

วิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อน

Research and Development of Robusta Coffee Dryer by Using Hot Air

สรารวุฒิ ปานทน¹ วุฒิพล จันทร์สระคู¹ ธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต¹ กันติพงศ์ มีปาน¹ เวียง อากรสี²

สุภาพร ชุมพงษ์³ พงษ์วี นามวงศ์⁴

Sarawuth Parnthon¹ Wuttiphol Chansrakoo¹ Thanawat Tipchit¹ Kantipong Meeparn¹

Weang Arekornchee² Supapon Chumpong³ Pongrawee Namwong⁴

บทคัดย่อ

ผลผลิตกาแฟโรบัสตาในภาคใต้ มีช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตตรงกับช่วงฤดูฝน ส่งผลให้ขั้นตอนในการทำแห้งกาแฟโดยการตากแดดหรือใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ไม่สามารถตากแห้งกาแฟได้ในช่วงที่มีฝนตก เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาเพื่อลดเวลาในการทำแห้งกาแฟ และช่วยลดความเสียหายของกาแฟจากการที่ไม่สามารถลดความชื้นกาแฟได้ในช่วงที่ฝนตก หรืออากาศมีความชื้นสูง โดยได้สร้างต้นแบบเครื่องอบลดความชื้นประกอบด้วยถังอบทรงกระบอกวางแนวนอนเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร บรรจุผลกาแฟเชอร์รี่ได้ประมาณ 450 กิโลกรัม/ครั้ง ให้ความร้อนด้วยแก๊สหุงต้ม ตู้คอนโทรลสามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบ และตั้งค่าอุณหภูมิการอบได้ตามที่ต้องการ และควบคุมการหมุนของถังอบเพื่อช่วยในการคลุกเคล้าและกลับผลกาแฟให้ได้รับความร้อนที่สม่ำเสมอ จากการทดสอบอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาผลเชอร์รี่ พบว่า เมื่อความชื้นลดลงจะมีการยุบตัวของผลกาแฟ ทำให้กาแฟยุบจนมีระดับต่ำกว่าท่อลมออกที่วางตัวในแนวแกนกลางถังอบ ต้องนำกาแฟชุดแรกออกมาพักตัว แล้วทำการอบผลกาแฟชุดที่ 2 ต่อไป ในการอบตั้งอุณหภูมิลมร้อนเข้า 60 องศาเซลเซียส สามารถอบลดความชื้นผลกาแฟจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ 57.7%มาตรฐานเปียก ให้เหลือประมาณ 36.6%มาตรฐานเปียก ได้ในเวลา 12 ชั่วโมง และใช้แก๊สหุงต้มในการอบลดความชื้น 0.54 กิโลกรัม/ชั่วโมง

คำสำคัญ: การอบแห้ง, กาแฟ, โรบัสตา

¹ ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี ต.คันธุลี อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี, 84170

¹Suratthani Agricultural Engineering Research Center, Khan Thuli, Tha Chana, Surat Thani, 84170

²ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น, 40000

²Khonkaen Agricultural Engineering Research Center, Ban Thum, Mueang, Khonkaen, 40000

³ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ต.วิสัยใต้ อ.สวี จ.ชุมพร, 86130

³Chumphon Horticulture Research Center, Wisai Tai, Sawi, Chumphon, 86130

⁴ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่, 50100

⁴Chiangmai Agricultural Engineering Research Center, Mae Hia, Mueang, Chiangmai, 50100

ABSTRACT

Robusta coffee harvest coincides with the rainy season in the South of Thailand. Therefore, it is not possible to dry coffee in the sun or use a solar greenhouse plant during rainy days. This project aims to research and develop Robusta coffee dehumidifiers to reduce the drying time and reduce the damage of coffee with high moisture during the rain or high humidity. Heat the drying tank with Liquid Petroleum Gas. The prototype of coffee dryer it consist of horizontal cylinder diameter 100 cm. length 120 cm., can hold the cherry coffee bean about 450 kg/time. The controller that can control the temperature and the rotation of the drying tank. The study found that when the moisture content was reduced, the cherry coffee bean would collapse. Causing the cherry coffee bean to collapse until they are lower than the exhaust pipe that is placed in the middle of the drying tank. Take out the first coffee beans and then continue drying the batch. Set the inlet hot air temperature to 60 degrees Celsius. The dryer can reduce the moisture content from 57.7%wet basis to 36.6%wet basis in 12 hours and used liquefied petroleum gas to reduce the moisture content of 0.54 kg./ hr.

Keywords : dryer, coffee, robusta

คำนำ

กาแฟที่ปลูกกันอยู่ในประเทศไทย มี 2 ชนิด คือ กาแฟอะราบิกา ปลูกทางภาคเหนือ และกาแฟโรบัสตาปลูกทางภาคใต้ ปริมาณความต้องการใช้เมล็ดกาแฟสำหรับอุตสาหกรรมกาแฟผงสำเร็จรูป และกาแฟคั่วบดภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในปัจจุบันธุรกิจร้านกาแฟสดเติบโตและขยายตัวอย่างรวดเร็ว (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ปัจจุบันกาแฟโรบัสตาเริ่มเป็นที่นิยมของผู้บริโภคและมีมูลค่าเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2565 ภาคใต้มีพื้นที่เพาะปลูกกาแฟ 96,743 ไร่ มีผลผลิตกาแฟออกสู่ตลาด 7,932 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพการผลิตสารกาแฟ ขั้นตอนการลดความชื้นในการผลิตเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพของสารกาแฟ จากสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศของภาคใต้ ที่มีฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปี ส่งผลให้อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง โดยผลผลิตกาแฟโรบัสตาทางภาคใต้จะเก็บเกี่ยวช่วงเดือนตุลาคม-ธันวาคม ซึ่งตรงกับช่วงฤดูฝน ยิ่งสร้างปัญหาในการตากแห้งกาแฟเป็นอย่างมาก หากเกิดกระบวนการหมักในระหว่างการตากอาจมีเชื้อราที่เป็นพิษเกิดขึ้น เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสารกาแฟ รสชาติและกลิ่นไม่ได้มาตรฐาน ส่งผลโดยตรงต่อราคาในการจำหน่าย ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีเทคนิคหรือวิธีการเข้ามาและเครื่องอบลดความชื้นน่าจะเป็นทางเลือกเพื่อทดแทนการตากแดดและโรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงที่มีฝนตก

จากการสำรวจข้อมูล และสอบถามความต้องการจากกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ จังหวัดชุมพร และระนองของคณะผู้วิจัย พบว่า การทำแห้งกาแฟของพื้นที่ ประสบปัญหาผลผลิตกาแฟสุกพร้อมเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนตุลาคม - ธันวาคม ซึ่งตรงกับช่วงฤดูฝนของทางภาคใต้ ทำให้การทำแห้งที่เกษตรกรส่วนใหญ่ นำกาแฟผลเชอรี่ไปตากแดด ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดที่สุดทำได้ลำบาก เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลานานประมาณ 3 สัปดาห์ จึงมีการทำโรงตากแห้งอย่างง่ายในเกษตรกรรายย่อย และมีการนำโรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในกลุ่มเกษตรกรและผู้ประกอบการ แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้ทั้งหมด ในส่วนของกลุ่มเกษตรกรมีการใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับการสนับสนุนจากกรมธุรกิจพลังงานทดแทนมาใช้ในการตากแห้งกาแฟ แต่ในช่วงที่ผลผลิตกาแฟออกพร้อมกันเป็นจำนวนมาก จะไม่สามารถตากแห้งกาแฟได้ทัน การตากแห้งด้วยโรงตากต้องใช้เวลา 14-18 วัน หรือหากมีฝนตก โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะไม่สามารถลดความชื้นกาแฟได้ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพและรสชาติของกาแฟ รวมถึงราคาที่เกษตรกรจะได้รับ ในกรณีที่มีผลผลิตออกมาพร้อมกันในปริมาณมาก จึงนำแนวคิดของเครื่องอบแห้งโรตารีมาเป็นต้นแบบ เพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ เครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาและการทดสอบเครื่องอบที่มีอยู่เดิมเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ จากเครื่องอบโรตารีเดิมของ เวียง และคณะ (2542) มาปรับปรุงระบบควบคุมอุณหภูมิการอบแห้ง ทำการศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการอบกาแฟ ทำการทดสอบเก็บข้อมูลการอบ เปรียบเทียบกับการตากแดด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องอบ ในการอบลดความชื้นอุณหภูมิสูงสุดของผลกาแฟเชอรี่ไม่ควรเกิน 45 องศาเซลเซียส (Wintgens, 2004) ในการอบลดความชื้นผลกาแฟช่วงแรกจะใช้อุณหภูมิลมร้อนไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิ ความชื้นผลกาแฟที่อบทุกๆ 4 ชั่วโมง เมื่อความชื้นกาแฟลดต่ำลงอยู่ในช่วง 20-30 %มาตรฐานเปียก จะปรับมาใช้อุณหภูมิในการอบ 45 องศาเซลเซียส

2. การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ โดยออกแบบอุปกรณ์หลัก คือ

2.1 ชุดถังอบและระบบขับเคลื่อน

2.1.1 ถังอบแห้งแบบโรตารีเป็นถังทรงกระบอกแนวนอน ออกแบบให้สามารถจุผลกาแฟเชอรี่ได้ประมาณ 450 กิโลกรัม/ครั้ง

2.1.2 ออกแบบระบบขับเคลื่อนและระบบควบคุมการหมุนของถังอบ โดยสามารถปรับจำนวนรอบการหมุนได้ ด้วยการตั้งเวลาในการหมุน และเวลาในการหยุดหมุน เพื่อช่วยการคลุกเคล้าและกลับผลกาแฟภายในถังอบ

2.2 ชุดพัดลมและระบบท่อลม

2.2.1 ออกแบบขนาดพัดลมให้ปริมาณลมและแรงดันที่เพียงพอกับขนาดเครื่องอบ โดยใช้พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (centrifugal blower)

2.2.2 ออกแบบท่อลมร้อน ให้มีท่อลมร้อนเข้า จำนวน 4 ท่อ กระจายในแนวนอนมีรอบ แนวเส้นผ่านศูนย์กลางของถังที่เป็นแนวท่อลมออก เพื่อการกระจายลมร้อนให้สม่ำเสมอทั่วถึงอบ และมี ระบบท่อหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้บางส่วน เมื่อความชื้นกาแฟลดต่ำลง เพื่อลดการใช้พลังงานในการ ให้ความร้อน

2.3 ระบบควบคุมอุณหภูมิและการให้ความร้อน

2.3.1 ชุดควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วย อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิต่อกับหัววัดอุณหภูมิ ลมร้อน ทำการสั่งเปิด - ปิด วาล์วแก๊ส เพื่อควบคุมอุณหภูมิการอบให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

2.3.2 ออกแบบระบบให้ความร้อนจากหัวพันไฟ ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง จุดไฟด้วยการสปาร์คด้วยไฟฟ้า มีระบบป้องกันตัดการจ่ายแก๊สกรณีจุดไฟไม่ติดหรือไฟดับ

3. การทดสอบเครื่องต้นแบบอบแห้งกับกาแฟโรบัสตา กาแฟโรบัสตานิยมทำกาแฟแบบวิธีแห้ง จึงทดสอบการลดความชื้นผลกาแฟเชอร์รี่ด้วยวิธีแห้ง ทำการบรรจุผลกาแฟลงถังอบแต่ละครั้งจะบรรจุจน ท่วมท่อลมออกที่วางตัวอยู่ในแนวกึ่งกลางถังอบเป็นอย่างน้อย และไม่บรรจุจนเต็มถังอบ บันทึกข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง ความชื้นที่ลดลง ระยะเวลาในการอบแห้ง พลังงานความร้อนและ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ เป็นต้น พร้อมแก้ไขปรับปรุงเครื่องต้นแบบ โดยวิธีการทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

3.1 เตรียมผลกาแฟเชอร์รี่ ประมาณ 450 กิโลกรัม บรรจุเข้าถังอบลดความชื้น

3.2 จุดหัวเผา เปิดพัดลม เดินเครื่อง หมุนถังอบ ในการอบลดความชื้นช่วงแรก ตั้งค่า อุณหภูมิลมร้อนเข้าไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ในช่วงเริ่มต้นที่ความชื้นผลกาแฟสูง ทำการสูบลมกาแฟมา ซึ่งน้ำหนักหาค่าความชื้นที่ลดลงและวัดอุณหภูมิเมล็ดที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 4 ชั่วโมงของการอบแห้ง เมื่อ ความชื้นกาแฟลดลง และอุณหภูมิเมล็ดเริ่มสูงขึ้น ปรับอุณหภูมิลมร้อนลงเหลือ 45 องศาเซลเซียส ซึ่ง กระบวนการต่างๆ นี้ต้องทดลองและปรับค่าตามความเหมาะสมในขณะที่ทำการทดลอง

3.3 ในการทดสอบจะทำการอบลดความชื้นในช่วงเวลากลางวัน 12 ชั่วโมง และพักการอบ ในเวลากลางคืน 12 ชั่วโมง สลับกันไป เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงในช่วงกลางคืนที่มีความชื้นสูง และให้ กาแฟได้คายความชื้นจากภายในผลออกมาภายนอก ทำการอบจนถึงความชื้นในการเก็บรักษา ประมาณ 12% มาตรฐานเปียก

4. ทดสอบการทำงานร่วมกับเกษตรกร นำเครื่องอบลดความชื้นกาแฟทดสอบร่วมกับ ผู้ประกอบการผลิตสารกาแฟ ณ โรงคั่วกาแฟวังทองคอฟฟี่ ต.ปากทรง อ.พะโต๊ะ จ.ชุมพร โดยในการอบ ลดความชื้นจะอบในช่วงเวลากลางวัน 12 ชั่วโมง และปล่อยให้เมล็ดกาแฟค่อยๆ ลดอุณหภูมิในเวลา กลางคืน 12 ชั่วโมง วัดความชื้นผลกาแฟด้วยเครื่องวัดความชื้น Kett grain moisture tester รุ่น PM-450 ซึ่งจะวัดความชื้นได้เมื่อความชื้นของผลกาแฟต่ำกว่า 30%มาตรฐานเปียก

5. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ คำนวณต้นทุนการใช้งาน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ผลตอบแทน และระยะเวลาในการคืนทุน คำนวณหาจุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ (break-even point, BEP) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุน หรือการรับจ้าง ดังนี้

ต้นทุนการใช้งาน (บาท/ไร่) = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร(บาท/ไร่)(1)

โดยที่ ต้นทุนคงที่ = ค่าเสื่อมราคา + ดอกเบี้ย (2)

ต้นทุนผันแปร คือ ค่าใช้จ่าย ที่ขึ้นอยู่กับ การปฏิบัติงาน ประกอบด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าซ่อมบำรุงค่าแรงงานของคนขับ เป็นต้น

คำนวณค่าเสื่อมราคาโดยวิธีเส้นตรง (straight-line method) จากสมการ

$$D_i = \frac{P_i - S_i}{L_i} \quad (3)$$

เมื่อ D_i คือ ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

P_i คือ ราคาแรกซื้อ (บาท)

S_i คือ ราคาเมื่อหมดอายุการใช้งานหรือขายต่อ (บาท) (10%P)

L_i คือ อายุการใช้งาน (ปี)

คำนวณค่าดอกเบี้ยในการลงทุน จากสมการ

$$I = \frac{1}{2} (P_i + S_i)i \quad (4)$$

เมื่อ I คือ ค่าดอกเบี้ย (บาท/ปี)

P_i คือ ราคาแรกซื้อ (บาท)

i คือ อัตราดอกเบี้ย (%)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การศึกษาและการทดสอบเครื่องอบที่มีอยู่เดิมเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ

ทำการศึกษาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาแบบถังกลมทรงกระบอกหมุนในแนวนอนของ เวียง และคณะ (2542) ซึ่งเป็นเครื่องอบแบบลมร้อน พบว่า ในการให้ความร้อนมีท่อลมร้อนกลางถึงอบ ท่อเดียว ส่งกระจายลมร้อนออกไปรอบๆ ถังอบ มีข้อดีคือ สร้างได้ง่าย ระบบท่อลมร้อนไม่ซับซ้อน จากนั้นจึงทำการปรับปรุงเครื่องอบโรตารีเพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลการอบเพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ โดยการปรับปรุงระบบควบคุมอุณหภูมิการอบแห้ง สำหรับใช้ในการอบผลกาแฟเพื่อเก็บข้อมูลการอบ เบื้องต้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นข้อมูลช่วยในการออกแบบเครื่องอบ อบผลกาแฟเพื่อหาข้อมูลน้ำหนัก ก่อนอบและหลังอบ และทำการตากแห้งผลกาแฟด้วยแสงแดด เพื่อเก็บข้อมูลไว้เปรียบเทียบกับ การใช้ เครื่องอบ ทำการทดสอบอบผลกาแฟเชอรี่ น้ำหนักรวม 300 กิโลกรัม ความชื้นผลกาแฟเริ่มต้น 62 % มาตรฐานเปียก ตั้งอุณหภูมิการอบลมร้อนเข้า เริ่มต้น 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง พบว่า น้ำหนักลดลงเหลือ 182.8 กก. ความชื้น 37.6 %มาตรฐานเปียก จากนั้นนำกาแฟเชอรี่ที่อบลด ความชื้นจากเครื่องอบแล้ว ไปตากแดดประมาณ 3-5 วัน กาแฟเหลือความชื้นประมาณ 12 %มาตรฐาน เปียก เมื่อเปรียบเทียบกับ การนำผลกาแฟเชอรี่ที่นำไปตากแดดอย่างเดียว จะใช้เวลาในการตาก

ประมาณ 20-24 วัน ขึ้นกับสภาพอากาศในช่วงเวลานั้น ในขณะที่ทดสอบแม้จะใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 60 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิกาแฟเซอรัหว่างการอบอยู่ในช่วง 35-38 องศาเซลเซียส ในการอบลดความชื้นกาแฟ ต้องระมัดระวังไม่ใช้อุณหภูมิในการอบให้สูงเกินไป แม้จะลดความชื้นได้เร็วและอุณหภูมิกาแฟไม่ถึงอุณหภูมิวิกฤติ แต่หากลดความชื้นเร็วเกินไปอาจทำให้ผลกาแฟแตกส่งผลต่อคุณภาพของสารกาแฟได้

2. การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

2.1 ชุดถังอบและระบบขับเคลื่อนถังอบ

2.1.1 ถังอบ ประกอบด้วย ชุดถังอบ (Figure 1) และโครงสร้างรองรับถังอบ (Figure 2) ถังอบมีลักษณะเป็นทรงกระบอกวงตัวในแนวนอน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร เหล็กกล่อง ขนาด 2.5 X 5 เซนติเมตร ที่เป็นโครงสร้างภายในถังอบ นอกจากจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของถังอบแล้ว ยังทำหน้าที่เสมือนใบโรยผลกาแฟไปในตัวเมื่อทำการหมุนถังอบเพื่อช่วยคลุกเคล้าผลกาแฟ บริเวณส่วนปลายสุดของถังอบทั้งสองฝั่งจะเป็นโครงสร้างวงกลม สำหรับวางถังอบบนลูกกลิ้ง ชุดโครงสร้างรองรับถังอบ ทำจากเหล็กกล่อง 4.5 x 9 เซนติเมตร มีลูกกลิ้งจำนวน 4 ชุด สำหรับรองรับถังอบ นอกจากนี้ส่วนฐานยังออกแบบให้รองรับท่อลมวนกลับในตัว ทำให้ได้เครื่องอบลดความชื้นที่มีขนาดกะทัดรัด

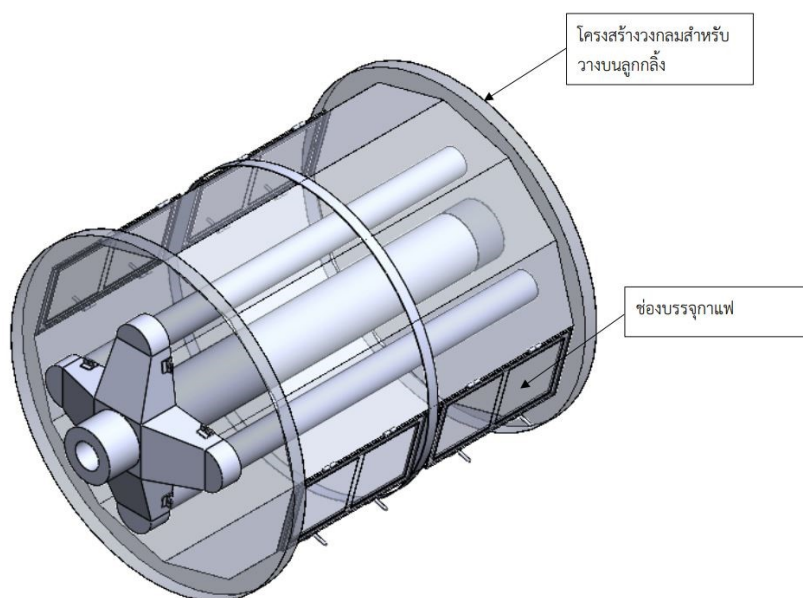


Figure 1 The structure of drying tank

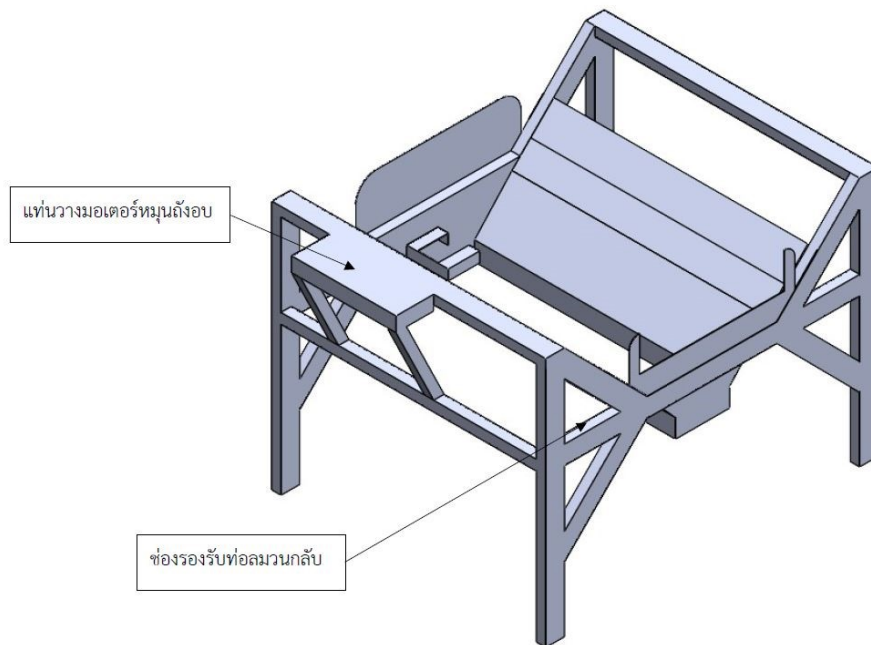


Figure 2 The structure of drying tank support

2.1.2 ระบบขับเคลื่อนถังอบ ประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 1 แรงม้า เป็นต้นกำลังในการหมุนถังอบ ส่งกำลังผ่านชุดเกียร์ทด อัตรา 1 : 60 เพื่อใช้ในการหมุนถังอบ ระบบควบคุมการหมุน ประกอบด้วยเครื่องตั้งเวลา จำนวน 2 ตัว ตัวแรกทำหน้าที่ควบคุมเวลาในการหมุน ตัวที่ 2 ทำหน้าที่ควบคุมเวลาในการหยุดหมุน โดยในการอบจะทำการหมุนถึงสลับกับการหยุด เพื่อลดการสึกหรอของชุดขับเคลื่อนการหมุน และช่วยคลุกเคล้ากาแฟให้ได้รับลมร้อนที่สม่ำเสมอทั่วทั้งถังอบ

2.2 ชุดพัดลมและระบบท่อลม

2.2.1 ชุดพัดลม เป็นพัดลมแบบหมุนเหวี่ยง ขับด้วยมอเตอร์ ขนาด ½ แรงม้า ให้ปริมาณลม 12.5 ลูกบาศก์เมตร/นาที ที่แรงดัน 55 มิลลิเมตรน้ำ ควบคุมด้วยสวิทช์ปิด-เปิด

2.2.2 ระบบท่อลม ประกอบด้วย ท่อลมเข้า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.5 เซนติเมตร จำนวน 4 ท่อ กระจายตัวรอบแกนกลางของถังอบในแนวรัศมี และท่อลมออก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร วางตัวในแนวแกนกลางของถังอบ (Figure 3) การวางท่อรูปแบบนี้ จะทำให้ทิศทางการไหลของลมร้อนจะทำให้ลมร้อนไหลจากรอบๆ ถังอบเข้าหาแกนกลาง ซึ่งจะช่วยให้อุณหภูมิสม่ำเสมอทั่วถังอบ นอกจากนี้ยังมีท่อนกลับที่จะสามารถนำลมร้อนกลับมาใช้ใหม่ได้ เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิง ในช่วงที่กาแฟมีความชื้นต่ำ

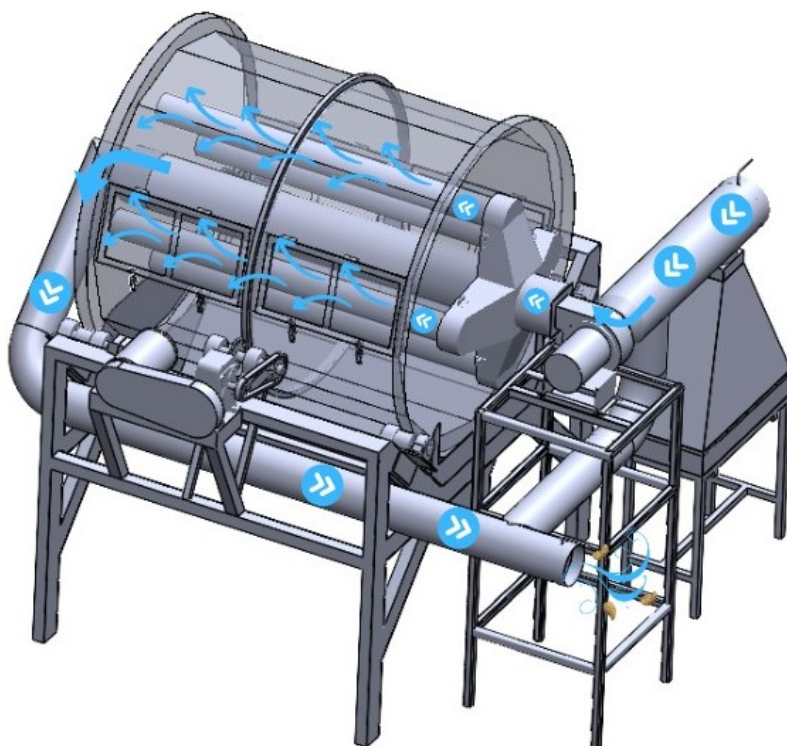


Figure 3 The direction of hot air flow

2.3 ระบบควบคุมอุณหภูมิและการให้ความร้อน

2.3.1 ชุดควบคุมอุณหภูมิการอบ ประกอบด้วย เครื่องควบคุมอุณหภูมิสามารถตั้งอุณหภูมิการอบได้ หัวเซนเซอร์วัดอุณหภูมิเป็นแบบเทอร์โมคัปเปิ้ล ไทป์ K โดยระบบควบคุมจะสั่งจ่ายแก๊สและจุดไฟเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ และจะหยุดจ่ายแก๊สเมื่อถึงอุณหภูมิที่ตั้งไว้

2.3.2 ชุดให้ความร้อน เป็นแบบหัวพ่นไฟ ใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนจุดไฟด้วยหัวสปาร์กไฟฟ้า ซึ่งจะมีเซนเซอร์ตรวจสอบการติดไฟ หากไฟดับระหว่างการอบหรือจุดไฟไม่ติดระบบจะสั่งตัดการจ่ายแก๊สและมีเสียงแจ้งเตือนเพื่อความปลอดภัย

2.4 ดำเนินการสร้างเครื่องอบลดความชื้นต้นแบบ (Figure 4) ตามที่ได้ออกแบบไว้ในแต่ละส่วน แล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบในห้องปฏิบัติการ ทำการปรับปรุงแก้ไขให้พร้อมทำการทดสอบเก็บข้อมูลการอบลดความชื้น

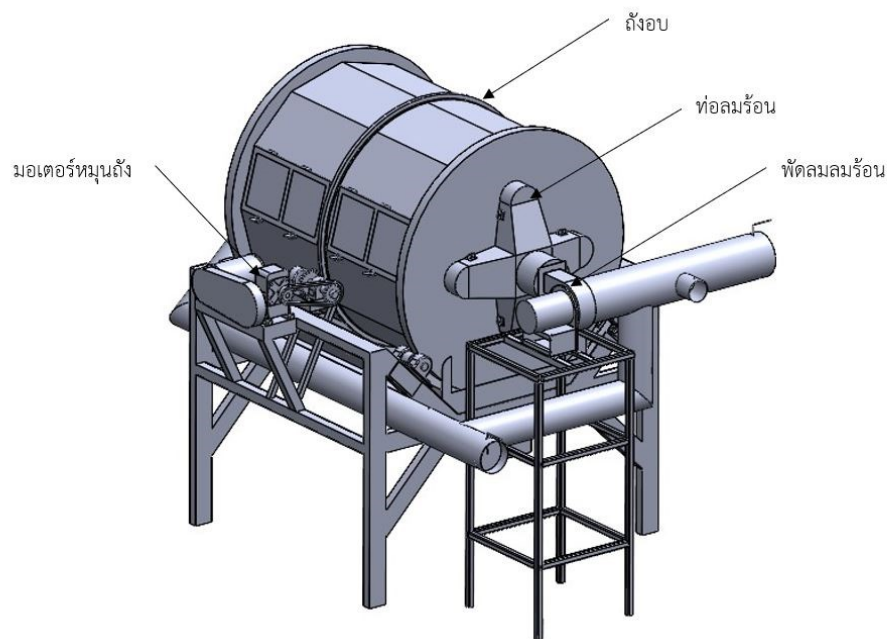


Figure 4 The Prototype of Robusta coffee Dryer

3. การทดสอบเครื่องต้นแบบอบแห้งกับกาแฟโรบัสตา

การทดสอบเครื่องอบลดความชื้นผลกาแฟเชอร์รี่ด้วยวิธีแห้ง บรรจุผลกาแฟจนท่วมท่อลมออกที่วางตัวอยู่ในแนวกึ่งกลางถังอบเป็นอย่างน้อยแต่ไม่เต็มถังอบ (Figure 5) โดยจะเติมผลกาแฟในถังอบให้ได้ประมาณ 3 ใน 4 ส่วนของถัง เพื่อให้มีการเคลื่อนที่คลุกเคล้าขณะทำการหมุนถัง เป็นการกลับผลกาแฟให้ได้รับความร้อนสม่ำเสมอทั่วถังอบ แต่ละครึ่งใช้กาแฟเชอร์รี่ประมาณ 450 กิโลกรัม ในขณะที่ทำการอบลดความชื้น เก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมบริเวณท่อลมออก (Figure 6) เพื่อเก็บเป็นข้อมูลการทำงานของเครื่องอบ

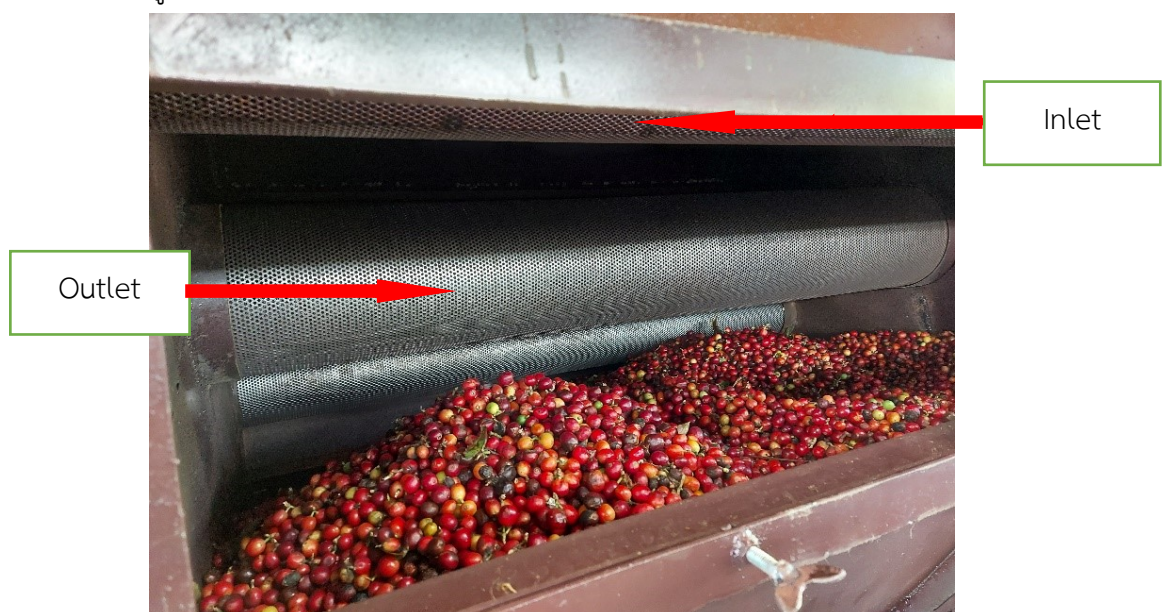


Figure 5 Cherry coffee beans in the dryer tank



Figure 6 record data Temperature, Humidity and air flow rate

เมื่อทำการอบผลกาแฟได้ประมาณ 12 ชั่วโมง พบว่า กาแฟเกิดการยุบตัวลง จนทำให้ท่อลมออกที่ต้องมีกาแฟท่วมท้นขึ้นมาอยู่เหนือกาแฟ (Figure 7) ส่งผลให้ประสิทธิภาพการอบลดลง เมื่อกาแฟยุบตัวต่ำกว่าท่อลมออก จะทำให้ลมร้อนที่เป่าเข้าไปเพื่อลดความชื้นผลกาแฟไหลออกทางท่อลมออกอย่างรวดเร็ว หากยังทำการอบต่อในสภาวะนี้ จะทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอบต่ำลง จึงจำเป็นต้องถ่ายกาแฟออกจากเครื่องอบออกมาพักภายนอก และบรรจุผลกาแฟชุดต่อไปเข้าเครื่องอบลดความชื้นต่อไป

การลดความชื้นผลกาแฟ พบว่า ผลกาแฟก่อนอบมีความชื้นประมาณ 57.7%มาตรฐานเปียก หลังอบ 12 ชั่วโมง ความชื้นเหลือประมาณ 36.6%มาตรฐานเปียก ในกรณีที่ให้มีผลผลิตกาแฟเข้ามาพร้อมกันจำนวนมาก ผนวกกับในช่วงฤดูฝนที่มีฝนตกชุก มีความชื้นสูง เครื่องอบสามารถลดความชื้นในผลกาแฟได้อย่างรวดเร็ว ต่างกับการลดความชื้นด้วยการตากแดด หรือใช้โรงตากแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะสามารถลดความชื้นได้เมื่อสภาพอากาศเหมาะสมเท่านั้น นอกจากนี้กาแฟที่ผ่านการอบลดความชื้นแล้ว สามารถนำไปลดความชื้นด้วยวิธีอื่นๆ จนถึงความชื้นเก็บรักษาได้หากสภาพอากาศเอื้ออำนวย



Figure 7 The cherry coffee beans after drying

4. ทดสอบการทำงานร่วมกับเกษตรกร

การทดสอบเครื่องอบลดความชื้นกาแฟร่วมกับผู้ประกอบการผลิตสารกาแฟ พบว่า ผลกาแฟเชอร์รี่เมื่อความชื้นลดลงเปลือกกับเมล็ดจะแยกออกจากกัน ทำให้แม้วัดความชื้นที่เปลือกได้ต่ำกว่า 12% มาตรฐานเปียกแล้ว แต่ความชื้นภายในเมล็ดกาแฟที่สูงกว่าจะค่อยๆ ถ่ายเทความชื้นออกมาที่เปลือกกาแฟ จึงต้องพักการอบเพื่อให้เมล็ดกาแฟถ่ายเทอุณหภูมิและความชื้นออกมาที่เปลือก ในการทดสอบทำการอบลดความชื้นผลกาแฟเฉพาะเวลากลางวัน 12 ชั่วโมง และหยุดพักในเวลากลางคืน 12 ชั่วโมง เพื่อให้กาแฟถ่ายเทความชื้นจากภายในเมล็ดออกมาภายนอกเมล็ด โดยใช้อุณหภูมิการอบ 2 อุณหภูมิ คือ เริ่มต้นการอบด้วยอุณหภูมิร้อน 55 องศาเซลเซียส ในขณะที่ผลกาแฟมีความชื้นสูง และใช้อุณหภูมิการอบ 45 องศาเซลเซียส เมื่อผลกาแฟมีความชื้นต่ำ โดยอุณหภูมิกาแฟเชอร์รี่ต้องไม่เกิน 45 องศาเซลเซียส จากการเก็บข้อมูลความชื้น และอุณหภูมิกาแฟ ทุก 4 ชั่วโมง พบว่า การอบเมล็ดกาแฟ 12 ชั่วโมง ความชื้นอยู่ที่ 28.4%มาตรฐานเปียก เมื่อทำการอบต่อในวันที่ 2 เวลาการอบรวม 24 ชั่วโมง (ชั่วโมงที่ 36) ความชื้นของเมล็ดกาแฟอยู่ที่ 20.4%มาตรฐานเปียก เมื่ออบต่อในวันที่ 3 ใช้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ต่อไปอีก 12 ชั่วโมง ความชื้นของกาแฟอยู่ที่ 14.1%มาตรฐานเปียก (Figure 8) อุณหภูมิกาแฟเชอร์รี่เฉลี่ย 33.15 องศาเซลเซียส เมื่ออบมาถึงความชื้นระดับนี้ ตัวเมล็ดกาแฟกับเปลือกจะแยกออกจากกัน มีช่องว่างระหว่างเปลือกกับเมล็ด ทำให้แม้อบจนเปลือกแห้ง แต่เมล็ดกาแฟที่อยู่ภายในยังมีความชื้นที่สูงกว่า การจะลดความชื้นให้ถึง 12%มาตรฐานเปียก จึงต้องใช้อุณหภูมิต่ำและใช้เวลานาน นำเมล็ดกาแฟออกจากเครื่องอบไปตากแดดเพื่อประหยัดค่าเชื้อเพลิง นำไปตากแดดต่อเพียง 1-2 วัน ความชื้นของเมล็ดกาแฟจะลดลงจนถึง 12%มาตรฐานเปียก ซึ่งเป็นความชื้นที่เหมาะสมแก่การเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ

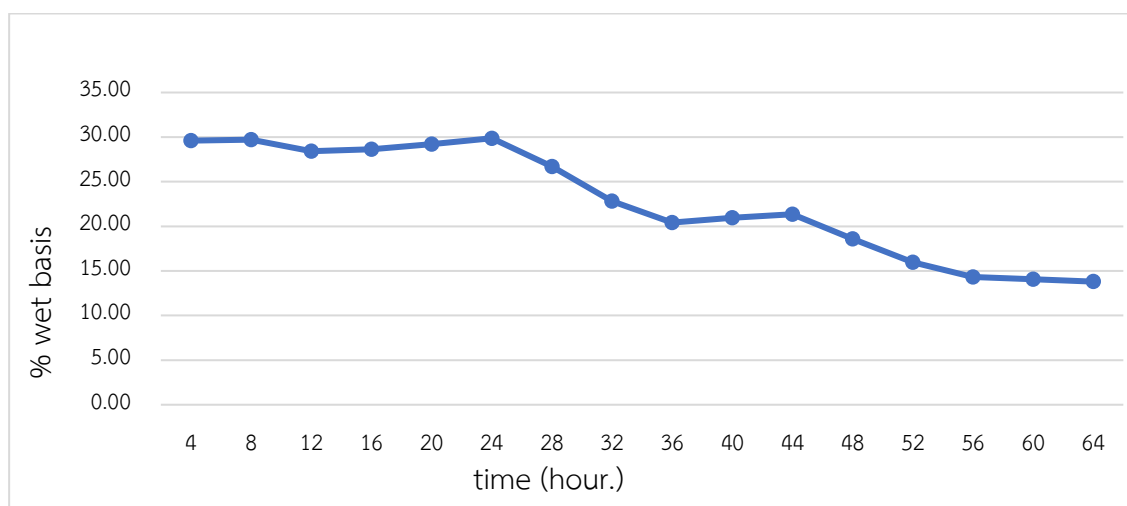


Figure 8 Line graph showing the moisture content

5. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

จุดคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ ในกรณีที่เกษตรกรลงทุนสร้างเครื่องอบ ราคา 150,000 บาท อายุการใช้งาน 10 ปี เพื่ออบลดความชื้นกาแฟ หากคิดค่าอบกาแฟเชอรี่ราคา 3 บาท/กิโลกรัม ค่าที่กำหนดสำหรับใช้ในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องอบกาแฟ ประกอบด้วย

- ราคาแรกซื้อ, P	150,000	บาท
- ราคาซาก, S (10%ของ P)	15,000	บาท
- อายุการใช้งาน, L	10	ปี
- อัตราดอกเบี้ย, i	10	เปอร์เซ็นต์ต่อปี
- ค่าบำรุงรักษา (คิดประมาณ 5% ของราคาเครื่องต่อ 100 ชั่วโมง)	15	บาท/ครั้ง
- ค่าไฟฟ้า (ใช้ไฟฟ้า 0.5 หน่วย/ชั่วโมง หน่วยละ 4 บาท ใช้เครื่องอบ 12 ชม./วัน)	24	บาท/ครั้ง
- ค่าเชื้อเพลิง (แก๊สหุงต้ม ถึง 15 กก. 400 บาท ใช้เชื้อเพลิง 0.5 กก./ชั่วโมง ใช้เครื่องอบ 12 ชั่วโมง/ครั้ง)	160	บาท/ครั้ง
- ค่าแรง (คนงาน 2 คน ค่าจ้าง 300 บาท/วัน)	600	บาท/ครั้ง
- ผลผลิตต่อปี	A	กก./ปี

ต้นทุนการใช้งานเครื่องอบ คำนวณจากค่าที่เกี่ยวข้องดังนี้

ราคาเครื่องอบ	150,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา, D	13,500	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	8,250	บาท/ปี
รวมต้นทุนคงที่	21,750	บาท/ปี

ค่าต้นทุนผันแปร ในการอบ 1 ครั้ง (450 กก.):

ค่าบำรุงรักษา (15 บาท / 450 กก.)	0.0333	บาท/กก.
ค่าไฟฟ้า (24 บาท / 450 กก.)	0.0533	บาท/กก.
ค่าเชื้อเพลิง (160 บาท / 450 กก.)	0.3556	บาท/กก.
ค่าแรงงาน (600 บาท / 450 กก.)	1.3333	บาท/กก.
รวมค่าต้นทุนผันแปร	1.7755	บาท/กก.

ความสัมพันธ์ของต้นทุนการใช้งานเครื่องอบต่อปริมาณผลผลิต A กิโลกรัม/ปี สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนการใช้งานเครื่องอบ (บาท/กก.)} &= \text{ต้นทุนคงที่} + \text{ต้นทุนผันแปร} \\ &= (21,750/A) + 1.7755 \text{ บาท/กิโลกรัม}\end{aligned}$$

จุดที่คุ้มทุนของการใช้งานเครื่องอบ หากต้องการกำหนดต้นทุนการอบที่ราคา 3 บาท/กิโลกรัม สามารถคำนวณได้เมื่อต้นทุนในการใช้งาน ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ต้นทุนในการใช้งานเครื่องอบ} &= \text{ราคาค่าอบ} \\ (21,750/A) + 1.7755 &= 3 \text{ บาท/กก.} \\ A &= 17,762.35 \text{ กิโลกรัม/ปี}\end{aligned}$$

ดังนั้น การใช้งานเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาโดยใช้หลักการลมร้อนมีจุดคุ้มทุนที่ 17,762.35 กิโลกรัม/ปี เมื่อใช้งานอย่างน้อยเป็นระยะเวลา 10 ปี แต่เนื่องจากกาแฟโรบัสตามีช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนตุลาคม - ธันวาคม หรือประมาณ 90 วัน และเครื่องอบลดความชื้นสามารถอบเมล็ดกาแฟเชอร์รี่ได้ครั้งละ 450 กิโลกรัม ใช้เวลาในการอบ 3 วัน ในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยว 90 วัน เครื่องอบจะอบกาแฟได้ 13,500 กิโลกรัม/ปี

$$90 \text{ วัน} / 3 \text{ วัน/ครั้ง} \times 450 \text{ กิโลกรัม/ครั้ง} = 13,500 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

เมื่อคำนวณปริมาณที่จะอบกาแฟได้จริง หากใช้เวลาอบ 3 วัน จะอบกาแฟได้น้อยกว่าปริมาณการอบกาแฟต่อปีที่จุดคุ้มทุน 10 ปี ในกรณีนี้ หากใช้การทำแห้งแบบผสมผสาน โดยการใช้เครื่องอบอบเมล็ดกาแฟเพียง 2 วัน แล้วนำกาแฟไปตากแห้งต่ออีก 2-3 วัน เมล็ดกาแฟก็จะถึงความชื้นที่เหมาะสมในการเก็บรักษา คำนวณความสามารถในการอบกาแฟ

$$90 \text{ วัน} / 2 \text{ วัน/ครั้ง} \times 450 \text{ กิโลกรัม/ครั้ง} = 20,250 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

เมื่อใช้เครื่องอบลดความชื้นกาแฟผสมผสานรวมกับการตากแห้ง จะทำให้สามารถอบกาแฟต่อปีได้มากกว่า ปริมาณการอบกาแฟที่ถึงจุดคุ้มทุนที่ 10 ปี การใช้เครื่องอบผสมผสานรวมกับการตากนอกจากจะทำให้ถึงจุดคุ้มทุนเร็วขึ้นแล้ว ยังสามารถลดต้นทุนของเชื้อเพลิงในการอบลงได้ด้วย นอกจากนี้ ในช่วงที่ไม่มีผลผลิตกาแฟ เครื่องอบลดความชื้นยังสามารถนำไปใช้งานในการอบลดความชื้นสินค้าเกษตรอื่น ๆ ได้อีกด้วย เช่น หมาก ถั่วลิสง ฯลฯ จะยิ่งทำให้ถึงจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องอบลดความชื้นเร็วยิ่งขึ้น

สรุปผลการทดลอง

เครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาแบ่งส่วนประกอบของเครื่องหลักๆ ได้ 3 ส่วน คือ 1) ชุดถังอบและระบบขับเคลื่อนถังอบ เป็นถังอบทรงกระบอกแนวนอน เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร ขนาดบรรจุกาแฟเชอร์รี่ประมาณ 450 กิโลกรัม/ครั้ง มีระบบควบคุมการหมุนถังเพื่อช่วยกลับเมล็ดกาแฟ 2) ชุดพัดลมและระบบท่อลม พัดลมเป่าลมร้อนเข้าไปอบแห้งเมล็ดกาแฟ และมีท่อลม

นำลมร้อนมาใช้เมื่อเมล็ดกาแฟมีความชื้นต่ำเพื่อลดการใช้พลังงาน 3) ระบบควบคุมอุณหภูมิและการให้ความร้อน ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิการอบให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ และมีระบบตัดแก๊สและสัญญาณเตือน เมื่อหัวเผาให้ความร้อนจุดไฟไม่ติดเพื่อป้องกันอันตราย ใช้อุณหภูมิในการอบเริ่มต้น 60 องศาเซลเซียส สามารถอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟเชอรี่จากความชื้นเริ่มต้น 57.7%มาตรฐานเปียก ให้เหลือ 36.6%มาตรฐานเปียก ได้ในเวลา 12 ชั่วโมง และใช้แก๊สหุงต้มในการให้ความร้อนอบลดความชื้น 0.54 กิโลกรัม/ชั่วโมง โดยในการใช้งานเครื่องอบลดความชื้นนั้น สามารถใช้ผสมผสานกับการลดความชื้นด้วยการตากแห้ง หรือโรงอบพลังงานแสงอาทิตย์ได้ คือ ในช่วงที่มีผลผลิตเข้ามาเป็นจำนวนมากพร้อมๆ กัน ก็ใช้เครื่องอบเพื่อลดความชื้นผลผลิตกาแฟให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาสั้นๆ ก่อน แล้วค่อยไปลดความชื้นด้วยโรงตากได้ เป็นการลดความเสียหายของผลผลิต และควบคุมต้นทุนในการลดความชื้นไม่ให้สูงเกินไป หรือหากกรณีที่มีฝนตกการลดความชื้นแบบอื่นๆ ไม่สามารถทำได้ เครื่องอบลดความชื้นก็จะเป็นตัวช่วยที่ดีในการอบลดความชื้นเมล็ดกาแฟ

การนำไปใช้ประโยชน์

1. นำเครื่องอบลดความชื้นไปจัดแสดงในงาน field day และนำไปสาธิตการใช้งานให้กับกลุ่มเกษตรกร หรือผู้ประกอบการที่สนใจ
2. ผู้ผลิตกาแฟ โรงคั่วกาแฟวังทองคอฟฟี่ ผู้ผลิตเมล็ดกาแฟและกาแฟคั่วบด ต.ปากทรง อ.พะโต๊ะ จ.ชุมพร ได้ร่วมทดสอบเครื่องอบลดความชื้นกาแฟ และมีความสนใจจะจัดหาเครื่องอบไปใช้
3. บริษัท ดีจีเอ็มเอ็นจีเนียร์ จำกัด สนใจขอแบบเครื่องอบลดความชื้นไปผลิตและพัฒนา ตามหนังสือลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2566

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี ที่ช่วยทดสอบและเก็บข้อมูลการทดลอง เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่นที่ช่วยเหลือในการสร้างและทดสอบต้นแบบ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพรที่ช่วยเหลือเรื่องข้อมูลและเมล็ดกาแฟที่ใช้ในการทดสอบ เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุราษฎร์ธานีที่เอื้อเฟื้อเครื่องมือต่างๆ ในการทดสอบ นอกจากนี้ ขอขอบคุณเกษตรกร เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ที่ช่วยเหลือในการทดสอบและเก็บข้อมูล ยังมีเจ้าหน้าที่และหน่วยงานต่างๆ ที่ไม่ได้เอ่ยนาม ที่ได้เอื้อเฟื้อทั้งข้อมูล และให้คำแนะนำต่างๆ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2547. กาแฟ. เอกสารวิชาการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 80 หน้า.
- เวียง อากรชี พิมล วุฒิสินธ์ และสุภัทร หนูสวัสดิ์. 2542. การพัฒนาเครื่องอบลดความชื้นกาแฟโรบัสตาแบบถังกลมทรงกระบอกหมุนในแนวนอน. เอกสารรายงานผลการวิจัยฉบับเต็ม, กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว, สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม. กรมวิชาการเกษตร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2566. การผลิตกาแฟ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งข้อมูล: <https://mis-app.oae.go.th/product/กาแฟ>. สืบค้น: 3 มิถุนายน 2566.
- Wintgens. 2004. *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. A Guidebook for Growers, Processors, Traders and Researchers*. WILEY-VCH Verlag GmbH & KGaA Weinheim. 656 p.