

การพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า สำหรับการอบแห้ง กฤษณา ศุกระมูล^{1*}, จารุพันธ์ ไชยนาม², สุภณิดา พัฒธ³, ศักย บุญชูวิทย์⁴, อุษา โพธิ์สุวรรณ⁵, ณัฐริรา ศุขไพบลย์⁶

^{1, 4, 5} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

^{2, 3} คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

⁶ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี

Email: krissadang.sook@vru.ac.th¹

Received: May 17, 2024

Revised: Jun 12, 2024

Accepted: Jun 17, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า โดยมีเตาชีวมวลเป็นแหล่งผลิตความร้อน อบให้ความร้อนแก่อากาศในถังใส่ท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อทำให้อากาศร้อนและถูกนำไปใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์โดยพัดลมดูดอากาศ สามารถระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ที่อบแห้ง พลังงานความร้อนที่ใช้คิดเป็น เมกะจูล/แบทช์ ความสามารถในการอบคิดเป็นกิโลกรัม/ครั้ง โดยเวลาอบแห้งคิดเป็นชั่วโมง โดยขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่ใช้อบ สามารถผลิตผลิตภัณฑ์อบแห้งเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่ขึ้นกับสภาวะดินฟ้า อากาศ หรือในกรณีที่มีความร้อนจากเตาชีวมวลมีไม่เพียงพอจะใช้พลังงานเสริมด้วยขดลวดไฟฟ้า ส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้ามีขนาดของเครื่องดังนี้ ตู้อบแห้งแบบขดลวดไฟฟ้ามีความกว้าง 0.55 เมตร ความยาว 0.7 เมตร ความสูง 1.4 เมตร และมีความจุห้องอบแห้ง 0.42 ลูกบาศก์เมตร โดยประมาณใช้ขดลวดไฟฟ้าขนาด 3,000 วัตต์ จำนวน 1 หัว เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน มีเตาชีวมวลแบบไหลขึ้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.585 เมตร ความสูงรวมปล่อง 2 เมตร โดยประมาณ มีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อติดครีป จำนวน 4 ท่อวางขนานกัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 40 มิลลิเมตร ความยาวท่อรวม 1,760 มิลลิเมตร เมื่อทดลองอบแห้งด้วยพลังงานชีวมวลเพียงแบบเดียวพบว่าอัตราการอบแห้งเฉลี่ยเป็น 68.89 water/kg d.s./min m² ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุดและใช้เวลา 30 นาที ใช้เชื้อเพลิง 3.2 กิโลกรัม ดังนั้นควรเลือกใช้เครื่องอบแห้งพลังงานผสมผสานนี้ให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง จะเป็นการใช้พลังงานได้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดและเหมาะสม สำหรับการใช้ ขดลวดไฟฟ้านั้นใช้เพื่อช่วยให้การอบลดความชื้นเป็นอย่างต่อเนื่อง สามารถใช้ชีวมวลเป็นพลังงานเสริมได้ หรือช่วยเพิ่มช่วยเพิ่มอุณหภูมิในตู้อบเพื่อลดระยะเวลาในการอบผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร

คำสำคัญ : เครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวล, ขดลวดไฟฟ้า, การอบแห้ง

Development and Design of Dryer Using Biomass Energy and Combined with Electric Coil Dryer for Drying

Krissadang Sookramoon^{1*}, Jarunan Chainam², Supanida Pattorn³,
Sakaya Bunchoowit⁴, Aucha Phosuwan⁵, Nattira Sookpaiboon⁶

^{1, 4, 5} Faculty of Industrial Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University
Under the Royal Patronage Pathum Thani Province

^{2, 3} Faculty of Agricultural Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University
Under the Royal Patronage Pathum Thani Province

⁶ Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University
Under the Royal Patronage Pathum Thani Province

Email: krissadang.sook@vru.ac.th¹

Received: May 17, 2024

Revised: Jun 12, 2024

Accepted: Jun 17, 2024

Abstract

This research involves the design and development of a biomass energy-powered dryer with an electric heater. The biomass stove serves as a heat source, providing heat to the air in the drying chamber through a heat exchanger pipe. The heated air is then circulated for drying agricultural products using a fan, which can also eject moisture from the drying products. The heat energy used is measured in MJ/ batch, and the drying capacity is measured in kilograms/cycle, with drying time measured in hours. The performance depends on the type of food being dried, and the system can continuously produce dried products regardless of weather conditions. In cases where the heat from the biomass stove is insufficient, an electric wire heater can be used as a supplementary energy source. The dryer components have the following dimensions: the electric wire heater drying cabinet is approximately 0.55 meters wide, 0.7 meters long, and 1.4 meters high, with a drying chamber capacity of around 0.42 cubic meters. It uses a 3,000 W electric wire heater as the heat source. The biomass stove is a flow-through type with a central diameter of 0.585 meters and an overall height of about 2 meters. It includes a heat exchanger system with 4 parallel pipes, each having a central diameter of 40 millimeters and a total length of 1,760 millimeters. During experimental drying using only biomass energy, the average drying rate was found to be 68.89 water/kg d.s/min m², which is the lowest recorded value, and it took approximately 30 minutes. The fuel consumption during this process was 3.2 kg. In conclusion, the selection of this hybrid biomass and electric wire heater drying machine should be based on the actual usage conditions to achieve the highest energy efficiency and suitability. The electric wire heater is used to continuously reduce moisture content during drying, and biomass energy can be used as a supplementary or additional heat source.

Keywords : Biomass Energy, Electric Coil Dryer, Drying

บทนำ

จากการที่รัฐบาลได้ให้การสนับสนุนและส่งเสริม ทำให้ชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้โดยอาศัยหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งช่วยให้ชุมชนมีภูมิคุ้มกันที่เข้มแข็งมากขึ้นทั้งในแง่ของเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจไปในทิศทางใดชุมชนก็ยังสามารถดำรงอยู่ได้อย่างยั่งยืน กลุ่มชุมชน ต.ทัพเสด็จ อ.ตาพระยา จ.สระแก้ว เป็นชุมชนที่มีการทำเกษตรกรรม โดยมี อาชีพปลูกข้าว และปลูกมันสำปะหลังเป็นหลัก อย่างไรก็ตามด้วยพื้นที่มีดินและน้ำไม่สมบูรณ์ทำให้ขาดทุนจากการประกอบอาชีพเกษตรกรรม และสืบเนื่องจากมหาวิทยาลัยเริ่มเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาโครงการการเลี้ยงไหมออร์อินปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยได้มองเห็นศักยภาพของใบมันสำปะหลังที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่สามารถนำมาเป็นอาหารเลี้ยงไหมได้ (เนื่องจากชุมชนประกอบอาชีพปลูกมันสำปะหลังเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสามารถนำใบมันสำปะหลังมาเป็นอาหารให้กับไหมออร์อินทำให้เกิดประโยชน์ได้อีกช่องทางหนึ่ง) จึงเริ่มส่งเสริมอาชีพการเลี้ยงไหมออร์อินเพื่อเป็นการสร้างอาชีพให้กับคนพื้นที่ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 มหาวิทยาลัยได้ดำเนินการส่งเสริมการเลี้ยงไหมออร์อินด้านการต่อพันธุ์ไหมและการตลาด ตลอดจนการรวมกลุ่มผู้เลี้ยงไหมออร์อิน และในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มหาวิทยาลัยได้ดำเนินกิจกรรมเพิ่มศักยภาพการเลี้ยงไหมออร์อินให้ได้รับไหมที่มีมาตรฐาน และจัดอบรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากดักแด้ไหมออร์อินจึงเกิดผลิตภัณฑ์แปรรูปจำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เส้นบะหมี่อบแห้งจากดักแด้ไหมออร์อิน ผงโรยข้าวดักแด้ไหมออร์อิน และซ็อกโกแลตดักแด้ไหมออร์อิน ซึ่งทำให้เกิดผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์อาหารขึ้นในชุมชน และมี ผู้บริโภคให้ความสนใจส่งผลให้มียอดการจำหน่าย และสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 ชนิดอย่างต่อเนื่อง บะหมี่ดักแด้ออร์อิน ผลิตภัณฑ์นี้ทำมาจากตัวไหมดักแด้ออร์อินจากการเลี้ยงแบบธรรมชาติ ซึ่งให้คุณค่าของสารอาหารประเภทโปรตีนสูง โดยเส้นบะหมี่ประกอบด้วย

โปรตีนสูงกว่าร้อยละ 40 วิตามิน บี 2 สูงถึงร้อยละ 58 มีส่วนผสมของเกลือน้อยกว่าร้อยละ 1 คุณค่าสารอาหารอื่น ๆ อีกร้อยละ 1 และไม่ใช่ผงชูรส ผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ กอปรกับปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจผลิตภัณฑ์อาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงส่งผลให้ได้รับความนิยมจากประชาชนทั่วไปทั้งคนไทยและต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น จนไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการของตลาด และเพื่อให้เกิดกระบวนการจัดการและการแปรรูปผลิตภัณฑ์อาหารเป็นไปตามมาตรฐาน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดหาเครื่องมือในการแปรรูปให้เหมาะสมต่อสุลักษณะและมีประสิทธิภาพที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการที่จะทำได้ทัน โดยยังคงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามมาตรฐานจึงเป็นโจทย์ที่สำคัญอย่างยิ่งของชุมชน ต.ทัพเสด็จ อ.ตาพระยา จ.สระแก้ว การทำบะหมี่จากดักแด้ไหมออร์อินกำลังการผลิตต่อเดือนอยู่ที่ 500 คัพ เนื่องจากยังไม่ได้ตั้งเป็นโรงงาน และกำลังดำเนินการส่งขออนุญาตโภชนาการ เพื่อขอมาตรฐานอย. รวมทั้งกำลังหาแหล่งทุนเพื่อทำห้องแปรรูปให้ได้กำลังการผลิตที่สูงขึ้น โครงการวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้มุ่งเน้นออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้าสำหรับอบแห้งบะหมี่จากดักแด้ไหมออร์อิน ที่สามารถใช้ในการอบแห้งบะหมี่จากดักแด้ไหมออร์อินแบบประหยัดพลังงานและสามารถทำการอบแห้งได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน

เครื่องอบแห้งนี้มีขนาดเหมาะสมสำหรับงานอบแห้งผลิตภัณฑ์ในครัวเรือนทำให้ช่วยลดต้นทุนในการผลิต ประหยัดเวลา ลดการนำเข้าอุปกรณ์และเทคโนโลยีการอบแห้งอาหารจากต่างประเทศ อันจะนำไปสู่การช่วยยกระดับฐานะทางเศรษฐกิจ สังคม ความเป็นอยู่ และความสามารถในการพึ่งพาตนเองได้อย่างยั่งยืนภายใต้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงของกลุ่มชุมชน นอกจากนี้คณะผู้วิจัยจะนำผลการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งแบบผสมผสานพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า รวมทั้งกระบวนการในการผลิต

และการควบคุมคุณภาพมาถ่ายทอดองค์ความรู้ที่ได้สู่กลุ่มชุมชน ต.ทัพเสด็จ อ.ตาพระยา จ.สระแก้ว ตลอดจนผู้ที่มีความสนใจหรือชุมชนอื่น ๆ ที่ประกอบอาชีพการทำอาหารอบแห้งต่อไป สำหรับการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนสามารถแบ่งออกได้ 2 ประการ ดังนี้ ประการแรก คือ การถ่ายทอดกระบวนการใช้เครื่องอบแห้งผสมผสานพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้าสำหรับการอบโดยรวมทั้งการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้แก่ชุมชน ประการที่สอง คือ การถ่ายทอดองค์ความรู้กระบวนการในการผลิตอาหารอบแห้ง ซึ่งประกอบด้วยการเตรียมเครื่องอบแห้ง การวัดคุณภาพของอาหาร การบรรจุผลิตภัณฑ์ ในการถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนของ 2 ประการ นั้นล้วนมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งนำไปสู่แนวทางการผลิตอาหารอบแห้งเพื่อให้ชุมชนสามารถที่จะออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของชุมชนต่อไป

บททวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ภาสพงศ์ภักดิ์ บุญรัตน์ [1] ทำการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งผลิตภัณฑ์ชุมชน (กล้วยน้ำว้า หั่นแว่น) ด้วยลมร้อนแบบสลับทิศทางที่ผลิตจากเตาชีวมวลประสิทธิภาพสูง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง กล้วยน้ำว้าหั่นแว่นที่ใช้เตาชีวมวลประสิทธิภาพสูงชนิด 4 ห้องอบแบบมีวาล์วสลับทิศทางไหลของลมร้อน อีกทั้งเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งกล้วยน้ำว้าหั่นแว่นด้วยลมร้อนที่ผลิตจากเตาชีวมวลประสิทธิภาพสูง และเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะและความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งนี้กับเครื่องอบแห้งแบบดั้งเดิมที่ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง เครื่องอบแห้งใหม่นี้ใช้กะลามะพร้าวที่มีค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value, LHV) 16.31 เมกะจูล/กิโลกรัม(MJ/kg) เป็นเชื้อเพลิง และมีการออกแบบให้ขนาดบรรจุถาดวางผลิตภัณฑ์ได้จำนวน 5 ถาด แต่ละถาดมีขนาด $50 \times 56 \times 1$ ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) สามารถบรรจุ

กล้วยได้ถาดละ 300 กรัม ลมร้อนที่ผลิตจากเตาชีวมวลประสิทธิภาพสูงมีอุณหภูมิ 55, 65, 70, 75, 80 และ 85 องศาเซลเซียส($^{\circ}\text{C}$) ผลที่ได้จากการทดลองพบว่า กล้วยน้ำว้าหั่นแว่นหลังผ่านการอบแห้งมีน้ำหนักลดลงประมาณร้อยละ 70 อัตราการอบแห้งของเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบสลับทิศทางอยู่ในช่วง 1.93 – 5.06 กิโลกรัม/ชั่วโมง(kg/hr) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะอยู่ในช่วง 13.16 – 22.74 เมกะจูล/กิโลกรัม(MJ/kg) ของน้ำระเหย และค่าใช้จ่ายในการอบแห้งอยู่ในช่วง 3 – 5 บาท/กิโลกรัมของกล้วยอบแห้ง นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งนี้กับเครื่องอบแห้งแบบดั้งเดิมที่ใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง พบว่า เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบสลับทิศทางที่ออกแบบและพัฒนาใหม่นี้สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ 8.5 – 15.7 บาท/กิโลกรัมของกล้วยแห้ง อีกทั้งสามารถช่วยลดเวลาการอบแห้งได้ 1 – 3 ชั่วโมง

Okoroigwe et al. [2] ทำวิจัยการออกแบบและพัฒนาเครื่องอบแห้งมันเทศสดแผ่นบางแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานชีวมวลสำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งในการอบแห้งมันเทศสดแผ่นบางมากขึ้น เครื่องอบแห้งแบบผสมผสานนี้ได้รับการออกแบบให้ประกอบด้วยช่องลมร้อนเข้า 2 ช่อง (ช่องที่ 1 ติดตั้งอยู่เหนือตัวบรรจุสดวงอาทิตย์ และช่องที่ 2 ติดตั้งอยู่ใต้ถาดบรรจุมันเทศสดแผ่นบางของห้องอบแห้ง) ปล่องระบายลมร้อนที่ติดตั้งอยู่ส่วนบนของห้องอบแห้งสูงจากพื้น 180 เซนติเมตร ห้องอบแห้งมีขนาด $59.6 \times 59.6 \times 104$ ลูกบาศก์เซนติเมตร และถาดบรรจุมันเทศสดแผ่นบางมีทั้งหมด 3 ชั้น ผลที่ได้จากการทดลอง พบว่า เมื่อนำมันเทศสดแผ่นบางมาอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานชีวมวลสามารถช่วยลดปริมาณความชื้นของมันเทศได้ร้อยละ 70.8 ภายในเวลา 2.5 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับการอบแห้งด้วย

พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวปริมาณความชื้นของมันเทศลดลงเหลือร้อยละ 75 ภายใน 5 ชั่วโมง ส่วนการอบแห้งด้วยพลังงานชีวมวลเพียงอย่างเดียวปริมาณความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 94.44 ภายใน 1.25 ชั่วโมง นอกจากนี้อัตราการสูญเสียปริมาณความชื้นสะสมของมันเทศแผ่นบางที่อบแห้งแบบผสมผสานด้วยพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานชีวมวลอยู่ที่ 0.0142 กิโลกรัม/ชั่วโมง ส่วนที่อบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวอยู่ที่ 0.00732 กิโลกรัม/ชั่วโมง และส่วนที่อบแห้งด้วยพลังงานชีวมวลเพียงอย่างเดียวอยู่ที่ 0.0032 กิโลกรัม/ชั่วโมง ในทำนองเดียวกันการอบแห้งแบบผสมผสานสามารถเพิ่มอุณหภูมิของถาดวางมันเทศแผ่นบางได้สูงถึง 53 องศาเซลเซียส ขณะที่การอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์หรือพลังงานชีวมวลเพียงอย่างเดียวอุณหภูมิอยู่ที่ 44 และ 32 องศาเซลเซียส

Dhanushkodi et al. [3] ได้ทำวิจัยเรื่องแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของพฤติกรรมการอบแห้งมะม่วงหิมพานต์ในเครื่องอบแห้งแบบผสมผสานชีวมวลพลังงานแสงอาทิตย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการอบแห้งของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ทดลองในเครื่องอบแห้งแบบผสมผสานชีวมวลพลังงานกับพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ความเหมาะสมของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การอบแห้ง 15 แบบ ที่มีอยู่ในเอกสารนี้ใช้อธิบายลักษณะการอบแห้งของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ ข้อมูลการทดลองของอัตราส่วนความชื้นอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากสภาวะการอบแห้งที่แตกต่างกัน ถูกนำไปใช้กับแบบจำลองการอบแห้งเชิงประจักษ์ต่าง ๆ ประสิทธิภาพของแบบจำลองการทำให้แห้งถูกเปรียบเทียบตามค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ข้อผิดพลาดจุดค่าเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) และค่าโคสแควร์ที่ลดลง (X^2) ระหว่างอัตราส่วนความชื้นที่สังเกตได้ ตัวแปร 2 เทอม และแบบจำลองของ Midilli (Midilli's model) สามารถทำนายผลลัพธ์ได้แม่นยำตรงกับ

ข้อมูลผลการทดลองมากที่สุดสำหรับการอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนแบบจำลองของ Page (Page's model) เป็นแบบจำลองที่สามารถทำนายผลลัพธ์ได้แม่นยำตรงกับข้อมูลผลการทดลองของการอบแห้งมะม่วงหิมพานต์แบบชั้นบางซึ่งใช้พลังงานชีวมวลและการอบแห้งแบบใช้พลังงานผสมผสาน

Ferreira et al. [4] ทำวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ผลการทดลองของเครื่องอบแห้งแบบผสมผสานเครื่องอบแห้งแบบประดิษฐ์นี้ช่วยส่งเสริมการอบแห้งอาหารคุณภาพสูง แม้ว่าจะใช้พลังงานมากก็ตาม เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวเพื่อให้ความร้อนแก่ลมเป่าแห้ง แต่ก็ไม่สามารถควบคุมสภาวะความร้อนของกระแสลมได้ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจในการลดต้นทุนการอบแห้ง (เมื่อเทียบกับต้นทุนของเครื่องอบแห้งประดิษฐ์) เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายเนื่องจากการควบคุมสภาวะการอบแห้งด้วยความร้อน บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์เชิงทดลองของนวัตกรรมเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์-ไฟฟ้าแบบไฮบริด เครื่องอบแห้งนี้ประกอบด้วยสองห้อง: ห้องแรกเป็นพลังงานแสงอาทิตย์และห้องอบแห้งพร้อมเครื่องทำความร้อนไฟฟ้า มีการประเมินการทดลองการไหลของอากาศในอุปกรณ์และแสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและการไหลของมวลเป็นฟังก์ชันของสภาพแวดล้อมเพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งที่นำเสนอ กลยุทธ์นี้จะถูกทำให้แห้งในอุปกรณ์และเปรียบเทียบผลลัพธ์กับการตากแดดตามธรรมชาติและการอบแห้งแบบประดิษฐ์

บงกช ประสิทธิ์ และคณะ [5] ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือน โดยเครื่องอบแห้งที่พัฒนาสามารถอบแห้งได้หลายระดับอุณหภูมิ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะการใช้งาน ทำการทดสอบ

สมรรถนะใน 2 รูปแบบ คือ 1.อบแห้งกระดาษจากเยือกกล้วย 2. ร่วมกับแก๊สซิฟิเคอร์เพื่ออบใบหม่อน ผลการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งกระดาษจากเยือกกล้วยมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนร้อยละ 34.7 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแก๊สซิฟิเคอร์เพื่ออบใบหม่อนมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนร้อยละ 23.6

ศรียาน เชยกลิ่นเทศ และคณะ [6] เสนอ งานวิจัยเรื่องผลของการเตรียมเนื้อลำไย เาะ และ ลั่นจี่ก่อนการอบแห้งด้วยไมโครเวฟร่วมกับอินฟราเรด ตามด้วยลมร้อนต่อปริมาณน้ำตาลและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เมื่อนำผลไม้ไปทำแห้งด้วยระบบไมโครเวฟ 400 วัตต์ 5 นาที ร่วมกับอินฟราเรดแบบต่อเนื่องและอบด้วยตู้อบลมร้อน 70 องศาเซลเซียส 5 ชั่วโมง สามารถลดความชื้นในเนื้อลำไยได้มากที่สุด รองลงมาคือเาะและลั่นจี่

สุทธิชัย ภมรสมิต และคณะ [7] ได้ทำการศึกษาสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรด โดยเปรียบเทียบกับผลการทดลองอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และการตากแดดโดยตรงในการทดลองเพื่อศึกษาผลของรังสีอินฟราเรด โดยตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมภายในห้องอบแห้ง 3 ระดับ คือ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้ปลานิลเป็นวัตถุดิบในการทดสอบ ผลจากการทดลองพบว่า การอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมรังสีอินฟราเรดสามารถอบแห้งในระยะเวลาที่สั้น และมีอัตราการอบแห้งสูงกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว และการตากแดดโดยตรง ซึ่งจะเห็นผลได้ชัดเจนในกรณีที่ตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมภายในห้องอบแห้งสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส โดยที่คุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ธีระชัย ไชยศิริ และคณะ [8] ได้ทำวิจัยเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยทำการอบแห้งกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยสร้างเครื่องอบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์แบบ Natural circulation ในบริเวณภาคทวิศวรรคเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นแบนราบ (Flat Plate Collector) ทาสีดำ มีขนาด 1x1.7 เมตร และส่วนของตู้อบมีขนาด 0.6x1x0.4 เมตร ปล่องสูงจากพื้นดิน 2.8 เมตร หุ้มทั้งหมดด้วยพลาสติกใสพีวีซี อบอุ่นได้ 1 ชั้น อบอุ่นได้ครั้งละ 5 กิโลกรัม โดยเครื่องอบแห้งนี้มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนประมาณร้อยละ 9.2 จากการทดลองอบกล้วยน้ำว้าด้วยเครื่องอบแห้งกล้วยน้ำว้าพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งกล้วยที่จะนำมาอบต้องสุกงอม เนื้อเป็นสีเหลือง เปลือกกรอบนอกนุ่มในพบว่าจากความชื้นเริ่มต้นประมาณ ร้อยละ 230 มาตรฐานแห้ง สามารถ ลดความชื้นลงให้เหลือประมาณร้อยละ 25 มาตรฐานแห้ง โดยใช้เวลา 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยที่ตากโดยวิธีธรรมชาติ จะพบว่ากล้วยภายในเครื่องอบ จะใช้เวลาในการลดความชื้นน้อยกว่า 1 วัน และสีของกล้วยจะเข้มกว่ากล้วย ที่ตากโดยวิธีธรรมชาติ จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการอบแห้งกล้วยน้ำว้าพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าให้ผลที่ใกล้เคียงกับการทดลองจริง ซึ่งจะสามารถนำแบบ จำลองทางคณิตศาสตร์นี้ไปใช้เป็นแนวทางและทำนายอัตราการอบแห้งกล้วยน้ำว้าได้ผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ภายใต้สมมติฐานที่สร้างขึ้น พบว่าเครื่อง อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้ถ้าใช้งานในช่วงที่ไม่มีฝนตกจะสามารถทำการ อบกล้วยได้ 72 ครั้งใน 1 ปี จะมีผลกำไร 463 บาท/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับ วิธีตากแห้งโดยธรรมชาติซึ่งมีผลกำไร 560 บาท/ปี แสดงว่าไม่คุ้มกับการลงทุนสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ถึงแม้ว่าจะมีผลกำไรน้อยกว่าวิธี ตากแห้งทางธรรมชาติ แต่การอบโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ก็มีข้อได้เปรียบตรงที่สามารถควบคุมความชื้นให้ลดลงตามที่ต้องการได้ และควบคุมดูแลในเรื่องความสะดวกได้ง่ายกว่า

Marraa, et al. [9] ศึกษาแบบไมโครเวฟ ร่วมกับการพาความร้อน การศึกษาของพวกเขาพบว่า การอบด้วยไมโครเวฟถือเป็นความสำเร็จที่เพิ่มขึ้นในอุตสาหกรรมอาหารและในครัวเรือนเหมือนกัน พลังงานที่ดีขึ้นและประสิทธิภาพการตกแต่งสามารถหาได้โดยการเพิ่มกลไกการขนส่งเพิ่มเติมเช่นความร้อนแบบบังคับอากาศร้อน ในงานวิจัยนี้การกระจายตัวของอุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการอบแห้งรวมจะวิเคราะห์ด้วยรูปแบบพลวัตของของไหลเชิงคำนวณ รวมทั้งการกระจายตัวของความชื้นและการระเหยแบบกำหนดเองตลอดจนอธิบายถึงสมการการถ่ายโอนที่ไม่ใช่แบบพึ่งพาซึ่งกันและกันและเน้นย้ำถึงผลกระทบทางฟิสิกส์หลาย ๆ ชนิด การแลกเปลี่ยนการถ่ายโอนที่สมจริงได้รับการพิจารณาอย่างลึกซึ้ง โดยใช้วิธีการผันและไม่มีกำหนดไปใช้แบบใดที่มีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนและค่าสัมประสิทธิ์การทำงานเชิงประจักษ์ การตรวจสอบกับผลการทดลองจากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องที่มีอยู่ได้ถูกนำออกมาแล้วสำหรับแผ่นดิสก์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยความบริสุทธิ์ การรับสารบริสุทธิ์หรือกลไกทั้งสองอย่างรวมกัน จะนำเสนอผลของเวลาในกระบวนการและความเร็วลมที่ใช้ในการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในห้องอบ

กฤษฎา คุกระมูล และคณะ [10] ทำวิจัย เรื่องการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบตากแห้งโดยตรงสำหรับอบแห้งกล้วยน้ำว้าใช้ในระดับชุมชน การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบตากแห้งโดยตรง ตามด้วยการตรวจสอบทดลองเกี่ยวกับการอบแห้งกล้วยน้ำว้าเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งกับการตากแดดแบบเปิด เปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนโดยตัวสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ จากนั้นใช้พัดลมระบายอากาศที่ติดตั้งบริเวณห้องอบแห้ง การถ่ายเทความร้อนแบบพาบังคับภายในห้องอบแห้ง ความกว้าง 1.20 เมตร ยาว 0.80 เมตร สูง 1.00 เมตร ตะแกรงหรือถาดในตูอบ ใช้ตะแกรงแสดนเลส

ขนาด 55x75 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น มีประตูเปิดตูแบบบานพับ ผนังโดยรอบรวมทั้งพื้นเป็นฉนวนกันความร้อน มีความหนา 2.5 เซนติเมตร โครงสร้างตูอบทำด้วยอลูมิเนียมหนา 1.5 มิลลิเมตร ทาสีดำ เพื่อดูดซับความร้อนได้ดีจากการศึกษาการกระจายความร้อนของตูทั้งสองแบบพบว่าตูอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีการกระจายความร้อนที่ต่ำกว่าเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน มีช่วงอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 31-78 องศาเซลเซียสในช่วงที่ทดลอง 09.00-16.00 น. มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 62.68 องศาเซลเซียส

ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้จึงทำการศึกษาเพื่อพัฒนาเครื่องอบแห้งที่ใช้พลังงานผสมผสานระหว่างพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า โดยใช้เตาชีวมวลในการทำให้อากาศภายในห้องอบร้อนขึ้น มีการใช้พัดลมในการหมุนเวียนอากาศ สามารถทำให้อบแห้งได้ตลอดเวลาโดยอิสระจากสภาพแวดล้อม มีส่วนประกอบที่ประกอบด้วยตูอบแห้งของขดลวดไฟฟ้าและเตาชีวมวลที่มีขนาดและท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่เฉพาะเจาะจง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้าสำหรับการอบแห้งผลิตภัณฑ์ โดยก๊าซชีวมวลจะไม่ปนเปื้อนกับผลิตภัณฑ์ที่อบ นำความร้อนจากก๊าซส่งเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่อยู่ภายในห้องอบเท่านั้น
2. เพื่อทดสอบและหาประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า
3. เพื่อถ่ายทอดและประเมินผลการใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวลและขดลวดไฟฟ้า ส่งมอบข้อมูลที่ทำให้ชุมชนรับรู้รับทราบและสามารถดำเนินการได้อย่างยั่งยืน

การคำนวณเกี่ยวกับการอบแห้งความชื้นในวัสดุ

เป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชิ้นหรือแห้ง ซึ่งแสดงได้ 2 แบบคือ

- ความชื้นมาตรฐานเปียก หมายถึง การเทียบปริมาณความชื้นกับน้ำหนักรวมของของแข็ง ร้อยละความชื้นมาตรฐานเปียก

$$M_w = \frac{w-d}{w} \times 100(\% \text{ w.b}) \quad (1)$$

M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก % (wet basis)

w คือ มวลของวัสดุเปียก (kg)

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

ร้อยละความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$M_d = \frac{w-d}{d} \times 100(\% \text{ d.b}) \quad (2)$$

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง % (dry basis)

w คือ มวลของวัสดุเปียก (kg)

d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

จากสมการ (1) และ (2) ทำให้ทราบว่าค่าความชื้นมาตรฐานเปียกนั้น จะมีค่าไม่เกินร้อยละ 100 ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งนั้นอาจมีค่าร้อยละ 100 ก็ได้

การคำนวณหาอัตราการอบแห้ง

$$\text{อัตราการอบแห้ง (DR)} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุ}}{\text{ระยะเวลาในการอบแห้ง}} \quad (3)$$

เมื่อ DR คือ อัตราการอบแห้ง (kg/h)

น้ำหนักสุดท้ายของมวลวัสดุหลังอบแห้ง (W_f)

$$W_f = \frac{W_i(1-M_i)}{(1-M_f)}(\text{kg}) \quad (4)$$

เมื่อ W_f คือน้ำหนักสุดท้ายของมวลวัสดุ (กิโลกรัม)

W_i คือน้ำหนักเริ่มต้นของมวลวัสดุ (กิโลกรัม)

M_i คือความชื้นเริ่มต้นของมวลวัสดุ (%)

M_f คือความชื้นสุดท้ายของมวลวัสดุ (%)

การคำนวณหาการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

การสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

$$(\text{SEC}) = \frac{\text{ความสิ้นเปลืองพลังงานของเครื่องอบแห้ง}}{\text{อัตราการระเหยน้ำ}} \quad (5)$$

เมื่อ SEC คือการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (MJ/kg)

การหาค่าความร้อน

1) ค่าความร้อนจำเพาะ คือ ค่าพลังงานความร้อนของสารที่ได้รับหรือคายออกมาซึ่งทำให้น้ำ 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 K

$$Q_s = mc_p \Delta T \quad (6)$$

เมื่อ

Q_s คือ ค่าความร้อน (kJ)

m คือ มวล (kg)

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (kJ/kg-K)

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิอบแห้ง และอุณหภูมิแวดล้อม (K)

2) ค่าความร้อนแฝง คือค่าความร้อนที่สารใช้ในการเปลี่ยนสถานะ โดยไม่ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนไป ค่าพลังงานที่สาร 1 กิโลกรัม ได้รับขณะเปลี่ยนสถานะโดยอุณหภูมิคงที่เรียกว่า ความร้อนแฝงจำเพาะ มี 2 ชนิด

3) ความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอน้ำ หมายถึงพลังงานความร้อนที่สาร 1 กิโลกรัม ใช้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นก๊าซ ณ จุดเดือดของสารนั้น

4) ความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลว คือพลังงานความร้อนที่สาร 1 กิโลกรัม ใช้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลว ณ จุดหลอมเหลวของสารนั้นสามารถหาได้จากสมการ

$$Q_L = m_w h_{fg} \quad (7)$$

เมื่อ

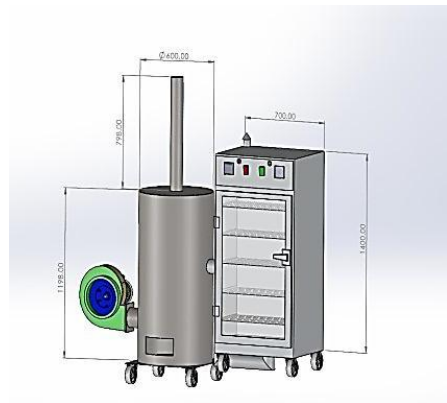
Q_L คือ ค่าความร้อนแฝง (kJ)

m_w คือ มวลของน้ำ (kg)

h_{fg} คือ ความร้อนแฝงจำเพาะของสาร (kJ/kg)

การสร้างตู้อบแห้งและระบบควบคุมทางไฟฟ้า

ตู้อบแห้งที่ได้ออกแบบขึ้น แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตู้อบแห้งที่ออกแบบ



รูปที่ 2 ตู้อบแห้งที่สร้างขึ้น

ในการอบแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวล และขดลวดไฟฟ้าสำหรับการอบแห้งเส้นบะหมี่จาก ดักแด่ไหมอีรี เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพดี จะต้องทราบเงื่อนไขที่เหมาะสมของการอบ เช่น ขนาดของ ห้องอบ ขนาดของพัดลม ขนาดของฮีตเตอร์ การถ่ายเท ความร้อนในตู้อบ และความชื้นเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ จึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานชีวมวล และขดลวดไฟฟ้าสำหรับอบแห้งซึ่งประกอบด้วย อุปกรณ์หลัก ๆ คือ ตู้อบแห้งขดลวดไฟฟ้า เตาชีวมวล และเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบทอติดครีบ

ระเบียบวิธีวิจัย

การทดสอบความสามารถของตู้อบแห้ง

การทดสอบความสามารถของตู้อบแห้ง ประกอบด้วย การศึกษาการกระจายของอุณหภูมิ ภายในตู้อบแห้งในสภาวะตู้เปล่า โดยมีอุปกรณ์และ เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

1. เทอร์โมมิเตอร์/เทอร์โมคัปเปิล
2. เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล

3. ตู้อบแห้งพลังงานชีวมวลร่วมกับฮีตเตอร์ชนิดขดลวดไฟฟ้าที่สร้างขึ้น

4. อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (data logger รุ่น gl820)

5. นาฬิกาจับเวลาแบบดิจิทัล

6. กล้องถ่ายภาพ

7. เครื่องวัดความเร็วอากาศ

8. เครื่องชั่งแบบดิจิทัล

9. ปีกเกอร์

10. คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กใช้บันทึกข้อมูล

11. เครื่องวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบ

12. ตู้อบไฟฟ้า ด้วยอุณหภูมิ 105 องศา

ผลการศึกษารอบแห้งเป็นดังนี้

1. ศึกษาการกระจายของอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งในสถานะตู้เปล่า

2. ผลการศึกษาเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งรายวัน

การทดสอบความสามารถของตู้อบแห้งประกอบด้วย การศึกษาการกระจายของอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งในสถานะตู้เปล่า โดยมีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

ตู้อบแห้งชีวมวล ตู้อบแห้งชีวมวลที่ใช้ในการทดลองนี้มีการควบคุมอัตราการไหลของลมร้อนในช่วง 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

เครื่องวัดอุณหภูมิ ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิที่มีความแม่นยำสูงในการตรวจวัดอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งในตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อศึกษาการกระจายของอุณหภูมิ

โบลเวอร์ (Blower) ใช้โบลเวอร์ในการสร้างการไหลของลมร้อนเข้าไปในตู้อบแห้ง โดยสามารถปรับอัตราการไหลของลมได้ตามที่ต้องการ

เครื่องวัดความชื้น ใช้เครื่องวัดความชื้นในการตรวจวัดความชื้นภายในตู้อบแห้ง เพื่อประเมินผลการลดความชื้นของผลิตภัณฑ์

เครื่องจุดเตา ใช้ในการจุดเตาเพื่อสร้างความร้อนให้กับตู้อบแห้ง และควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งให้คงที่ตามที่กำหนด

เครื่องบันทึกข้อมูล (Data Logger) ใช้ในการบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นภายในตู้อบแห้งในระหว่างการทดสอบ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างละเอียด

เครื่องมือทางวิศวกรรมอื่น ๆ เช่น สายวัด (Thermocouple wires) และเครื่องมือทางไฟฟ้าอื่น ๆ ที่ใช้ในการติดตั้งและตรวจสอบการทำงานของระบบอบแห้ง

กระบวนการทดสอบ

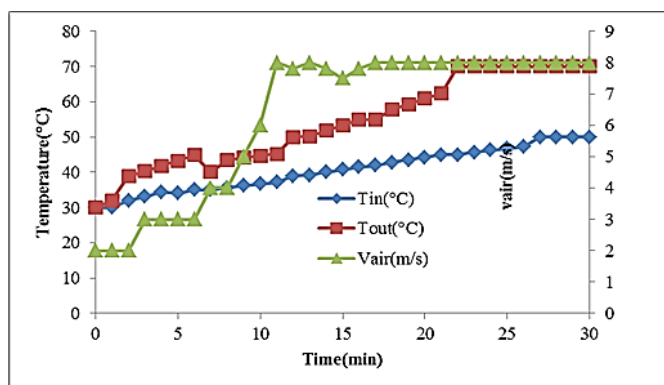
การติดตั้งเครื่องมือ ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในตำแหน่งต่าง ๆ ภายในตู้อบแห้งเพื่อศึกษาการกระจายของอุณหภูมิและความชื้น การจุดเตาและปรับอัตราการไหลของลมร้อน จุดเตาเพื่อสร้างความร้อน และปรับอัตราการไหลของลมร้อนให้ได้ค่าตามที่กำหนด บันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นในระหว่างการทดสอบ โดยใช้เครื่องบันทึกข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการบันทึก เพื่อศึกษาการกระจายของอุณหภูมิและประสิทธิภาพในการลดความชื้นของตู้อบแห้ง

ผลการวิจัย

การทดลองอบแห้งเครื่องเป่าด้วยเครื่องอบแห้งชีวมวล

ตารางที่ 1 การทดสอบเครื่องอบแห้งเครื่องเป่าเครื่องอบแห้งชีวมวล 3.2 กิโลกรัม ที่อัตราการไหลของลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที วันที่ 26/11/66

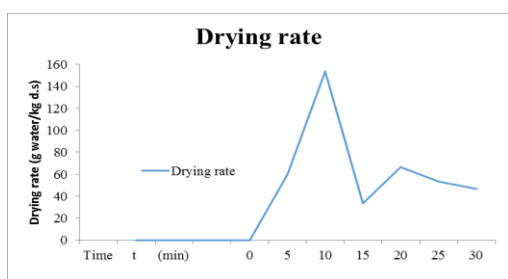
Time (min)	Tin(°C)	Tout(°C)	Vair(m/s)	Qair(m ³ /s)	%ER
0	30	30	2	0.0025	0.00004
1	30	32	2	0.0025	0.00004
2	32	39.0	2	0.0025	0.00004
3	33	40.3	3	0.00375	0.00004
4	34	41.8	3	0.00375	0.00004
5	34.0	43.3	3	0.00375	0.00004
6	35.0	44.8	3	0.00375	0.00004
7	35.0	40.0	4	0.005	0.00004
8	35.7	43.5	4	0.005	0.00004
9	36.2	44.1	5	0.00625	0.00004
10	36.7	44.7	6	0.0075	0.00004
11	37.2	45.2	8	0.01	0.00004
12	39	50.0	7.8	0.0098	0.00004
13	39.2	50.2	8	0.01	0.00004
14	40.0	51.8	7.8	0.0098	0.00004
15	40.8	53.3	7.5	0.00938	0.00004
16	41.5	54.9	7.8	0.0098	0.00004
17	42	55.0	8	0.01	0.00004
18	42.8	57.7	8	0.01	0.00004
19	43.5	59.3	8	0.01	0.00004
20	44.2	60.9	8	0.01	0.00004
21	44.9	62.5	8	0.01	0.00004
22	45.0	70	8	0.01	0.00004
23	45.7	70	8	0.01	0.00004
24	46.2	70	8	0.01	0.00004
25	46.7	70	8	0.01	0.00004
26	47.2	70	8	0.01	0.00004
27	50	70	8	0.01	0.00004
28	50	70	8	0.01	0.00004
29	50	70	8	0.01	0.00004
30	50	70	8	0.01	0.00004



รูปที่ 3 อุณหภูมิการอบแห้งที่อัตราการไหลของลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที วันที่ 26/11/66

จากรูปที่ 3 การทดสอบเดินเครื่องอบแห้งชีวมวลที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0273 ลูกบาศก์เมตร/วินาที ด้วยสภาพอากาศร้อนพบว่าอุณหภูมิภายใน (Tout) สูงสุดในช่วงเวลา 22 นาทีหลังจุดเตาที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศทางเข้าของโบลเวอร์แปรผันในช่วง 30-50 องศาเซลเซียส

การลดความชื้นที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที



รูปที่ 4 การลดความชื้นที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

จากรูปที่ 4 การทดสอบเดินเครื่องอบแห้งที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที พบว่าอุณหภูมิอากาศร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเพิ่มขึ้นตามไปด้วยส่งผลให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงจากอัตราส่วนความชื้น 595.25 g water/g product ลดลงอย่างต่อเนื่อง จนอยู่ในระดับ 517.75 g water/g product ในนาทีที่ 30

สรุปและอภิปรายผล

การทดลองอบแห้งเครื่องเป่าด้วยเครื่องอบแห้งชีวมวลที่มีการไหลของลมร้อนในช่วง 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที เมื่อวันที่ 26/11/66 พบว่าจากการทดลองที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0273 ลูกบาศก์เมตร/วินาที อุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งสูงสุดที่ 70 องศาเซลเซียส ในเวลา 22 นาทีหลังจุดเตา โดยอุณหภูมิอากาศที่เข้าของโบลเวอร์มีค่าแปรผันระหว่าง 30-50 องศาเซลเซียส จากการ

ทดสอบที่อัตราการไหลลมร้อน 0.0025-0.01 ลูกบาศก์เมตร/วินาที พบว่าอุณหภูมิภายในตู้อบแห้งเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอากาศร้อนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์ลดลงจาก 595.25 g water/g product เหลือ 517.75 g water/g product ภายในเวลา 30 นาที

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเครื่องอบแห้งชีวมวลสามารถลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อมีการควบคุมอัตราการไหลของลมร้อนอย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับการทำงานวิจัยในอนาคตดังนี้ การทดสอบในช่วงอัตราการไหลลมร้อนที่หลากหลายมากขึ้น ควรมีการทดสอบที่ครอบคลุมอัตราการไหลลมร้อนที่กว้างขึ้นเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิภายนอกควรรวศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิภายนอกที่แตกต่างกันต่อประสิทธิภาพการอบแห้ง เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในพื้นที่สภาพอากาศต่าง ๆ การพัฒนาเทคโนโลยีควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การพัฒนาเทคโนโลยีหรือระบบควบคุมที่สามารถปรับอุณหภูมิและความชื้นได้อย่างแม่นยำจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการอบแห้ง การศึกษาเกี่ยวกับวัตถุดิบที่แตกต่างกัน ควรมีการศึกษาลักษณะของการอบแห้งต่อวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2566 จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

References

- [1] P. Boonrat, "A Study on the Performance of a Community Product Drying Machine with Reversing Hot Air Produced from a High-Efficiency Biomass Furnace," Master's Thesis in Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University, 2018.
- [2] E. C. Okoroigwe, M. N. Eke, and H. U. Ugwu, "Design and Evaluation of Combined Solar and Biomass Dryer for Medium Enterprises for Developing Countries," *International J. of Physical Sciences*, vol. 8, Issue-2, 2013, pp.1341-1349.
- [3] S. Dhanushkodi, V. H. Wilson, K. Sudhakar, "Mathematical Modeling of Drying Behavior of Cashew in A Solar Biomass Hybrid Dryer," *Resource-Efficient Technologies*, vol. 3, Issue-4, pp 359-364, January. 13. 2017.
- [4] A.G. Ferreira, Charbel, A. L. T., Pires, R. L., Silva, J. G. and C. B. Mai, "Experimental Analysis of A Hybrid Dryer," *Thermal Engineering*, vol. 6, pp. 03-07, December. 2007.
- [5] B. Prasit, A. Phongtharakulpanich, and S. Natakornkul, "Development of a Solar Energy Dryer for Household Industry," in *Proceedings of the 2 nd Thailand Energy Network Academic Conference*, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. July. 27-29, 2006.
- [6] S. Choeyklin, T. Namhong, and K. Choeyklin, "Effects of Preparation of Longan, Rambutan, and Lychee Before Drying with Microwave Combined with Infrared Followed by Hot Air on Sugar Content and Antioxidant Activity," *RMUTS J.*, 1(2): pp. 128-137, 2023.
- [7] S. Pamomsamit, S. Wiriampaiwong, and A. Thiboonma, "Performance Study of a Solar Dryer Combined with Infrared Radiation," in *Proceedings of the 2 nd Thailand Energy Network Academic Conference*, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima. July. 27-29, 2006.
- [8] T. Chaiyasiri, B. Wattanakosai, and W. Rojanavisut, "Solar Energy Banana Drying Machine," Bachelor's Thesis in Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, 1989.
- [9] F. Marra, M.V.D. Bonis, and G. Ruocco, "Combined Microwaves and Convection Heating: A Conjugate Approach," *J. of Food Engineering*. Vol. 97, Issue-1, March. 2010.
- [10] K. Sookramoon, S. Kingthong, J. Kaenchan, S. Chanaklang, and Mananya Khumwachirapitak, "Development of a Direct Solar Drying Machine for Drying Bananas at the Community Level," *J. of Industrial Technology Suan Sunandha Rajabhat University*, Vol. 9, No. 1, pp. 33-43. January – June. 2021.
- [11] S. Sudchaliao, "A Study of Hot Air Drying Combined with an Electric Field," Master's Thesis in Engineering, Mahasarakham University, 2007.

- [12] W. Thepent and Postharvest Engineering Research Group, "Agricultural Engineering Research Institute Department of Agriculture," 2023.
- [13] C. Jittakam, J. Metta, N. Wimonsoot, N. Saengthong, and S. Kaewluan, "Effects of Fuel Type and Primary Airflow Rate on Pollution and Performance of an Updraft Biomass Stove," *J. of Renewable Energy for Communities*, Vol. 1, No. 2, pp. 39-44, May-August. 2018.
- [14] K. Rakgitsiri, "A Study of Quality and Shelf Life Extension of Fresh Thai Noodles," Master's Thesis in Agricultural Industry, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, 2006.