
SUMMARY OF RESULIS

Farm name:	Agricultural Engineering Research Institute	Altitude:	Bag Weight:
		Variety:	Cupping Station HQ
Country of Origin:		Harvest Date:	Coffee Year:
Exporter:		Process Type:	Roasting Date:
Lab Code:		Supplier Sample ID:	Cupping Date 9/12/2021

Note: Light Roast

ROASTED COFFEE

%TSS: 1.16 %TDS: 0.91

	SCORE
Fragrance/Aroma	7.00
Flavor	7.25
Aftertaste	7.00
Acidity	7.25
Body	7.00
Balance	7.00

	SCORE
Uniformity	10.00
Clean Cup	10.00
Sweetness	10.00
Overall	7.00
Final Score	79.50

Notes: Dry Aroma: Orange Peel / Lemon Peel / Chocolate Milk / Hint Roasted Rice
Wet Aroma: Nutty / Waxy Corn / Citrus

(Naruemon Taksavakom)
Cupper 1
Date 09 / 12 / 21

(Champorn Dumpluem)
Cupper 2
Date 9 / 12 / 21

(Sachporn Phiuthlaup)
Cupper 3
Date 09 / 12 / 21

The Definition

Hillkoff Protocol standard: The Average score from 3 cuppers will reported in this sheet.

ศูนย์วิทยาศาสตร์