

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแช่เท้าจากเปลือกส้มโอซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในชุมชนวังขนาย Development of Herbal Foot Soak Product from Pummelo Peels, a Waste Material in Wang Khanai Community

พันธทิพย์ เลิศบุรู^{1*} นันทวัน หัตถมาศ² และ ลลิตา ฉายาวัด¹

Punthip Lerdburoos^{1*} Nanthawan Hadthamard² and Lalida Chayawat¹

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี กาญจนบุรี 71190 ประเทศไทย

²สาขาวิชาเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อการจัดการพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
กาญจนบุรี 71190 ประเทศไทย

¹Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190, Thailand

²Modern Technology for Crop Management Program, Faculty of Science and Technology,
Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi 71190, Thailand

*E-mail: Lerdburoos@kru.ac.th

Received: Oct 24, 2024

Revised: Nov 21, 2024

Accepted: Nov 25, 2024

บทคัดย่อ

ชุมชนวังขนาย อำเภotáม่วง จังหวัดกาญจนบุรี มีบ่อน้ำพุร้อนสำหรับบำบัดสุขภาพเท้า และมีเปลือกส้มโอเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาตำรับสมุนไพรแช่เท้าจากเปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ โดยนำเปลือกส้มโอ ไพลแก่ ใบบัวบก และใบมะขาม ไปตากแห้งและบดให้ละเอียด ส่วนผสมดังกล่าวมีค่าความชื้นร้อยละ 4.68, 6.32, 4.13 และ 4.02 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาปริมาณสมุนไพรแต่ละชนิดที่เหมาะสมต่อ 1 หน่วยบรรจุ (14 กรัม) โดยพิจารณาจากคะแนนความพึงพอใจโดยรวม สูตรที่ได้รับคะแนนความพึงพอใจโดยรวมสูงสุด ประกอบด้วย เปลือกส้มโอแห้ง ไพลแห้ง ใบบัวบกแห้ง ใบมะขามแห้ง สารส้ม และดอกเกลือ น้ำหนัก 4.5, 3, 1.5, 3, 1 และ 1 กรัม ตามลำดับ ทั้งหมดถูกผสมรวมกัน และบรรจุในถุงกรองชา (บรรจุภัณฑ์ชั้นใน) และถุงซีป (บรรจุภัณฑ์ชั้นนอก) ตามลำดับ มีต้นทุนการผลิต 9.64 บาทต่อซอง จากการนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28-30 องศาเซลเซียส) นาน 1 เดือน พบว่าคุณภาพของสมุนไพรแช่เท้าผ่านเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เลขที่ 666/2553 คือ บรรจุภัณฑ์สมบูรณ์ กลิ่นและสีปกติ ไม่จับก้อน ไม่พบเส้นใยเชื้อรา มีความชื้นร้อยละ 7.14 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 1.92 cfu/100 กรัม และปริมาณยีสต์และรา 2.23 cfu/100 กรัม ผลิตภัณฑ์นี้สามารถลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งเปลือกส้มโอสดได้ถึง 1,108.37 กรัมต่อการผลิต 100 ซอง

คำสำคัญ: สมุนไพรแช่เท้า เปลือกส้มโอ วัสดุเหลือทิ้ง ชุมชนวังขนาย

Abstract

Wang Khanai community, Tha Muang district, Kanchanaburi province has a hot spring for foot spa and a large amount of pummelo (*Citrus maxima*) peels as an agricultural waste material. Therefore, this research, which is a laboratory study, focuses on developing an herbal foot soak formula from “Khaw Yai” pummelo peels. The pummelo peels, mature phlai (*Zingiber cassumunar*), asiatic pennywort (*Centella asiatica* Urban) leaves and tamarind (*Tamarindus indica*) leaves were dried and ground thoroughly. The moisture content of these ingredients was 4.68%, 6.32%, 4.13% and 4.02%, respectively. Subsequently, the appropriate amount of each herb per 1 package unit (14 grams) were examined based on the overall satisfaction score. The formula with the highest overall satisfaction score consisted of dried pummelo peels, dried phlai, dried asiatic pennywort leaves,

dried tamarind leaves, alum and flower of salt, weighing 4.5, 3, 1.5, 3, 1 and 1 grams, respectively. They were mixed together and packed in a tea filter bag (the inner packaging) and a zip bag (the outer packaging), respectively. The production cost was 9.64 bath/package. From the shelf-life testing by storing the herbal foot soak product at room temperature (28-30°C) for a month, it was found that the quality of the product passed the criteria of Community Product Standard No. 666/2010 including intact packaging, normal smell and color, still in powder form, no fungal hyphae found, moisture content of 7.14%, total plate count of 1.92 cfu/100 g, and yeast and mold count of 2.23 cfu/100 g. This product can reduce the amount of fresh pummelo peel waste material by up to 1,108.37 grams per 100 packages produced.

Keywords: Herbal foot soak, Pummelo peels, Waste material, Wang Khanai community

1. บทนำ

ในปี 2564 เขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกส้มโอ (Pummelo; *Citrus maxima*) มากถึง 21,394 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ขาวใหญ่ ขาวแตงกวา ท่าข่อย ทองดี ขาวน้ำผึ้ง และทับทิมสยาม เป็นต้น [1] ส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ของอำเภอไทรโยค เป็นหนึ่งในไม้ผลที่สร้างชื่อเสียงให้จังหวัดกาญจนบุรี นักท่องเที่ยวนิยมซื้อทั้งแบบยกลูกและแกะเนื้อพร้อมบริโภค เปลือกส้มโอจึงเป็นหนึ่งในวัสดุเหลือทิ้งที่หาได้ง่ายในจังหวัด การบริโภคส้มโอ 1 ลูก เหลือเปลือกส้มโอทั้งประมาณร้อยละ 25 ของน้ำหนักส้มโอทั้งหมด ซึ่งเปลือกส้มโอเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีน้ำหนักมาก แข็ง เหนียว และใช้เวลาย่อยสลายนาน [2]

ชุมชนวังขนายอยู่ในอำเภอด่านช้าง จังหวัดกาญจนบุรี หลายครัวเรือนนิยมปลูกและจำหน่ายใบบัวบก (*Asiatic pennywort*; *Centella asiatica* Urban) และมะขาม (*Tamarind*; *Tamarindus indica*) เป็นรายได้เสริม จึงมีใบมะขามเหลือทิ้งจำนวนมาก ภายในวัดวังขนายหาวิทยารามมีกิจกรรม “วาริบำบัด” ไว้ให้บริการนักท่องเที่ยว เป็นกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพด้วยการแช่เท้าในน้ำอุ่นอุณหภูมิประมาณ 38-43 องศาเซลเซียส นาน 15-30 นาที [3] น้ำอุ่นจะช่วยเปิดรูขุมขน ทำให้หลอดเลือดขยายตัว กระตุ้นการไหลเวียนเลือดลดการเมื่อยล้าของเท้า และสร้างความรู้สึกผ่อนคลาย เนื่องจากเท้าเป็นจุดรวมของกล้ามเนื้อ เส้นเลือด และเส้นประสาท [4] อย่างไรก็ตาม อาการเท้าบวม ผิวหนังแห้งแตก และเท้ามีกลิ่นไม่สามารถแก้ไขด้วยการแช่เท้าในน้ำอุ่นเพียงอย่างเดียว จึงมักเพิ่มประสิทธิภาพด้วยพืชสมุนไพรตามวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น การใช้ไพลแก่ที่อุดมด้วยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีสีเหลืองกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ (Curcuminoid) เพื่อลดอาการคันอักเสบ และยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย [5] การใช้ใบบัวบกที่มีสารกลุ่มไตรเทอร์พีนอยด์ ไกลโคไซด์ (Triterpenoid glycoside)

มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ช่วยเร่งการสมานแผล และบรรเทาอาการแผลเปื่อย [6] การใช้ใบมะขามที่มีฤทธิ์เป็นกรด กระตุ้นการผลิตเซลล์ผิว ช่วยลดความกระด้างของผิวหนัง และบำรุงผิวพรรณ [7] และเพื่อให้เกิดความผ่อนคลายขณะใช้งาน จึงมักปรุงแต่งกลิ่นด้วยสารหอมระเหย เช่น กลิ่นกุหลาบ กลิ่นลาเวนเดอร์ (Lavender) และกลิ่นยูคาลิปตัส (Eucalyptus) เป็นทางเลือกสำหรับผู้ใช้งานที่ชอบกลิ่นหอมอื่นนอกจากกลิ่นสมุนไพร แม้สารสังเคราะห์จะมีราคาค่อนข้างสูง

ผิวเปลือกส้ม (Flavedo) เป็นชั้นนอกสุดของเปลือกส้มโอ มีลักษณะหนา แข็ง เหนียว ผิวเป็นมัน มีต่อมน้ำมันกระจายทั่วบริเวณ มีสารประกอบกลุ่มฟีนอลิก (Phenolic compound) สูง จึงมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียและเชื้อราได้ เมื่อผลแก่จะพบน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดที่บริเวณต่อมน้ำมัน เช่น ฟินี (Pinene) ลิโมนีน (Limonene) และไมซีน (Mycene) เมื่อสุกดมจะรู้สึกเยือกเย็นและผ่อนคลาย [8] ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพรแช่เท้าช่วยลดปัญหาการเกิดกลิ่นเท้าสาเหตุจากจุลินทรีย์ และให้กลิ่นหอม สร้างความรู้สึกผ่อนคลายขณะแช่เท้าได้

การที่สมุนไพรสดมีความชื้นสูง จึงเสี่ยงต่อการเกิดเชื้อรา เน่าเสียง่าย และไม่สามารถเก็บรักษาได้นาน นับเป็นข้อจำกัดสำคัญหากนำมาต่อยอดในเชิงพาณิชย์ที่จำเป็นต้องพิจารณาถึงการบริหารจัดการวัตถุดิบให้มีคุณภาพและเพียงพอต่อการจำหน่าย โดยเฉพาะวัตถุดิบตามฤดูกาล หรือต้องรออายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การจัดการสมุนไพรให้อยู่ในรูปสมุนไพรแห้ง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อมูลของศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย กรมวิชาการเกษตร [9] รายงานว่า การทำแห้งสมุนไพรให้มีความชื้นเหลือไม่เกินร้อยละ 10 สามารถยืดอายุการเก็บรักษาสมุนไพรไว้ได้ แต่ต้องเลือกใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนและชนิดพืช เพื่อป้องกันการสลายตัวของสารประกอบทางเคมีบางชนิดที่ไม่ทน

อุณหภูมิสูง สำหรับสมุนไพรที่มีน้ำมันหอมระเหยที่สลายตัวง่าย ควรทำแห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส สมุนไพรประเภทใบและหัวสามารถเพิ่มอุณหภูมิทำแห้งได้ แต่ไม่ควรเกิน 40 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เปลือกส้มโอเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่ชุมชนวังนายควรเร่งจัดการมากกว่าใบมะขาม เนื่องจากมีขนาดใหญ่ เปลือกพื้นที่ทิ้งผิวเปลือกชั้นนอกสุดแข็งและเหนียว จึงใช้เวลาย่อยสลายนาน โดยเฉพาะส่วนเปลือกชั้นกลางที่มีสีขาว (Albedo) มีลักษณะนิ่มและมีความชื้นสูง มักเน่าเสีย สกปรกเหม็น และเกิดเชื้อรา งานวิจัยนี้จึงต้องการปรับปรุงผลิตภัณฑ์สมุนไพรแช่เท้า โดยเพิ่มวัสดุเปลือกส้มโอแห้ง เพื่อลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้งในชุมชน ด้วยการนำไปเพิ่มมูลค่า และลดต้นทุนการผลิตในส่วนของวัตถุดิบลง อ้างอิงสูตรของโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร ทั้งนี้คาดว่าผลิตภัณฑ์สมุนไพรแช่เท้าจากงานวิจัยนี้ จะกระตุ้นให้เกิดการนำเปลือกส้มโอไปใช้ประโยชน์ ช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือทิ้ง และเพิ่มรายได้ให้ชุมชนวังนาย

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ดำเนินงานวิจัยช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2566 เป็นงานวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed method) ใช้เครื่องมือเก็บข้อมูล 2 ชนิดคือ แบบสัมภาษณ์เชิงลึก และแบบสอบถามมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ ได้รับคะแนนประเมินค่าความสอดคล้องของข้อคำถาม (Index of item-objective congruence; IOC) จากผู้เชี่ยวชาญด้านเคมีและแพทย์แผนไทย จำนวนรวม 3 คน เท่ากับ 0.82 และ 0.76 คะแนน ตามลำดับ

2.1. การเตรียมวัตถุดิบสมุนไพร

รวบรวมเปลือกส้มโอและไพล (Phlai; *Zingiber cassumunar*) จากตำบลลุ่มสุม อำเภอยะรัง จังหวัดปัตตานี และใบมะขามได้จากชุมชนวังนาย ใช้เปลือกส้มโอพันธุ์ขาวใหญ่ อายุ 7-8 เดือน นับจากวันดอกบาน ซึ่งเป็นระยะเจริญเติบโตที่มีสารหอมระเหยและสารออกฤทธิ์ต่าง ๆ ปริมาณสูง โดยเลือกใช้เฉพาะผิวเปลือก (Flavedo) ที่มีสีเขียว สด เป็นมัน และไม่มีร่องรอยการเกิดโรค ใช้ไพลแก่อายุ 2-3 ปี เนื้อไพลมีสีส้มเข้ม สด และไม่มีร่องรอยการเกิดโรค เลือกใบมะขามและใบมะขามจากต้นที่เจริญเติบโตเต็มที่ สด มีสีเขียว และไม่มีร่องรอยการเกิดโรค

นำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการทำแห้ง ใช้หลักการลดขนาดชิ้นสมุนไพรให้มีขนาดเล็ก และระเหยน้ำออกด้วยไอร้อนจากแสงแดด โดยล้างสมุนไพรให้สะอาด ผึ่งหมาด หั่นเปลือก

ส้มโอและไพลเป็นชิ้นขนาดเท่ากัน (กว้างxยาวxหนา) 0.5x3x0.5 เซนติเมตร เป็นความหนาที่แห้งได้ภายในเวลาที่กำหนด [10] ใบมะขามใช้ได้ทั้งใบและก้าน ส่วนใบมะขามริดก้านออกทิ้ง จากนั้นนำสมุนไพรอย่างละ 500 กรัม ใส่ตะแกรงแยกชั้นตามชนิดวัตถุดิบ (Figure 1) ตากในที่ร่ม อุณหภูมิประมาณ 32-38 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสมุนไพรแต่ละชนิดไปแยกปั่นด้วยเครื่องบดสับเอนกประสงค์ ร่อนแยกขนาดด้วยกระชอนขนาดรู 400 เมส (Mesh) และเก็บเฉพาะผงละเอียดไว้ใช้



Figure 1 Herb drying

แบ่งสมุนไพรแห้งแต่ละชนิดออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งนำไปใช้เพื่อพัฒนาสูตรสมุนไพรแช่เท้า อีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์คุณภาพ จำนวน 5 ซ้ำต่อรายการทดสอบ

(1) ร้อยละของสมุนไพรที่นำมาทำสมุนไพร (% Yield)

$$\% \text{ Yield} = \frac{\text{น้ำหนักสมุนไพรหลังทำแห้ง}}{\text{น้ำหนักสมุนไพรก่อนทำแห้ง}} \times 100$$

(2) ร้อยละของค่าความชื้นของสมุนไพร [11] ในระบบแห้ง นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ดังนี้

2.2. การพัฒนาสมุนไพรแช่เท้า

ชั่งน้ำหนักสมุนไพร สารส้ม และดอกเกลือ ตามรายละเอียดใน Table 1 ปั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องบดสับเอนกประสงค์ นาน 2-3 วินาที จากนั้นบรรจุในถุงกรองชา น้ำหนัก 14 กรัมต่อถุง และหยดกลั่นส้มโอสังเคราะห์ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ปิดปากถุงด้วยเครื่องซีล (Sealer machine) แล้วนำไปใส่ในถุงซิปล็อก (Ziplock bag) ขนาด (กว้างxสูง) 8x12 เซนติเมตร เพื่อเป็นบรรจุภัณฑ์ชั้นนอก ติดฉลากที่ออกแบบไว้ให้เรียบร้อย

สมุนไพรแช่เท้าส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของสมุนไพร และอีกส่วนหนึ่งนำไปทดสอบการใช้งานกับอาสาสมัครจำนวน 30 คน เกณฑ์คัดเข้าอาสาสมัคร คือ มีอายุ 18-60 ปีบริบูรณ์ ไม่มีความผิดปกติทางสายตา การรับรู้ทางประสาทสัมผัสและการรับกลิ่น ไม่มีบาดแผลหรือโรคผิวหนังที่เท้า ไม่มีประวัติการเป็นโรคเบาหวาน ไม่แพ้น้ำมันหอมระเหย และมีประสบการณ์การใช้ผลิตภัณฑ์สปา นวดเท้า หรือนวดแผนไทย

การใช้งานสมุนไพรแช่เท้า คือ นำถุงกรองชาที่มีสมุนไพรแช่ในน้ำอุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส นาน 3-5 นาที เพื่อให้สารออกฤทธิ์แพร่ซึมออกมาในน้ำ จากนั้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลงเหลือประมาณ 36-38 องศาเซลเซียส จึงแช่เท้านาน 15-20 นาที [4]

การประเมินผลความพึงพอใจใช้แบบสอบถามมาตรวัดประมาณค่า 5 ระดับ เป็นเครื่องมือเก็บข้อมูล คะแนนที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความแตกต่างทางสถิติ และแปลความหมายเพื่อวิเคราะห์เชิงเนื้อหา ดังนี้ 1.00-1.80 คือ น้อยที่สุด 1.81-2.60 คือ น้อย 2.61-3.40 คือ ปานกลาง 3.41-4.20 คือ มาก และ 4.21-5.00 คือมากที่สุด [12]

คัดเลือกเฉพาะสูตรที่มีเปลือกส้มโอ และได้รับคะแนนความพึงพอใจโดยรวมมากที่สุด เพื่อจำลองการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (Room temperature) (28-30 องศาเซลเซียส) ควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา จนครบ 1 เดือน จากนั้นนำมาตรวจสอบคุณภาพ อ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน “สมุนไพรอบตัว” เลขที่ 666/2553 [13] ดังนี้

- (1) พินิจลักษณะทั่วไปของบรรจุภัณฑ์ สี กลิ่น การจับตัวเป็นก้อน และเชื้อราที่มองเห็นได้
- (2) ค่าความชื้นตามวิธีมาตรฐาน [11]
- (3) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และปริมาณยีสต์และรา ด้วย Pour plate technique [14]
- (4) ต้นทุนวัตถุดิบ

2.3. จริยธรรมการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณารับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี เอกสารรับรองเลขที่ COA No. 014/2566

Table 1 Formulas of herbal foot soak per package

Raw materials	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4
Dried pummelo peels (g)	0	4.5	4.5	4.5
Dried phlai (g)	4	1.5	3	3
Dried asiatic pennywort leaves (g)	4	3	1.5	3
Dried tamarind leaves (g)	4	3	3	1.5
Alum (g)	1	1	1	1
Flower of salt (g)	1	1	1	1
Synthetic pummelo flavor (mL)	0.5	0.5	0.5	0.5

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแช่เท้าแต่ละขั้นตอนได้ผลดังนี้

3.1. ผลการเตรียมสมุนไพรแช่

สมุนไพรทั้ง 4 ชนิด หลังถูกทำแห้งในที่ร่มเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ได้ผลดัง Figure 2 และ Table 2

จาก Figure 2 ชิ้นส่วนสมุนไพรเปลี่ยนแปลงไปจากก่อนทำแห้ง คือ น้ำหนักและขนาดลดลง เนื้อสัมผัสเหนียว

แข็ง และกลิ่นหอมลดลง เนื่องจากการสูญเสียน้ำและสารหอมระเหย ซึ่งเปลือกส้มโอมีเนื้อสัมผัสแข็งที่สุด รองลงมาคือไพล เปลือกเป็นโครงสร้างของผนังเซลล์ที่เพคติน (Pectin) จับกับเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และไกลโคโปรตีน (Glycoprotein) ช่วยสร้างความแข็งแรงให้พืชเมื่อเปลือกส้มโอมีเพคตินสูงถึงร้อยละ 40 จึงมีเนื้อสัมผัสแข็งที่สุด [15] ส่วนใบบัวบกและใบมะขามมีลักษณะแห้งกรอบเนื่องจากชิ้นส่วนเล็กและบาง สำหรับประเด็นกลิ่นหอมลดลงหลังทำแห้งของส้มโอเมื่อเปรียบเทียบกับกลิ่นไพล แสดงให้

เห็นว่าชนิดของสารหอมระเหยในส้มโอมีความคงทนต่ออุณหภูมิทำแห้งน้อยกว่าสารหอมระเหยในพล

จาก Table 2 แสดงให้เห็นถึงคุณภาพของสมุนไพรหลังทำแห้ง ข้อมูลส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับปริมาณการกำจัดวัสดุเหลือทิ้งให้ชุมชน การวางแผนจัดหาสมุนไพรสดเพื่อนำมาทำแห้ง และการเฝ้าระวังความเสี่ยงในการเกิดเชื้อราระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งสมุนไพรหลังจากตัดแต่ง จะสูญเสียน้ำหนักมากถึงร้อยละ 56.4-77.6 เหลือน้ำหนักที่ใช้งานได้เพียงร้อยละ 23.40-43.60 โดยพลเหลือน้ำหนักที่ใช้งานได้มากที่สุด คือ ร้อยละ 43.6 รองลงมาคือเปลือกส้มโอ ใบบัวบก และใบมะขาม คิดเป็นร้อยละ 40.6, 30.4 และ 23.4 ตามลำดับ ดังนั้นการที่ใบมะขามเหลือน้ำหนักใช้งานได้น้อยที่สุด ในขั้นตอนการจัดหา

จึงต้องใช้น้ำหนักใบมะขามสดมากถึงร้อยละ 76.6 ส่วนการเตรียมเปลือกส้มโอต้องจัดหาไว้มากกว่าปริมาณการใช้งานปกติประมาณร้อยละ 59.4

หลังการทำแห้งในที่ร่ม สมุนไพรแต่ละชนิดมีค่าความชื้นแตกต่างกัน พลแห้งมีค่าความชื้นมากที่สุด รองลงมาคือ เปลือกส้มโอแห้ง ใบบัวบกแห้ง และใบมะขามแห้ง มีค่าร้อยละ 6.32, 4.68, 4.13 และ 4.02 ตามลำดับ การที่พลแห้งมีความชื้นมากกว่าเปลือกส้มโอแห้ง แม้ทั้งคู่ให้มีขนาดเท่ากัน เนื่องจากส่วนเนื้อพลมีน้ำสะสมอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์มากกว่า ยิ่งไปกว่านั้น บนเปลือกส้มโอมีสารเคลือบผิวกลุ่มไขมันที่ขัดขวางการระเหยน้ำออก [15]



Figure 2 Dried herbs

(A) pummelo peels; (B) phlai; (C) asiatic pennywort leaves and (D) tamarind leaves

Table 2 Yield and moisture content of dried herb raw materials (n = 5)

Raw materials	Yield (%)	Moisture (%)
Pummelo peels	40.60±0.52 ^d	4.68±0.64 ^b
Phlai	43.60±0.73 ^c	6.32±0.42 ^c
Asiatic pennywort leaves	30.40±1.05 ^b	4.13±0.97 ^a
Tamarind leaves	23.40±0.88 ^a	4.02±0.61 ^a

Data are expressed as mean ± SD of five replication.

Means with different letters in a column are significantly different ($P < 0.05$).

3.2. ผลการคัดเลือกสูตรสมุนไพรแช่เท้า

เมื่อผสมวัตถุดิบทั้งหมดตามสูตรใน Table 1 จะได้ผงสมุนไพรสีเหลืองอมเขียวที่มีกลิ่นไพลและส้มโอแตกต่างกัน หลังจากบรรจุใส่ในบรรจุภัณฑ์ชั้นใน (ถุงกรองชา) และบรรจุภัณฑ์ชั้นนอก (ถุงซิปล็อค) และติดฉลากทั้งหน้าและหลัง (Figure 3)



Figure 3 The inner packaging (A) and the outer packaging (B1, B2) of the herbal foot soak product

ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแช่เท้าทั้ง 4 สูตร ถูกนำไปวิเคราะห์ค่าความชื้นและนำไปทดสอบความพึงพอใจต่อการใช้งานโดยอาสาสมัครจำนวน 30 คน ได้ผลดัง Table 3 และ Table 4

Table 3 Moisture content of herbal foot soak formulas (n = 5)

Formula	Moisture (%)
1	6.86±0.31 ^c
2	5.22±0.29 ^a
3	6.09±0.42 ^b
4	6.24±0.33 ^b

Data are expressed as mean ± SD of five replication. Means with different letters in a column are significantly different ($P < 0.05$).

จาก Table 3 สมุนไพรแช่เท้าสูตร 1 มีความชื้นมากที่สุด รองลงมาคือ สูตร 4 สูตร 3 และสูตร 2 ด้วยค่าความชื้นร้อยละ 6.86, 6.24, 6.09 และ 5.22 ตามลำดับ เป็นผลจากการใช้ปริมาณไพลแตกต่างกัน เห็นได้จากสูตร 1 ที่มีไพลมากที่สุด (4 กรัม) มีความชื้นมากที่สุด ในทางกลับกันสูตร 2 ที่มีไพลน้อยที่สุด (1.5 กรัม) มีความชื้นน้อยที่สุด

จาก Table 4 อาสาสมัครมีความพึงพอใจโดยรวมต่อสมุนไพรแช่เท้าทั้ง 3 สูตรที่มีเปลือกส้มโอ ด้วยคะแนนที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่แตกต่างจากสูตร 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้สูตร 3 ได้รับความพึงพอใจโดยรวมในระดับมากที่สุด ด้วยคะแนน 4.26 คะแนน รองลงมาคือ สูตร 2 สูตร 4 และสูตร 1 ได้รับความพึงพอใจโดยรวมในระดับมากที่สุด ด้วยคะแนน 4.18, 4.14 และ 4.02 คะแนน ตามลำดับ เป็นผลสืบเนื่องจากในชุมชนวังขามมีใบมะขามเหลือทิ้งจำนวนมาก การที่สูตร 3 ใช้เปลือกส้มโอและใบมะขามปริมาณมากกว่าสูตรอื่น (รวมกันได้ 7.5 กรัม) จึงช่วยลดต้นทุนค่าวัตถุดิบลงได้มากที่สุด โดยคุณภาพความพึงพอใจไม่แตกต่าง

โพลีเมอร์เคอร์คูมิน (Curcumin) และเคอร์คูมินอยด์ (Curcuminoid) ที่ให้สีเหลืองในปริมาณสูง และมีน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ ซาบินีน (Sabinene) เทอร์ปีน (Terpene) และ ไตรควินนีน (Triquinacene) [5] ด้วยเหตุนี้ในประเด็นลักษณะปรากฏ สูตร 1 ที่มีไพลมากที่สุด (4 กรัม) จึงได้รับคะแนนความพึงพอใจต่อประเด็นย่อยหัวข้อสีและกลิ่นสูงที่สุด เนื่องจากสมุนไพรแช่เท้ามีสีเหลืองเข้มและมีกลิ่นหอมไพลมากที่สุด เช่นเดียวกับการที่สูตร 3 และสูตร 4 ที่มีไพลมากกว่าสูตร 2 จำนวน 1 เท่า อาสาสมัครจึงให้คะแนนความพึงพอใจต่อสีและกลิ่นมากกว่าสูตร 2 สำหรับประเด็นย่อยหัวข้อการปนเปื้อนของเส้นใยเชื้อรา พบว่าทั้ง 4 สูตร ได้รับความพึงพอใจเท่ากัน คือ 5 คะแนน เป็นผลจากอาสาสมัครไม่พบเชื้อราในสมุนไพรแช่เท้า ส่วนหัวข้อขนาดของผงสมุนไพรนั้น อาสาสมัครพึงพอใจต่อทั้ง 4 สูตร อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าตั้งแต่ 4.23-4.27 คะแนน ซึ่งแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) เนื่องจากต้องผ่านการกรองขนาดหลังจากบดเสร็จแล้ว

ความพึงพอใจโดยรวมในประเด็นการใช้งาน ขึ้นอยู่กับสรรพคุณและปริมาณของสมุนไพรแต่ละชนิด ทั้ง 4 สูตร ได้รับความพึงพอใจโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งสูตร 3 ได้รับความพึงพอใจโดยรวมสูงที่สุด ด้วยคะแนน 4.32 รองลงมาคือ สูตร 1 สูตร 2

Table 4 Average satisfaction scores of herbal foot soak formulas (n = 30)

Topics	Satisfaction scores (mean±SD)				CV (%)
	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4	
1. Appearance					
Color	4.00±0.59 ^b	3.50±0.86 ^a	3.74±0.94 ^{ab}	4.00±0.53 ^b	19.59
Flavor	4.73±0.52 ^c	3.73±0.64 ^a	4.23±1.10 ^b	4.00±1.11 ^{ab}	21.23
Hyphae occurrence ^{NS}	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	0
Size of powder ^{NS}	4.27±0.91	4.27±0.58	4.23±0.57	4.23±1.01	18.60
Average ± S.D.	4.50±0.50 ^c	4.13±0.52 ^a	4.31±0.65 ^b	4.31±0.66 ^b	7.07
2. Usage					
Pleasant smell to relax ^{NS}	3.50±1.33	3.27±1.14	3.77±1.45	3.73±1.44	37.78
Aches relief ^{NS}	3.77±0.63	3.50±1.28	3.87±1.59	3.77±1.43	34.51
Reduction of odor and hardness of feet ^{NS}	4.23±0.90	4.23±0.77	4.23±0.77	4.23±0.63	18.28
Convenient to use	5.00±0.00 ^b	5.00±0.00 ^b	5.00±0.00 ^b	4.73±0.52 ^a	5.28
Usage amount	4.73±0.45 ^{ab}	5.00±0.00 ^b	4.73±1.01 ^{ab}	4.53±0.73 ^a	13.99
Average ± S.D.	4.25±0.66	4.20±0.64	4.32±0.97	4.20±0.95	11.23
3. Production					
Easy to produce	4.87±0.35 ^c	4.23±0.82 ^b	3.87±0.63 ^a	4.00±0.74 ^{ab}	15.52
Value addition on waste	3.77±0.94 ^a	4.33±0.71 ^b	4.13±0.98 ^{ab}	4.07±0.82 ^{ab}	21.30
Reduction of amount of pomelo peels	0±0.00 ^a	4.13±0.94 ^b	4.77±0.43 ^c	4.17±1.15 ^b	23.61
Community uniqueness ^{NS}	4.07±1.05	4.10±1.30	3.83±1.39	3.67±1.09	31.04
Average ± S.D.	3.27±0.74 ^a	4.20±0.94 ^c	4.13±0.86 ^{bc}	3.90±0.98 ^b	12.24
Total average ± S.D.	4.02±0.63 ^a	4.18±0.70 ^b	4.26±0.83 ^b	4.14±0.86 ^{ab}	6.65

Data are expressed as mean ± SD.

Means with different letters in a row are significantly different ($P < 0.05$).

NS = not significant ($P > 0.05$).

และสูตร 4 ด้วยคะแนน 4.25, 4.20 และ 4.20 คะแนน หากพิจารณาเป็นรายประเด็นย่อย หัวข้อกลิ่นสดชื่นสร้างความผ่อนคลาย หัวข้อการบรรเทาอาการปวดเมื่อย และหัวข้อการลดกลิ่นและความกระด้างของเท้า สมุนไพรแช่เท้าทั้ง 4 สูตรได้รับความพึงพอใจไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($P > 0.05$) ในรายประเด็นย่อยหัวข้อกลิ่นสดชื่นสร้างความผ่อนคลาย พบว่าสูตร 3 และสูตร 4 เป็น 2 อันดับแรกที่ได้รับ ความพึงพอใจระดับสูงสุด ด้วยคะแนน 3.77 และ 3.73 คะแนน เนื่องจากเป็นสูตรที่มีปริมาณโดยรวมของเปลือกส้มโอและไพลมากที่สุด (7.5 กรัม) สรรพคุณการใช้งานจึงสูงกว่าสูตรอื่น ทั้งเปลือกส้มโอและไพลมีน้ำมันระเหยมากกว่าร้อยละ 50-80 ซึ่งมีสารลิโมนีน (Limonene) และสารโมโนเทอร์ปีนอื่น ๆ (Monoterpenes) โมเลกุลสารประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยจะผ่านเข้าทางจมูกไปยังศูนย์รับรู้กลิ่นในสมอง กระตุ้นให้สมองปล่อยสารเอนโดρφิน (Endorphin) เอนเซฟาลิน (Enkephalin) และ

เซโรโทนิน (Serotonin) ออกมา ขณะใช้งานจึงรู้สึกคลายความเจ็บปวด อารมณ์ดี และผ่อนคลาย [5], [8] อย่างไรก็ตาม สารระเหยส่วนหนึ่งจะสูญเสียไประหว่างการทำให้แห้งสมุนไพร ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยเฉพาะกลิ่นหอมของส้มโอจะลดลงอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทำให้แห้ง แสดงให้เห็นว่า สารระเหยของเปลือกส้มโอกองทนต่ออุณหภูมิสูงได้น้อยกว่าสารระเหยของไพลเมื่อทำให้แห้งที่อุณหภูมิเท่ากัน (32-38 องศาเซลเซียส) นอกจากนี้ อาสาสมัครให้ข้อมูลเพิ่มเติมว่า ก่อนการแช่เท้าจะได้กลิ่นหอมของไพลและส้มโอในน้ำสมุนไพรแช่เท้าชัดเจน แต่ต่อมากลิ่นจะค่อย ๆ ลดลง เนื่องจากสารประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยที่ไม่ทนอุณหภูมิสูงเกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนของน้ำ [9] สำหรับประเด็นย่อยหัวข้อการบรรเทาอาการปวดเมื่อย ทั้ง 4 สูตรได้รับความพึงพอใจระดับมากด้วยคะแนน 3.50-3.87 แต่สูตร 2 ที่มีปริมาณไพลน้อยที่สุด จะได้คะแนนความพึงพอใจ

น้อย ทั้งนี้สรรพคุณการลดอาการปวดเมื่อยและแก้ข้ออักเสบเป็นสรรพคุณหลักของไพล เนื่องจากในไพลมีสารกลุ่มคอร์คูมิน คอร์คูมินอยด์ สเตียรอยด์ (Steroid) และฟีนิลิวทานอยด์ (Phenylbutanoid) ในปริมาณสูง [5], [16] ส่วนประเด็นย่อย หัวข้อการลดกลิ่นและความกระด้างของเท้า พบว่าทั้ง 4 สูตร ได้รับความพึงพอใจระดับมากที่สุด ด้วยคะแนนเท่ากัน คือ 4.23 ซึ่งเป็นสรรพคุณจากสมุนไพรทั้ง 4 ชนิดร่วมกัน ทั้งในเปลือกส้มโอและไพลที่มีสารกลุ่มฟีนอลิกสูง สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและราได้หลายชนิด เช่น *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* *Aspergillus niger* และ *Candida albicans* ได้ โดยเฉพาะแบคทีเรีย *S. aureus* ที่สร้างซัลเฟอร์ (Sulphur) สาเหตุการเกิดกลิ่นเท้า [8], [17] สำหรับใบบัวบกและใบมะขาม มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง ช่วยเสริมสรรพคุณในการกระตุ้นการผลิตเซลล์ผิวและสร้างเซลล์ใหม่ ทำให้ผิวเท้าอ่อนนุ่ม และลดอาการคัน [6], [7] ส่วนหัวข้อความสะดวกในการใช้งาน ทั้ง 4 สูตร ได้รับความพึงพอใจระดับมากที่สุด ด้วยคะแนน 4.73-5 คะแนน เนื่องจากแต่ละสูตรใช้งานแบบเดียวกัน คือ นำถุงกรองชาใส่ลงในน้ำร้อนเพื่อรอให้สารออกฤทธิ์ออกมา ก่อนนำเท้าลงไปแช่ หลังจากใช้งานเสร็จสามารถนำถุงกรองชาออกทิ้งได้ โดยผงสมุนไพรไม่รั่วไหลออกมา ยิ่งไปกว่านั้น ผงสมุนไพรที่ผ่านการใช้งานแล้วสามารถใช้เป็นวัสดุบำรุงดินได้อีกด้วย ซึ่งอาสาสมัครพึงพอใจต่อหัวข้อปริมาณการใช้งานของทั้ง 4 สูตร เท่ากับ 4.53-5.00 คะแนน อยู่ในระดับมากที่สุด

ความพึงพอใจโดยรวมในประเด็นการผลิตสมุนไพรแช่เท้า พบว่าทุกสูตรได้รับความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมาก สูตร 2 ได้รับคะแนนความพึงพอใจสูงที่สุด รองลงมาคือ สูตร 3 สูตร 4 และสูตร 1 เท่ากับ 4.20, 4.13, 3.90 และ 3.27 คะแนน ตามลำดับ ประเด็นย่อยหัวข้อการผลิตง่าย ปริมาณไพลและเปลือกส้มโอมีผลต่อคะแนนความพึงพอใจ ซึ่งสูตร 2 ที่มีปริมาณรวมของเปลือกส้มโอและไพลน้อยกว่าสูตรอื่น จะได้รับคะแนนความพึงพอใจสูงกว่า ในทางกลับกัน สูตร 3 และสูตร 4 ที่มีปริมาณรวมของเปลือกส้มโอและไพลมากถึง 7.5 กรัม ได้รับความพึงพอใจน้อยกว่าสูตรอื่น ซึ่งอาสาสมัครมีความคิดเห็นว่า ไพลและเปลือกส้มโอแข็งและบดยาก และการเพิ่มเปลือกส้มโอเป็นการเพิ่มขั้นตอนการทำงาน ส่วนหัวข้อการเพิ่มมูลค่าให้วัสดุเหลือใช้ นั้น พบว่าสูตร 2 ได้รับความพึงพอใจสูงที่สุด รองลงมาคือ สูตร 3 สูตร 4 และสูตร 1 ด้วยคะแนน 4.33, 4.13, 4.07 และ 3.77 ตามลำดับ เนื่องจากสูตร 2 ใช้เปลือกส้มโอ ใบบัวบก และใบมะขาม จำนวนมาก

(อย่างละ 3 กรัม) แต่ใช้ไพลน้อย (1.5 กรัม) สอดคล้องกับปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่ชุมชนวังขนายมี คือ เปลือกส้มโอ และใบมะขาม ส่วนใบบัวบกสดหาได้ง่ายและราคาถูก แต่ไพลแก้ต้องซื้อเพิ่มเติมและมีปริมาณจำกัด สำหรับหัวข้อการลดปริมาณเปลือกส้มโอ ไม่มีการประเมินความพึงพอใจในสูตร 1 เนื่องจากไม่มีส่วนผสมของเปลือกส้มโอ เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะสูตรที่เติมเปลือกส้มโอ สูตร 3 ได้รับความพึงพอใจจากอาสาสมัครอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยคะแนน 4.77 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากสูตร 4 และสูตร 2 ที่ได้รับคะแนนความพึงพอใจ 4.17 และ 4.13 ตามลำดับ ทั้งนี้ในส่วนหัวข้อการเป็นเอกลักษณ์ของชุมชน พบว่าอาสาสมัครพึงพอใจต่อการแสดงความเป็นเอกลักษณ์ชุมชนอยู่ในระดับมาก ด้วยคะแนน 3.67-4.10 คะแนน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากข้อมูลข้างต้น สมุนไพรแช่เท้าสูตร 3 เป็นสูตรที่ผ่านการคัดเลือก โดยได้รับความพึงพอใจจากอาสาสมัครจำนวน 30 คน ในระดับมากที่สุด ด้วยคะแนนสูงสุดคือ 4.26 คะแนน และมีการนำวัสดุเหลือใช้ทั้งเปลือกส้มโอและใบมะขามมาช่วยลดต้นทุนค่าไพลและใบบัวบกได้โดยคุณภาพความพึงพอใจไม่แตกต่าง จึงนำสูตร 3 ไปทดสอบอายุการเก็บรักษาในห้องควบคุมอุณหภูมิ 26-28 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน ได้ผลดัง Table 5

จาก Table 5 แสดงการเปรียบเทียบคุณภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรแช่เท้าในวันแรก (Day 0) และวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (Day 30) พบว่าหลังสิ้นสุดการจำลองอายุการเก็บรักษา บรรจุภัณฑ์ยังคงสภาพสมบูรณ์ ผงสมุนไพรมีสีและกลิ่นเป็นปกติตามธรรมชาติของวัตถุดิบ ไม่จับตัวเป็นก้อน มีค่าความชื้นร้อยละ 7.14 ซึ่งมากกว่าความชื้นของวันแรก เนื่องจากบรรจุภัณฑ์ไม่สามารถป้องกันการแพร่ผ่านของก๊าซและไอน้ำได้สมบูรณ์ สำหรับคุณภาพด้านจุลินทรีย์ ไม่พบเส้นใยเชื้อรา เนื่องจากในไพลมีสารประกอบกลุ่มไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) และซีรัมบอน (Zerumbone) ช่วยต้านแบคทีเรียและเชื้อรา ประกอบกับความชื้นในสมุนไพรแห้งมีไม่เพียงพอให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้เต็มที่ จุลินทรีย์จึงมีปริมาณน้อยเกินกว่าจะสังเกตได้ด้วยตาเปล่า [5] แต่สามารถตรวจพบได้ด้วยเทคนิค Pour plate พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจำนวน 1.92 cfu/100 g ยีสต์และราจำนวน 2.23 cfu/100 g อย่างไรก็ตาม สมุนไพรแช่เท้าที่พัฒนาขึ้นนี้ มีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเลขที่ 666/2553 คือ สมุนไพรต้องมียีสต์และกลิ่นเป็นปกติตามธรรมชาติของสมุนไพร ไม่จับก้อน มองไม่พบเชื้อรา และมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 15

Table 5 Quality of the selected herbal foot soak product

Items	Day 0	Day 30
Packaging	Normal	Normal
Color	Normal	Normal
Smell	Normal	Normal
Coagulation	Not appear	Not appear
Mold appearance	Not appear	Not appear
Moisture (%)	6.09±0.42	7.14±0.69
Total plate count (cfu/100 g)	-	1.92±0.18
Yeast and mold count (cfu/100 g)	-	2.23±0.36

จาก Table 6 การคำนวณต้นทุนวัตถุดิบ อ้างอิงราคาจากสมุนไพรแห้งของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี ไม่คิดต้นทุนของเปลือกส้มโอ เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือทิ้งของชุมชน ยังไม่มีการจำหน่ายในทางการค้า สำหรับไพลแห้งและใบมะขามแห้งราคา 150 บาทต่อกิโลกรัม ใบบัวบกแห้งราคา 120 ต่อกิโลกรัม สารส้มราคา 45 บาทต่อกิโลกรัม และดอกเกลือราคา 80 บาทต่อกิโลกรัม จึงมีต้นทุนวัตถุดิบของสูตร 1 (สูตรอ้างอิง) และสูตร 3 (สูตรผ่านการ

คัดเลือก) เท่ากับ 3.41 และ 2.81 บาทต่อซอง ต้นทุนบรรจุภัณฑ์และฉลากราคาเท่ากันคือ 8.88 บาทต่อซอง ดังนั้นสูตร 1 และสูตร 3 จึงมีต้นทุนรวมทั้งหมด 12.29 และ 11.69 บาท ตามลำดับ ซึ่งสูตร 3 ที่มีเปลือกส้มโอ สามารถลดต้นทุนวัตถุดิบลงได้ 60 สตางค์ต่อซอง ยิ่งไปกว่านั้น หากพิจารณาในบริบทของชุมชนวังขนายที่มีใบมะขามเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมาก การพัฒนาผลิตภัณฑ์สมุนไพรแช่เท้าสูตร 3 ช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบของสูตร 1 ลงได้อีก

Table 6 Cost of the herbal foot soak product per package (14 g)

Raw materials	Price	Formula 1		Formula 3	
		Weight (g)	Cost (baht)	Weight (g)	Cost (baht)
Dried pummelo peel	-	0	0	4.5	0
Dried phlai	150 baht/kg	4	0.60	3	0.45
Dried asiatic pennywort leaves	120 baht/kg	4	0.48	1.5	0.18
Dried tamarind leaves	150 baht/kg	4	0.60	3	0.45
Alum	45 baht/kg	1	0.05	1	0.05
Flower of salt	80 baht/kg	1	0.08	1	0.08
Synthetic pummelo flavor	3.2 baht/mL	0.5	1.6	0.5	1.6
Total raw material cost		14.5	3.41	14.5	2.81
Package and label cost			8.88		8.88
Total cost			12.29		11.69

4. บทสรุป

ผลิตภัณฑ์สมุนไพรแช่เท้าที่มีเปลือกส้มโอ สูตรที่ดีที่สุด คือ เปลือกส้มโอ ไพลแก่ ใบบัวบก และใบมะขาม ที่ผ่านการทำให้แห้งแล้ว ผสมกับสารส้ม และดอกเกลือ น้ำหนักอย่างละ 4.5, 3, 1.5, 3, 1 และ 1 กรัม ตามลำดับ แต่งกลิ่นส้มโอสังเคราะห์ ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร บรรจุถุงกรองชาและถุงซิปล็อคเป็น

บรรจุภัณฑ์ชั้นในและชั้นนอก ตามลำดับ ติดฉลากทั้ง 2 ด้าน มีต้นทุนวัตถุดิบเท่ากับ 11.69 บาทต่อซอง ซึ่งการเติมเปลือกส้มโอช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบลงได้ร้อยละ 4.88 บาทต่อซอง และช่วยลดปริมาณเปลือกส้มโอสดที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งให้ชุมชนได้ 1,108.37 กรัมต่อการผลิต 100 ซอง

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยตามสัญญาเลขที่ (บ)05/2566 และ อาสาสมัครทุกท่านที่กรุณาทดสอบการใช้งานสมุนไพรแช่เท้านี้ และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ตลอดจนคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี ที่ให้การรับรองจริยธรรมในคนสำหรับงานวิจัยนี้

6. References

- [1] Office Agriculture Research and Development Region 2, Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives. 2022. **Knowledge Management: Pummelo Production Technology to Increase Quality and Standards in the Lower Northern Region.** <https://shorturl.asia/nFPch>. Accessed 14 November 2024. (in Thai)
- [2] Xiao, L. and et al. 2021. Utilization of pomelo peels to manufacture value-added products: A review. **Food Chemistry**, 351: 129247
- [3] Kanchanaburi. 2017. **General Information about the Province.** <https://ww2.kanchanaburi.go.th/content/general>. Accessed 15 October 2024. (in Thai)
- [4] Rio the Beauty Specialists. 2023. **The Numerous Benefits of a Foot Spa: Relaxation, Health, and Wellness.** https://riobeauty.com/blogs/beauty-blogs/the-numerous-benefits-of-a-foot-spa?srsId=AfmBOooJt2WX9_8vewJed_fCIS7nGLMeKqMD1ATo9oRx5rh1Cw_biVK3. Accessed 15 October 2024.
- [5] Division of Alternative Medicine, Department of Thai Traditional and Alternative Medicine, Ministry of Public Health. 2021. **Phlai.** <https://shorturl.asia/lAmOc>. Accessed 16 October 2024. (in Thai)
- [6] Thongekkaew, J. 2013. *Centella asiatica* (Linn.) Urban: A very useful herb. **Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University**, 15(3): 70-75. (in Thai)
- [7] Sinha, R. 2024. **11 Effective Ways to Use Tamarind for Skin Care.** <https://www.stylecraze.com/articles/tamarind-benefits-and-6-face-packs/>. Accessed 16 October 2024.
- [8] Tanghiranrat, J. and et al. 2020. Evaluation of antioxidant properties and bioactive compound from pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) peel in antimicrobial for cosmetic products. **Phranakhon Rajabhat Research Journal**, 15(1): 69-85. (in Thai)
- [9] Chiang Rai Horticultural Research Center, Department of Agriculture. 2023. **Preparation of Tuberous Herbal Raw Materials.** <https://shorturl.asia/CvFLd>. Accessed 16 October 2024. (in Thai)
- [10] Tuncer, A.D., Güler, H.O. and USTA, H. 2020. Modeling of drying characteristics of pomelo (*Citrus Maxima*) peel. **El-Cezeri Journal of Science and Engineering**, 7(1): 198-210.
- [11] Department of Medical Sciences. 2017. **Standard Methods for Food Analysis. Volume I.** <https://shorturl.asia/rTb2u>. Accessed 16 October 2024. (in Thai)
- [12] Hassan, A.M.A. and Shrigley, R.L. 1984. Designing a likert scale to measure chemistry attitudes. **School Science and Mathematics**, 84(8): 659-669.
- [13] Community Product Standards Administration Division. 2010. **Body Steaming Herbs 666/2010.** https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps666_53.pdf. Accessed 16 October 2024. (in Thai)
- [14] Association Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th edition.** Gaithersburg, MD: AOAC International.
- [15] Rahman, N.F.A. and et al. 2016. Effects of post-drying methods on pomelo fruit peels. **Food Science and Biotechnology**, 25(5): 85-90.

- [16] Han, A.R. and Seo, E.K. 2021. Phytochemicals and Bioactivities of *Zingiber cassumunar* Roxb. **Molecules**. 26(8):2377.
- [17] Klinsukon, K. and Mektrong, W. 2015. Antimicrobial and deodorizing foot stickers. In: Kasetsart University (ed.) **Innovative Agriculture: A Collection of Innovative Research Works on the Occasion of Kasetsart University's 72nd Anniversary**. Bangkok: Kasetsart University. (in Thai)