

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก
สำหรับอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจร
GREENHOUSE SOLAR DRYER FOR DRYING
ANDROGRAPHIS PANICULATA HERB

จักรพรรณ์ ผิวสอาด* และชยพัทธ์ ภูสำเภา

Jagravan Piwsaoad* and Chayapat Phusampao

บทคัดย่อ

ในงานนี้นำเสนอผลการทดลองของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจร เครื่องอบแห้งประกอบด้วยแผ่นพอลิคาร์บอเนตปิดคลุมบนพื้นคอนกรีต เครื่องอบแห้งมีความกว้าง 9 เมตร ยาว 24 เมตร และสูง 4 เมตร มีพัดลม DC 15-W จำนวน 9 ตัว ให้พลังงานโดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ 50 วัตต์ 2 แผง เพื่อระบายอากาศในเครื่องอบแห้ง การตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรโดยทำการทดลอง 15 ชุดการทดลอง การทดลองแต่ละชุดใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจร 50 กิโลกรัม ในเครื่องอบแห้ง ผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการอบแห้งมีการแปรค่าตั้งแต่ 32 °C ถึง 65 °C นอกจากนี้เวลาในการอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรคือ 1 วันเทียบกับการตากแดดตามธรรมชาติ 3 วัน ที่ต้องใช้ในการอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจร สมุนไพรฟ้าทะลายโจรอบแห้งในเครื่องอบแห้งได้รับการปกป้องอย่างสมบูรณ์จากฝนและสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ได้มีคุณภาพสูง นอกจากนี้ยังทำการศึกษาแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบที่ 1 (5:10:5:1) และแบบที่ 2 (5:10:5:3:2:1) ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองคือ ความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และอัตราการไหลของอากาศ หาผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขดังกล่าวโดยใช้โปรแกรมภาษา C⁺⁺ ผลการทดลองพบว่าปริมาณความชื้นของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรคำนวณจากแบบจำลองสอดคล้องกับผลการวัด มีค่า แบบที่ 1 (RMSE) เท่ากับ 5.2% และ R² เท่ากับ 0.9715 และ แบบที่ 2 (RMSE) เท่ากับ 4.5% และ R² เท่ากับ 0.9822

คำสำคัญ: สมุนไพรฟ้าทะลายโจร เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย 42000

Faculty of Education, Loei Rajabhat University, Muang Loei District, Loei Province 42000

*corresponding author e-mail: Jagravan25@gmail.com

Received: 13 February 2022; Revised: 21 May 2022; Accepted: 22 May 2022

DOI: <https://doi.org/10.14456/lsej.2022.25>

Abstract

This work presents an experimental performance of a greenhouse solar dryer for drying *Andrographis paniculata* herb. The dryer consists of a polycarbonate sheet covered on a concrete floor. The dryer is 9 m in width, 24 m in length and 4 m in height. Nine 15-W DC fans powered by two 50-W PV modules were used to ventilate the dryer. The dryer was used to dry 15 batches of *Andrographis paniculata* herb to investigate its performance. For each batch, 50 kilograms of *Andrographis paniculata* herb were dried in the dryer. Results obtained from the experiments showed that drying temperatures varied from 32°C to 65°C. In addition, the drying time for drying *Andrographis paniculata* herb was 1 day, compared to 3 days required for natural sun drying. *Andrographis paniculata* herb dried in the dryer were completely protected from rain and high-quality *Andrographis paniculata* herb were obtained. In addition, a neural network model was also studied. They are divided into two types: Type 1 (5:10:5:1) and Type 2 (5:10:5:3:2:1). The variables used in the model are solar radiation intensity, air temperature, air relative humidity, and airflow rate. Numerical solutions were obtained using C⁺⁺ programming. The results showed that the moisture content of *Andrographis paniculata* herb calculated from the model was consistent with the measurement results. Type 1 (RMSD) was 5.2% and R^2 was 0.9715, and Type 2 (RMSD) is 4.5% and R^2 is 0.9822.

Keywords: *Andrographis paniculata* herb, Solar dryer, Neural network modeling

บทนำ

ศาสตร์การแพทย์แผนไทย “ฟ้าทะลายโจร” จัดเป็นสมุนไพรที่มีรสขม อยู่ในกลุ่มยาเย็น มีสรรพคุณทางการแพทย์แผนไทย ใช้บรรเทาอาการไข้หวัด แก้อาเจียนและเจ็บคอ เป็นสมุนไพรที่ได้ถูกบรรจุอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (บัญชียาจากสมุนไพร) กระทรวงสาธารณสุข ในรูปแบบยาเดี่ยว ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสมุนไพรฟ้าทะลายโจรกันอย่างแพร่หลาย มีข้อมูลสนับสนุนจากงานวิจัยทางคลินิก พบว่า สมุนไพรฟ้าทะลายโจรมีส่วนช่วยรักษาอาการของโรคติดเชื้อเฉียบพลันของระบบทางเดินหายใจ (acute respiratory tract infection) เช่น อาการไอ อาการเจ็บคอได้ดี ในปี พ.ศ.2555 ได้มีข้อมูลงานวิจัย จากผู้ป่วยจำนวน 807 คน พบว่าผลิตภัณฑ์สารสกัดจากฟ้าทะลายโจรร่วมกับสมุนไพรอื่น ๆ ขนาดรับประทาน 31.5-200 มิลลิกรัมต่อวัน รับประทานเป็นเวลา 3-10 วัน มีผลช่วยลดความถี่และความรุนแรงของอาการไอเนื่องจากไข้หวัด (common cold)

และอาการอักเสบของระบบทางเดินหายใจส่วนบนได้ ในมุมมองการเกิดโรคหรืออาการตามศาสตร์การแพทย์แผนไทยนั้น อาการไข้ ไอ เจ็บคอ เป็นอิทธิพลของธาตุไฟที่เพิ่มปริมาณสูงขึ้น ทำให้เกิดอาการดังกล่าว เราจึงสามารถใช้สมุนไพรฤทธิ์เย็น (สมุนไพรฟ้าทะลายโจร) เพื่อใช้ในการรักษาอาการที่ส่งผลมาจากอิทธิพลของไฟที่เพิ่มขึ้นได้ คือใช้ความเย็นปรับหรือลดปริมาณความร้อนในร่างกายให้สมดุลนั่นเอง แต่หากใช้ในปริมาณเกินความจำเป็นก็อาจส่งผลทำให้ ร่างกายมีปริมาณความเย็นเกินไป ส่งผลทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์ตามมาได้ เช่น อาการชาต่างร่างกาย แขน-ขาอ่อนแรง ท้องอืดท้องเฟ้อ ท้องเสีย หรือผื่นแพ้ตามร่างกาย เป็นต้น (Pholphana et al., 2004)

ยาฟ้าทะลายโจร ถือเป็นยาในบัญชียาหลักแห่งชาติ ที่ผ่านมาตั้งแต่ปี 2559 หมอจะสั่งยาฟ้าทะลายโจรเพื่อรักษาอาการไข้หวัด ผู้ที่มีอาการของระบบทางเดินหายใจ เจ็บคอ เป็นไข้ ไอ น้ำมูกไหล หรือไข้หวัดใหญ่ ที่มีอาการปวดเมื่อยตามร่างกาย หรือในกลุ่มผู้ป่วยที่มีอาการท้องเสีย ท้องเดิน ผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร ที่ไม่เกี่ยวกับการติดเชื้อ กลุ่มที่อุจจาระไม่เป็นมูกเลือด ก็สามารถรับประทานฟ้าทะลายโจรรักษาอาการได้

รูปแบบของยาฟ้าทะลายโจรที่มีในท้องตลาด แบ่งออกเป็นยาจากผงฟ้าทะลายโจร เป็นฟ้าทะลายโจรที่ตากแห้ง และนำมาบดเป็นผง และนำมาบรรจุแคปซูล หรือทำเป็นยาเม็ด ซึ่งจะมีทั้งไฟเบอร์จากใบไม้และสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ที่เรียกว่า “แอนโดรกราโฟไลด์” (Andrographolide) โดยองค์การอาหารและยา ระบุว่า ยาจากผงฟ้าทะลายโจร ควรมีความเข้มข้นของแอนโดรกราโฟไลด์ไม่ต่ำกว่า 1% ยาฟ้าทะลายโจร ไม่สามารถป้องกันไวรัสเข้าสู่เซลล์ได้ แต่ช่วยบรรเทาอาการที่ไม่รุนแรง ใช้ในผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรครุนแรง เช่น คัดจมูก มีน้ำมูก ลดโอกาสที่โรคจะลุกลามลงปอด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องฉีดวัคซีน และปฏิบัติตามคำแนะนำของกระทรวงสาธารณสุขเพื่อป้องกันการติดเชื้ออย่างเคร่งครัด

สำหรับผู้ป่วยโควิด-19 (Covid-19) กลุ่มที่มีอาการเล็กน้อย เมื่อได้รับฟ้าทะลายโจรแอนโดรกราโฟไลด์ตามขนาดที่กำหนด คือ 180 มิลลิกรัมต่อวัน คือมากกว่าขนาดที่ใช้ในการรักษาไข้หวัด 3 เท่า แต่ก็ยังเป็นขนาดที่มีความปลอดภัย และใช้ภายใต้คำแนะนำของแพทย์ พบว่าช่วยให้อาการเกิดปอดอักเสบลดลง

ในปี พ.ศ.2551 ได้มีงานวิจัยการอบแห้งสมุนไพรโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์สุริยะรูปทรงพาราโบลา (Janjai et al., 2008) แต่สามารถใส่สมุนไพรฟ้าทะลายโจรได้ในปริมาณน้อยและใช้เวลานาน ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก เนื่องจากการนำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรมาทำเป็นยารักษาโรคนั้นมีความจำเป็นต้องทำให้เป็นผง และยังไม่มีการวิจัยเกี่ยวกับการอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก และจากการศึกษาพบว่าเกษตรกรนิยมตากแดดให้แห้งตามธรรมชาติ ส่งผลให้มีสิ่งปนเปื้อนอันได้แก่ฝุ่นละออง และแมลงเป็นต้น ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรโดยใช้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกที่สามารถอบแห้งได้ในปริมาณมาก ๆ นอกจากนี้ยังทำการศึกษารูปแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมโดยแบ่งออกเป็น 2 แบบคือแบบที่ 1 (5:10:5:1) และแบบที่ 2 (5:10:5:3:2:1) ตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองคือ ความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และอัตราการไหลของอากาศ และหาผลเฉลี่ยเชิงตัวเลขดังกล่าวโดยใช้โปรแกรมภาษา C⁺⁺

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การติดตั้งเครื่องมือการทดลอง

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกขนาดใหญ่ ติดตั้งที่บ้านผาอินทร์แปลง ตำบลผาอินทร์แปลง อำเภอเอราวัณ จังหวัดเลย ดังแสดงในภาพที่ 1 (Figure 1)



Figure 1 Greenhouse solar dryer.

เครื่องอบแห้งมีลักษณะเป็นหลังคารูปโค้งซึ่งปิดคลุมด้วยแผ่นพอลิคาร์บอเนต และติดตั้งบนพื้นคอนกรีต เครื่องอบแห้งดังกล่าวมีความกว้าง 9 เมตร ยาว 24 เมตร และสูง 4 เมตร โดยติดตั้งพัดลมขนาด 15 วัตต์ จำนวน 9 ตัว ใช้พลังงาน ไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 50 วัตต์ 2 ตัว สำหรับใช้ระบายอากาศ ติดตั้งอยู่บริเวณด้านบนของเครื่องอบแห้ง สมุนไพรฟ้าทะลายโจรอบแห้งในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก ดังแสดงในภาพที่ 2 (Figure 2)



Figure 2 Solar drying of *Andrographis paniculata*

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ เครื่องวัดความเข้มรังสีอาทิตย์ (pyranometer) แบบเทอร์มอโพลี (thermopile) (ยี่ห้อ Kipp & Zonen รุ่น CMP3 ประเทศสหรัฐอเมริกา) มีความถูกต้อง (accuracy) $\pm 0.50\%$ สายเทอร์มोकัปเปิลชนิดเค (K-type thermocouple) (ยี่ห้อ APPA รุ่น APPA 55 ประเทศไต้หวัน) มีความถูกต้อง (accuracy) $\pm 0.50\%$ สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศในเครื่องอบแห้ง เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (hygrometer) (ยี่ห้อ Testo รุ่น 635 ประเทศเยอรมนี) มีความถูกต้อง (accuracy) $\pm 2.00\%$ สำหรับวัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัล (ยี่ห้อ TANITA รุ่น KD-200 ประเทศญี่ปุ่น) มีความถูกต้อง (accuracy) $\pm 1\%$ ตู้อบไฟฟ้า (ยี่ห้อ Memmert GMBH รุ่น ULE500 ประเทศญี่ปุ่น) มีความถูกต้อง (accuracy) $\pm 0.50\%$ สำหรับหามวลแห้งของสมุนไพรฟ้าทะลายโจร การทดลองเริ่มจากชั่งมวลเริ่มต้นของสมุนไพรฟ้าทะลายโจร ที่ต้องการอบแห้ง และมวลของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรตัวอย่าง (sample) เตรียมเข้าเครื่องอบแห้ง 6 ตะกร้า ๆ ละ 100 กรัม นำไปวางบนตะแกรงในเครื่องอบแห้ง ตำแหน่งที่ 1 อยู่ด้านหน้าของแถวที่ 2 จากด้านซ้ายมือ ตำแหน่งที่ 2 อยู่ตรงกลางของแถวที่ 2 จากด้านซ้ายมือ ตำแหน่งที่ 3 อยู่ด้านหลังของแถวที่ 2 จากด้านซ้ายมือ ตำแหน่งที่ 4 อยู่ด้านหลังของแถวที่ 3 จากด้านซ้ายมือ ตำแหน่งที่ 5 อยู่ตรงกลางของแถวที่ 3 จากด้านซ้ายมือ ตำแหน่งที่ 6 อยู่ด้านหน้าของแถวที่ 3 จากด้านซ้ายมือตามลำดับและตัวอย่างอีก 1 ตะกร้าวางนอกเครื่องอบแห้งจากนั้นทำการชั่งมวลของตัวอย่างทั้งที่อยู่ในเครื่องอบแห้งและที่อยู่ด้านนอกเครื่องอบแห้งทุก ๆ 1 ชั่วโมง ส่วนความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ทำการวัดทุก ๆ 10 นาที ทำการวัดจนกว่าปริมาณความชื้นสมุนไพรฟ้าทะลายโจรจะลดลงจนคงที่ จากนั้นนำสมุนไพรฟ้าทะลายโจรตัวอย่างทั้ง 7 ตะกร้าไปอบในตู้อบ (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหามวลแห้ง ในงานวิจัยนี้ทำการอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรทั้งหมด 15 ชุดการทดลองใช้สมุนไพรฟ้าทะลายโจรชุดการทดลองละ 50 กิโลกรัม

หาความชื้นของผลิตภัณฑ์จะใช้สมการ

$$M_{(w)} = \frac{m_{(t)} - m_{(d)}}{m_{(o)}} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ $M_{(w)}$ คือความชื้นมาตรฐานเปียกที่เวลาใด ๆ, [% w.b.]

$m_{(t)}$ คือมวลของผลิตภัณฑ์ที่เวลาใด ๆ, [kg]

$m_{(d)}$ คือมวลแห้งของผลิตภัณฑ์, [kg]

$m_{(o)}$ คือมวลเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์, [kg]

2. วิธีการศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมจำลองการอบแห้ง

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบจำลองสำหรับคำนวณค่าปริมาณความชื้นของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรโดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจก โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

2.1 ออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (multilayer perception)

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (multilayer perception) และใช้การเรียนรู้แบบแพร่กลับ (back propagation algorithm) ในการสร้างแบบจำลอง โดยใช้ข้อมูลอินพุตให้กับแบบจำลอง โดยข้อมูลอินพุตให้กับโครงข่ายประสาทเทียมมี 5 ตัวแปร คือ รังสีอาทิตย์ (solar radiation) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (relative humidity) อุณหภูมิอากาศ (air temperature) อัตราการไหลของอากาศ (airflow rate) และความชื้นเริ่มต้น (initial moisture content) ส่วนเอาต์พุต คือ ความชื้นสุดท้าย (final moisture content) ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการคำนวณค่า แบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (multilayer perception) โครงข่ายประสาทเทียม 5:10:5:1 และโครงข่ายประสาทเทียม 5:10:5:3:2:1 (Janjai et al., 2009; Piwsaoad & Phusampao, 2016) มีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 3-4 (Figure 3-4)

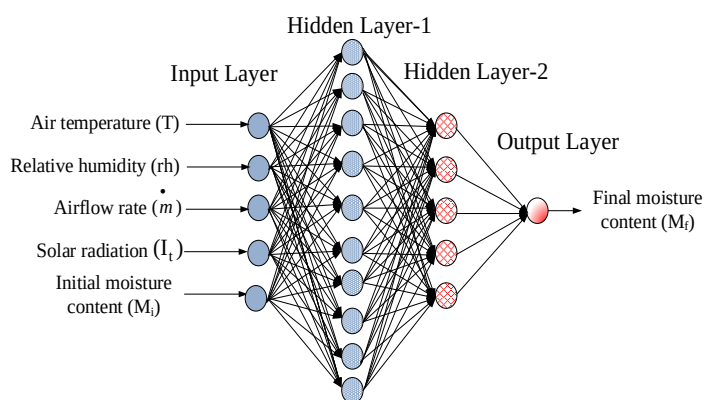


Figure 3 Multilayer perception 5:10:5:1.

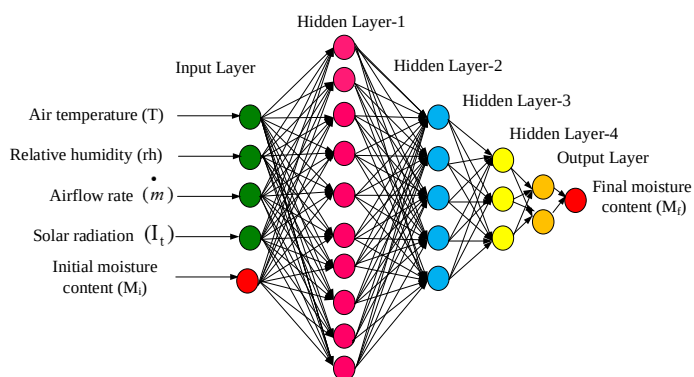


Figure 4 Multilayer perception 5:10:5:3:2:1.

2.2 การเตรียมข้อมูลฝึกสอน (training pairs data) และข้อมูลทดสอบ (testing data)

ผู้วิจัยจะทำการทดลองทั้งหมด 15 ครั้ง และใช้ข้อมูลจากการทดลองทั้งหมด 10 ชุด การทดลองเป็นข้อมูลในการฝึกสอนคือข้อมูลการทดลองครั้งที่ 1-10 ส่วนข้อมูลการทดลองครั้งที่ 11 ถึง 15 ใช้เป็นข้อมูลในการทดสอบ ซึ่งข้อมูลที่จะนำมาทดสอบต้องเป็นข้อมูลที่อยู่ในช่วงเดียวกันกับข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนด้วย ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนมีดังนี้ รังสีอาทิตย์ (solar radiation) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) อุณหภูมิอากาศ (air temperature) อัตราการไหลของอากาศ (airflow rate) และความชื้นเริ่มต้น (initial moisture content) ซึ่งสอดคล้องกัน จากนั้นนำข้อมูลมาจัดเรียงลงในโปรแกรม excel ขั้นตอนต่อไปคือการฝึกสอนแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมโดยใช้โปรแกรมที่เขียนจากภาษา C⁺⁺

2.3 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง อันได้แก่ ปริมาณความชื้นที่ได้จากการทดลองทั้งหมด ของตัวอย่างที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในเครื่องอบแห้ง และปริมาณของความชื้นที่ตำแหน่งภายนอกเครื่องอบแห้ง มาทำการหาความสัมพันธ์ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้สถิติ 2 ตัวคือ $RMSD$, R^2 โดยมีสมการเป็นดังนี้ (Piwsaoad & Phusampao, 2016; Piwsaoad, 2019; Piwsaoad, 2019; Piwsaoad & Phusampao, 2021; Piwsaoad, 2021)

$$R^2 = \frac{1 - \text{Residual sum of squares}}{\text{Corrected total of squares}} \quad (2)$$

$$RMSD = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{meas,i} - X_{model,i})^2}{N}}}{\frac{\sum_{i=1}^N X_{meas,i}}{N}} \times 100\% \quad (3)$$

$RMSD$ คือ รากที่สองของค่าเฉลี่ยความแตกต่างยกกำลังสอง (ค่าสัมพัทธ์) (%)

$X_{model,i}$ คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง ข้อมูลชุดที่ i

$X_{meas,i}$ คือ ค่าที่ได้จากการวัดของข้อมูลชุดที่ i

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ผลการวิจัย

1. ผลของการอบแห้ง

ผลการทดลองปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจร อันได้แก่ ความเข้มรังสีอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 (Table 1)

Table 1 Experimental data

Time (hr)	Solar radiation (Wm^{-2})	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Relative humidity (%)	Mouisture content (% w.b.) experiment	Mouisture content (% w.b.) ANN1	Mouisture content (% w.b.) ANN2
8:00	160.47	27.0	50.8	60	60	60
9:00	367.19	34.2	40.1	50	50	50
10:00	551.85	42.2	38.8	40	40	40
11:00	677.13	47.4	32.3	35	35	35
12:00	749.51	50.9	29.3	32	32	32
13:00	835.81	58.8	25.5	28	28	28
14:00	750.11	55.1	25.5	24	23	23
15:00	540.11	53.1	26.2	20	20	20
16:00	400.13	52.0	32.4	18	18	17
17:00	140.91	42.9	30.7	17	17	17
18:00	5.34	36.3	50.2	17	16	16

ผลการทดลองพบว่าความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าตั้งแต่ 5.34 ถึง 835.81 Wm^{-2} อุณหภูมิอากาศในเครื่องอบแห้งมีค่าตั้งแต่ 27.0 $^{\circ}\text{C}$ ถึง 58.8 $^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศมีค่าตั้งแต่ 25.5% ถึง 50.8% และปริมาณความชื้นของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรมีค่าเริ่มต้น 60% (w.b.) ลดลงเหลือ 17% (w.b.) ในเวลา 1 วัน

2. ผลของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงข่ายประสาทเทียมของโรงอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรือนกระจกสำหรับสมุนไพรฟ้าทะลายโจรโดยทำการทดลองทั้งหมด 15 ครั้งและใช้ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอน 10 ชุดการทดลอง และใช้ข้อมูลชุดที่ 11 ถึง 15 เป็นชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ ในการฝึกสอนจะใช้ Iteration=1000000 รอบ

ผลการทดลองพบว่า แบบที่ 1 (RMSE) เท่ากับ 5.2% และ R^2 เท่ากับ 0.9715 และแบบที่ 2 (RMSE) เท่ากับ 4.5% และ R^2 เท่ากับ 0.9822 ตามลำดับ

อภิปรายผล

การลดลงของปริมาณความชื้นของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรค่อย ๆ ลดลง ใช้เวลาในการอบแห้ง 1 วัน ความชื้นเริ่มต้น 60% (w.b.) ความชื้นสุดท้ายของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรมีค่า 17% (w.b.) ใช้เวลาน้อยกว่าการตากแดดตามธรรมชาติ 1 วัน นั้นหมายความว่าเมื่อทำการอบแห้งสมุนไพรฟ้าทะลายโจรโดยวิธีการตากแดดตามธรรมชาติต้องใช้เวลา 2 วัน ข้อมูลการลดลงของความชื้นของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรมีค่าความแตกต่างเท่ากับ 10% (w.b.) ในช่วงสุดท้ายได้ค่าความชื้นเกือบเท่ากัน แสดงว่าอัตราการแห้งของความชื้นของสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่ตำแหน่งต่าง ๆ ค่อนข้างสม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตากแดดตามธรรมชาติ ค่าความชื้นลดลงช้ากว่า การอบแห้งฟ้าทะลายโจรถ้ามีปริมาณมาก ๆ สามารถทำได้โดยการวางซ้อนกันเป็นชั้น ๆ หรือเพิ่มจำนวนชั้นของชั้นวาง 2 หรือ 3 ชั้น จะทำให้อบแห้งได้ 2 ถึง 3 เท่า เนื่องจากอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งในทุก ๆ จุดมีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 2°C เมื่อเพิ่มจำนวนชั้นขึ้นหรือเพิ่มจำนวนฟ้าทะลายโจรในปริมาณมากขึ้นก็สามารถอบแห้งได้ดี เมื่อเพิ่มปริมาณสมุนไพรฟ้าทะลายโจรเป็น 2 หรือ 3 ชั้น จะส่งผลให้ความชื้นของอากาศภายในเครื่องอบแห้งเพิ่มขึ้น แต่สามารถระบายความชื้นดังกล่าวโดยพัดลม DC 15-W จำนวน 9 ตัว ที่ติดตั้งไว้ด้านหลังเครื่องอบแห้ง โดยมีอัตราการไหลเฉลี่ยประมาณ $1,400 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ และในกรณีที่ฝันทกอุณหภูมิในเครื่องอบแห้งต่ำก็ให้ทำการเปิดระบบ LPG แก๊สเปรีนเนอร์ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับเครื่องอบแห้ง และทำการเปิดพัดลม AC ที่ติดตั้งไว้ฝั่งด้านหลังของเครื่องอบแห้ง เพื่อระบายความชื้น

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวัดพบว่า ความเข้มรังสีอาทิตย์ในการทดลองทั้ง 15 ครั้งพบว่ามีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดประมาณ $654\text{-}750 \text{ Wm}^{-2}$ ในช่วงที่ทำการทดลองท้องฟ้ามีเมฆมากและมีฝนตกในการอบครั้งที่ 1, 3, 4 ให้ความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าลดลง $60\text{-}125 \text{ Wm}^{-2}$ มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดประมาณ 650 Wm^{-2} ส่งผลให้อุณหภูมิมีค่าต่ำด้วย ส่วนครั้งที่ 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 และ 15 ท้องฟ้าปราศจากเมฆทำให้ความเข้มรังสีอาทิตย์แปรไปตามช่วงเวลาของวัน มีความเข้มรังสีอาทิตย์สูงสุดประมาณ $750\text{-}835.8 \text{ Wm}^{-2}$

ปริมาณความชื้นที่ได้จากการทดสอบโดยโครงข่ายประสาทเทียมมีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการวัด และมีค่า root mean square difference (RMSD) แบบที่ 1 (RMSD) เท่ากับ 5.2% และ R^2 เท่ากับ 0.9715 และแบบที่ 2 (RMSD) เท่ากับ 4.5% และ R^2 เท่ากับ 0.9822 เมื่อทำการเปรียบเทียบพบว่าแบบจำลองแบบที่ 2 สามารถทำนายผลการทดลองได้ดีกว่าแบบที่ 1 และพบว่าแบบจำลองดังกล่าวสามารถทำนายความชื้นของผลิตภัณฑ์ได้ดี โดยมีสมรรถนะใกล้เคียงกับการสร้างแบบจำลองแบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ยังสามารถใช้งานได้กับการอบแห้งทั่วไป และเครื่องอบแห้งหลาย ๆ ประเภทที่มีใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศาสตราจารย์ ดร.เสริม จันทรฉาย อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ซึ่งให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในด้านวิชาการ และขอขอบคุณ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ และศูนย์วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเลยที่สนับสนุนเครื่องมือในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Janjai S, Lamler N, Intawee P, Mahayotheeb B, Balac B, Nagled M. et al. Experimental and simulated performance of a PV-ventilated solar greenhouse dryer for drying of peeled longan and banana. *Solar Energy* 2009;83(9):1550-1565.
- Janjai S, Laksanaboonsong J, Nunez M, Thongsathitya A. Development of a method generating operational solar radiation maps from satellite data for a tropical environment. *Solar Energy* 2005;78(6):739-751.
- Janjai S, Srisittipokakun N. Experimental and modelling performance of a roof-integrated solar drying system for drying herb and spices. *Energy Journal* 2008; 33:91-103.
- Pholphana N, Rangkadilok N, Thongnest S, Ruchirawat S, Ruchirawat M, Satayavivad J. Determination and variation of three active diterpenoids in *andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees. *Phytochemical analysis* 2004;15(6):365-371.
- Piwsaoad J, Phusampao C. Heat transfer modelling of a greenhouse solar dryer for drying long pepper. *Journal of Science and Technology* 2016;8(3):364-377.
- Piwsaoad J. Experimental performance and mathematical modeling of a large-scale greenhouse solar dryer for drying orchids at Kanchanaburi Province Thailand. *Journal of Science and Technology* 2019;11(2):35-44.
- Piwsaoad J. Hybrid solar dryer for drying pineapples of raimoung community enterprise, Loei Province, Thailand. *Life Sciences and Environment Journal* 2019;20(1):97-110.
- Piwsaoad J, Phusampao C. Factors affecting mangos drying. *Journal of Science and Technology* 2021; 13(2):80-85.
- Piwsaoad J. Physical factors affecting logan drying. *Life Sciences and Environment Journal* 2021;22(2): 287-296.