การออกแบบเครื่องอบไล่ความชื้นแบบถังหมุน
Design of a Rotary Dehumidifier

วราพร นาชัยสินธุ์[1] ศิริลักษณ์ นิยมศิลป์[1] ปฏิภาณ เกิดลาภ[1]* และสุชัย พงษ์พากเพียร[1]
Waraporn Nachaisin[1], Siriluck Niyomsin[1], Patiphan Kerdlap[1] and Suchai Pongpakpian[1]
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]School of Engineering, Eastern Asia University
*Corresponding author: patiphan@eau.ac.th
Received: February 23, 2023
Revised: May 2, 2023
Accepted: May 9, 2023

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นแบบถังหมุน มีขนาดกว้าง 0.50 เมตร ยาว 1.50 เมตร สูง 1.0 เมตร ส่วนขับเคลื่อนใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.5 แรงม้า ส่วนระบบให้ความร้อนใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรดขนาด 2,500 W สามารถปรับอุณหภูมิได้ตามต้องการ รวมทั้งติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิภายในถังหมุน การทดสอบการทำงานของเครื่องอบไล่ความชื้นแบบถังหมุน พบว่า ขณะทดสอบอบรำข้าวใช้เวลา 30 นาที กรณีไม่มีโหลดค่าใช้จ่ายที่ใช้ต่อ 1 รอบการผลิต คือ 4.20 บาท เมื่อมีโหลด 10 กิโลกรัม ค่าใช้จ่ายที่ใช้ต่อ 1 รอบการผลิต คือ 4.30 บาท การทดสอบอบไล่ความชื้นที่น้ำหนัก 10 กิโลกรัม ใช้เวลาทดสอบ 30 นาที เปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนอบวัดได้ 13.8 เมื่อครบกำหนดเวลานำรำข้าวที่ผ่านการอบมาชั่งน้ำหนักได้ 9.8 kg เปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังอบได้ 5.0 ซึ่งผลการอบรำข้าวในเบื้องต้นสามารถทำให้รำข้าวลดความชื้นได้

คำสำคัญ: เครื่องอบไล่ความชื้นถังหมุน อบรำข้าว ประสิทธิภาพทางไฟฟ้า

Abstract

The purpose of this article is to design of a rotary dehumidifier. It had a width of 0.50 meters, a length of 1.50 meters, a height of 1.0 meters. The drive part used an electric motor of 0.5 horsepower, and the heating system uses a 2,500 W infrared heater that can adjust the temperature accordingly. Including installed humidity and temperature sensors inside the rotary dehumidifier. Measuring the electrical efficiency found that while no-load per 30-minute production cycle, the cost per 1 production cycle was 4.20 baht when there was a load of 10 kilograms per 30-minute production cycle. The cost used per 1 production cycle is 4.30 baht. The weight of 10 kg was tested for 30 minutes. The moisture percentage before drying was measured at 13.8. At the end of the time, the dried rice bran weighed 9.8 kg. The moisture percentage after drying was 5.0. Make rice bran reduce moisture.

Keywords: Rotary dehumidifier, Rice bran drying, Electrical performance

บทนำ

รำข้าวเป็นเยื่อหุ้มของผิวข้าวเกิดจากกระบวนการขัดสี รำข้าวประกอบด้วยเส้นใย แร่ธาตุ ไขมันและสารอาหารที่มีคุณค่า เช่น โทคอล (โทโคเฟอรอลและ โทโคไทรอีนอล) ไฟโตสเตลรอลและแกมมา-โอไรซานอล เป็นสารอาหารที่มีคุณค่าดีต่อสุขภาพ ช่วยลดอนุมูลอิสระและคอเลสเตอรอลในร่างกาย ลดการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ที่เกิดจากอนุมูลอิสระ ผลพลอยได้จากการสีข้าว คือปลายข้าว และรำละเอียด แต่รำละเอียดมีไขมันเป็นส่วนประกอบอยู่ในระดับค่อนข้างสูงมาก และเป็นไขมันที่หืนได้ง่ายในภาวะที่อากาศร้อนและมีความชื้นในอากาศสูง รวมทั้งมีการถ่ายเทอากาศไม่ดี เช่น สภาวะการเก็บรำละเอียดในกระสอบป่านธรรมดา รำละเอียดจะเริ่มหืนเมื่อเก็บไว้ 30-40 วัน และไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ประโยชน์

การนำรำข้าวมาใช้ประโยชน์และการเก็บรำข้าวไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน ๆ จะส่งผลให้รำข้าวเกิดกลิ่นหืน (rancidity) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไขมัน สามารถป้องกันได้โดยใช้ความร้อนเพื่อยับยั้งเอนไซม์และปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดจากเอนไซม์ไลเพส หากไม่คงสภาพหรือยับยั้งเอนไซม์ก่อนไขมันจะถูกไฮโดรไลซ์และส่งผลให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ลดลง ดังนั้นวิธีการคงสภาพรำข้าวส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นการทำลายเอนไซม์ในรำข้าวที่ขัดสีเสร็จใหม่ ๆ เพื่อรักษาองค์ประกอบกรดไขมันและปริมาณสารสำคัญ ปัจจุบันกระแสความต้องการอาหารอินทรีย์เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้น้ำมันรำข้าวที่สกัดแบบไม่ใช้สารเคมีและใช้ความร้อนต่ำหรือที่เรียกกันว่า การบีบเย็น (cold pressed process) ได้รับความนิยมและเป็นที่ต้องการของตลาดอาหารเป็นอย่างสูง และแม้ว่าการสกัดแบบบีบเย็นจะได้ปริมาณน้ำมันรำข้าวที่ต่ำกว่าการสกัดโดยใช้สารเคมี แต่น้ำมันรำข้าวที่ได้จะมีส่วนประกอบของสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากกว่า

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นสำหรับอบรำข้าวเพื่อนำรำข้าวที่ผ่านการอบลดความชื้นไปเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำมันรำข้าวแบบสกัดเย็น โดยใช้ความร้อนจากฮีตเตอร์อินฟราเรดเป็นแหล่งจ่ายความร้อนทำให้เกิดลมร้อนกระจายสัมผัสกับวัสดุและตัวถัง จึงทำให้เกิดการอบแห้งของวัสดุ เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอบแห้งสามารถลดความชื้นได้อย่างรวดเร็วและมีความสม่ำเสมอ (Laohavanich, Raksacharoen, Wiset, Sangchote & Khewkhom, 2019) สำหรับอบไล่ความชื้นในถังหมุนอบแห้งแบบแนวนอนเพื่อให้รำข้าวคลุกเคล้าและลดความชื้นของรำข้าวให้เหมาะสม สำหรับการเข้าสู่กระบวนการสกัดแบบเย็นเพื่อให้ได้น้ำมันรำข้าวและนำไปพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นแบบถังหมุน

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

รำข้าว คือส่วนของผิวหรือเยื่อหุ้มเนื้อเมล็ดข้าว เป็นส่วนที่ถูกขัดสีออกจากเมล็ดข้าว ได้มาจากกระบวนการสีข้าว โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รำหยาบ ซึ่งได้จากการขัดผิวเมล็ดข้าวกล้อง และรำละเอียด ได้จากการขัดขาวและขัดมัน มีกลิ่นหอม รสหวาน มัน อร่อย กินง่าย ผสมกับเครื่องดื่มได้ทุกชนิด ผสมข้าวต้ม โจ๊ก ข้าวผัด หรือข้าวสวยพร้อมกินกับกับข้าวอื่น ๆ ก็ได้ ด้านสารอาหารมีวิตามินอีหลายตัว ทำหน้าที่ต้านรังสี UV จากแสงแดด ช่วยเก็บน้ำไว้ใต้เซลล์ผิวหนัง ทำให้ผิวยืดหยุ่นเรียบเนียน ลดริ้วรอย และกลุ่มวิตามินอี (Gamma-Oryzanol) ที่มีเฉพาะในรำข้าว ทำให้ผิวใสลดคอเลสเตอรอล เพิ่มไขมันดีในกระแสเลือด เสริมสร้างการทำงานของระบบเลือด มีฮอร์โมนเมลาโทนินช่วยในการนอนหลับ และผ่อนคลาย อุดมด้วยกรดไขมันดีที่จำเป็นต่อร่างกาย ทั้งกรด Omega-9 Omega-6 Omega-3 (Seanasing, 2019)

รำสกัดน้ำมัน ได้จากการนำเอารำละเอียดไปสกัดเอาไขมันออกโดยวิธีการทางเคมี กากรำหรือรำสกัดน้ำมันจึงมีไขมันน้อยมาก ทำให้สามารถเก็บได้นานขึ้นอีกทั้งตัดปัญหาเรื่องสารพิษจากยาฆ่าแมลงด้วย รำสกัดน้ำมันสามารถใช้ทดแทนรำละเอียดได้เป็นอย่างดี แต่จะต้องระวังเรื่องระดับพลังงานของอาหารที่ผสมด้วย ทั้งรำละเอียดและรำสกัดน้ำมันมีเยื่อใยเป็นส่วนประกอบในระดับสูง จึงมีลักษณะฟ่าม (น้ำหนักน้อยแต่มีปริมาตรมาก) การใช้รำละเอียดและรำสกัดในปริมาณสูงในสูตรอาหารจะมีผลทำให้อาหารผสมมีลักษณะฟ่ามตามไปด้วย สัตว์กินอาหารได้น้อย และมีอัตราการเจริญเติบโตลดลง ไม่ควรใช้รำละเอียดหรือรำสกัดน้ำมันเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันมีการนำรำข้าวมาสกัดเป็นน้ำมันรำข้าว (rice bran oil) เนื่องจากเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดีและได้รับความสนใจอุดมไปด้วยกรดไขมันที่สมดุล และสารต้านอนุมูลอิสระเมื่อเทียบกับน้ำมันบริโภคอื่น ๆ เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น แกมมาโอไรซานอล (gamma oryzanol; γ-oryzanol) และกลุ่มของวิตามินอีได้แก่โทโคฟีรอล (tocopherol) โทโคไทรอีนอล (tocotrienol) และมีไฟโตสเตอรอล (phytosterol) โดยเฉพาะแกมมา-โอไรซานอลที่เป็น สารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพ (Van et al., 2006)

รำข้าวและน้ำมันรำข้าวช่วยควบคุมไขมันและคอเลสเตอรอลในเลือด ผลเกิดจากสารสำคัญหลายตัว ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เส้นใย และกรดไขมันที่ดี ช่วยลดการเกิดไขมันสะสมในหลอดเลือด ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลชนิดไม่ดี จึงสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะไขมันอุดตัน หรือโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันได้ ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด มีงานวิจัยที่พบว่าสารในรำข้าว ได้แก่ วิตามินอีและสารโอรีซานอล ซึ่งมีผลต่อการดูดซึมและการใช้น้ำตาลของเซลล์ ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดหลังรับประทานอาหารค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยเบาหวาน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทางเดินอาหารและขับถ่าย เนื่องจากในรำข้าว 100 กรัม มีปริมาณใยอาหาร 15 กรัม จึงช่วยลดปัญหาท้องผูก และช่วยลดการดูดซึมไขมันจากอาหาร ส่งผลให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลงได้ (Wititsiri, 2016)

การอบแห้ง (drying) คือ การเอาน้ำออกจากวัสดุที่ต้องการทำให้ปริมาณน้ำในวัสดุนั้นลดลง (ความชื้นลดลง) โดยส่วนใหญ่วัสดุนั้นจะอยู่ในสถานะของแข็ง น้ำที่ระเหยออกจากวัสดุนั้นอาจจะไม่ต้องระเหยที่จุดเดือดแต่ใช้อากาศพัดผ่านวัสดุนั้นเพื่อดึงน้ำออกมา วัสดุจะแห้งได้มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของมันด้วย ในการอบ (Sornpagdee, Tararag, Chaichana & Dussade, 2016) การอบไม่สม่ำเสมอ เช่น ไม่แห้งหรือแห้งเกินไป หรือวัตถุดิบเป็นก้อน จึงเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสนใจ นอกจากนี้ความร้อนแฝงของการระเหยของของเหลวจะมีค่าสูง การอบจึงสิ้นเปลืองพลังงานมาก การจัดการพลังงานความร้อนจึงเป็นปัญหาที่สำคัญ (Amarasinghe, 2009) ดังนั้นวิธีรับความร้อนด้วยการนำความร้อนฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater) มาใช้ในการอบแบบถังหมุนนี้จะมีฮีตเตอร์ซึ่งเป็นตัวกลางให้ความร้อนไหลอยู่ในใบพัดข้างในกลวง ขณะที่ให้ความร้อนจะมีการกวน โดยตัวใบพัดกวนจะทำหน้าที่เป็นพื้นผิวถ่ายเทความร้อน พื้นที่ถ่ายเทความร้อนต่อปริมาตรภาชนะจึงมีค่าสูง ไม่ต้องใช้ลมแรงจึงสามารถระบายอากาศออกได้ง่าย และมีประสิทธิภาพความร้อนสูง

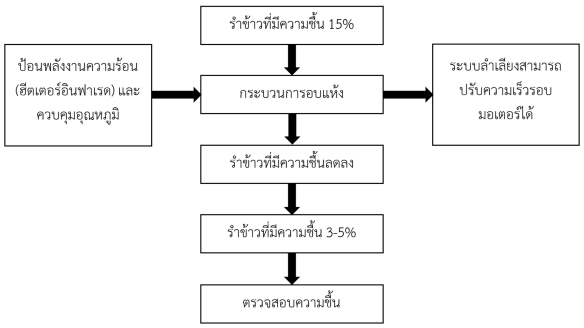
วิธีดำเนินการวิจัย

1. หลักการทำงานของเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าว

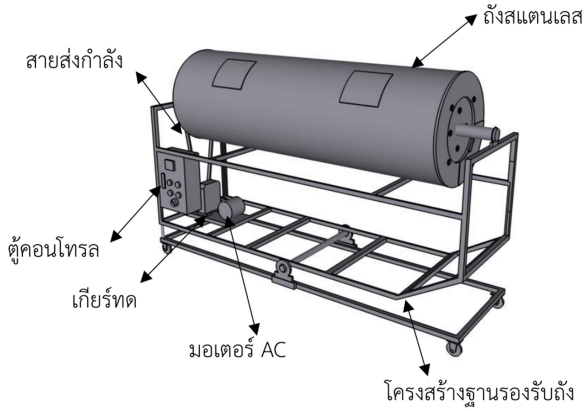
เครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวแบบถังทรงกระบอกหมุนอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด ประกอบด้วยตัวถังทรงกระบอกที่วางราบกับแนวระดับ ขั้นตอนแรกวัตถุดิบจะถูกป้อนเข้าระบบโดยใช้วิธีการป้อนวัตถุดิบที่ช่องป้อนลำเลียงทางด้านข้างถังเพื่ออบแห้งวัตถุดิบโดยถังทรงกระบอกซึ่งระหว่างที่เคลื่อนที่จะถูกอบเพื่อลดความชื้นด้วยอินฟราเรด (Infrared drying) ภายในถังหมุนมีโครงสร้างที่ช่วยคลุกเคล้าวัตถุดิบ ทำให้วัตถุดิบสัมผัสกับความร้อนอย่างสม่ำเสมอทั่วถังหมุน ซึ่งเมื่อผ่านช่วงอบด้วยรังสีอินฟราเรดแล้วก็จะถูกลำเลียงออก หลักการทำงานของเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าว ดังแสดงในภาพ 1

2. การออกแบบเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าว

การออกแบบเครื่องอบไล่ความชื้นและส่วนประกอบหลักของเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพ 2



ภาพ 1 ไดอะแกรมทำงานของเครื่องอบไล่ความชื้น



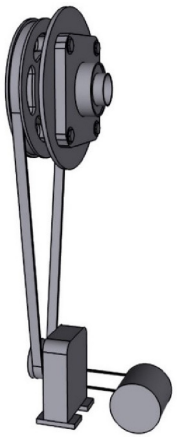
ภาพ 2 ส่วนประกอบเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าว

โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

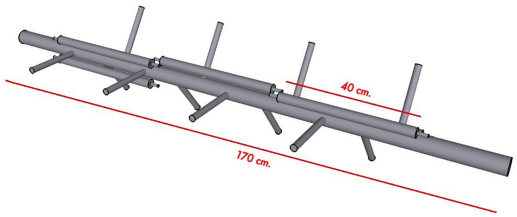
1. ส่วนให้ความร้อน อินฟราเรดฮีตเตอร์ขนาด 500W จำนวน 5 แท่ง ติดตั้งกับเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 cm สามารถปรับตั้งอุณหภูมิในการอบไล่ความชื้นได้ตั้งแต่ 25 °C ถึง 780 °C ดังแสดงในภาพ 3

2. ชุดควบคุมการหมุน ซึ่งประกอบไปด้วยมอเตอร์ 0.5 แรงม้า ชุดสายพานส่งกำลัง และเกียร์ทด เกียร์ทดรอบ CPG แบบ PA-12 อัตรารอบ 1:60 ดังแสดงในภาพ 4

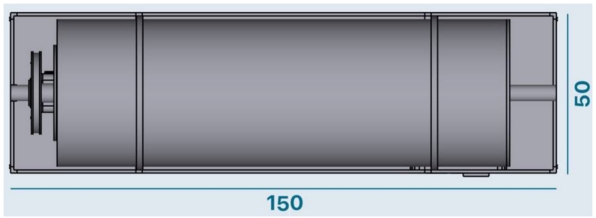
3. ส่วนประกอบของถังหมุน โดยในงานวิจัยเลือกใช้ถังสแตนเลส 304 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร สำหรับใช้เป็นถังหมุนบรรจุวัตถุดิบสำหรับการอบ ดังแสดงในภาพ 5



ภาพ 3 โครงสร้างของเพลาและฮีตเตอร์



ภาพ 4 โครงสร้างชุดควบคุมมอเตอร์



ภาพ 5 ถังสแตนเลส 304

การคำนวณและออกแบบหากำลังมอเตอร์ขับชุดเพลาส่งกำลัง

จากสมการ $\rho = m/V$ (1)

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่น (kg/m^3)

m คือ มวล (kg)

v คือ ปริมาตร (m^3)

คำนวณหาปริมาตรแผ่นสแตนเลส

$V = 2\pi rl \times$ หนา

=2×3.14×25×150×0.12 cm

=2,826 cm^3

จากความหนาแน่น stainless steel304=7.93 g/cm^3

จะ $m = \rho V$

=7.93g/cm^3×2,826 cm^3

=22.49 kg

จากสมการ $P = \frac{2\pi TN}{60}$ (2)

หาแรงบิดในการขับเคลื่อนมอเตอร์ (T)

จากสมการ $T = F \times r$ (3)

โดยที่ F คือ แรงที่ใช้ในการขับเคลื่อน คือ ภาระโหลดรวมที่ตัวเกียร์ต้องรับภาระได้ คิดจากแรงที่ใช้ ในการขับเคลื่อนถังสแตนเลสน้ำหนัก 22.49 kg (น้ำหนักรวมของถังสแตนเลสจากการชั่งประมาณ 23 kg) และคิดจากน้ำหนักรำข้าว 30 kg ดังนั้น การคำนวณแรงบิดจะได้

จากสมการ $F = mg$ (4)

= 53x10

= 530 N

r คือ รัศมีของถัง (0.25 m)

แทนค่าในสมการที่ (3)

T = 530 N x 0.25 m

= 132.5 N.m

นำค่าที่ได้มาแทนในสมการ (2) เพื่อหากำลังมอเตอร์ส่งกำลัง

จะได้ $P = \frac{2\pi TN}{60}$

กำหนดให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ส่งกำลัง 20 rpm ซึ่งได้จากการทดลองรอบการหมุนที่เหมาะสมต่อการคลุกเคล้าของรำข้าว

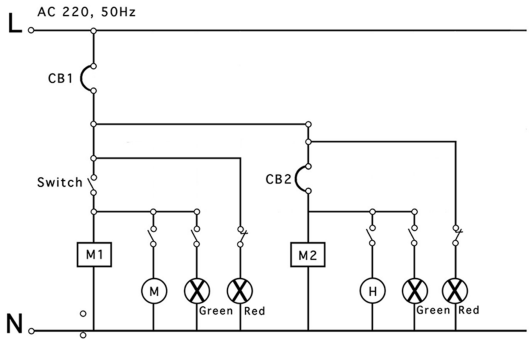
แทนค่า

$$P = \frac{(2 \times 3.14 \times 132.5 \times 20)}{60}$$

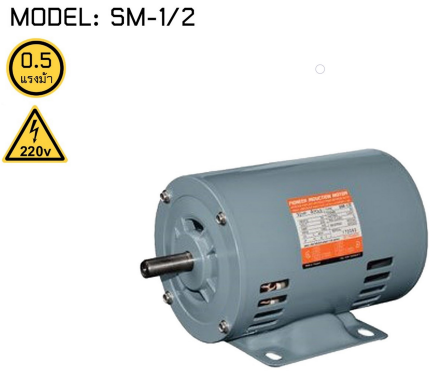
P = 277.37 W

ดังนั้น คิดความเผื่อพิกัดมอเตอร์ 1.25 เท่า จะได้มอเตอร์ 346.71 W ขนาดของมอเตอร์ส่งกำลังเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนถังสแตนเลสเป็นมอเตอร์ 0.5 แรงม้า

4. ระบบควบคุมการทำงานเป็นการออกแบบวงจรไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์อินฟราเรด และควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ดังแสดงในภาพ 6



ภาพ 6 วงจรของระบบควบคุมมอเตอร์และฮีตเตอร์



ภาพ 7 มอเตอร์ AC กระแสสลับ 0.5 แรงม้า

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงาน

1. มอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนเป็น มอเตอร์ AC กระแสสลับ 0.5 แรงม้า 220V 4.8A ความเร็วรอบ 1,450 รอบ/นาที ความเร็วรอบคงที่ ดังแสดงในภาพ 7

2. ฮีตเตอร์ (heater) เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนและส่งความร้อนแบบแผ่รังสีสามารถให้ความร้อนได้ถึงเนื้อในของวัตถุ ขนาด 17 x 300 mm. 220V 500W ดังแสดงในภาพ 8

3. เกียร์ทดรอบ (warm gear reducer) 1:60 เกียร์ทดรอบ CPG แบบ PA-12 อัตรารอบ 1:60 สามารถทดรอบความเร็ว 60 รอบ ให้เหลือ 1 รอบ สำหรับต่อกับมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อทดรอบให้ช้าลงตามอัตราส่วนที่ต้องการ ดังแสดงในภาพ 9

ภาพ 8 ฮีตเตอร์

4. การออกแบบและการสร้างชิ้นงาน

โดยการออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวโดยเลือกใช้ถังสแตนเลสที่สามารถบรรจุรำข้าวได้ 30 kg อุปกรณ์ที่ใช้มีส่วนประกอบหลักคือ ถังสแตนเลส จำนวน 2 ถังขนาดความกว้าง 50 cm ยาว 150 cm โดยเริ่มทำการสร้างโครงสร้างรองรับถังสำหรับการหมุนถังสแตนเลสบรรจุรำข้าว และในการออกแบบสามารถปรับความลาดเอียงของถังได้ ทำให้สะดวกและทำให้รำข้าวที่ผ่านการอบไหลลงภาชนะบรรจุที่รองด้านล่างได้ ดังแสดงในภาพ 10

ภาพ 9 เกียร์ทดรอบ CPG แบบ PA-12

Note. From Gear reducer CPG Model PA-12, by BankQTools Shop, 2022, https://bit.ly/3FW3wGJ

ภาพ 10 โครงสร้างฐานรองรับถังสแตนเลส

การประกอบอุปกรณ์ฮีตเตอร์อินฟราเรดภายในถังหมุน ซึ่งจะยึดติดกับแกนเพลาที่อยู่ในถัง สำหรับสร้างความร้อนในการอบ ดังแสดงในภาพ 11

การประกอบอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์และควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ ภายในตู้ควบคุมการทำงาน ดังแสดงในภาพ 12

การประกอบรวมโครงสร้างเครื่องอบเมื่อประกอบเสร็จแล้ว ดังแสดงในภาพ 13

การวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวแบบถังหมุน

จากการทดสอบโดยการใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า Fluke 43B Power Analyzer ซึ่งแบ่งการทดสอบการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้ดังนี้

1. การหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะไม่มีโหลด โดยการใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า Fluke 43B Power Analyzer ทำให้ทราบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อรอบการผลิต 30 min คือ 2,590 W จะได้

$$\text{ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)} = \frac{2{,}590\ (\text{W}) \times \frac{30}{60}\ (\text{h})}{1{,}000}$$

ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) = 1.295 kWh

ค่าพลังงานไฟฟ้า150หน่วยแรก = 3.2484 บาท

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ต่อ 1 รอบการผลิต = 4.2 บาท

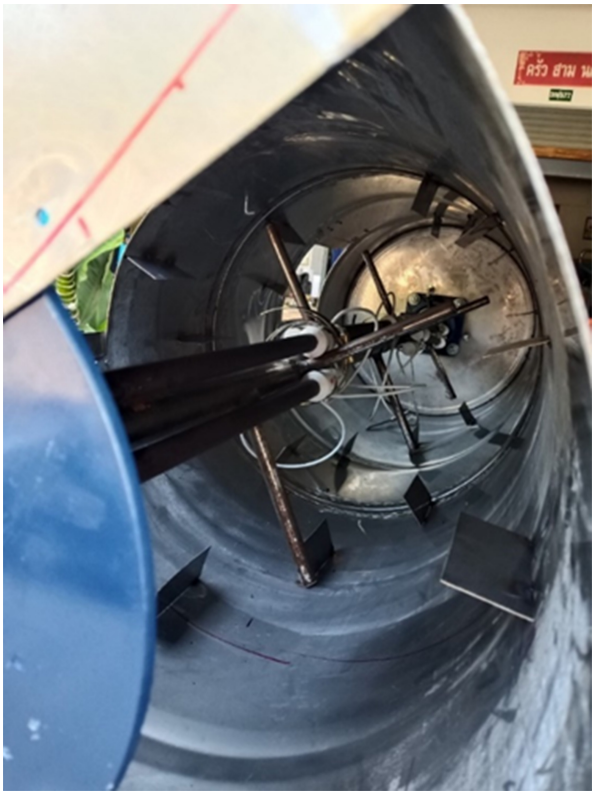
2. การหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขณะอบไล่ความชื้นในเบื้องต้นได้ทำการทดสอบเครื่องอบความชื้นแบบถังหมุนด้วยการนำรำละเอียดจำนวน 10 kg ทำการทดลองเพื่อหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของเครื่องอบ โดยการใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า Fluke 43B Power Analyzer ทำให้ทราบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อรอบการผลิต 30 นาที คือ 2,650 W

$$\text{ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh)} = \frac{2{,}650\ (\text{W}) \times \frac{30}{60}\ (\text{h})}{1{,}000}$$

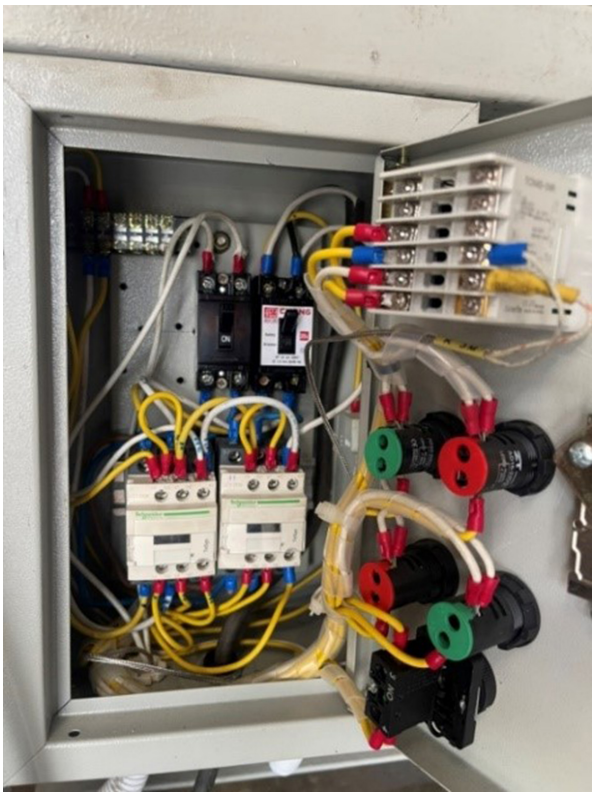
ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) = 1.325 kWh

ค่าพลังงานไฟฟ้า150 หน่วยแรก = 3.2484 บาท

คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ต่อ 1 รอบการผลิต = 4.3 บาท



ภาพ 11 การติดตั้ง Heater



ภาพ 12 โครงสร้างตู้ควบคุมการทำงานฮีตเตอร์และมอเตอร์

ภาพ 13 เครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวแบบถังหมุน

ผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าว ประกอบด้วย ตัวถังสแตนเลสทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 cm ยาว 150 cm สามารถปรับความลาดเอียงได้ ภายในถังติดตั้งแท่งเหล็กสำหรับกวนรำข้าวประกอบอยู่ในตัวถังทรงกระบอกเพื่อช่วยในการผสมกันระหว่างวัตถุดิบกับความร้อน ชุดควบคุมการหมุนประกอบไปด้วยมอเตอร์ 0.5 แรงม้า ชุดสายพานส่งกำลังและเกียร์ทด เกียร์ทดรอบ CPG แบบ PA-12 อัตรารอบ 1:60 ส่วนให้ความร้อน คือ ฮีตเตอร์อินฟราเรด 500 W จำนวน 5 แท่ง สำหรับตู้ควบคุมการทำงาน มีการออกแบบวงจรไฟฟ้าควบคุมการทำงาน ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์อินฟราเรด และควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งทำให้ปรับตั้งอุณหภูมิของฮีตเตอร์อินฟราเรดในการอบได้ และควบคุมการหมุนของมอเตอร์อีกด้วย

ผลการออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวแบบถังหมุนโดยใช้ฮีตเตอร์ในการให้ความร้อน และใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนโดยการทดสอบอบไล่ความชื้นรำข้าวที่น้ำหนัก 10 kg ใช้เวลาทดสอบเบื้องต้น 30 นาที โดยอุณหภูมิเริ่มต้นก่อนการทดลอง 32°C และชั่งน้ำหนักก่อนอบได้ 10 kg สำหรับเปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนอบวัดได้ 13.8 กระแสไฟฟ้ารวมทั้งระบบระหว่างอบไล่ความชื้นคือ 14.8 A แรงดันไฟฟ้าระหว่างอบไล่ความชื้น 224.7 V ทำการอบรำข้าวที่อุณหภูมิ 60 °C เวลา 30 นาที โดยเปอร์เซ็นต์ความชื้นก่อนอบอบ 13.8% และเมื่อครบเวลากำหนด เปอร์เซ็นต์ความชื้นหลังอบอยู่ที่ 5.0 นำรำข้าวที่ผ่านการอบมาชั่งน้ำหนักได้ 9.8 kg ซึ่งผลการอบรำข้าวในเบื้องต้นสามารถทำให้รำข้าวลดความชื้นได้

การอภิปรายผล

การอบแห้ง เป็นหนึ่งในกระบวนการปัจจัยหลักของทุกการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหาร การอบแห้งเป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ความชื้นระหว่างกระบวนการผลิต โดยการควบคุมและกำจัดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ให้ลดลง ซึ่งปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของวัตถุดิบจะสามารถนำไปต่อยอดเพิ่มมูลค่าและพัฒนาเป็นรูปแบบผลิตภัณฑ์ ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Wiroon et al. (2018) ที่ศึกษาการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนแบบถาดหมุนเพื่อใช้ในการผลิตอาหารแห้งเชิงพาณิชย์ ผลการทดสอบพบว่า สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์วัตถุดิบได้มาตรฐานการทำแห้งด้วยลมร้อนและ

มีประสิทธิภาพในการทำเวลาอบแห้งดีกว่าตู้อบลมร้อนแบบถาดทั่วไป โดยเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวแบบถังทรงกระบอกหมุนอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด (Infrared drying) ภายในถังมีโครงสร้างที่ช่วยคลุกเคล้าวัตถุดิบ ทำให้วัตถุดิบสัมผัสกับความร้อนอย่างสม่ำเสมอทั่วกันทั้งถัง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Firmansyah Faturachman and Rossi Indiarto (2021) ที่ได้นำรังสีอินฟราเรดเพื่อลดปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA) ในรำข้าวซึ่งความร้อนอินฟราเรดสามารถควบคุมอุณหภูมิ ความเข้มของรังสี และระยะเวลาที่ใช้ เพื่อรักษาสารอาหารและยืดอายุการเก็บรักษาของรำข้าว ทำให้สามารถใช้เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระ ไฟโตสเตอรอล และกรดโอเลอิก และการทดลองนี้มีการออกแบบโดยใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรด 500 W จำนวน 5 แท่ง สำหรับตู้ควบคุมการทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nes¸e Yılmaz,a Necati Barıs¸ Tuncela and Habib Kocabıyık (2013) ที่แสดงให้เห็นว่า การฉายรังสีอินฟราเรดระหว่าง 500-700 W ให้ผลลัพธ์ที่ดีในการลดปริมาณไขมันอิ่มตัว อีกทั้งองค์ประกอบของ γ -oryzanol และองค์ประกอบกรดไขมันในรำข้าวมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมากเมื่อเทียบกับรำดิบ

ข้อเสนอแนะ

1. แนวทางการพัฒนาในอนาคตอาจจะมีการพัฒนาให้สามารถควบคุมเครื่องอบไล่ความชื้นรำข้าวผ่านทาง Application ในโทรศัพท์มือถือได้ ซึ่งสามารถควบคุมความชื้น ควบคุมอุณหภูมิได้ และตรวจสอบได้ตลอดเวลาโดยผ่าน Application ในโทรศัพท์มือถือ

2. การพัฒนาการแจ้งเตือนผ่าน Application ในโทรศัพท์มือถือ หรือส่งเสียงการแจ้งเตือน เมื่อมีการทำงานเสร็จสิ้นตามเวลาที่กำหนดไว้เพื่อแจ้งให้ผู้ใช้งานทราบ

References

Amarasinghe, B. M. W. P. K., Kumarasiri, M. P. M., & Gangodavilage, N. C. (2009). Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil. *Food and Bioproducts Processing, 87*(2), 108-114. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2008.08.002.

BankQTools Shop. (2022). *Gear reducer CPG Model PA-12*. Retrieved from https://bit.ly/3FW3wGJ. (in Thai)

Firmansyah, F., & Rossi, I. (2021). Food infrared heating technology: A review of its impacts on rice bran quality. *International Journal of Engineering Trends and Technology, 69*(8), 218-224. doi:10.14445/22315381/IJETT-V69I8P227

Laohavanich, J., Raksacharoen, S., Wiset, L., Sangchote, S., & Khewkhom, N. (2019). Effect of infrared ray drying on seed infection and seed germination of paddy. *Agriculture and Natural Resources, 53*(5), 515-520. (in Thai)

Monatrakul, W., Passago, S., Vengsungnle, P., & Siripiyasing, P. (2018). Design and development of rotating tray hot air oven for dried-foods commercial production. *Farm Engineering and Automation Technology Journal, 4*(2), 49-59. (in Thai)

Seanasing, W. (2019). *Origin of rice bran*. Retrieved from https://krua.co/shop/สินค้าสุขภาพ/1/รำข้าวออร์แกนิก. (in Thai)

Sornpagdee, P., Tararag, C., Chaichana, T., & Dussade, N. (2016). Study performance of must flow paddy dryer with a capacity 2 tons per hour. *Industry-Energy for the future of Thailand. 12th Conference on Energy Network of Thailand* (pp. 1512-1519). Phitsanulok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. (in Thai)

Van, H. V., Depaemelaere, G., Ayala, J., Santiwattana, P., Verhe, R., & De Greyt, W. (2006). Influence of chemical refining on the major and minor components of rice brain oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society, 83*(4), 315-321. https://bit.ly/3W0Ze6T

Wititsiri, S. (2016). Interesting Thai rice products and by-products. Retrieved from https: thaiheartfound.org. (in Thai)

Yılmaz, N., Tuncel, N. B., & Kocabıyık, H. (2013). Infrared stabilization of rice bran and its effects on γ-oryzanol content, tocopherols and fatty acid composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture ,94*(8), 1568-1576. https://doi.org/10.1002/jsfa.6459