

การทดสอบสมรรถนะการอบแห้งสมุนไพรโดยวิธีแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเซลล์และท่อ

ปานเมศวร์ สุขศิริศิริวัชร^{1*} พงศ์ไกร วรรณตรง²
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์^{1*2}
อีเมล : panumet2906@gmail.com^{1*}

วันที่รับบทความ 3 กันยายน 2567

วันแก้ไขบทความ 15 กุมภาพันธ์ 2568

วันตอบรับบทความ 28 กุมภาพันธ์ 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เพื่อทดสอบสมรรถนะการอบแห้งสมุนไพรโดยวิธีแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเซลล์และท่อมิตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรของเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งสมุนไพรเพื่อให้ได้สมุนไพรที่มีความชื้นตามมาตรฐาน สมุนไพรแห้ง มผช. 480/2547 ดังนี้ การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง ได้แก่ 45 °C 55 °C และ 65 °C และความเร็วอากาศอบแห้งครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และ 3 m/s เฉลี่ยทั้ง 3 ครั้ง พบว่า สมุนไพรที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นที่ 39% พบว่ามีอัตราการแห้งโดยใช้อุณหภูมิต่ำแห้งเฉลี่ยเร็วที่สุดคือ 65 °C อุณหภูมิในการอบแห้งเฉลี่ย 55 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 8 ชั่วโมง พบว่าสมุนไพรมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12% ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง พบว่าสมุนไพรมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12% และอุณหภูมิในการอบแห้งเฉลี่ย 45 °C สุดท้ายเฉลี่ย 12% ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 12 ชั่วโมง พบว่าสมุนไพรมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12 % ผลการศึกษาความเร็วลม อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งสมุนไพรอยู่ที่ ความเร็วลมเฉลี่ย 2 m/s อุณหภูมิที่ใช้ 45 °C เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 12 ชั่วโมงทำให้ได้สมุนไพรที่มีอัตราการแห้งสม่ำเสมอเท่ากัน และคงสีและกลิ่นได้ตามมาตรฐานสมุนไพรแห้ง

คำสำคัญ : การอบแห้ง ความชื้น ความเร็วอากาศ สมุนไพร อุณหภูมิ

Testing the performance of drying herbs by heat exchange method Shell and tube model

Panumet Suksrisiriwat^{1*}, Phongkrai Wannatrong²

Faculty of Industrial Technology Surin Rajabhat University^{1*,2}

E – mail : panumet2906@gmail.com^{1*}

Received 3 September 2024

Revised 15 February 2025

Accepted 28 February 2025

Abstract

This research was to Performance evaluation of drying herbs using the heat exchange method. Shell and tube type The objective is to study the variables of time and temperature suitable for drying herbs in order to obtain herbs that have moisture according to the standards for dried herbs, MCU 480/2547, as follows. The study of the optimum drying temperature using the shell and tube heat exchange method as a heat collector, namely 45, 55, and 65 °C, and the drying air velocity of 1, 2, and 3 m/s, averaged over all 3 times, found that the herbs had an initial moisture content of 39%. The drying rate was found to be the fastest with an average drying temperature of 65 °C, an average drying time of 8 hours, and the herbs had an average final moisture content of 12%, an average drying temperature of 55 °C, an average drying time of 9 hours, and the herbs had an average final moisture content of 12%, and an average drying temperature of 45 °C, an average drying time of 12 hours, and the herbs had an average final moisture content of 12%. The results of the study of wind speed, temperature, and appropriate time for drying herbs found that the average wind speed was 2 m/s, the temperature used was 55 °C, the average drying time was 9 hours, and the herbs had an average final moisture content of 12%, resulting in herbs with a fast drying rate to prevent mold growth and consistent, even drying that maintained color and smell according to the dried herb standard.

Keywords : Drying, Humidity, Air Speed, Herbs, Temperature

1. บทนำ

ปัจจุบันคนส่วนใหญ่ให้ความสนใจกับสุขภาพและหันมาพึ่งวิถีจากธรรมชาติ “ยาสมุนไพร” ที่มีผลกระทบต่อร่างกายที่น้อยกว่ายาจากกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี การแปรรูปผลิตภัณฑ์สมุนไพร คือ การเปลี่ยนแปลงสถานะของสมุนไพรให้แตกต่างไปจากเดิม เพื่อประโยชน์ในการใช้งานที่หลากหลายมาก จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญเพื่อให้การแปรรูปผลิตภัณฑ์สมุนไพรมีคุณภาพดี ตลอดจนการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพใกล้เคียงผลิตภัณฑ์เดิมมากที่สุด วัตถุประสงค์ของการแปรรูป 1) เพื่อรักษาคุณภาพและประโยชน์ของสมุนไพร โดยปกติแล้วคุณภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรมีความผกผันกับเวลา กล่าวคือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์จะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้น การแปรรูปผลิตภัณฑ์สมุนไพรให้อยู่ในรูปที่เหมาะสมจะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นคงสภาพอยู่ได้นาน การแปรรูปเพื่อการเก็บรักษายังมีความสำคัญมากขึ้น 2) เพื่อเปลี่ยนลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมในเชิงการค้า หรือการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการรับประทาน 3) เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น

ตำบลกันตวจระมวล จะแปรรูปสมุนไพรตามภูมิปัญญาอย่างแท้จริง โดยเกษตรกรทำการเก็บหรือหาวัตถุดิบมาแปรรูปด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เช่น การตากแห้ง (Natural Drying) เป็นกรรมวิธีดั้งเดิม โดยการนำวัตถุดิบไปตากแดด โดยตรงนิยมใช้ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรรวมทั้งการแปรรูปสมุนไพรด้วย ซึ่งการตากแดดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณแดดในแต่ละช่วงวัน อีกทั้งยังมีปัญหาเรื่องของแมลงต่าง ๆ อีกด้วย (Ahmad et al., 2012) ในขณะเดียวกันปัญหาของการตากแห้งหรือการทำแห้งคือคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่คงที่ เช่น สมุนไพรตากแห้งมีสีและความชื้นไม่สม่ำเสมอ อายุการเก็บรักษาสั้น เกิดการทับถม ขึ้นรา หรือเสื่อมสรรพคุณเพราะผลิตภัณฑ์มีความชื้นสูง แม้ว่าวิธีการตากแห้งเป็นกรรมวิธีทำที่ประหยัด แต่ขณะเดียวกันก็ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพไม่ได้มาตรฐาน (Bala and Janjai, 2009; นักสิทธิ์ ปัญญาใหญ่ และคณะ, 2554) ดังนั้นเพื่อให้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแห้งที่มีคุณภาพที่ดีได้มาตรฐาน จึงนิยมใช้กระบวนการอบแห้งแทนการตากแห้งแบบธรรมชาติ การอบแห้ง (Mechanical Drying) เป็นกระบวนการทำแห้งด้วยเครื่องอบหรือตู้อบประเภทต่าง ๆ การอบแห้งเป็นกระบวนการหนึ่งที่สามารถนำ มาใช้ถนอมและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการอบแห้งจะมีความชื้นลดลง ทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์มีอัตราการเจริญเติบโตช้าลงผลิตภัณฑ์ไม่เน่าเสียและขึ้นราง่าย (สุภวรรณ และคณะ, 2556)

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งสมุนไพรโดยวิธีแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเซลล์และท่อ ซึ่งกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเซลล์และท่อจะใช้หลักการสะสมความร้อนเก็บไว้ที่เซลล์และท่อ จากนั้นจึงใช้พัดลมดูดความร้อนเข้าไปภายในห้องอบแห้ง ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถสะสมความร้อนที่ใส่ภายในเครื่องอบแห้งได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเสริมสร้างศักยภาพในการแปรรูปสมุนไพรอบแห้ง ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเป็นสมุนไพรในรูปแบบแคปซูล ผง และสมุนไพรต้ม เป็น โดยสามารถอบได้ปริมาณมาก และใช้เวลาน้อย เพื่อให้ง่ายในการเก็บรักษา ซึ่งในอนาคตจะสามารถส่งผลให้คนในชุมชนเกิดแนวทางการใช้เทคโนโลยี และขยายผลงานวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชุมชนอื่น ๆ อีกทั้งยังช่วยสร้างเครือข่ายระหว่างชุมชน เพิ่มโอกาสสร้างอาชีพก่อให้เกิดรายได้ สามารถพึ่งตนเองได้ในชุมชน และยังเป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตคนในชุมชนต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาตัวแปรของเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งสมุนไพร

3. วิธีการวิจัย

3.1 การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งสมุนไพรและประสิทธิภาพการอบแห้งสมุนไพรเพื่อให้ได้สมุนไพรที่มีความชื้นตามมาตรฐาน สมุนไพรแห้ง (มผช. 480/2547) โดยการศึกษาตัวแปร ดังนี้

3.1.1 ศึกษาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง ได้แก่ 45°C 55°C และ 65°C

3.1.2 ศึกษาความเร็วอากาศอบแห้ง 1 m./s. 2 m./s. และ 3 m./s.

โดยใช้สมุนไพรประเภทเหง้าเป็นวัตถุดิบในการอบแห้ง โดยมีความหนาเฉลี่ยไม่เกิน 5 mm.

3.1.3 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น
2. เครื่องวัดความเร็วลม
3. เครื่องวัดความชื้น
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก
5. เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

3.2 การทดลอง

3.2.1 ติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นในห้องอบแห้ง



รูปที่ 1 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้นในห้องอบแห้ง

3.2.2 เตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ ข้าว โดยการล้างให้สะอาดและทำการลดขนาดให้มีความหนาไม่เกิน 5 mm. บรรจุลงในตะแกรงชนิดละ 2 ตะแกรงๆ ละ 2 kg. ดังภาพที่ 2 ก) และ ข) โดยการเกลี่ยสมุนไพรให้สม่ำเสมอ ไม่ทับซ้อนกันจนเกินไป ซึ่งอาจทำให้แห้งช้า เน่าเสีย และเกิดเชื้อราได้ จากนั้นจึงทำการวัดความชื้นเริ่มต้น ดังรูปที่ 2 ค)



ก) ทำการชั่งน้ำหนักก่อนการอบ ค) จัดสมุนไพรเข้าถาดเพื่อทำการอบแห้ง ค) วัดความชื้นก่อนอบแห้ง

รูปที่ 2 การเตรียมวัตถุดิบ

3.3.3 จุดไฟเตาชีวมวลแล้วปล่อยให้ไหม้ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที จนไม่มีเปลวไฟและควัน จากนั้นจึงใส่เข้าไปในห้องให้ความร้อน ซึ่งกระบวนการเตาชีวมวลจะให้ความร้อนไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเซลล์ และท่อ เพื่อสะสมความร้อน เพื่อให้ได้อุณหภูมิความร้อนตามที่กำหนดไว้ จากนั้นพัดลมจะทำงานเพื่อให้อากาศร้อน

ได้หมุนเวียนภายในตู้ หากเตาชีวมวลให้ความร้อนสูงจนเกินไปพัดลมระบายอากาศก็จะดูดความร้อนออกไปภายนอกเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนดไว้



รูปที่ 3 จุดไฟเตาชีวมวลแล้วปล่อยให้ไหม้ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที ก่อนนำเข้าห้องอบ

3.3.4 ทำการควบคุมอัตราการไหลของอากาศให้เหมาะสมกับอุณหภูมิที่กำหนดไว้โดยให้มีการหมุนเวียนอากาศภายในตู้เพื่อระบายความร้อนออกไปเมื่ออุณหภูมิสูงเกินที่กำหนดไว้ เพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูล



รูปที่ 4 ทำการเช็คอัตราการไหลของอากาศ

3.3.5 ทำการตรวจเช็คอุณหภูมิเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามที่กำหนดทุก ๆ 1 ชั่วโมง (ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2%) เพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูล

3.3.6 ทำการชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนัก ก่อนทำการอบแห้ง และน้ำหนักสุดท้ายหลังจากการอบแห้งเพื่อใช้ในการบันทึกข้อมูล



รูปที่ 5 ได้สมุนไพรแห้งที่มีค่าความชื้น 12% ตามมาตรฐานสมุนไพรแห้ง มผช. 480/2547

3.4 การเก็บข้อมูล

3.4.1 บันทึกค่าเวลาและอุณหภูมิในห้องอบแห้ง ทุก ๆ 1 ชั่วโมง

3.4.2 บันทึกค่าของอากาศทางเข้าและและอุณหภูมิในห้องอบแห้ง ทุก ๆ 1 ชั่วโมง

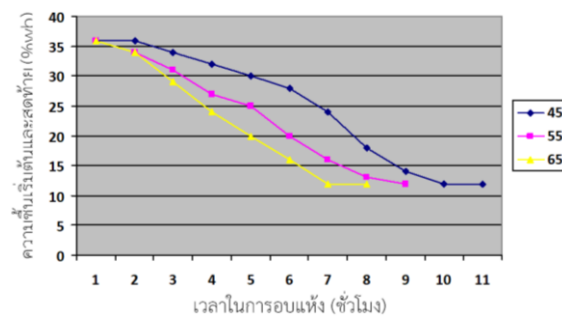
3.4.3 บันทึกค่าปริมาณความชื้นทั้งก่อนอบแห้งและหลังอบแห้ง

3.5 สถิติที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ค่าเฉลี่ยร้อยละ

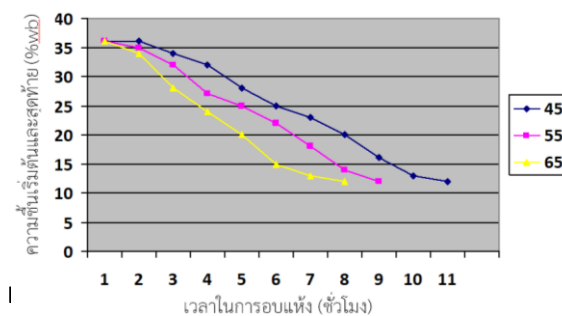
4. ผลการวิจัย

การศึกษาตัวแปรที่เหมาะสมในการอบแห้งสมุนไพร สมุนไพรที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 39% การทดลองโดยการทำซ้ำ 3 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยการลดความชื้นแห้งสมุนไพร (ข้า) ที่ระหว่างอุณหภูมิในการอบแห้ง 45, 55, และ 65 °C และความเร็วอากาศอบแห้ง 1, 2 และ 3 m/s ดังนี้



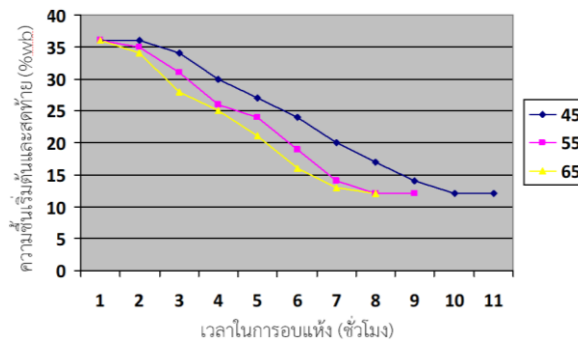
รูปที่ 6 ความเร็วอากาศอบแห้ง 1 m/s

จากรูปที่ 6 สรุปผลการทดลองครั้งที่ 1 พบว่าสมุนไพรที่มีความชื้นเริ่มต้นที่ 39% พบว่ามีอัตราการแห้งเฉลี่ยเร็วที่สุดคือ 65 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 8 ชั่วโมง สมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%, อุณหภูมิเฉลี่ย 55 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง สมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%, และอุณหภูมิเฉลี่ย 45 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 12 ชั่วโมง สมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%



รูปที่ 7 ความเร็วอากาศอบแห้ง 2 m/s

จากรูปที่ 7 สรุปผลการทดลองครั้งที่ 2 พบว่าสมุนไพรปริมาณความชื้นเริ่มต้นที่ 39% พบว่ามีอัตราการแห้งเฉลี่ยเร็วที่สุดคือ 65 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 8 ชั่วโมง สมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%, อุณหภูมิเฉลี่ย 55 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง สมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%, และอุณหภูมิเฉลี่ย 45 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 12 ชั่วโมง สมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%



รูปที่ 8 ความเร็วอากาศอบแห้ง 3 m/s

จากรูปที่ 8 สรุปผลการทดลองครั้งที่ 3 พบว่าสมุนไพรปริมาณความชื้นเริ่มต้นที่ 39% พบว่ามีอัตราการแห้งเฉลี่ยเร็วที่สุดคือ 65 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 8 ชั่วโมง สมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%, อุณหภูมิเฉลี่ย 55 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง สมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%, และอุณหภูมิเฉลี่ย 45 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 12 ชั่วโมง สมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%

ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง ได้แก่ 45 °C 55 °C และ 65 °C และความเร็วอากาศอบแห้ง 1 m/s 2 m/s และ 3 m/s เฉลี่ยทั้ง 3 ครั้ง พบว่า สมุนไพรปริมาณความชื้นเริ่มต้นที่ 39% พบว่ามีอัตราการแห้งโดยใช้อุณหภูมิอบแห้งเฉลี่ยเร็วที่สุดคือ 65 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 8 ชั่วโมง สมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%, อุณหภูมิในการอบแห้งเฉลี่ย 55 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง พบว่าสมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%, และอุณหภูมิในการอบแห้งเฉลี่ย 45 °C ใช้เวลาเฉลี่ยในการอบแห้ง 12 ชั่วโมง พบว่าสมุนไพรที่มีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 12%

ค่าความชื้นสุดท้ายที่เหมาะสม 12% (wb) อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สามารถมีความชื้นที่เหมาะสม มีความคงสีและกลิ่นของสมุนไพรได้ตามมาตรฐานสมุนไพรแห้ง (มผช. 480/2547) คือ 55 °C

5. อภิปรายผลและสรุปผล

การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง ได้แก่ 45, 55, และ 65 °C และความเร็วอากาศอบแห้ง 1, 2, และ 3 m/s โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการอบแห้งโดยการทำการซ้ำจำนวน 3 ครั้ง พบว่า สมุนไพรประเภทเหง้า (ข้า) หั่นซอยเป็นชิ้นบางประมาณ 4-6 มิลลิเมตร มีความชื้นเริ่มต้นที่ 39% (wb) การลดความชื้นขณะทำการอบค่อนข้างเร็วเนื่องจากวัสดุมีลักษณะเป็นแผ่นบางจึงคายความชื้นได้เร็ว และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งสมุนไพรประเภทเหง้า (ข้า) คือ 55 °C เนื่องจากสมุนไพรคายความชื้นได้เร็วโดยใช้เวลาในการอบแห้ง 9 ชั่วโมง ลักษณะของสมุนไพรยังคงสี และคงกลิ่นของสมุนไพรไว้ได้ตามมาตรฐานสมุนไพรแห้ง (มผช. 480/2547) ส่วนอุณหภูมิ 45 °C มีอุณหภูมิความร้อนที่ต่ำจึงทำให้สมุนไพรคายความชื้นได้ช้าจึงทำให้มีสีคล้ำและกลิ่นจางลง และอุณหภูมิ 65 °C มีอุณหภูมิความร้อนค่อนข้างสูงจึงใช้เวลาอบแห้งเพียง 8 ชั่วโมง สมุนไพรคายความชื้นเร็วจึงทำให้ผิวมีสีคล้ำและแตกร้าวไม่คงกลิ่นของสมุนไพรไว้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

6.1.1 ข้อเสนอแนะด้านเครื่องอบแห้งสมุนไพร ควรติดตั้งอุปกรณ์เตือนเมื่อเวลาครบรอบของการอบ

6.1.2 ข้อเสนอแนะด้านสมุนไพรแห้ง สมุนไพรแห้งควรมีขนาดที่เหมาะสมต่อการอบในแต่ละครั้ง เนื่องจากขนาดมีผลต่อการแห้งที่สม่ำเสมอเท่ากันทุกชิ้น เพื่อให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้นโดยไม่เกิดความชื้นหรือมีเชื้อราเจือปน

7. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.2566) ผ่านสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ นายชาญ นพเก้า และนางสิงห์ทอง สุขบรรเทิง ผู้บริหารวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรแปรรูปบ้านกันตวจระมวล ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสมุนไพรในการจัดโครงการจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

นักสิทธิ์ ปัญญาใหญ่, สุดธิดา คำเหมือง และวิภาวรรณ ไชยเทพ. (2554). การศึกษารูปแบบการอบแห้งสมุนไพรไทย บางชนิด. *แก่นเกษตร, (ฉบับพิเศษ)*, 39, 488-492.

สุภวรรณ ฐิระวณิชกุล, สลิลลา ชาญเขียว และยุทธนา ฐิระวณิชกุล. (2556ก). การอบแห้งใบบัวบก เพื่อผลิตใบบัวบกแห้งขี้ผึ้งด้วยการแผ่รังสีอินฟราเรด: จลนพลศาสตร์ความชื้นเปลี่ยนแปลงพลังงานและคุณภาพ. *วารสารวิจัย มช*, 18(2), 311-324.

Ahmad, F., Mohd, H.R., Mohd, Y.O., Omidreza, S., Azami, Z. and Kamaruzzaman, S. (2012). Investigation of Medical Herbs Moisture in Solar Drying. *Advances in Environment. Biotechnology and Biomedicine*, 127-131.

Bala, B.K. and Janjai, S. (2009). Solar drying fruits, vegetables, spices, medicinal plants and fish: Developments and Potentials, *In International Solar Food Processing Conference*. (PP.1-24) The International Solar Energy Society (ISES) and funded by WISIONS Indore, India.

คุณค่าทางวิชาการ

จากผลการวิจัยสามารถสนับสนุนได้ว่า แนวทางการพัฒนาการแปรรูปสมุนไพรแห้งโดยอัตโนมัติ สามารถช่วยให้เกิดประสิทธิภาพการแปรรูปสมุนไพรที่ดีทั้งในด้านต้นทุน เวลา ผลผลิตที่สะอาด คงสรรพคุณตัวยา อันจะช่วยลดต้นทุนให้ถูกลงได้ และช่วยก่อให้เกิดรายได้ของเกษตรกรมีรายได้ที่สูงขึ้น