เรื่อง : การออกแบบระบบ IoT เพื่อควบคุมสัดส่วนอากาศหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่สำหรับเครื่องอบแห้งลมร้อน

ผู้วิจัย : นางสาวนันทินี อ้อมชาติ

: นางสาวเบ็ญจมาศ บุตรราช

: นายสรรชัย ศรีวะสุทธิ์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.อำไพศักดิ์ ทีบุญมา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันต์ นามเขต

: อาจารย์ทรงสุภา พุ่มชุมพล

คำสำคัญ : การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ อัตราการอบแห้ง พลังงานสิ้นเปลืองจำเพาะ

บทคัดย่อ

การอบแห้งด้วยอากาศร้อนเป็นเทคนิคการถนอมอาหารที่สำคัญในอุตสาหกรรมเกษตรและผลิตภัณฑ์ชุมชน แต่ในปัจจุบันยังประสบปัญหาการใช้พลังงานสูงและประสิทธิภาพการอบแห้งต่ำ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิตและความยั่งยืน ปัญหาดังกล่าวมีสาเหตุหลักมาจากระบบควบคุมที่ยังขาดความยืดหยุ่น โดยเฉพาะในช่วงที่อัตราการอบแห้งลดลง ซึ่งกลไกการแพร่ความชื้นภายในกลายเป็นปัจจัยจำกัดสำคัญที่ทำให้การใช้พารามิเตอร์คงที่แบบเดิมไม่สามารถตอบโจทย์การประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากช่องว่างทางความรู้ดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบ IoT สำหรับควบคุมสัดส่วนการหมุนเวียนลมร้อนกลับมาใช้ใหม่แบบปรับเปลี่ยนตามเวลาจริง (Dynamic Air Recirculation) เพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องอบแห้งและศึกษาจลนพลศาสตร์การอบแห้งของขิง โดยการบูรณาการเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเข้ากับระบบควบคุมอัจฉริยะเพื่อให้สามารถจัดการสภาวะการอบแห้งได้อย่างแม่นยำ การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่

การศึกษากรณีที่ 1 การอบแห้งด้วยอากาศร้อนแบบสภาวะคงที่ (Steady State) เพื่อสร้างฐานข้อมูลจลนพลศาสตร์การอบแห้ง โดยแปรเปลี่ยนอุณหภูมิ (50, 60 และ 70 °C) ความเร็วลม (1.0, 1.5 และ 2.0 m/s) และสัดส่วนการหมุนเวียนลมร้อน (RC = 0, 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.0) รวมทั้งสิ้น 45 การทดลอง ผลการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือ อุณหภูมิ 70 °C ความเร็วลม 2.0 m/s และค่า RC เท่ากับ 1.0 ซึ่งสามารถลดความชื้นได้เร็วที่สุดและใช้พลังงานต่ำที่สุด โดยระบบ IoT สามารถรักษาเสถียรภาพอุณหภูมิได้โดยมีความคลาดเคลื่อนเพียง ±2 °C

การศึกษากรณีที่ 2 การอบแห้งแบบปรับเปลี่ยนสัดส่วนการหมุนเวียนลมร้อน (Dynamic RC) ตามช่วงเวลาที่นาทีที่ 15 และ 25 โดยกำหนดสภาวะการทดลองที่อุณหภูมิ 50-70 °C และความเร็วลมคงที่ที่ 1.5 m/s เพื่อศึกษาผลของการจัดการอากาศหมุนเวียนต่อสมรรถนะของเครื่องอบ ผลการศึกษาพบว่าการปรับเปลี่ยนค่า RC ให้สอดคล้องกับอัตราการอบแห้งในแต่ละช่วงเวลา สามารถลดค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้ดีกว่าการอบแห้งแบบคงที่ในทุกระดับอุณหภูมิ

องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การออกแบบระบบควบคุมแบบปรับเปลี่ยนได้โดยใช้เทคโนโลยี IoT เข้ามาช่วยบริหารจัดการสัดส่วนอากาศหมุนเวียน แทนการใช้ค่าคงที่ตลอดกระบวนการ เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงในการลดการสูญเสียพลังงานและค่า SEC ลงได้ โดยยังคงรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และอัตราการอบแห้งที่เหมาะสม ซึ่งมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเชิงพาณิชย์ในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปและผลิตภัณฑ์ชุมชนได้อย่างยั่งยืน

Faculty Of Engineering, UBU

Title : Design of an IoT-Based System to Control the Air Recirculation Ratio for a Hot Air Dryer

Author : Ms. Nantinee Oamchat

: Ms. Benchamat Butrat

: Mr. Sanchai Sriwasoot

Major : Mechanical Engineering

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Ampaisak Theeboonma

Co-Advisors : Asst. Prof. Dr. Apinan Namkhet

: Miss Songsupa Phumchumphol

Keywords : Waste Heat Recovery, Drying Rate, Specific Energy Consumption (SEC)

ABSTRACT

Hot air drying is a vital preservation technique in the agricultural and community product industries. However, it currently faces challenges such as high energy consumption and low drying efficiency, which directly impact production costs and sustainability. These issues primarily stem from the lack of flexibility in conventional control systems, particularly during the falling-rate drying period where internal moisture diffusion becomes the limiting factor. Consequently, using fixed parameters throughout the process fails to optimize energy conservation effectively.

Addressing this knowledge gap, this research aims to design and develop an IoT-based system for the dynamic, real-time control of hot air recirculation ratios to enhance dryer performance and study the drying kinetics of ginger. By integrating Internet of Things (IoT) technology with an intelligent control system, the drying conditions can be managed with high precision. The research methodology is divided into two main parts

In the first case study, ginger was dried under steady-state conditions to establish a drying kinetics database. The experimental parameters included temperatures of 50, 60, and 70°C, air velocities of 1.0, 1.5, and 2.0 m/s, and air recirculation (RC) ratios of 0, 0.25, 0.50, 0.75, and 1.0, totaling 45 experimental runs. The results indicated that the optimal condition was 70°C with an air velocity of 2.0

Faculty Of Engineering, UBU

m/s and an RC ratio of 1.0, which achieved the fastest drying rate and the lowest energy consumption. The IoT system maintained temperature stability with a precision of ±2°C.

In the second case study, dynamic air recirculation control was implemented at the 15th and 25th minutes of the drying process. These experiments were conducted at temperatures of 50–70°C with a fixed air velocity of 1.5 m/s to evaluate the impact of adaptive air management on dryer performance. The findings revealed that adjusting the RC ratio in accordance with the changing drying rates significantly reduced Specific Energy Consumption (SEC) and improved overall energy efficiency compared to steady-state drying across all temperature levels.

The novel contribution of this research demonstrates that designing an adaptive control system using IoT technology to manage air recirculation ratios—rather than relying on fixed parameters—is a highly effective approach for reducing energy loss and SEC. While maintaining optimal drying rates and product quality, this system shows significant potential for commercial development in the food processing industry and for sustainable community-based agricultural products.

Faculty Of Engineering, UBU