



การอบแห้งสับปะรดโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ร่วมกับรังสีอินฟราเรดที่ ควบคุมด้วยอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

Pineapple drying using a solar dryer combined with infrared radiation controlled by the Internet of Things

กานต์ กอมนี¹, ภาณุวัฒน์ นาคพงษ์¹, กมลรัตน์ ดีสภา² และ ทรงพล วิจารย์จักร^{1*}

Kan Komaneer¹, Panuwat Nakpong¹, Kamonrat Deesapa² and Songpol Wijanjak^{1*}

¹สาขาช่างยนต์/เทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม 214 หมู่ 12 ตำบลหนองญาติ
อำเภอเมืองนครพนม จังหวัดนครพนม 48000

¹Mechanical Technology, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Phanom University 214 Moo 12,
Nong yat Subdistrict, Mueang Nakhon Phanom District, Nakhon Phanom Province 48000

²คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 234 หมู่ 12 ตำบลสามพร้าว อำเภอเมืองจังหวัดอุดรธานี 41000

²Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University 234 Moo 12, Sam Phrao Subdistrict, Mueang
District, Udon Thani Province 41000

*Corresponding Author: Songpol.w@npu.ac.th

Received: date; February 2024 Accepted: date; June 2024 Published: date; June 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเทคนิคการอบแห้งสับปะรดท่าอุเทนซึ่งเป็นผลไม้ขึ้นชื่อเฉพาะถิ่นของอำเภอท่าอุเทน ในจังหวัดนครพนม ด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบผสมผสานระหว่างแสงอาทิตย์กับอินฟราเรดที่มีระบบการควบคุมการทำงานของพัดลมดูดความชื้นด้วยระบบอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (Internet Of Things, IOT) โดยมีวิธีการทดลองคือใช้การอบแห้งแบบแสงอาทิตย์ในช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. ซึ่งในระหว่างทำการอบแห้งนั้นก็จะมีการกักเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์ด้วยโซล่าเซลล์เก็บไว้ยังแบตเตอรี่ในรูปแบบของพลังงานทางไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้กับการอบแห้งด้วยเทคนิคการใช้อินฟราเรด (Infrared, IR) ในช่วงเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงแดดเวลา 18.00 – 20.00 น. ผลจากการทดลองพบว่า การอบแห้งที่มีการควบคุมด้วยระบบ IOT จะมีอุณหภูมิในห้องอบแห้งที่สูงกว่าระบบที่ไม่มีการควบคุมอีกทั้งการนำอินฟราเรดมาใช้ร่วมกับการอบแห้งแบบแสงอาทิตย์ก็จะช่วยเพิ่มอัตราการอบแห้งและลดเวลาในการอบแห้งได้อย่างรวดเร็ว

คำสำคัญ : การอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ สับปะรดท่าอุเทน การอบแห้งแบบผสมผสาน อินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง

Abstract

The research aims to study drying techniques for Tha Uthen pineapples, a locally renowned fruit from the Tha Uthen district in Nakhon Phanom province, by using a combined drying method



integrating solar and infrared energy. This method was controlled by a fan moisture extraction system through the Internet of Things (IoT). The experimental procedure involved solar drying from 8:00 AM to 5:00 PM. During the solar drying process, solar energy was captured by solar cells and stored as electrical energy for use in infrared (IR) drying techniques at night from 6:00 PM to 8:00 PM. The results showed that the drying process controlled by the IoT system promoted a higher temperature in the drying chamber compared to the uncontrolled system. Additionally, the use of infrared in conjunction with solar drying helped increase the drying rate and reduce the drying time significantly.

Keywords: Solar drying, Tha Uthen Pineapple, Hybrid drying, Internet of things (IOT)

บทนำ

สับปะรดท่าอุเทนเป็นสับปะรดสายพันธุ์ปัตตาเวียที่มีการปลูกที่อำเภอท่าอุเทนจังหวัดนครพนมเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจประจำจังหวัดของจังหวัดนครพนม ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานจากคณะกรรมการอาหารและอุตสาหกรรมเกษตร GI เพราะเป็นสับปะรดที่มีความเป็นเอกลักษณ์ในด้านพื้นที่การเพาะปลูกรวมถึงรสชาติที่มีความเป็นเอกลักษณ์ ซึ่งได้รับความนิยมและการสนับสนุนส่งเสริมในด้านการเพาะปลูกและแปรรูปเป็นอย่างดี (ศูนย์ข่าวกรมส่งเสริมการเกษตร, 2564) การนำสับปะรดมารับประทานโดยไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปหรือการถนอมเพื่อเพิ่มอายุการบริโภคอาจจะทำให้ไม่สามารถบริโภคได้ทั้งหมดภายในเวลาที่จำกัดส่งผลให้สับปะรดนั้นอาจเกิดการเน่าเสียได้ (บุญโชค, 2565) จึงมีความจำเป็นต้องแปรรูปสับปะรดเพื่อให้มีอายุของการบริโภคที่ยาวนานขึ้น ซึ่งหนึ่งในวิธีการถนอมอาหารเพื่อเพิ่มอายุการบริโภคที่ได้รับความนิยมและทำได้ง่ายคือการอบแห้ง (Ekka and Kumar, 2023) โดยการอบแห้งนั้นเป็นหนึ่งในกระบวนการถนอมอาหารที่มีมาตั้งแต่ในยุคโบราณ ซึ่งในการอบแห้งนั้นจะช่วยเพิ่มอายุการบริโภคของสับปะรดได้ เนื่องจากการอบแห้งจะเป็นกระบวนการของการนำน้ำออกจากผลิตภัณฑ์หรืออาหารซึ่งจะช่วยยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรีย (Kouhila et al., 2020) ซึ่งวิธีการถนอมอาหารเพื่อเพิ่มอายุการบริโภคด้วยการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์นั้นเป็นเทคนิคที่ทำได้ง่ายและประหยัดพลังงาน อีกทั้งในการสร้างเครื่องอบแห้งแบบแสงอาทิตย์นั้นมีความต้นทุนที่ค่อนข้างต่ำและยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Nukulwar and Tungikar, 2022)

จากงานวิจัยที่ผ่านมา Thanompongchart et al. (2022) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้คลื่นอัลตราโซนิกมาใช้ในการอบแห้งแบบแสงอาทิตย์ในการอบแห้งสับปะรด ซึ่งค้นพบว่า การอบแห้งด้วยเทคนิคนี้จะสามารถลดเวลาในการอบแห้งได้ และยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานที่ใช้ในการอบแห้งได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Malakar et al. (2023) ที่ได้ศึกษาเพื่อพัฒนาการอบแห้งสับปะรดด้วยเทคนิคที่นำการอบแห้งแบบอินฟราเรดมาใช้ร่วมกับแสงอาทิตย์รวมถึงการนำวัสดุที่เปลี่ยนเฟสได้มาใช้ร่วมกัน โดยการเปรียบเทียบพฤติกรรมของการอบแห้งในแต่ละรูปแบบผลลัพธ์ที่พบคือการอบแห้งที่มีการนำพลังงานอินฟราเรดมาใช้งานร่วมกับแสงอาทิตย์จะช่วยลดเวลาในการอบแห้ง อีกทั้งยังรักษาคุณภาพของสีและสารภายในสับปะรดได้ดีกว่าการอบแห้งที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

แต่ทั้งนี้ การอบแห้งแบบแสงอาทิตย์นั้นยังมีข้อจำกัดในเรื่องของสภาพอากาศที่ไม่คงที่ (Thanompongchart et al., 2022) และไม่สามารถทำงานได้ในเวลากลางคืน ส่งผลให้ยังคงต้องค้นหาเทคนิคใหม่ที่หลากหลายมากขึ้นที่จะช่วยผสมผสานกับการอบแห้งแบบแสงอาทิตย์เพื่อให้การอบแห้งแบบแสงอาทิตย์นั้นมีประสิทธิภาพที่มากขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ที่จะจัดทำเครื่องอบแห้งด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบผสมผสานระหว่างแสงอาทิตย์และอินฟราเรดที่มีระบบควบคุมการอบแห้งแบบ IOT เพื่อศึกษาพฤติกรรมของการอบแห้งและคุณลักษณะทางกายภาพหลังจากการอบแห้ง เพื่อให้การอบแห้งนั้นมีประสิทธิภาพและการใช้พลังงานให้คุ้มค่าที่สุดที่สุด

วิธีการดำเนินการวิจัย

1 การเตรียมวัตถุดิบ

ทำการซื้อสับปะรดทำอุเทนจากตลาดอำเภอเมือง จังหวัดนครพนม โดยก่อนทดสอบนำมาเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนทำการทดสอบการอบแห้ง โดยใช้อุปกรณ์ปอกสับปะรดให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร และมีความหนาที่ 5 มิลลิเมตร เพื่อเป็นตัวอย่างในการทดลอง ซึ่งค่าความชื้นเริ่มต้นของสับปะรดทำอุเทนจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 74–89 % (Wet basis) (บุญโชค, 2565)

2 เครื่องอบแห้งแบบผสมผสานระหว่างแสงอาทิตย์และอินฟราเรด

เครื่องอบแห้งแบบผสมผสานระหว่างแสงอาทิตย์และอินฟราเรดที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้มีขนาดความกว้าง 80 เซนติเมตร x ยาว 100 เซนติเมตร x สูง 50 เซนติเมตร มีพัดลมขนาด 12 โวลต์เพื่อใช้ดูดความชื้นออกจากห้องอบแห้ง และมีหลอดอินฟราเรดขนาด 100 วัตต์เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนอีกประเภทในการอบแห้ง เซ็นเซอร์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คือ DHT21 ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกติดตั้งดัง Figure 1 และมีรายละเอียดดัง Table 1

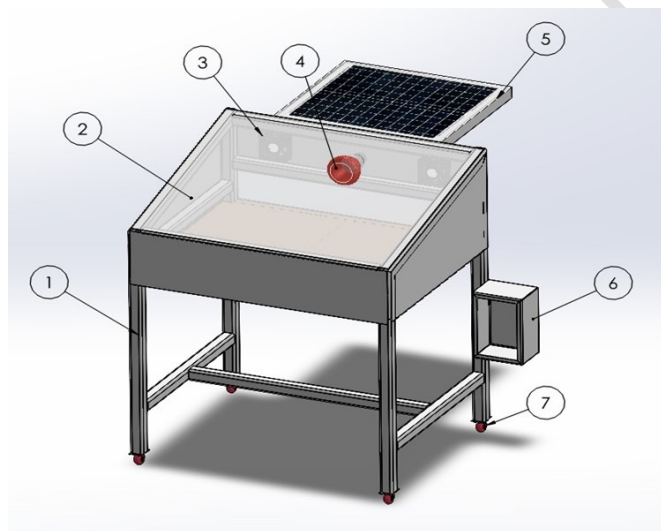


Figure 1 Infrared-assisted hybrid solar dryer

Table 1 Detailed description of the experimental tools used for the infrared-assisted hybrid solar dryer

No.	Equipment Name	Usage Details
1	Structure of the drying machine	To determine the shape and size of the drying machine
2	Tray	To receive solar radiation to enhance the drying process
3	12-volt fan	To absorb moisture from the drying machine
4	100-watt infrared lamp	To increase the heat in the drying process
5	30-watt solar cell panel	To store solar energy and convert it into electricity
6	Control box	To store energy in batteries and control the fan's operation
7	Wheel	For mobility

3. ขั้นตอนการออกแบบการทำงานของระบบการควบคุม

การออกแบบการควบคุมการทำงานของพัดลมโดยใช้ระบบการควบคุมผ่านบอร์ด NodeMCU 8266 ซึ่งเป็นบอร์ดที่ใช้ในงานระบบอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (Internet of things, IOT) ซึ่งพัดลมจะทำงานในช่วงเฉพาะของความชื้นสัมพัทธ์ที่มีค่าสูงเกินกำหนดดัง Figure 2 เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานที่จะส่งให้กับพัดลมดูดอากาศ นอกจากนี้เพื่อให้การเป็นการเก็บรักษาใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่าและกักเก็บพลังงานสะอาดอย่างพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ จึงทำการเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านโซลาร์เซลล์แปลงเป็นกระแสไฟฟ้ากระแสตรงผ่านชุดควบคุมการชาร์จในตัวควบคุมก่อนนำไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่เพื่อเป็นแหล่งสะสมพลังงานจากนั้นจะส่งพลังงานไฟฟ้าไปใช้ผ่านตัวแปลงกระแสอินเวอร์เตอร์ ซึ่งจะแปลงกระแสจากกระแสตรง 12 โวลต์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์เพื่อเป็นแหล่งไฟฟ้าให้กับหลอดอินฟราเรดในการอบแห้งช่วงเวลากลางคืน เพื่อการส่งเสริมให้สามารถกักเก็บพลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อนำไปใช้ต่อไปกับการอบแห้งแบบอินฟราเรดได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดดัง Figure 3

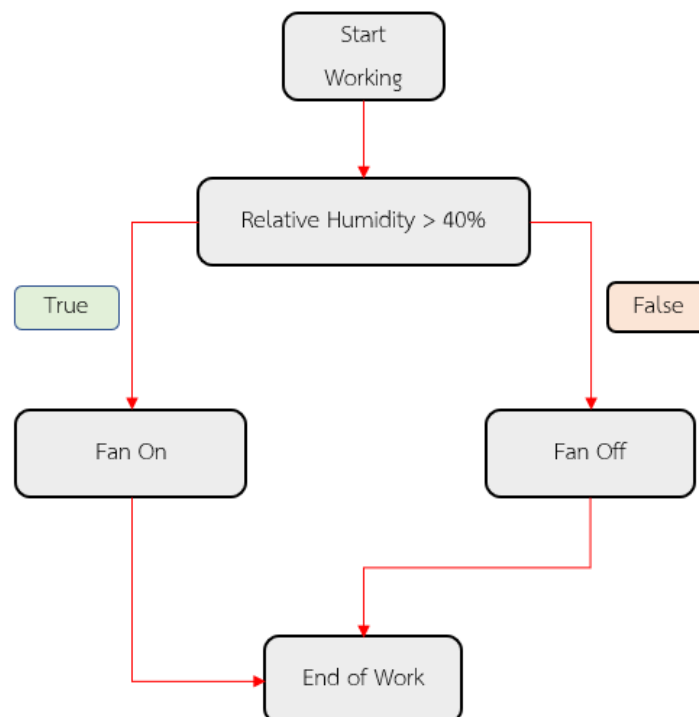


Figure 1 Control system diagram for turning the fan on and off during drying

4. อัตราส่วนความชื้นของการอบแห้ง

อัตราส่วนความชื้น (Moisture Ratio, MR) เป็นค่าที่นิยมในการศึกษาเรื่องการอบแห้ง เพราะเป็นตัวแปรไร้มิติซึ่งมีประโยชน์ในการทำการทดลอง เพราะไม่จำเป็นต้องใช้ปริมาณวัสดุมากในการศึกษา นิยามโดยความแตกต่างระหว่างความชื้นที่เวลาใดๆ กับความชื้นสมดุล หาค่าด้วยความแตกต่างระหว่างความชื้นเริ่มต้นกับความชื้นสมดุล (Badaoui et al., 2019) ตามสมการที่ 1

$$MR = \frac{(M_t - M_e)}{(M_0 - M_e)} \approx \frac{M_t}{M_0} \quad (1)$$

โดยที่

- MR คือ อัตราส่วนความชื้น
 M_t คือ ความชื้นที่เวลาใดๆ (%d.b.)
 M_0 คือ ความชื้นเริ่มต้น (%d.b.)
 M_e คือ ความชื้นสมดุล (%d.b.)

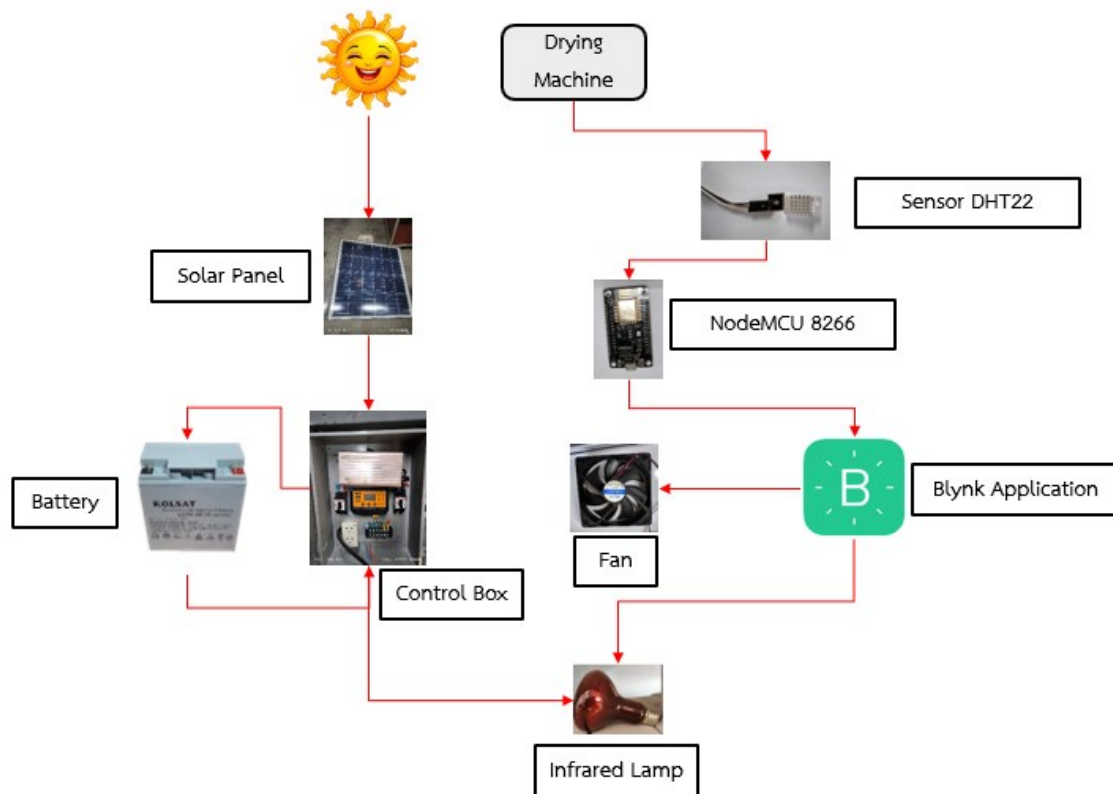


Figure 2 Diagram of the infrared-assisted hybrid solar dryer

5. อัตราการอบแห้ง

อัตราการอบแห้ง (Drying Rate, DR) สามารถหาได้จากปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อระยะเวลาในการอบแห้ง หรือปริมาณความชื้นต่อระยะเวลาในการอบแห้ง นิยามโดยผลต่างระหว่างมวลเริ่มต้นกับมวลที่เวลาใด ๆ หารด้วยเวลา (Badaoui et al., 2019) ตามสมการที่ 2

$$DR = \frac{m_0 - m_T}{t} \quad (2)$$

โดยที่

- m_0 คือ มวลเริ่มต้น (kg)
 m_t คือ มวลที่เวลาใดๆ (kg)
 t คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง, (h)

6. วิธีการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้จะนำสับปะรดที่จะทำการทดลองมาหั่นให้มีขนาดเท่ากันที่ 5 มิลลิเมตร ซึ่งน้ำหนักเริ่มต้นของสับปะรดก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง เมื่อชั่งน้ำหนักเริ่มต้นเสร็จแล้วนำไปไว้ในเครื่องอบแห้งที่มีการควบคุมดัง Figure 2 โดยเครื่องอบแห้งนั้นจะใช้หลักการของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน 8.00 น. – 17.00 น. พร้อมทั้งในขณะที่ทำงานก็จะกักเก็บพลังงานของแสงอาทิตย์เพื่อนำพลังงานที่ได้ไปเป็นแหล่งให้พลังงานแก่อินฟราเรดซึ่งจะเป็นแหล่งพลังงานในการให้ความร้อนในการอบแห้งในช่วงเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงแดดโดยจะเริ่มทำงานในช่วงเวลา 18.00 น. – 20.00 น. ผ่านระบบการควบคุมด้วยมือถือจากแอปพลิเคชัน Blynk จากนั้นจะทำการสุ่มชิ้นสับปะรดมาชั่งน้ำหนักในทุกๆ ชั่วโมงที่ทำการทดลอง เพื่อนำค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นไปทำการวิเคราะห์ในลำดับถัดไป

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

จากภาพที่ 4 จะพบว่าอุณหภูมิในห้องอบแห้งนั้นจะมีค่าอยู่ระหว่าง 20 ถึง 70 องศา ซึ่งอุณหภูมิของการอบแห้งที่มีการควบคุมด้วยระบบ IOT นั้นจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าการอบแห้งที่ไม่ได้ควบคุมด้วยระบบ IOT เนื่องจากการควบคุมด้วยระบบ IOT จะทำงานแค่ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเท่านั้นแตกต่างจากการอบแห้งที่ไม่ได้ควบคุมด้วย IOT ที่ทำงานตลอดเวลา ทำให้การอบแห้งแบบ IOT นั้นจะสะสมความร้อนในห้องอบแห้งได้มากกว่าการอบแห้งที่ไม่ได้ควบคุมเพราะพัดลมจะดูดทั้งความชื้นและอุณหภูมิในห้องอบแห้งทั้งตลอดเวลา ในส่วนของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในห้องอบแห้งนั้นในการอบแห้งแต่ละเทคนิคจะมีแนวโน้มที่คล้ายกันคือมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงที่สุดที่เวลา 17:00 น. ซึ่งในการอบแห้งที่นำอินฟราเรดมาช่วยอบแห้งในช่วงเวลาตั้งแต่ 18.00 น. เป็นต้นไปจะทำให้อุณหภูมิในห้องอบแห้งสูงขึ้นและทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงอย่างรวดเร็วดังลูกศรที่ชี้ในภาพที่ 4 เป็นการช่วยเพิ่มความสามารถในการอบแห้งให้ใช้เวลาในการอบแห้งลดลง

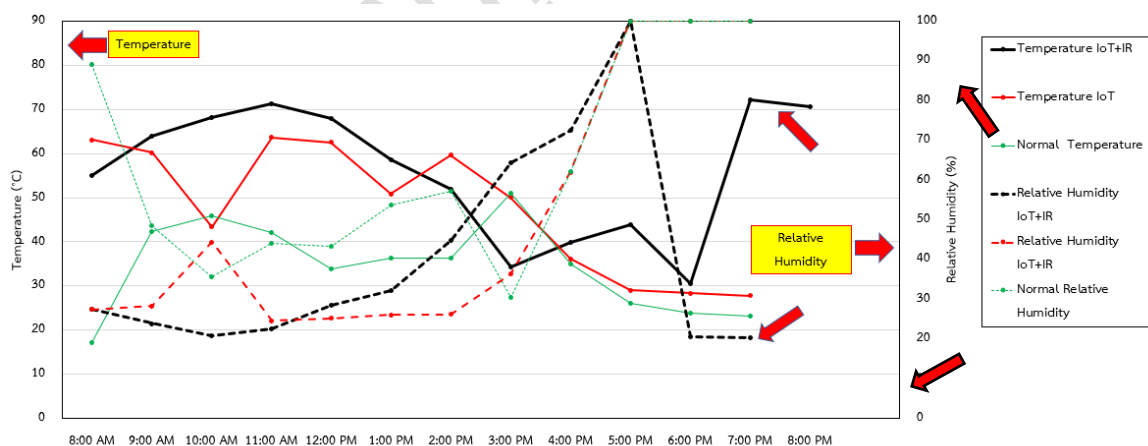


Figure 4 Comparing the relationship between temperature and relative humidity with drying time

2. อัตราส่วนความชื้นของการอบแห้ง

จาก Figure 5 จะพบว่า การอบแห้งที่ใช้ระบบควบคุมแบบ IOT นั้นจะมีค่าอัตราส่วนความชื้นที่ต่ำกว่าการอบแห้งที่ไม่มีระบบควบคุม เนื่องจากการอบแห้งแบบมีระบบควบคุมจะมีอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงกว่าส่งผลให้ใช้เวลาในการ

อบแห้งที่น้อยกว่า และในกรณีที่น่าอินฟราเรดมาช่วยในการอบแห้งตั้งแต่ชั่วโมงที่ 10 เป็นต้นไปนั้น ยิ่งส่งผลให้มีอัตราส่วนความชื้นที่ลดลงโดยจะเห็นได้จากแนวโน้มของกราฟที่ลดลงอย่างรวดเร็วดังลูกศรในภาพที่ 5 ทำให้ทราบว่าการใช้อินฟราเรดนั้นจะส่งผลให้อัตราส่วนความชื้นลดลงอย่างรวดเร็วมากกว่าแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Malakar et al. (2023) ที่เมื่อนำอินฟราเรดมาช่วยในการอบแห้งกับแสงอาทิตย์จะทำให้มีอัตราส่วนความชื้นที่ลดลง

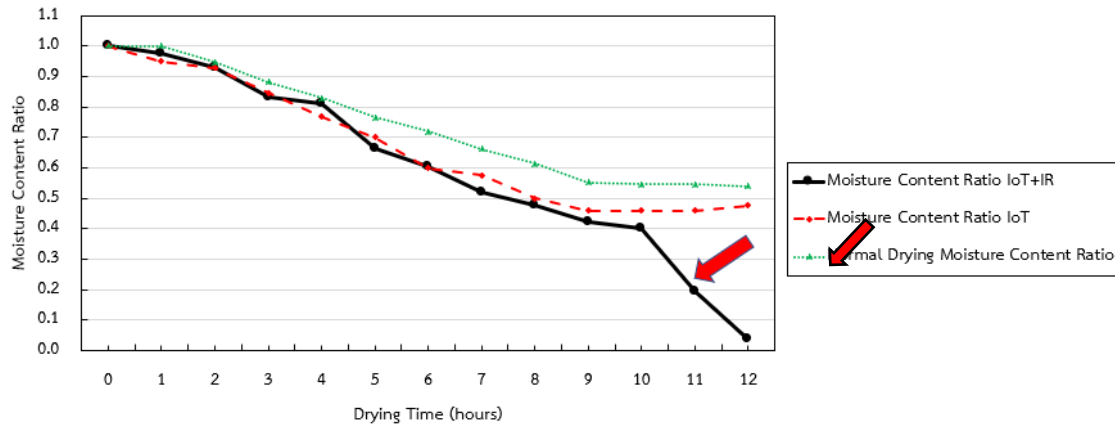


Figure 3 Comparison of the moisture ratio in drying for each technique

3. อัตราการอบแห้ง

จาก Figure 6 อัตราการอบแห้งของระบบที่มีการควบคุมด้วย IOT นั้นจะมีค่าที่สูงกว่าการอบแห้งที่ไม่ได้มีระบบควบคุม เนื่องจากอุณหภูมิในห้องอบแห้งของระบบอบแห้งที่มีระบบควบคุมนั้นมีค่าที่สูงกว่าระบบอบแห้งที่ไม่ได้ควบคุมด้วยระบบ IOT และมีอัตราส่วนความชื้นที่ต่ำกว่าดัง Figure 5 และในกรณีที่มีการนำอินฟราเรดมาช่วยร่วมในกระบวนการอบแห้งจะทำให้แนวโน้มของอัตราการอบแห้งนั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีความเป็นไปได้ที่การอบแห้งที่นำอินฟราเรดมาช่วยร่วมกับแสงอาทิตย์นั้นมีแนวโน้มที่จะใช้เวลาในการอบแห้งที่รวดเร็วกว่าการอบแห้งที่ใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวเท่านั้นดังลูกศรใน Figure 6

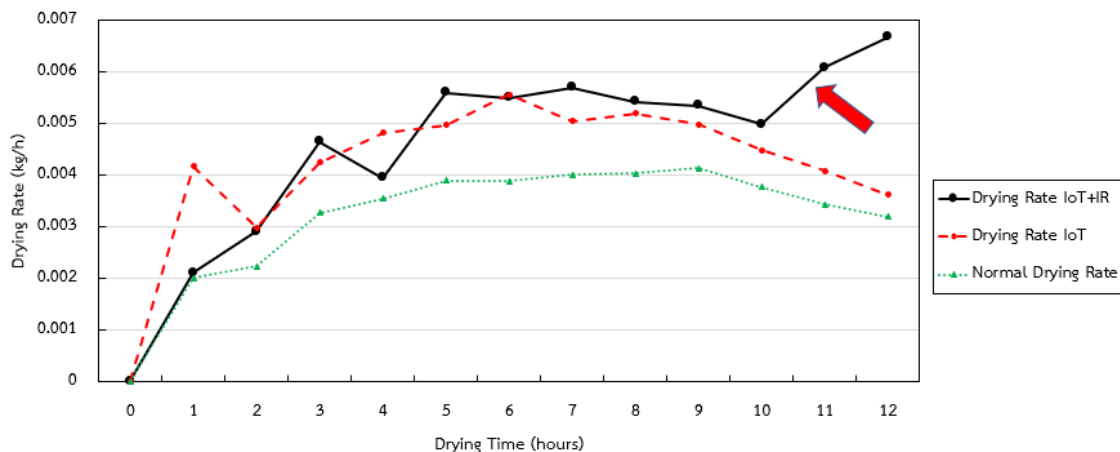


Figure 4 Comparison of the drying rates for each technique

4. ผลกระทบด้านสีของสับปะรดทำอุเทนที่ผ่านการอบแห้ง

การอบแห้งที่ใช้แหล่งความร้อนจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจะให้น้ำที่เข้มข้นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การอบแห้งที่ใช้แสงอาทิตย์ร่วมกับอินฟราเรดดัง Figure 7 และ Figure 8 เนื่องจากการอบแห้งแสงอาทิตย์นั้นจะอบแห้งใน อุณหภูมิที่ต่ำกว่าและใช้เวลานานกว่า ซึ่งสามารถช่วยรักษาสีให้ดีกว่า ในทางกลับกันถึงแม้อินฟราเรดจะให้ความร้อนที่สูง และอบแห้งเร็วกว่าแต่ส่งผลต่อสีของผลไม้ที่เปลี่ยนไปคือการอบแห้งที่นำอินฟราเรดมาช่วยนั้นจะให้สีของสับปะรดมีค่า ความสว่างหรือซีดลง เช่นเดียวกับงานของ Malakar et al. (2023) นอกจากนี้การอบแห้งที่ใช้ความร้อนจากอินฟราเรด ร่วมกับแสงอาทิตย์นั้นยังทำให้เกิดรอยไหม้บางจุดบริเวณโดยรอบของสับปะรดดังที่ได้วงกลมสีแดงไว้ดัง Figure 8 เนื่องมาจาก แสงอาทิตย์กระจายความร้อนอย่างเท่าเทียมทั่วทั้งผลไม้และใช้ความร้อนที่น้อยกว่า ในขณะที่อินฟราเรดมี อุณหภูมิการอบแห้งที่สูงมากกว่าการใช้แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจึงอาจทำให้เกิดจุดร้อนบางจุด ทำให้สีของสับปะรดไม่ สม่ำเสมอ ซึ่งส่งผลต่อการเร่งการเกิดปฏิกิริยาน้ำตาลทำให้เกิดรอยไหม้ที่สับปะรดได้



Figure 5 Color of pineapple dried using solar drying only



Figure 6 Color of pineapple dried using a combination of solar drying and infrared

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในครั้งนี้จะสามารถสรุปความแตกต่างระหว่างการอบแห้งโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับการอบแห้งโดยแบบผสมผสานระหว่างแสงอาทิตย์และอินฟราเรดที่ควบคุมด้วยระบบ IOT ดังนี้



- การอบแห้งที่มีระบบควบคุมแบบ IOT จะมีอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงกว่าการอบแห้งที่ไม่ควบคุม
- การอบแห้งแบบแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวจะใช้เวลาในการอบแห้งที่ยาวนานกว่า แต่ให้ความสามารถในการรักษาคุณภาพสีของสับปะรดซึ่งมีสีที่เข้มกว่าการอบแห้งแบบผสมผสานระหว่างแสงอาทิตย์และอินฟราเรด
- การอบแห้งแบบผสมผสานนั้นให้ค่าอัตราการอบแห้งที่สูงกว่าทำให้ใช้เวลาในการอบแห้งที่น้อยกว่าการอบแห้งโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว
- การอบแห้งแบบผสมผสานนั้นอาจทำให้เกิดรอยไหม้บริเวณโดยรอบของชิ้นงานได้

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะหากต้องการทำวิจัยต่อในการนำอินฟราเรดมาใช้ร่วมกับแสงอาทิตย์อาจต้องคำนึงถึงพลังงานของหลอดอินฟราเรดที่ต้องใช้วัตต์ที่น้อยลงรวมถึงระยะห่างระหว่างหลอดอินฟราเรดกับผลิตภัณฑ์ในการอบแห้ง รวมถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมในการช่วยกระตุ้นการอบแห้ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาช่างยนต์/ เทคโนโลยีเครื่องกล คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือ และสถานที่สำหรับการสร้างชุดทดลอง ตลอดจนการทดสอบและวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี อีกทั้งขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- บุญโชค พ้อตาแสง. (2565). ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอบแห้งสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย โดยเครื่องอบแห้งลมร้อน. ปริญญามหาบัณฑิต.คณะวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ศูนย์ข่าวกรมส่งเสริมการเกษตร. (2564). กรมส่งเสริมการเกษตรลงพื้นที่นครพนม ชูไม้ผล GI “สับปะรดหวานท่าอุเทน” และ “ลิ้นจี่พันธุ์นครพนม 1.”. กรมส่งเสริมการเกษตร.
- Badaoui, O., Hanini, S., Djebli, A., Haddad, B., and Benhamou, A. (2019). Experimental and modelling study of tomato pomace waste drying in a new solar greenhouse: Evaluation of new drying models. *Renewable Energy*. 133, 144–155. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.020>
- Ekka, J. P., and Kumar, D. (2023). A review of industrial food processing using solar dryers with heat storage systems. *Journal of Stored Products Research*. 101, 102090.
- Kouhila, M., Moussaoui, H., Lamsyehe, H., Tagnamas, Z., Bahammou, Y., Idrimam, A., and Lamharrar, A. (2020). Drying characteristics and kinetics solar drying of Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*) type under forced convection. *Renewable Energy*. 147, 833-844.
- Malakar, S., Arora, V. K., Nema, P. K., and Yadav, D. K. (2023). Development of infrared-assisted hybrid solar dryer for drying pineapple slices: Investigation of drying characteristics, mass transfer parameters, and quality attributes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 88, 103437.
- Nukulwar, M. R., and Tungikar, V. B. (2022). Recent development of the solar dryer integrated with thermal energy storage and auxiliary units. *Thermal Science and Engineering Progress*. 29, 101192.



Thanompongchart, P., Pintana, P., and Tippayawong, N. (2022). Thermal performance enhancement in hot air and solar drying of pineapple slices with ultrasonic vibration. *Case Studies in Thermal Engineering*, 37, 102296.

เกษตรกรรมภาควิชาคณิศร