10

การพัฒนากระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและยกระดับผลิตภัณฑ์ชุมชน

วันที่รับ: 21 พฤษภาคม 2568
วันที่แก้ไข: 12 สิงหาคม 2568
วันที่ตอบรับ: 4 กันยายน 2568

พรสวรรค์ อมรศักดิ์ชัย*
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ จังหวัดนครปฐม
*Corresponding author e-mail: pornsawan.amo@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้มีคุณภาพ ความคงตัว และเหมาะสมสำหรับการผลิตในระดับชุมชน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อแทนการผสมด้วยแรงงานคน จากนั้นจึงทำการทดสอบคุณภาพของยาสีฟันที่ได้จากสูตรและกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้น และถ่ายทอดองค์ความรู้ดังกล่าวให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่าพระฝั่งคลอง อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยใช้วัตถุดิบสมุนไพรจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในการทดสอบในห้องปฏิบัติการ การศึกษาประกอบด้วยการวัดความชื้นของสมุนไพรแห้ง การปรับสัดส่วนกลีเซอรีน การใช้สารยึดเกาะคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และการใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อแทนการผสมด้วยแรงงานคน วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่า สูตรที่มีกลีเซอรีนร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ให้เนื้อสัมผัสและความชุ่มชื้นที่ดี โดยไม่จำเป็นต้องเติมสารยึดเกาะเพิ่มเติม การใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อช่วยลดระยะเวลาการผลิตจาก 4 ชั่วโมง เหลือ 20 นาที และเพิ่มปริมาณการผลิตต่อรอบจาก 2 กิโลกรัม เป็น 4 กิโลกรัม ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่า pH อยู่ในช่วง 8.5–8.7 มีเนื้อสัมผัสที่ดี ไม่แยกชั้น และคงสภาพได้ดีหลังการทดสอบในสภาวะเร่ง ผลการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับกลุ่มเป้าหมายทำให้กลุ่มสามารถผลิตได้เอง ควบคุมคุณภาพได้ดี และเพิ่มกำลังการผลิตจาก 50 กระปุกต่อเดือน เป็น 300 กระปุกต่อเดือน การวิจัยครั้งนี้จึงมีส่วนช่วยยกระดับผลิตภัณฑ์สมุนไพรของชุมชน สร้างรายได้และความเข้มแข็งแก่เศรษฐกิจในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ยาสีฟันสมุนไพร, วิสาหกิจชุมชน, การพัฒนากระบวนการผลิต, ความคงตัวของผลิตภัณฑ์, เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

DEVELOPMENT OF A COMMUNITY-BASED HERBAL TOOTHPASTE PRODUCTION PROCESS FOR ENHANCED EFFICIENCY AND PRODUCT QUALITY

Received: May 21, 2025
Revised: August 12, 2025
Accepted: September 4, 2025

Pornsawan Amornsakchai*
Faculty of Science and Technology,
Rajamangala University of Technology Rattanakosin,
Nakhon Pathom, Thailand
*Corresponding author e-mail: pornsawan.amo@rmutr.ac.th

Abstract

The objectives of this study was to develop the formula and production process of an herbal toothpaste for a community enterprise group to enhance product quality, stability, and suitability for community-scale production. The study focused on improving production efficiency by using a whisk-type mixer instead of manual mixing. The developed formulation and process were then evaluated for product quality before transferring this knowledge to the Thapra Fangklong Community Enterprise Group in U Thong District, Suphanburi Province, for sustainable production. The research was conducted with an experimental approach using herbal raw materials obtained from the community group. All experiments were carried out in a laboratory. The study involved measuring the moisture content of dried herbal powders, adjusting the proportion of glycerin, testing the addition of carboxymethyl cellulose (CMC) as a binder, and replacing manual mixing with a whisk-type mixer. Data were analyzed descriptively using mean and standard deviation. The results showed that the formulation containing 30% glycerin by weight provided desirable texture and moisture content without the need for additional binder. The use of a whisk-type mixer reduced the production time from 4 hours to 20 minutes and increased the production volume per batch from 2 kg to 4 kg. The final product exhibited a pH of 8.5–8.7, a smooth texture with no separation, and maintained stability under accelerated storage conditions. The transfer of knowledge enabled the community group to independently operate the mixing equipment, effectively control moisture, and improve product quality. Moreover, the production capacity increased from 50 jars per month to 300 jars per month. This study demonstrated the potential of applying research findings to upgrade community herbal products, generate income, and strengthen the local economy sustainably.

Keywords: Herbal toothpaste, Community enterprise, Production process improvement, Texture stability, Whisk mixer

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจผลิตภัณฑ์สมุนไพรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพในชีวิตประจำวัน เช่น ยาสีฟันสมุนไพร ซึ่งมีจุดเด่นด้านความปลอดภัยจากสารเคมีสังเคราะห์ และใช้วัตถุดิบธรรมชาติที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นสินค้าชุมชน (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2565; Mangilal & Ravikumar, 2016)

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่าพระฝั่งคลอง อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นกลุ่มผู้ประกอบการที่เกิดจากการรวมตัวของแม่บ้านในชุมชน ซึ่งมีเป้าหมายในการใช้เวลาว่างให้เกิดประโยชน์ โดยเลือกพัฒนาและผลิตผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรพื้นบ้านที่หาได้ง่ายในพื้นที่ เช่น ข่อย ขิงชี่ กานพลู และแห้วหมู ซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อ ต้านการอักเสบ และระงับกลิ่นปาก (กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 2561; Škrinjar & Nemet, 2009) ทางกลุ่มได้เริ่มผลิตยาสีฟันสมุนไพรชนิดกึ่งแข็ง โดยใช้สูตรสมุนไพรดั้งเดิมและกระบวนการผสมด้วยแรงงานคน มีช่องทางการจำหน่ายในรูปแบบออฟไลน์ตามร้านค้าชุมชน รวมถึงการออกบูธในงานแสดงสินค้าทั่วประเทศ ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้รับเลขที่จดแจ้งจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) แล้ว อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตของสมาชิกในกลุ่ม พบว่าในแต่ละรอบการผลิต ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์มีความไม่สม่ำเสมอ และเนื้อยาสีฟันดูแห้ง ขาดความชุ่มชื้นเมื่อเก็บไว้นานเกิน 2 เดือน แม้อยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่ปิดสนิท รสชาติของผลิตภัณฑ์ยังคงเดิมและไม่เกิดการเสียสภาพ เพียงแต่ลักษณะของเนื้อผลิตภัณฑ์มีลักษณะความชุ่มชื้นลดลงอย่างสังเกตได้ ซึ่งอาจส่งผลต่อความน่าใช้และความพึงพอใจของผู้บริโภค

การผลิตยาสีฟันสมุนไพรชนิดกึ่งแข็ง กระบวนการผสมเป็นขั้นตอนสำคัญที่ส่งผลต่อความเนียน ความสม่ำเสมอ และความคงตัวของเนื้อผลิตภัณฑ์ โดยการใช้เครื่องผสมสามารถควบคุมความเร็วและระยะเวลาได้แม่นยำกว่าแรงงานคน ส่งผลให้ส่วนผสมกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ (Rangarajan & Sangeetha, 2015; Rodarte et al., 2018) แม้ว่าเครื่องผสมอุตสาหกรรม เช่น เครื่องโฮโมจีไนเซอร์แบบสุญญากาศ (Vacuum homogenizer) จะมีประสิทธิภาพสูงในการผสมผลิตภัณฑ์ที่มีความหนืดมาก (Håkansson, 2018; Niazi, 2019) แต่ด้วยราคาที่สูงและความซับซ้อนในการใช้งาน จึงไม่เหมาะกับกลุ่มผู้ผลิตระดับชุมชนที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร เครื่องผสมบางชนิด เช่น เครื่องผสมแรงเฉือนสูง (Sutoro et al., 2022; Zhang et al., 2012) ออกแบบสำหรับของแห้งหรือของเหลวเป็นหลัก ไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ชนิดกึ่งแข็งอย่างยาสีฟันสมุนไพรด้วยข้อจำกัดดังกล่าว การประยุกต์ใช้เครื่องตีแป้งขนาดใหญ่ (Planetary mixer) ที่ใช้หัวตีแบบตะกร้อ (Whisk-type beater) สามารถสร้างแรงเฉือนในระดับต่ำถึงปานกลาง (Gokhale & Trivedi, 2016) ช่วยให้ส่วนผสมของผงสมุนไพรเกิดการกระจายตัวได้ดี นอกจากนี้ เครื่องผสมประเภทดังกล่าวมีราคาไม่แพงและใช้งานง่าย เหมาะสำหรับผู้ผลิตที่ต้องการลดระยะเวลาในกระบวนการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพโดยไม่ต้องลงทุนสูง จึงนับว่าเป็นทางเลือกสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

จากการลงพื้นที่สำรวจและสัมภาษณ์สมาชิกกลุ่ม ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตที่อาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสม่ำเสมอและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ 1) การใช้แรงงานคนในการกวนผสม ซึ่งอาจทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์แตกต่างกันในแต่ละครั้ง และ 2) การเลือกใช้สารที่ช่วยเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ เช่น สารเพิ่มความชุ่มชื้น หรือสารยึดเกาะ (Kanoja et al., 2023; Rowe et al., 2009) ซึ่งแนวทางในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ คือ การปรับปรุงกระบวนการกวนด้วยเครื่องผสม และการเลือกใช้สารเพิ่มความคงตัว อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานวิจัยที่ศึกษาเฉพาะด้านเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เครื่องตีแป้งในการผลิตยาสีฟันสมุนไพรในระดับ

วิสาหกิจชุมชนขนาดเล็กที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ และยังไม่มีรายงานที่ศึกษาผลของค่าความชื้นในผงสมุนไพรท้องถิ่นต่อสูตรยาสีฟันสมุนไพรในระดับชุมชนอย่างเป็นระบบ

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรชนิดกึ่งแข็งของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่าพระฝั่งคลอง โดยมุ่งเน้นแก้ปัญหาความไม่คงตัวของเนื้อยาสีฟัน การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการเลือกใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อแทนแรงงานคน และการประเมินผลกระบวนการผลิตทั้งในด้านประสิทธิภาพและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 909/2560 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2560) และสามารถต่อยอดสู่กระบวนการผลิตที่ปลอดภัย ยั่งยืน และสามารถขยายผลสู่ชุมชนอื่นได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนให้มีคุณภาพ ความคงตัว และเหมาะสมสำหรับการผลิตในระดับชุมชน
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตยาสีฟันสมุนไพรโดยใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อแทนการผสมด้วยแรงงานคน
3. เพื่อทดสอบคุณภาพของยาสีฟันสมุนไพรที่ได้จากสูตรและกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้น
4. เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้นให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนเพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ในลักษณะของการวิจัยเพื่อการพัฒนา (Developmental research) โดยมุ่งเน้นการทดลองปรับปรุงสูตรและกระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรให้มีความเหมาะสมสำหรับการผลิตในระดับชุมชน แล้วนำสูตรที่พัฒนาแล้วมาทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ความชื้น pH ลักษณะเนื้อสัมผัส และความคงตัวของเนื้อยา เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: การหาความชื้นของวัตถุดิบสมุนไพร

ตรวจสอบปริมาณความชื้นของสมุนไพรที่ใช้ ได้แก่ ผงข่อย ขิงชี่ กานพลู และแห้วหมู โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้น (Moisture analyzer รุ่น MS-50, ยี่ห้อ AND) เพื่อประเมินความสัมพันธ์กับปริมาณกลีเซอรีนที่ใช้ในสูตร การวัดความชื้นของสมุนไพรวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ โดยใช้หลักการชั่งน้ำหนักก่อนและหลังให้ความร้อน ตัวอย่างสมุนไพรประมาณ 1–2 กรัม ถูกวางบนถาดอะลูมิเนียมและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 105°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ เครื่องจะแสดงผลความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (% w/w) และทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง

ขั้นตอนที่ 2: การหาสัดส่วนกลีเซอรีน และคาร์บอกซีเมทิล เซลลูโลส ที่เหมาะสม

ศึกษาสูตรยาสีฟันโดยการปรับอัตราส่วนของกลีเซอรีน (ร้อยละ 15–35 โดยน้ำหนัก) และคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose: CMC, ร้อยละ 1–3 โดยน้ำหนัก) เพื่อหาค่าส่วนผสมที่ให้เนื้อยาสีฟันมีความคงตัวและความชุ่มชื้นที่เหมาะสม สำหรับสูตรที่เติมสาร CMC จะต้องละลาย CMC ในน้ำ และคนให้กระจายตัวอย่างทั่วถึงก่อน จากนั้นเมื่อเติมกลีเซอรีนเรียบร้อยแล้วให้เติมสารละลาย CMC ที่ละลายในน้ำตามลงไป

ขั้นตอนที่ 3: การพัฒนากระบวนการผลิตด้วยเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผสมระหว่างการผสมด้วยแรงงานคน และการใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ วิเคราะห์ผลด้านเวลาในการผลิตและเนื้อสัมผัสที่ได้

ขั้นตอนที่ 4: การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์

วิเคราะห์ตัวอย่างยาสีฟันที่ได้จากสูตรที่ทดลอง โดยประเมินคุณภาพตามตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ ค่า pH (ด้วยเครื่องวัด METTLER TOLEDO รุ่น F20) ความชื้น (ทำการทดลองตามวิธีที่ได้อธิบายในขั้นตอนที่ 1) และลักษณะทางกายภาพ เช่น สี กลิ่น ความเหนียว และความเนียนของเนื้อผลิตภัณฑ์

วิธีการวัดค่า pH

1. เตรียมตัวอย่างโดยชั่งยาสีฟันสมุนไพร 10 กรัม เทน้ำปราศจากไอออน 30 มิลลิลิตร และคนให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียว
2. เปิดเครื่องวัด pH และทำการสอบเทียบด้วยสารละลายบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 4 และ pH 7 ก่อนการวัด
3. จุ่มหัววัด pH ลงในตัวอย่างที่เตรียมไว้ และรอจนค่าคงที่
4. อ่านและบันทึกค่าที่ได้ ทำการวัดซ้ำอย่างน้อย 3 ครั้ง
5. คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± SD) เพื่อรายงานผล

ลักษณะทั่วไปของยาสีฟันสมุนไพรชนิดกึ่งแข็งที่เหมาะสม คือ มีเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น ไม่มีสิ่งแปลกปลอม สีเป็นธรรมชาติตามวัตถุดิบ (สีน้ำตาล) และไม่มีกลิ่นอับ กลิ่นหืน หรือกลิ่นบูด

เกณฑ์การประเมินทางกายภาพของเนื้อสัมผัสผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพร ดังต่อไปนี้ (ดวงสุรีย์ แสนสีระ, 2566)

1. ความเป็นเนื้อเดียวกัน และความคงตัว ประเมินด้วยตาเปล่า โดยการสังเกตการแยกชั้น หรือการตกตะกอนของยาสีฟันสมุนไพร
2. สี ประเมินด้วยตาเปล่า โดยการสังเกตว่ามีการเปลี่ยนแปลงของสีหรือไม่ เช่น สีเข้มขึ้น หรือ สีจาง
3. กลิ่น ประเมินโดยการดม โดยประเมินว่ากลิ่นมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เช่น กลิ่นฉุน หรือกลิ่นอ่อน

นอกจากนี้ ได้ทดสอบความคงสภาพในสภาวะเร่งตามมาตรฐาน มผช. 909/2560 ข้อ 5.1, 5.3 และ 5.5 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2560) ดังนี้

1. เก็บตัวอย่างที่ 4 ± 2 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2. นำไปเก็บต่อที่ 45 ± 2 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. ทำซ้ำข้อ 1 และ 2 จนครบ 4 รอบ (1 รอบ ของการทดลอง = ระยะเวลา 3 เดือน)
4. นำตัวอย่างจากข้อ 3 วางไว้ให้เย็นลงจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงตรวจสอบลักษณะเนื้อยาสีฟัน วัดความชื้น และ pH

ขั้นตอนที่ 5 ถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

ประชากรเป้าหมาย คือ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนท่าพระฝั่งคลอง จำนวน 30 คน โดยจัดอบรมและสาธิตกระบวนการผลิตที่ปรับปรุงแล้ว เน้นให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนมีส่วนร่วมในกระบวนการ เช่น การควบคุมความชื้นเบื้องต้น การใช้เครื่องผสมอย่างถูกต้อง และการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ด้วยตนเอง เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และการพึ่งพาตนเองของชุมชน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทดลอง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เชิงพรรณนา โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) สำหรับข้อมูล เช่น ค่าความชื้น ค่า pH และลักษณะทางกายภาพของเนื้อยาสีฟัน พร้อมอธิบายเปรียบเทียบผลตามหลักเหตุและผล ในส่วนของการประเมินเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงสังเกต (Observational comparison) ตามเกณฑ์การประเมินทางกายภาพ (ดวงสุรีย์ แสนสีระ, 2566) หมายเหตุ เนื่องจากข้อมูลส่วนใหญ่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณพื้นฐาน จึงเลือกใช้การวิเคราะห์เชิงพรรณนาเพื่อสรุปลักษณะทั่วไปของข้อมูลและเปรียบเทียบผลลัพธ์อย่างเหมาะสม

2. การวิเคราะห์ผลจากการถ่ายทอดองค์ความรู้และการปรับกระบวนการผลิต โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบก่อนและหลังการดำเนินโครงการ เช่น กำลังการผลิตต่อเดือน และความสามารถในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยกลุ่มผู้ผลิต

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิต

1.1 ความชื้นของวัตถุดิบสมุนไพร

ในการพัฒนาสูตรผู้วิจัยได้ศึกษาผลของค่าความชื้นของสมุนไพรที่ใช้ในการผลิต ผลการศึกษาค่าร้อยละความชื้นของสมุนไพรแห้งที่ใช้ในการผลิตยาสีฟันแสดงดังตาราง 1 พบว่าสมุนไพรแห้งทั้งสี่ชนิด ได้แก่ ผงข่อย ขิงชี่ กานพลู และผงแห้วหมู มีค่าความชื้นเกินร้อยละ 5 ทั้งสิ้น โดยกานพลูมีค่าร้อยละความชื้นสูงที่สุด คือ 10.53 (0.69) รองลงมา คือ ผงแห้วหมู 9.66 (3.37) ขิงชี่ 8.47 (0.74) และผงข่อย 6.07 (0.72) ตามลำดับ

ตาราง 1 ความชื้นของสมุนไพรที่ใช้ในสูตรยาสีฟันสมุนไพร

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)
	$\bar{X}$ (S.D.)
ผงข่อย	6.07 (0.72)
ขิงชี่	8.47 (0.74)
กานพลู	10.53 (0.69)
ผงแห้วหมู	9.66 (3.37)

หมายเหตุ: $\bar{X}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน), (n = 3)

1.2 การปรับสัดส่วนกลีเซอรีนและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC)

การปรับสูตรได้ทดลองใช้กลีเซอรีนในช่วงร้อยละ 15–35 และ CMC ในช่วงร้อยละ 1–3 เพื่อตรวจสอบเนื้อผลิตภัณฑ์ในส่วนของความชุ่มชื้น ความคงตัว และความเนียน ผลที่ได้แสดงดังตาราง 2 และตาราง 3 ตามลำดับ

จากตาราง 2 พบว่าปริมาณกลีเซอรีนที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 30 ของน้ำหนักรวมทั้งหมด ทั้งนี้หากใส่มากถึงร้อยละ 35 ทำให้มีรสชาติติดขม (Becker et al., 2019) จึงได้เลือกสูตรกลีเซอรีนร้อยละ 30 และทำการศึกษาผลของการใส่ CMC โดยได้ทำการทดลอง 3 สูตร เพื่อเปรียบเทียบผลกับสูตรที่ไม่มีการเติม CMC ผลดังตาราง 3 พบว่าการปริมาณของ CMC ไม่มีผลต่อค่าความชื้น pH และลักษณะของเนื้อสัมผัสอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในการปรุงยาสีฟัน ใช้กลีเซอรีนร้อยละ 30 ของน้ำหนักรวมทั้งหมด

ตาราง 2 ผลของอัตราส่วนกลีเซอรีนต่อคุณสมบัติของยาสีฟัน

กลีเซอรีน (%)	pH $\bar{X}$ (S.D.)	ความชื้น (%) $\bar{X}$ (S.D.)	สี	ลักษณะเนื้อ
35	8.73 (0.03)	24.05 (0.65)	น้ำตาล	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น
30	8.59 (0.03)	25.30 (0.52)	น้ำตาล	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น
25	8.62 (0.03)	20.20 (0.72)	น้ำตาล	เหนียวน้อยกว่าแบบ 30%
20	8.73 (0.04)	15.08 (1.45)	น้ำตาล	เหนียวน้อยกว่าแบบ 30% และ 20% ค่อนข้างแห้ง
15	8.53 (0.04)	11.16 (1.89)	น้ำตาลอ่อน	เนื้อหยาบ ไม่เหนียว และดูแห้ง

หมายเหตุ: $\bar{X}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน), (n = 3), ผลของสีและลักษณะเนื้อยาสีใช้วิธีการสังเกต

ตาราง 3 ผลของปริมาณของคาร์บอกซีเมทิล เซลูโลสต่อคุณสมบัติของยาสีฟัน

คาร์บอกซีเมทิล เซลูโลส (%)	pH $\bar{X}$ (S.D.)	ความชื้น (%) $\bar{X}$ (S.D.)	สี	ลักษณะเนื้อ
0	8.59 (0.03)	25.30 (0.52)	น้ำตาล	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น
1	8.93 (0.04)	24.05 (0.45)	น้ำตาล	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น
2	8.12 (0.03)	23.20 (0.67)	น้ำตาล	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น
3	8.41 (0.04)	24.08 (1.45)	น้ำตาลเข้ม	เหนียว ข้น ชุ่มชื้น

หมายเหตุ: $\bar{X}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ปริมาณ CMC = 0% หมายถึงสูตรที่ไม่มีการเติม CMC เป็นสูตรควบคุม

ผลของสีและลักษณะเนื้อยาสีใช้วิธีการสังเกต

1.3 การเปรียบเทียบการผสมด้วยแรงงานคนและการใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

ได้ทำการศึกษาและทดลองผสมด้วยหัวผสมแบบตะกร้อ ดังภาพ 1 เพื่อให้สมุนไพรและกลีเซอรีนเข้ากัน (Rangarajan & Sangeetha, 2015) โดยการใช้ความเร็วรอบที่ระดับปานกลางที่ 166 รอบ/นาที และปริมาตรที่สามารถผลิตได้สูงสุดที่ 20 ลิตร ตามภาชนะที่ใช้บรรจุ หรือปริมาณรวมของน้ำหนักรวมทั้งหมดของสารที่ใช้ไม่เกินครั้งละ 4 กิโลกรัม ซึ่งปกติในการผสมด้วยแรงงานคน ดังภาพ 2 จะผสมได้ 2 กิโลกรัม ในการผลิตแต่ละครั้งและใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง แต่เมื่อผสมด้วยเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อสามารถผสมได้ 4 กิโลกรัม และใช้เวลา 20 นาที

(ก) เครื่องผสมระดับอุตสาหกรรม (ข) หัวผสมแบบตะกร้อใช้ในการกวนผสมของแข็งแบบผง (ค) การปรับระดับความเร็ว

ภาพ 1 กระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรด้วยเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

(ก) วิธีการผลิตยาสีฟันด้วยการใช้แรงงานคน (ข) ยาสีฟันที่ได้

ภาพ 2 กระบวนการผลิตยาสีฟันสมุนไพรด้วยการใช้แรงงานคนและผลิตภัณฑ์ยาสีฟันที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว

2. การทดสอบคุณภาพของยาสีฟันที่ผลิตได้

เพื่อทดสอบความคงสภาพของยาสีฟัน ในสภาวะเร่งตาม มผช. 909/2560 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2560) ได้ทำการทดลองจำนวน 4 รอบ (ตามที่ได้อธิบายไว้ในวิธีการดำเนินงานวิจัยขั้นตอนที่ 4) ซึ่งเทียบเท่ากับการเก็บผลิตภัณฑ์ 1 ปี (International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use, 1993) ผลการเปรียบเทียบผลของค่าร้อยละความชื้น ค่า pH และลักษณะของทางกายภาพของเนื้อยาสีฟันที่ได้จากการผสมด้วยแรงงานคน และเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ แสดงดังตาราง 4 โดยพบว่าค่าร้อยละความชื้นของยาสีฟันที่ได้จากเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อค่ามากกว่าการผสมด้วยแรงงานคน โดยค่าความชื้นของการใช้ชุดหัวผสมมีค่าลดลงเล็กน้อย (ต่ำกว่าร้อยละ 10) ขณะที่การผสมด้วยแรงงานคนค่าความชื้นลดลงมากถึงร้อยละ 35

ตาราง 4 การเปรียบเทียบร้อยละความชื้น และ pH ของยาสีฟันสมุนไพรที่ได้จากการผสมด้วยแรงงานคน และเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ และเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการทดสอบความคงสภาพในสภาวะเร่ง

ยาสีฟัน	ความชื้น (%)		pH	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)	$\bar{x}$ (S.D.)
การผสมด้วยแรงงานคน	19.58 (1.90)	12.58 (0.64)	8.73 (0.03)	8.59 (0.03)
เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ	25.27 (2.23)	23.89 (2.50)	8.85 (0.05)	8.66 (0.13)

หมายเหตุ: $\bar{x}$ (S.D.) = ค่าเฉลี่ย (ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน), (n = 12)

ผลการสังเกตทางกายภาพแสดงดังตาราง 5 เป็นการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ด้วยการสังเกตลักษณะทั่วไป โดยการตรวจพินิจและดม ซึ่งลักษณะของเนื้อยาสีฟันเป็นแบบกึ่งแข็ง จะต้องเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น ไม่มีสิ่งแปลกปลอม มีสีดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ และไม่มีกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นอับ กลิ่นหืน กลิ่นบูด จากผลการทดลองพบว่า เนื้อยาสีฟันไม่มีการแยกชั้น ไม่พบสิ่งแปลกปลอม ในทุกกรณีของตัวอย่างที่ได้จากการผสมด้วยแรงงานคน และเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อโดยสีของยาสีฟันที่ได้มีสีน้ำตาล ดังภาพ 3

ตาราง 5 คุณลักษณะทางกายภาพ และเปรียบเทียบการตรวจสอบสภาพก่อนและหลังทำการทดสอบความคงสภาพของยาสีฟันที่ผลิตได้โดยวิธีการสังเกตจากการผสมด้วยแรงงานคนและเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

ยาสีฟัน	กลิ่นไม่พึงประสงค์						ลักษณะเนื้อยาสีฟัน	
	กลิ่นอับ		กลิ่นบูด		กลิ่นหืน			
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
การผสมด้วยแรงงานคน	✕	✕	✕	✕	✕	✕	เหนียว ละเอียด	ความชุ่มชื้นลดลงอย่างสังเกตได้
เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ	✕	✕	✕	✕	✕	✕	เหนียว ละเอียด ชุ่มชื้น	คงเดิม เนื้อผลิตภัณฑ์มีลักษณะความชุ่มชื้นลดลงเล็กน้อย

ภาพ 3 การกวนส่วนผสมด้วยเครื่องผสมแบบหัวตะกร้อและยาสีฟันที่ได้

เนื้อยาสีฟันสมุนไพรที่กวนด้วยเครื่องผสม หลังจากการทดสอบความคงสภาพ พบว่าเนื้อผลิตภัณฑ์มีลักษณะความชุ่มชื้นลดลง ดังภาพ 4 แต่เป็นเฉพาะส่วนของผิวหน้าที่อาจมาจากภาชนะบรรจุที่อาจปิดได้ไม่สนิท ดังนั้นจึงได้เสนอแนะต่อกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในการพิจารณาเลือกบรรจุภัณฑ์ที่มีฝาเกลียวที่ปิดได้สนิทมากขึ้น (Pal et al., 2024)

(ก) ก่อนทดสอบความคงสภาพ (ข) หลังทดสอบความคงสภาพ

ภาพ 4 เปรียบเทียบเนื้อยาสีฟันสมุนไพร
(หมายเหตุ: ปริมาณเนื้อยาสีฟันที่ลดลง เนื่องจากถูกนำไปวัดหาความค่าความชื้น และ pH)

3. ผลการถ่ายทอดองค์ความรู้

ภายหลังเสร็จการวิจัย นักวิจัยได้มีการถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิตให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน จำนวน 30 คน ดังภาพ 5 โดยอธิบายถึงผลของชิ้นที่มีต่อการกำหนดปริมาณของกลีเซอรีนที่ใช้ และการควบคุมความชื้นอย่างง่ายด้วยการตากสมุนไพรให้แห้งโดยใช้ตู้อบแสงอาทิตย์ แล้วนำมาจัดเก็บในภาชนะแบบสุญญากาศร่วมกับสารดูดความชื้น และการบันทึกน้ำหนักสมุนไพรแห้งเป็นเกณฑ์ควบคุมคุณภาพก่อนนำไปใช้

หลังจากถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนพบว่า ภายใน 1 เดือนหลังการอบรม กลุ่มสามารถใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อได้อย่างถูกต้อง ควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้ด้วยตนเอง เช่นการวัด pH และการควบคุมความชื้นของสมุนไพรแห้งที่ต้องใช้ ส่งผลต่อการเพิ่มกำลังการผลิตได้อย่างชัดเจน ดังแสดงดังตาราง 6

ภาพ 5 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตสู่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน

ตาราง 6 ผลการเปลี่ยนแปลงกำลังการผลิตและรายได้หลังปรับปรุงกระบวนการผลิต

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	การเปลี่ยนแปลง
กำลังการผลิต (กระปุก/เดือน)	50	300	เพิ่ม 6 เท่า
กำลังการผลิต (กก./เดือน)	6	36	เพิ่ม 6 เท่า
รายได้ (บาท/เดือน)	3,250	24,300	เพิ่ม 5.7 เท่า

หมายเหตุ: ข้อมูลจากการเก็บบันทึกโดยกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ภายหลังการถ่ายทอดองค์ความรู้ 3 เดือน

อภิปรายผลการวิจัย

1. การพัฒนาสูตรและการปรับปรุงกระบวนการผลิต

1.1 ความชื้นของวัตถุดิบสมุนไพร

จากการวิเคราะห์ค่าความชื้นของสมุนไพรแห้ง 4 ชนิด พบว่าค่าความชื้นในแต่ละชนิด สูงกว่าร้อยละ 5 ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการคำนวณและการควบคุมปริมาณกลีเซอรีนในสูตรผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพร เนื่องจากสูตรดั้งเดิมที่กลุ่มผู้ผลิตใช้ยังไม่ได้คำนึงถึงค่าความชื้นของวัตถุดิบ ทำให้ในการคำนวณส่วนผสมโดยไม่พิจารณาความชื้นที่แฝงอยู่ ส่งผลให้ปริมาณกลีเซอรีนที่เติมจริงไม่สอดคล้องกับความต้องการของเนื้อผลิตภัณฑ์ กลีเซอรีนทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความชุ่มชื้น และช่วยรักษาความยืดหยุ่นของเนื้อยาสีฟัน (Becker et al., 2019; Chen et al., 2022; Rowe et al., 2009) การเติมกลีเซอรีนน้อยเกินไปจะทำให้เนื้อยาสีฟันมีลักษณะแข็งและแห้ง (Akotakar et al., 2018) แต่หากเติมมากเกินไปอาจส่งผลต่อรสชาติทำให้เกิดรสขมและเพิ่มความหนืดจนยากต่อการใช้งาน ดังนั้น การปรับปรุงสูตรโดยนำค่าความชื้นมาคำนวณ เพื่อปรับปริมาณกลีเซอรีนให้เหมาะสมกับเนื้อผลิตภัณฑ์ จะช่วยเพิ่มคุณภาพและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ในระยะยาว การวัดและควบคุมค่าความชื้นของสมุนไพร ไม่เพียงแต่เป็นการวัดทางเคมีเท่านั้น แต่ยังมีความสำคัญเชิงกระบวนการผลิต ที่ส่งผลโดยตรงต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์

1.2 การปรับสัดส่วนกลีเซอรีนและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC)

ผลการวิเคราะห์ปัญหาความไม่คงตัวและความแห้งของเนื้อยาสีฟันในสูตรเดิม ชี้ให้เห็นว่าปริมาณกลีเซอรีนที่ใช้ไม่เหมาะสม ทั้งนี้ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้เติมกลีเซอรีนในอัตราร้อยละ 25 แต่ยังไม่มีการปรับเพิ่มหรือลดอย่างเป็นระบบ ผลการทดลองพบว่าสูตรที่เติมกลีเซอรีนในอัตราร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก ดังตาราง 2 ให้เนื้อสัมผัสที่มีความเนียนเรียบ ชุ่มชื้น และร้อยละความชื้นสูง ซึ่งกลีเซอรีนมีสมบัติเป็นสารเพิ่มความชุ่มชื้นนั้นด้วยความสามารถในการกักเก็บความชื้นผ่านพันธะไฮโดรเจนกับน้ำและองค์ประกอบอื่น ๆ ในสูตร (Becker et al., 2019; Rowe et al., 2009) อธิบายได้ว่า กลีเซอรีนประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) จำนวนมาก จึงช่วยสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลน้ำและสารอื่นในเนื้อผลิตภัณฑ์ ทำให้กลีเซอรีนทำหน้าที่เป็นสารดูดและกักเก็บความชื้นในระดับโมเลกุล ลดการสูญเสียน้ำและรักษาความชุ่มชื้นภายในเนื้อยาสีฟัน ซึ่งช่วยให้เนื้อยาสีฟันมีลักษณะนุ่มนวลและยืดหยุ่นมากขึ้น (Chen et al., 2022) ในระบบกึ่งของแข็งอย่างยาสีฟัน กลีเซอรีนช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างอนุภาคผงสมุนไพรและฐานเนื้อครีม ส่งผลให้ผงสมุนไพรกระจายตัวได้อย่างสม่ำเสมอและลดการแยกชั้นของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ ความเข้มข้นของกลีเซอรีนในระดับปานกลาง เช่น ร้อยละ 30 จึงถือเป็นจุดสมดุลที่เหมาะสมระหว่างการรักษาความชุ่มชื้นและการควบคุมความหนืดของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากหากเติมในปริมาณต่ำเกินไปจะทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์แห้ง แข็ง และขาดความเนียนสม่ำเสมอ ขณะที่หากเติมมากเกินไปจะทำให้เนื้อเหนียว

หรือเหลวจนเกินไป ส่งผลต่อความสะดวกในการใช้งาน (Becker et al., 2019; Mangilal & Ravikumar, 2016) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Mangilal & Ravikumar (2016) ที่แนะนำการเติมกลีเซอรีนในปริมาณร้อยละ 30 เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสและความชุ่มชื้นที่เหมาะสม รวมถึง Becker et al. (2019) ซึ่งระบุว่ากลีเซอรีนช่วยป้องกันการแห้งตัวและเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์

สารยึดเกาะ (Binding agents) ผู้วิจัยได้ศึกษาผลของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ซึ่งเป็นสารเพิ่มความหนืดและช่วยยึดเนื้อผลิตภัณฑ์ (Rowe et al., 2009) ผลการทดลองพบว่า CMC ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มความชุ่มชื้นหรือคุณภาพเนื้อยา จึงเลือกใช้สูตรที่เติมกลีเซอรีนร้อยละ 30 โดยไม่เติมสารยึดเกาะเพิ่มเติม

1.3 การเปรียบเทียบการผสมด้วยแรงงานคนและการใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ

ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต การใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อสามารถผสมส่วนผสมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้เวลาในการผสมเพียง 20 นาที เมื่อเทียบกับการผสมด้วยแรงงานคนที่ใช้เวลานานถึง 4 ชั่วโมง การเลือกใช้เครื่องผสมแบบตะกร้อนี้สอดคล้องกับข้อเสนอของ Rangarajan & Sangeetha (2015) ที่ระบุว่า เครื่องกวนแบบหัวตะกร้อเหมาะกับการผสมสารในลักษณะกึ่งของแข็งที่ต้องการความสม่ำเสมอ การเปลี่ยนจากการผสมด้วยแรงงานคนมาใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อสามารถลดระยะเวลาการผลิต และให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่เนียนสม่ำเสมอมากขึ้นนั้น สามารถอธิบายได้จากคุณลักษณะเฉพาะของหัวผสมแบบตะกร้อที่ให้แรงเฉือนในระดับต่ำถึงปานกลาง (Gokhale & Trivedi, 2016) เหมาะสำหรับระบบกึ่งของแข็งที่มีผงสมุนไพรผสมอยู่ เนื่องจากแรงเฉือนนี้ช่วยกระจายตัวของผงสมุนไพรให้สม่ำเสมอในเนื้อครีมโดยไม่ก่อให้เกิดฟองอากาศหรือการแยกตัวของวัฏภาคภายในเนื้อผลิตภัณฑ์ อีกทั้งการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องผสมที่สม่ำเสมอช่วยให้สามารถคงระดับความชื้นไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการสูญเสียน้ำระหว่างกระบวนการกวน ซึ่งต่างจากการกวนด้วยแรงงานมือที่ไม่สามารถควบคุมความเร็ว ความแรง และเวลาที่แน่นอนได้ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มแห้งเร็วหรือแยกชั้นในภายหลัง

2. การทดสอบคุณภาพของยาสีฟันที่ผลิตได้

ผลการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยาสีฟันที่ได้จากสูตรที่พัฒนาขึ้น พบว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมในหลายด้าน ได้แก่ ค่า pH อยู่ในช่วงมาตรฐานที่กำหนด 5.5–10.5 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 909/2560 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2560) นอกจากนี้ ลักษณะของเนื้อยาสีฟันที่ได้ยังคงเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น สีและกลิ่นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ สะท้อนถึงความคงตัวของยาสีฟันที่ได้จากกระบวนการผลิตที่ปรับปรุงแล้ว นอกจากนี้ ยาสีฟันยังคงลักษณะทางกายภาพที่ดี ได้แก่ มีเนื้อสัมผัสเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น สี และกลิ่นอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ สะท้อนถึงความคงตัวที่ได้จากกระบวนการผลิตที่ได้รับการปรับปรุง ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบค่าความชื้นของยาสีฟันก่อนและหลังการทดสอบความคงสภาพ พบว่ายาสีฟันที่ผลิตด้วยเครื่องผสมแบบตะกร้อมีค่าความชื้นลดลงเล็กน้อย (น้อยกว่าร้อยละ 10) และน้อยกว่าสูตรเดิมที่ผสมด้วยแรงงานคน ซึ่งค่าความชื้นลดลงถึงร้อยละ 35 แสดงถึงความสม่ำเสมอของกระบวนการผลิตและคุณภาพของเนื้อยาสีฟันที่ดีขึ้น

สำหรับข้อมูลทางจุลชีววิทยา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้ส่งตัวอย่างให้ห้องปฏิบัติการกลางตรวจสอบตามรายงานเลขที่ TRCS62/16999 ระบุว่าไม่พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและการจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการที่ควรพิจารณาในการนำผลไปใช้หรือในการวิจัยต่อยอด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังไม่ได้รับการทดสอบความคงสภาพในสภาวะจริง (Real-time stability testing) ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพเมื่อเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมและอุณหภูมิที่หลากหลายเป็นระยะเวลานาน

3. การถ่ายทอดองค์ความรู้

การถ่ายทอดองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิตให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชน ทั้งในด้านการควบคุมคุณภาพเบื้องต้น การควบคุมความชื้น การปรับสูตรให้เหมาะสม และการใช้งานเครื่องผสมในกระบวนการผลิต พบว่า กลุ่มสามารถเรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ได้จริง หลังการถ่ายทอดองค์ความรู้ กลุ่มสามารถใช้เครื่องผสมได้ด้วยตนเอง เข้าใจหลักการควบคุมความชื้นและคุณภาพผลิตภัณฑ์ ซึ่งสะท้อนถึงการยกระดับศักยภาพด้านการผลิตในระยะยาว และส่งเสริมความเข้มแข็งของกลุ่มในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาจากข้อมูลเชิงปริมาณ ดังตาราง 6 พบว่า การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตโดยใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อช่วยให้กลุ่มสามารถเพิ่มกำลังการผลิตจากเดิม 50 กระปุกต่อเดือน เป็น 300 กระปุกต่อเดือน (เพิ่มขึ้น 6 เท่า) และเพิ่มรายได้จาก 3,250 บาทต่อเดือน เป็น 24,300 บาทต่อเดือน (เพิ่มขึ้น 5.7 เท่า) แสดงให้เห็นว่าการถ่ายทอดองค์ความรู้และการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีผลกระทบในเชิงบวกที่ตรวจวัดได้จริงในระยะสั้น จากการเก็บข้อมูล 3 เดือนหลังจากถ่ายทอดองค์ความรู้ แม้กำลังการผลิตจะเพิ่มขึ้นถึง 6 เท่าหลังจากปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อ แต่เมื่อคิดต้นทุนจริงโดยรวมทั้งต้นทุนวัตถุดิบ ค่าไฟฟ้าประมาณ 800 บาทต่อเดือน และค่าเสื่อมราคาเครื่องผสม (ประมาณ 417 บาท/เดือน จากเครื่องราคา 25,000 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี) พบว่ากำไรสุทธิรายเดือนเพิ่มขึ้นประมาณ 5.7 เท่า เมื่อเทียบกับก่อนปรับปรุง ซึ่งยืนยันว่าการลงทุนในเครื่องผสมเป็นการลงทุนที่คุ้มค่าแม้มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมด้านเครื่องมือและพลังงาน

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงนี้สะท้อนให้เห็นว่าการถ่ายทอดองค์ความรู้ ที่มีการปรับกระบวนการผลิตมีผลในรูปของการพัฒนาศักยภาพที่ใช้งานได้จริง แสดงให้เห็นว่าการพัฒนากระบวนการผลิตสามารถสร้างงานที่มั่นคงและรายได้ที่พอเพียงในระดับชุมชน สอดคล้องกับเป้าหมายที่ 8 (Goal 8: Decent work and economic growth) ที่มุ่งส่งเสริมการเติบโตเชิงสร้างสรรค์และความเป็นอยู่ที่ดีอย่างทั่วถึง นอกจากนี้กระบวนการผลิตที่ลดสารเติมแต่งและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ยังสอดคล้องกับเป้าหมายที่ 12 (Goal 12: Responsible consumption and production) ที่เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างสมดุล ลดของเสีย และสนับสนุนการผลิตอย่างรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่า ความชื้นของวัตถุดิบสมุนไพรมีผลต่อการกำหนดสูตร โดยเฉพาะปริมาณกลีเซอรีนซึ่งมีบทบาทสำคัญในการรักษาความชุ่มชื้นและความคงตัวของเนื้อยาสีฟัน ปริมาณที่เหมาะสมคือร้อยละ 30 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด การเติมสารยึดเกาะเพิ่มเติมไม่ส่งผลต่อคุณภาพอย่างมีนัยสำคัญ การใช้เครื่องผสมแบบหัวตะกร้อช่วยให้ได้เนื้อยาสีฟันที่เนียนสม่ำเสมอ ลดเวลาการผลิตจาก 4 ชั่วโมงเหลือ 20 นาที เพิ่มกำลังการผลิต 6 เท่า และรายได้ 5.7 เท่า เหมาะสมกับการผลิตในระดับชุมชน และผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพตรงตามเกณฑ์มาตรฐานชุมชน โดยมีค่า pH เหมาะสม เนื้อเป็นเนื้อเดียวกัน สีและกลิ่นสม่ำเสมอ ไม่แยกชั้นและคงสภาพได้ดีหลังการเก็บรักษา

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. งานวิจัยนี้มีศักยภาพในการยกระดับผลิตภัณฑ์ยาสีฟันสมุนไพรของชุมชน โดยการพัฒนากระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพและควบคุมคุณภาพได้มาตรฐาน ซึ่งช่วยสร้างความมั่นใจในคุณภาพและความปลอดภัยแก่ผู้บริโภค สามารถขยายตลาดและเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับผลิตภัณฑ์สมุนไพรในระดับท้องถิ่นและประเทศได้

2. ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางให้กลุ่มวิสาหกิจชุมชนวางแผนการผลิตประจำวันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอ ลดการสูญเสียวัตถุดิบ และลดข้อผิดพลาดในการผลิต สามารถต่อยอดไปสู่

การขยายกำลังการผลิตและการกระจายสินค้าสู่ตลาดใหม่ รวมถึงเป็นต้นแบบให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในพื้นที่ใกล้เคียง การพัฒนากระบวนการผลิตนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับสินค้าชุมชนประเภทอื่น เช่น เครื่องสำอางสมุนไพร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและรายได้อย่างยั่งยืน

3. ผลการวิจัยนี้ยังสามารถใช้เป็นกรณีศึกษาสำหรับการเรียนการสอนในสาขาวิทยาศาสตร์ชุมชน หรือเทคโนโลยีอาหาร รวมถึงเป็นต้นแบบพัฒนากระบวนการผลิตในวิสาหกิจชุมชน และส่งเสริมการศึกษาต่อยอดเรื่องบรรจุภัณฑ์ใหม่หรือการควบคุมคุณภาพตามมาตรฐานสมัยใหม่ เช่น Hazard analysis and critical control point (HACCP)

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการใช้เครื่องบรรจุแบบหลอด (Tube filling machine) ร่วมกับการพัฒนาเครื่องกวนชนิดอื่นที่เหมาะสมกับเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ต้องการบรรจุ เช่น เครื่องกวนใบพัดหรือระบบสุญญากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและความเหมาะสมกับบรรจุภัณฑ์แบบใหม่ นอกจากนี้ ควรศึกษาเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ในรูปแบบบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์คงคุณภาพตลอดอายุการใช้งาน

2. ควรศึกษาผลกระทบของฤดูกาลต่อคุณภาพวัตถุดิบสมุนไพร และทดสอบความคงทนของผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์หลากหลายรูปแบบ พร้อมทั้งประเมินความปลอดภัยทางจุลชีววิทยาและการยอมรับของผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ สำหรับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ตามแนวทางคูปองวิทย์เพื่อโอทอป ภายใต้โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์สินค้าชุมชน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจท่าพระฝั่งคลอง สำหรับความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับเครื่องมือและสถานที่ทำวิจัย และขอขอบคุณ นางสาวณัฐพร จันทร์ดี สำหรับคำแนะนำด้านการวัดความชื้นและ pH

เอกสารอ้างอิง

กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก. (2561). *ยาสีฟันสมุนไพรสูตรผสมเกลือ.* กรม.

_____. (2565). *รายงานประจำปี 2565 กรมการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก*. กรม.

ดวงสุรีย์ แสนสีระ. (2566). การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียในช่องปากของสารสกัดต้นขลู่เพื่อพัฒนาตำรับยาสีฟันสมุนไพร. *วารสารวิจัย มทร. กรุงเทพ, 17*(2), 58-69. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/rmutk/article/view/250548

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2560). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ยาสีฟันสมุนไพร: มผช. 909–2560*. สำนักงาน.

Akotakar, A. M., Thenge, R. R., Patil, A. V., Ghonge, A. B., & Bhaltadak, M. B. (2018). Formulation and comparative standardization of toothpaste. *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*, *3*(4), 12-15. https://www.pharmacyjournal.net/archives/2018/vol3/issue4/3-4-23

Becker, L. C., Bergfeld, W. F., Belsito, D. V., Hill, R. A., Klaassen, C. D., Liebler, D. C., Marks, J. G., Shank, R. C., Slaga, T. J., Snyder, P. W., Gill, L. J., & Heldreth, B. (2019). Safety assessment of glycerin as used in cosmetics. *International Journal of Toxicology*, *38*(3 Suppl), 6S-22S. https://doi.org/10.1177/1091581819883820

Chen, H. J., Lee, P. Y., Chen, C. Y., Huang, S. L., Huang, B. W., Dai, F. J., Chau, C. F., Chen, C. S., & Lin, Y. S. (2022). Moisture retention of glycerin solutions with various concentrations: a comparative study. *Scientific Reports*, *12*, 10232. https://doi.org/10.1038/s41598-022-13452-2

Gokhale, R., & Trivedi, N. R. (2016). Wet granulation in low-and high-shear mixers. In *Handbook of Pharmaceutical Granulation Technology* (pp. 199-219). CRC Press.

International Council for Harnonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use. (1993). *Stability testing of new drug substances and products.* ICH. https://www.columbiapharma.com/reg_updates/international/ich/q1a.pdf

Håkansson, A. (2018). Rotor-stator mixers: from batch to continuous mode of operation a review. *Processes*, *6*(4), 32. https://doi.org/10.3390/pr6040032

Kanoja, A. P., Ghuge, P. V., Holap, P. B., & Jagdale, A. (2023). To formulate and evaluate herbal toothpaste. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*, *1*(12), 557-568. https://doi.org/10.5281/zenodo.10405575

Mangilal, T., & Ravikumar, M. (2016). Preparation and evaluation of herbal toothpaste and compared with commercial herbal toothpastes: an invitro study. *International Journal of Ayurvedic and Herbal Medicine*, *6*(3), 2251-2266. http://www.interscience.org.uk/index.php/archive/volume-6-issue-3-may-june-2016/preparation-and-evaluation-of-herbal-toothpaste-and-compared-with-commercial-herbal-toothpastes-an-invitro-study

Niazi, S. K. (2019). *Handbook of Pharmaceutical Manufacturing Formulations: Volume two, Uncompressed Solid Products*. CRC press.

Pal, R., Pandey, P., Thakur, S. K., Khadam, V. K. R., Dutta, P., Arushi, Chawra, H. S., & Singh, R. P. (2024). The significance of pharmaceutical packaging and materials in addressing challenges related to unpacking pharmaceutical products. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Innovation*, *1*(3), 149-173. https://www.researchgate.net/publication/381126537

Rangarajan, M., & Sangeetha, R. (2015). Mixing technologies in the pharmaceutical and food industries. In G. N. Tiwari, & R. K. Mishra (Eds.), *Advanced Food Process Engineering* (pp. 231–260). CRC Press.

Rodarte, D., Zamora, A., Trujillo, A.-J., & Juan, B. (2018). Effect of ultra-high pressure homogenization on cream: Shelf life and physicochemical characteristics. *LWT-Food Science and Technology*, *92*, 108-115. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.020

Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Quinn, M. E. (Eds.). (2009). *Handbook of Pharmaceutical Excipients* (6th ed.). Pharmaceutical Press.

Škrinjar, M. M., & Nemet, N. T. (2009). Antimicrobial effects of spices and herbs essential oils. *Acta Periodica Technologica*, *40*, 195-209. https://doi.org/10.2298/APT0940195S

Sutoro, M., Falya, Y., & Damayanti, R. H. (2022). Method and Critical Aspect of Semisolid Mixing. *Sciences of Pharmacy*, *1*(1), 18-26. https://doi.org/10.58920/sciphar01010020

Zhang, J., Xu, S., & Li, W. (2012). High shear mixers: A review of typical applications and studies on power draw, flow pattern, energy dissipation and transfer properties. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, *57-58*, 25-41. ttps://doi.org/10.1016/j.cep.2012.04.004