

การศึกษาเบื้องต้นและการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นของการอบแห้งพริกแดงจินดา ในต้นแบบโรงเรือนแบบพีระมิดและโรงเรือนแบบอุโมงค์กับพลังงานรังสีดวงอาทิตย์

A Preliminary Study and Comparison of Red Chinda Pepper Drying in the Prototype of Pyramid and Tunnel Greenhouse with Solar Radiation

ชูเกียรติ โชติกเสถียร¹ และ กฤษกร กมลวิจิตร¹

¹สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม chukiatt@npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการทำแห้งและปริมาณความชื้นของพริกแดงจินดาในต้นแบบโรงเรือนแบบพีระมิด และแบบอุโมงค์ การระบายอากาศภายในโรงเรือนทั้งสองถูกควบคุมด้วยบอร์ด ESP32 ปริมาณความชื้นและน้ำหนักของพริกแดงจินดาถูกบันทึกทุก ๆ 2 h การอบแห้งพริกแดงจินดาในโรงเรือนทั้งสองแบบทำให้ปริมาณความชื้นสุดท้ายของพริกแดงจินดาอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเก็บรักษา ปริมาณความชื้นสุดท้ายของพริกแดงจินดาอยู่ในช่วง 6.50-8.42% อัตราการอบแห้งทั้งสองโรงเรือนมีค่าสูงในช่วงเวลา 10.00-14.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่ำ นอกจากนี้ อัตราการอบแห้งพริกแดงจินดาในโรงเรือนแบบอุโมงค์มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับโรงเรือนแบบพีระมิด แต่ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) ยกเว้นโซนที่ 1 อย่างไรก็ตาม การเพิ่มปริมาณของพริกแดงจินดาเพื่อให้ได้ปริมาณพริกแดงจินดาแห้งที่มากขึ้น จำเป็นต้องได้รับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

คำสำคัญ: พริกแดงจินดา การทำแห้ง รังสีดวงอาทิตย์

Abstract

This research aimed at comparing the drying and moisture content of the Red Chinda pepper with the prototype of pyramid and tunnel greenhouse. Air ventilation with both greenhouses was controlled by a microcontroller ESP32. The moisture content and weight of dried Red Chinda peppers were collected every 2 h. Drying the Red Chinda peppers in both types of greenhouses resulted in the final moisture content of the product being at a safe level for long-term storage. The final moisture content ranged from 6.50 to 8.42%. The high drying rate of the product in both greenhouses ranged from 10.00 a.m. to 2.00 p.m. due to the low air relative humidity. Additionally, the product in the tunnel greenhouse had the highest drying rate so that they hadn't significant difference with the product in the pyramid greenhouse ($p<0.05$) except for zone 1 of drying. However, increasing the amount of Red Chinda pepper must be studied to get more quantity of dried product.

Keywords: Red Chinda Pepper, Drying, Solar Radiation

1. บทนำ

จากปัญหาพริกสดในตลาด ราคาตกต่ำ หรือการกำหนดราคาโดยบริษัทรับซื้อ ทำให้เกษตรกรไม่ได้กำไรจากการขาย หรืออาจจะไม่ยอมรับกับผลของราคารับซื้อพริก เกษตรกรบางรายจึงเลือกจำหน่ายกับตลาดที่ใกล้กับแหล่งเพาะปลูก [1] นอกจากนี้ การเก็บรักษาพริกสดไม่สามารถเก็บไว้ในสภาวะบรรยากาศปกติเป็นระยะเวลานาน แนวทางการเก็บรักษาที่เหมาะสมซึ่งสามารถเก็บรักษาประมาณ 2-3 w คือที่สภาวะอุณหภูมิ 7°C และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูง เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำและการเหี่ยวเฉา [2] การเก็บรักษาพริกสดปริมาณมากในตู้เย็นจะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา และความเสี่ยงต่อการเน่าเสีย ดังนั้น เกษตรกรหรือผู้บริโภคจึงเลือกใช้วิธีการตากแดด เพื่อลดปริมาณความชื้นและเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา หรือใช้สำหรับการแปรรูปพริกแดงจินดาแห้ง แต่ปัญหาจากการทำแห้งผลิตผลทางการเกษตรโดยวิธีการตากแดด คือสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงระหว่างวัน และการเข้าทำลายของแมลงซึ่งส่งผลให้เกิดความเสียหาย นอกจากนี้ วิธีการตากแดดยังไม่สามารถลดปริมาณความชื้นในพริกแดงจินดาให้อยู่ในปริมาณที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา หากหลายงานวิจัยได้แสดงให้เห็นเทคนิคและวิธีการทำแห้งแบบต่างๆ ได้แก่ การทำแห้งด้วยเทคนิคสุญญากาศแบบพัลส์ [3], การทำแห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน [4], การอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฟฟ้า [5] ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดด้านต้นทุนในการสร้างเครื่องอบแห้งที่มีมูลค่าสูง และความซับซ้อนของระบบอบแห้ง ดังนั้น เพื่อให้เกษตรกรสามารถสร้างโรงเรือนอบแห้งและประยุกต์ใช้ในครัวเรือน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้นพริกแดงจินดาจากการทำแห้งพริกแดงจินดาในโครงสร้างโรงเรือนแบบพีระมิด และโรงเรือนแบบอุโมงค์ โดยอาศัยพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 โครงสร้างและอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

ลักษณะโครงสร้างการอบแห้งในงานวิจัยนี้เป็นโครงสร้างโรงเรือนแบบ PG (พีระมิด: pyramid greenhouse) และแบบ TG (อุโมงค์: tunnel greenhouse) ดังรูปที่ 1 ขนาดความกว้าง, ความยาว และความสูงของโรงเรือนทั้งสองมีขนาดเท่ากันเป็น 110, 120 และ 50 cm ตามลำดับ โครงสร้างที่ใช้เป็นไม้อัดเคลือบกันความชื้นโดยมีความหนา 5 cm หลังคาและผนังด้านข้างติดด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนตใส (polycarbonate) โดยยึดติดเข้ากับโครงไม้ด้วยสกรูและแหวน สังกะสีรอนใหญ่ถูกติดตั้งที่ฐานสำหรับเป็นอุปกรณ์ในการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ และเกิดความร้อนสะสมอยู่ภายในโรงเรือน ความสูงจากฐานที่วางสังกะสีถึงชั้นวางตะแกรงสำหรับจัดวางพริกแดงจินดาภายในโรงเรือนมีขนาด 25 cm ตะแกรงมุ้งลวด (ขนาด 20 ช่องต่อความยาว 1 inch) ขนาดความกว้างและความยาวเป็น 100 และ 110 cm ตามลำดับ พัดลม (12VDC) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ถูกติดตั้งไว้ที่บริเวณผนังด้านในของคูบแห้งของโรงเรือนแบบ TG และถูกติดตั้งไว้ด้านใน ส่วนบนยอดของโรงเรือนแบบ PG ก่อผลพลาสติกเจาะรูถูกใช้เป็นลักษณะคลุมช่องทางระบายอากาศเพื่อใช้ในการระบายความชื้นภายในโรงเรือน นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเจาะรูบนแผ่นโพลีคาร์บอเนตบริเวณผนังด้านข้างโรงเรือน ขนาดกว้างและยาวเป็น 5 และ 10 cm ตามลำดับ จำนวน 2 รู และปิดด้วยก่องพลาสติกใสซึ่งถูกเจาะรูขนาด 1 cm จำนวน 2 รู เพื่อเป็นช่องทางในการดูดอากาศภายนอกเข้าสู่โรงเรือน เช่น เซอร์วิคอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือนจำนวน 2 ตัว ถูกติดตั้งที่บริเวณความสูง 15 cm จากผิวหน้าตะแกรงภายในโรงเรือนอบแห้งทั้งสอง และอีก 1 ตัว ถูกติดตั้งด้านนอกโรงเรือน

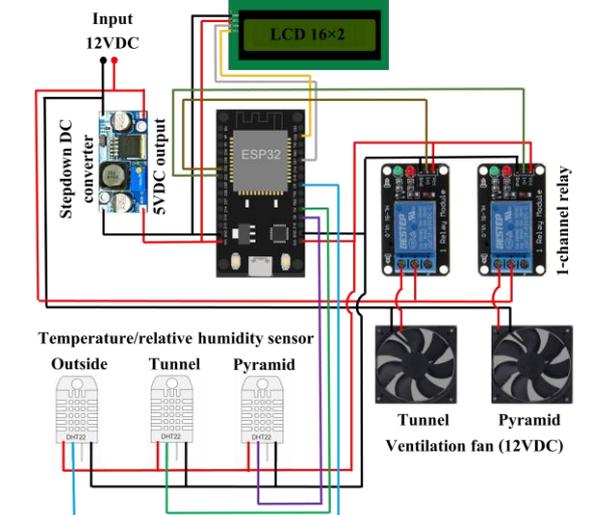


รูปที่ 1 โครงสร้างโรงเรือนแบบ PG และแบบ TG

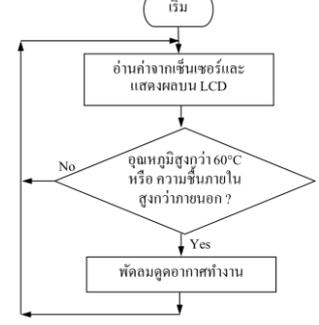
2.2 ระบบไฟฟ้าและการควบคุมอุปกรณ์

รูปที่ 2 แสดงการต่ออุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ระบบตรวจวัด และการประมวลผล เพื่อใช้ในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนทั้งสองแบบ ตู้ควบคุมถูกติดตั้งที่ตำแหน่งด้านข้างของโรงเรือนแบบ TG โดยพัดลมดูดอากาศทั้งสองโรงเรือนจะถูกควบคุมการทำงานภายใต้ระบบควบคุมเดียวกัน และมีเงื่อนไขการทำงานดังรูปที่ 3 แหล่งพลังงานหลักที่ใช้ในระบบควบคุมของการทดลองนี้ เป็นไฟฟ้าขนาด 220VAC

ซึ่งถูกแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นไฟฟ้ากระแสตรง (power supply, 220VAC to 12VDC) สำหรับจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ในระบบนี้ ได้แก่ พัดลมระบายอากาศ 12VDC จำนวน 2 ตัว, ตัวแปลงแรงดัน (DC to DC converter, step down) จำนวน 1 ตัว โดยลดแรงดันไฟฟ้า จาก 12VDC เป็น 5VDC บอร์ด ESP32 (ESP-32 Node MCU WROOM32/WIFI and Bluetooth), รีเลย์ (3VDC, 1 channel) จำนวน 2 ตัว, เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น (DHT22, temperature and humidity sensor) จำนวน 3 ตัว ซึ่งรับแรงดันไฟฟ้าขนาด 3VDC, หน้าจอ LCD (16x2, I²C) รับแรงดันขนาด 5VDC เพื่อแสดงผลของข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศทั้งในและนอกโรงเรือน การต่อวงจรสัญญาณ เพื่อใช้ในการรับและส่งข้อมูลบนบอร์ด ESP32 ซึ่งเป็นสมองกลสำหรับวิจัย ผู้วิจัยต่อสายไฟเชื่อมระหว่างบอร์ด ESP32 กับช่องสัญญาณ output ของเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายในโรงเรือนแบบ PG และแบบ TG บน pin หมายเลข 4 และ 2 ตามลำดับ และภายนอกโรงเรือนบน pin หมายเลข 5 สำหรับการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศภายนอกโรงเรือน ช่องสัญญาณ input บนรีเลย์จะถูกต่อเข้ากับ pin หมายเลข 32 และ 33 สำหรับควบคุมการทำงานของพัดลมดูดอากาศในโรงเรือนแบบ PG และแบบ TG ตามลำดับ หน้าจอแสดงผลซึ่งมี SDA และ SCL จะถูกต่อเข้ากับบอร์ด ESP32 บน pin หมายเลข 21 และ 22 ตามลำดับ



รูปที่ 2 วงจรการเชื่อมต่อสายไฟอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ระบบตรวจวัด และระบบประมวลผล



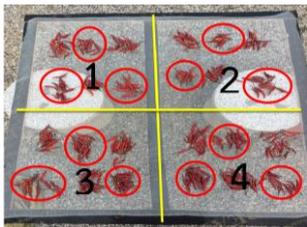
รูปที่ 3 เงื่อนไขการทำงานควบคุมพัดลมดูดอากาศ

2.3 แผนการทดลองและการวิเคราะห์ผล

พริกแดงจินดาสดถูกซื้อในพื้นที่ตลาดสด อ.เมือง จ.นครปฐม จำนวน 7.5 kg ผู้วิจัยแบ่งพริกแดงจินดาออกเป็น 3 ส่วน สำหรับใช้ในการทดลองครั้งที่ 1-3 จากนั้น พริกแดงจินดาแต่ละส่วนถูกนำมาแบ่งย่อยทดลองทำแห้งกับโรงเรือนแบบ PG, แบบ TG และการตากแดด (natural sun drying: NSD) พร้อมกัน รูปที่ 4 แสดงการจัดวางพริกแดงจินดาบนตะแกรงในโรงเรือนแบบ PG และแบบ TG โดยแบ่งโซนการจัดวางออกเป็น 4 โซน (โซนที่ 1, 2, 3 และ 4 คือ ด้านในฝั่งซ้าย, ด้านในฝั่งขวา, ด้านนอกฝั่งซ้าย และด้านนอกฝั่งขวา ตามลำดับ) และในแต่ละโซนจะมี 6 กอง ในขณะที่ การตากแดดเพื่อทำแห้งพริกแดงจินดาถูกจัดวางเพียง 6 กองและไม่มีการแบ่งโซน ผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างพริกแดงจินดาตามวงกลมในรูปที่ 4 โดยทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง (WT2002N, WANT, China) และวัดปริมาณความชื้นในพริกแดงจินดาด้วยเครื่องวัดความชื้น (moisture meter smart sensor, AS981, China) และบันทึกผลทั้งก่อนการอบแห้ง และในระหว่างการอบแห้งทุกๆ 2 h (โดยการทดลองแต่ละครั้งเริ่มต้นและสิ้นสุดการอบแห้งที่ช่วงเวลา 8.00-17.00 น.) จากนั้น ผู้วิจัยจะประมวลผลข้อมูลเพื่อหาค่าอัตราการอบแห้ง (drying rate, DR) (g_{water} / h) ตามสมการที่ 1

$$DR = (W_i - W_f) / t \quad (1)$$

โดยที่ W_i และ W_f คือ น้ำหนักพริกแดงจินดา ก่อนและหลังการอบแห้ง (g) ตามลำดับ และ t คือ เวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (h) ค่าเฉลี่ยความชื้นในพริกแดงจินดาและอัตราการอบแห้งที่เวลา 17.00 น. ถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วย t-test (paired sample test) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 1-3 ในโรงเรือนแบบ PG, แบบ TG และการตากแดด

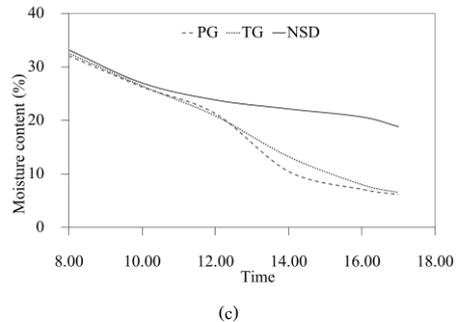
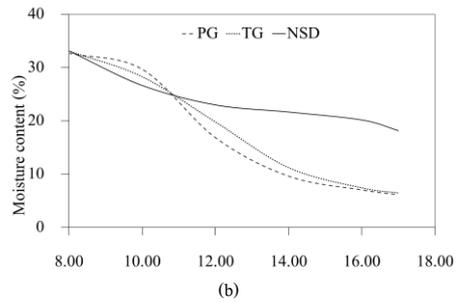
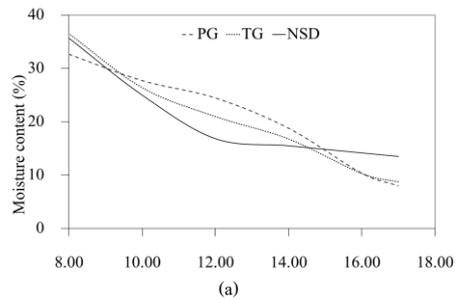


รูปที่ 4 การแบ่งโซนสำหรับการวัดค่าความชื้นและน้ำหนักพริกแดงจินดา

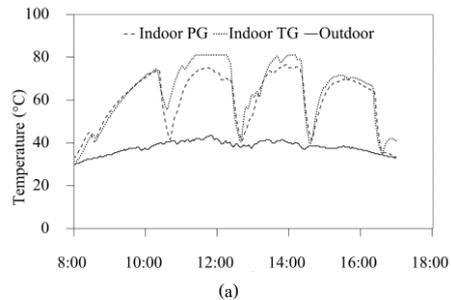
3. ผลและวิจารณ์

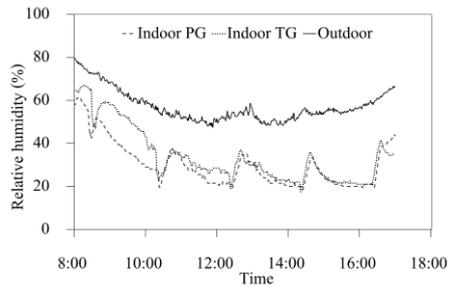
รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างค่าเฉลี่ยความชื้นพริกแดงจินดา รวมทุกโซนของโรงเรือนแบบ PG, แบบ TG และการตากแดดที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 1-3 ในทุกการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยความชื้นพริกแดงจินดาที่ได้จากการตากแดดเพียงอย่างเดียวในช่วงเวลา 8.00-17.00 น. ยังมี ความชื้นตกค้างที่ค่อนข้างสูง โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 16.83% (ตารางที่ 1) ในขณะที่ ค่าเฉลี่ยความชื้นพริกแดงจินดาในโรงเรือนแบบ PG และแบบ TG มีค่าความชื้นที่ต่ำกว่า โดยมีค่าอยู่ในช่วง 6.50-8.42% และอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถเก็บรักษา [2] ผู้วิจัยพบว่าอัตราการอบแห้งทุกการทดลองมีค่าสูงในช่วงเวลา 10.00-14.00 น. เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับ

ช่วงเวลาก่อน 10.00 น. และหลัง 14.00 น. ที่ช่วงเวลาดังกล่าวแสดงให้เห็นช่วงอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือนที่สูง โดยมีค่าเป็น 40.5-81°C และ 37-43.5°C ตามลำดับ (รูปที่ 6 (a)) ประกอบกับในช่วงเวลาดังกล่าวสภาพอากาศมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำ (รูปที่ 6 (b)) ส่งผลให้พริกแดงจินดาเกิดการคายความชื้นด้วยอัตราการทำแห้งสูง เพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุล [6] อย่างไรก็ตาม บางช่วงเวลาค่าอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงเรือนทั้งสองมีค่าตกลงหรือสูงขึ้นใกล้เคียงกับสภาพอากาศภายนอกโรงเรือน เนื่องจากผู้วิจัยเปิดประตูโรงเรือน เพื่อบันทึกข้อมูลทุกๆ 2 h



รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยความชื้นพริกแดงจินดา รวมทุกโซนของโรงเรือนแบบ PG, แบบ TG และการตากแดด (a) การทดลองครั้งที่ 1, (b) การทดลองครั้งที่ 2 และ (c) การทดลองครั้งที่ 3





(b)

รูปที่ 6 ตัวอย่างข้อมูล (a) อุณหภูมิ และ (b) ความชื้นสัมพัทธ์อากาศทั้งภายในและภายนอกโรงเรือนของการทดลองครั้งที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย t-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นพริกแดงจินดาที่ได้ในแต่ละโซนระหว่างโรงเรือนทั้งสองกับการตากแดด โดยพบว่าค่าเฉลี่ยความชื้นของพริกแดงจินดาที่ได้จากการตากแดด (NSD) กับโรงเรือนทั้งสองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นของพริกแดงจินดาระหว่างโซนเดียวกันระหว่างโรงเรือนทั้งสองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$ ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยอัตราการอบแห้งโรงเรือนแบบ PG มีค่าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ NSD แต่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P > 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการอบแห้งระหว่างโรงเรือนแบบ TG กับ NSD พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ ดังนั้น ผู้วิจัยสามารถกล่าวได้ว่าโรงเรือนแบบ PG และอัตราการอบแห้งของโรงเรือนแบบ TG มีค่าสูงกว่าแบบ PG และอัตราการอบแห้งของโรงเรือนแบบ TG มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากโครงสร้างหลังคาโค้งผนังตรง มีการกระจายตัวของอุณหภูมิภายในและการไหลเวียนของอากาศในโรงเรือนได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างแบบ PG [8]

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ t-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความชื้นพริกแดงจินดาที่ได้ในแต่ละโซนของทั้งสองโรงเรือนกับการตากแดดที่เวลา 17.00 น. (average \pm SD)

| Zone | Moisture content (%) | | | Sig. | | |
|------|----------------------|-----------------|-----------------|----------|----------|---------|
| | NSD | PG | TG | NSD & PG | NSD & TG | PG & TG |
| 1 | | 7.11 \pm 1.43 | 6.72 \pm 1.30 | 0.00 | 0.00 | 0.40 |
| 2 | 16.83 \pm 3.05 | 6.94 \pm 1.49 | 6.50 \pm 0.79 | 0.00 | 0.00 | 0.13 |
| 3 | | 6.50 \pm 0.61 | 6.50 \pm 0.50 | 0.00 | 0.00 | 1.00 |
| 4 | | 8.42 \pm 2.19 | 7.34 \pm 2.59 | 0.00 | 0.00 | 0.24 |

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ t-test เปรียบเทียบอัตราการอบแห้งพริกแดงจินดาที่ได้ในแต่ละโซนของทั้งสองโรงเรือนกับการตากแดดที่เวลา 17.00 น. (average \pm SD)

| Zone | Drying rate (g _{water} /h) | | | Sig. | | |
|------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|----------|----------|---------|
| | NSD | PG | TG | NSD & PG | NSD & TG | PG & TG |
| 1 | | 1.46 \pm 0.43 | 2.04 \pm 0.56 | 0.68 | <0.01 | 0.01 |
| 2 | 1.04 \pm 0.27 | 1.71 \pm 0.64 | 2.40 \pm 1.06 | 0.18 | 0.02 | 0.09 |
| 3 | | 1.66 \pm 0.42 | 2.01 \pm 0.66 | 0.10 | 0.03 | 0.15 |
| 4 | | 1.72 \pm 0.52 | 1.88 \pm 0.44 | 0.10 | 0.01 | 0.32 |

4. สรุป

การอบแห้งด้วยต้นแบบโรงเรือนแบบ PG และแบบ TG แสดงให้เห็นปริมาณความชื้นพริกแดงจินดาที่ระยะเวลาการอบแห้ง 9 h สามารถลดลงให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยสำหรับการเก็บรักษา นอกจากนี้ ต้นแบบโรงเรือนแบบ TG มีแนวโน้มของอัตราการอบแห้งที่สูงซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการทำแห้งพริกแดงจินดาได้ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มปริมาณของพริกแดงจินดาในแต่ละโรงเรือน เพื่อให้ได้ปริมาณพริกแดงจินดาแห้งที่มากขึ้น จำเป็นต้องได้รับการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] V. Puripunyanich, N. Suwan, T. N. Taweepong, and P. Sutthanukul, "Discover of giant chili in Nan Province, Thailand," In Proc. International Conference on Biodiversity: IBD2019, 2019, pp. 1-4.
- [2] G. A. Fonzález-Aguilar, "Pepper," in *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*, K. C. Gross, C. Y. Wang, and M. Saltveit, Eds. USDA, 2016, pp. 481-484.
- [3] Z. Geng, X. Huang, J. Wang, H. Xiao, X. Yang, L. Zhu, X. Qi, Q. Zhang, and B. Hu, "Pulsed vacuum drying of pepper (*Capsicum annuum* L.): effect of high-humidity hot air impingement blanching pretreatment on drying kinetics and quality attributes," *Foods*, vol. 11, no. 3, pp. 1-18, 2022.
- [4] E. Getahun, M. A. Delele, N. Gabbiye, S. W. Fanta, and M. Vanierschot, "Studying the drying characteristics and quality attributes of chili pepper at different maturity stages: Experimental and mechanistic model," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 26, pp. 1-15 2021.
- [5] สุหัตถิ นิเช็ง, ภาณุมาศ สุขบางคำ, กฤษณพงศ์ สังขวาสิ และ สุพัตรา เฟ็งเกลี้ยง, "การศึกษาผลของขนาดช่องระบายความชื้นสำหรับการอบแห้งพริกด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานผสมผสาน," *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, หน้า 158-168, 2562.
- [6] มาริษา มะหนิ, นิสามณี นุ่นย่อง, ประจิด คงรัตน์ และ นิลมธุศิริ, "ความชื้นสมดุลของพริกข้าว," *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, ปีที่ 17, ฉบับที่ 3 (พิเศษ), หน้า 230-238, 2557.
- [7] B. K. Bala, M. R. A. Mondol, B. K. Biswas, B. L. D. Chowdury, and S. Janjai, "Solar drying of pineapple using solar tunnel drier," *Renewable Energy*, vol. 28, no. 2, pp. 183-190, 2003.
- [8] ประพันธ์พงษ์ สมศิลา, อำไพศักดิ์ ทีบุญมา, ประทีป คุ่มทอง, สุริยา อุดดิว และ มานะ วิฆางาม, "ชนิดโครงสร้างของโรงเรือนที่มีผลต่อการไหลเวียนและอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนอบแห้งแสงอาทิตย์," *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, ปีที่ 43, ฉบับที่ 3 (พิเศษ), หน้า 212-215, 2555.