

COMPARISON OF MITRAGYNINE CONTENTS BETWEEN FRESH KRATOM (*MITRAGYNA SPECIOSA* (KORTH.) HAVIL.) AND FREEZE DRYING LEAVES

Wararat TAWONG¹, Thamonphat SOOKMEE¹, Tanachai PANKASEMSUK¹ and Arthitaya KAWEE-AI^{1*}

¹ Graduate School, Payap University, Thailand; arthitaya_k@payap.ac.th (Corresponding Author)

ARTICLE HISTORY

Received: 3 February 2025

Revised: 24 February 2025

Published: 4 March 2025

ABSTRACT

This study aimed to compare the mitragynine content in fresh kratom leaves and freeze-dried samples using a completely randomized design (CRD). Variables measured included weight, color properties (L^* , a^* , b^*), moisture and mitragynine contents. The results showed that fresh leaves experienced a 72.68% weight reduction after freeze-drying, with moisture content decreasing from $58.85 \pm 4.82\%$ to $5.22 \pm 0.22\%$. Freeze-dried samples exhibited increased lightness (L^*), while a^* trended toward green and b^* toward yellow. The total color difference (ΔE) was 21.51, indicating significant variation between fresh and freeze dried samples. Mitragynine content in fresh leaves was 2.39 ± 0.26 %w/w (dry weight), which decreased to 2.00 ± 0.14 %w/w (dry weight) in freeze-dried samples, reflecting a 15.97% loss. The result inferred that freeze-drying effectively reduced moisture content and partially preserves active compounds. However, the observed loss of mitragynine and changes in color highlight the need for further optimization of the freeze-drying process to improve the quality and stability of herbal products.

Keywords: Kratom, Mitragynine, Freeze Drying, Fresh Kratom Leaves

CITATION INFORMATION: Tawong, W., Sookmee, T., Pankasemsuk, T., & Kawee-ai, A. (2025). Comparison of Mitragynine Contents between Fresh Kratom (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.) and Freeze Drying Leaves. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 3(3), 43

การเปรียบเทียบปริมาณสารไมทราไจนีนของใบสดกระท่อม และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

วรารัตน์ ต๊ะวงศ์¹, ธมณภัทร สุขมี¹, ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข¹ และอาทิตยา กาวีอ้าย^{1*}

1 คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยพายัพ; arthitaya_k@payap.ac.th (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารไมทราไจนีน (mitragynine) ของใบสดกระท่อม และตัวอย่างกระท่อมผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ตัวแปรที่วัดประกอบด้วยน้ำหนัก ค่าสี L^* a^* b^* ปริมาณความชื้น และปริมาณสารไมทราไจนีน ผลการทดลองพบว่า น้ำหนักใบสดกระท่อมลดลง 72.68% หลังผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง ปริมาณความชื้นลดลงจาก $58.85 \pm 4.82\%$ เหลือ $5.22 \pm 0.22\%$ นอกจากนี้ตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งมีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น ขณะที่ค่า a^* มีแนวโน้มเป็นสีเขียว และค่า b^* เพิ่มขึ้นไปทางสีเหลือง โดยความแตกต่างรวมของสี (ΔE) อยู่ที่ 21.51 แสดงถึงความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างตัวอย่างใบสดและใบแห้ง ปริมาณไมทราไจนีนในใบสดมีค่า $2.39 \pm 0.26\%w/w$ (น้ำหนักแห้ง) และลดลงเหลือ $2.00 \pm 0.14\%w/w$ (น้ำหนักแห้ง) ในตัวอย่างแห้ง คิดเป็นการสูญเสีย 15.97% การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการแช่เยือกแข็งมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความชื้น และรักษาสารสำคัญได้บางส่วน อย่างไรก็ตาม การสูญเสียปริมาณของสารไมทราไจนีน และความเปลี่ยนแปลงของสี แสดงถึงความจำเป็นในการปรับปรุงกระบวนการแช่เยือกแข็งเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์สมุนไพรในอนาคต

คำสำคัญ: กระท่อม, ไมทราไจนีน, การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง, ใบสดกระท่อม

ข้อมูลการอ้างอิง: วรารัตน์ ต๊ะวงศ์, ธมณภัทร สุขมี, ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข และ อาทิตยา กาวีอ้าย. (2568). การเปรียบเทียบปริมาณสารไมทราไจนีนของใบสดกระท่อม และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 3(3), 43

บทนำ

กระท่อม มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil. อยู่ในวงศ์ Rubiaceae มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้นแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ พบหนาแน่นในป่าธรรมชาติทางภาคใต้ของประเทศไทย และพบในบางจังหวัดของภาคกลาง เช่น ปทุมธานี นนทบุรี ในพืชกระท่อมมีสารอัลคาลอยด์ที่สำคัญคือ ไมทราไจนีน (mitragynine) และ 7-ไฮดรอกซีไมทราไจนีน (7-hydroxymitragynine) ออกฤทธิ์คล้ายกับสารฝิ่นที่ระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้การรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวดลดลง ลดอาการปวดท้อง แก้บิด แก้ท้องเสีย ช่วยระงับอาการปวดเมื่อยตามร่างกาย (สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด, 2564)

ในประเทศไทย พืชกระท่อมได้ถูกยกเลิกจากการเป็นยาเสพติดให้โทษในประเภท 5 ทำให้ประชาชนทั่วไปสามารถนำพืชกระท่อมมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย และมีการเพาะปลูกเพิ่มมากขึ้น มีการซื้อขายในรูปแบบใบสดใบแห้ง และในรูปแบบผงกระท่อม ซึ่งกระบวนการทำใบกระท่อมแห้ง ส่วนใหญ่มักจะมีการใช้ความร้อนมาเกี่ยวข้องซึ่งอาจทำให้สารไมทราไจนีน สามารถสลายตัวได้ง่าย ในโรงงานกระท่อมจึงเริ่มมีการนำเทคโนโลยีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมาประยุกต์ใช้ ซึ่งสามารถได้ผลิตภัณฑ์ผงกระท่อมออกมาโดยไม่ได้ผ่านความร้อน และง่ายต่อการขนส่ง โดยเทคโนโลยีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying) เป็นกระบวนการที่ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็ง จากนั้นจึงลดความดันบรรยากาศให้ต่ำกว่าปกติ เพื่อให้น้ำแข็งเกิดการระเหิดกลายเป็นไอ สามารถช่วยในการถนอมอาหาร สามารถลดจำนวนหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ รวมถึงเป็นการชะลอการเน่าเสียของอาหาร ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการแช่เย็น หรือการแช่ในน้ำแข็ง นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่ทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (พิสิฐ วงศ์สง่าศรี, 2563) พบว่า ในการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีอายุการเก็บรักษานานกว่า 12 เดือน หากมีการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม เนื่องจากโครงสร้างที่เป็นรูพรุนอาจทำให้ออกซิเจนซึมผ่านเข้าไปได้ง่าย ทำให้ไขมันเกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากปฏิกิริยาเกิดออกซิเดชัน (oxidation) (วิไล รังสาดทอง, 2543) รวมถึงอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่อาจส่งผลต่อปริมาณสารไมทราไจนีน

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารไมทราไจนีนในตัวอย่างกระท่อม ที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และใบสดกระท่อม สายพันธุ์ก้านแดง เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่เป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมแปรรูป เพื่อเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร และโรงงานที่มีการทำแห้งใบกระท่อมส่งออก สามารถช่วยพัฒนากระบวนการผลิตสารไมทราไจนีน และลดการสูญเสียก่อนการสกัด

การทบทวนวรรณกรรม

พืชกระท่อม

กระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.) เป็นไม้ยืนต้นในวงศ์ Rubiaceae ที่พบในเขตร้อนชื้นของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ไทย มาเลเซีย และอินโดนีเซีย โดยในประเทศไทยนิยมปลูก 3 สายพันธุ์หลัก ได้แก่

- 1) พันธุ์แดงกาว หรือก้านเขียว มีเส้นใบสีเขียวอ่อน นิยมใช้เคี้ยวใบสด
- 2) พันธุ์ยักษ์ใหญ่ หรือหางกิ้ง มีใบขนาดใหญ่กว่าพันธุ์อื่น และส่วนบนของขอบใบเป็นหยัก
- 3) พันธุ์ก้านแดง มีก้านและเส้นใบสีแดง นิยมใช้ต้มสกัดด้วยยา แต่ไม่นิยมใช้เคี้ยวใบสดเพราะมีก้านใบแข็ง

กระท่อมมีสารออกฤทธิ์สำคัญในกลุ่ม alkaloids, flavonoids, triterpenes และ phenolic compounds โดยเฉพาะไมทราไจนีน (mitragynine) ซึ่งพบมากที่สุดใบกระท่อมไทย คิดเป็น 66% ของสารอัลคาลอยด์ (alkaloids) ทั้งหมด และ 7-ไฮดรอกซีไมทราไจนีน (7-hydroxymitragynine) ทั้งสองชนิดออกฤทธิ์ผ่าน opioid receptors ช่วยบรรเทาอาการปวดได้ดี (สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด, 2564) ในด้านฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ไมทราไจนีนมีฤทธิ์คล้ายมอร์ฟีนแต่มีความแรงน้อยกว่า 10 เท่า นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติด้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ (วิโรจน์ วีระชัย และ สำเนา นิลบรรพ์, 2557)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารไมทราไจนีน

1) อุณหภูมิ (temperature) และความเป็นกรดต่าง (pH) Basiliere and Kerrigan (2020) พบว่า อัลคาลอยด์จากกระท่อม เช่น ไมทราไจนีน และ 7-ไฮดรอกซีไมทราไจนีน มีความคงตัวในช่วงพีเอช 2-10 และอุณหภูมิ 4-80 องศาเซลเซียสเป็นเวลานานกว่า 8 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดต่างและอุณหภูมิ

2) สภาพแวดล้อม และแหล่งเพาะปลูก กระท่อมในไทยมีปริมาณไมทราไจนีนสูงกว่ามาเลเซียถึง 5 เท่า โดยในไทยพบปริมาณสูงสุดในช่วงปลายฤดูร้อน 4.94%w/w (น้ำหนักแห้ง) และต่ำสุด 0.31%w/w ในช่วงฤดูฝน สภาพภูมิศาสตร์ และฤดูกาลส่งผลต่อการสะสมสารอัลคาลอยด์ในพืช (Sengnon et al., 2023) จากการศึกษาปริมาณไมทราไจนีนแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแหล่งเพาะปลูก โดยพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี มีปริมาณสูงสุดที่ 7.810 mg/g (น้ำหนักแห้ง) ขณะที่อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี มีปริมาณต่ำสุดที่ 1.391 mg/g (น้ำหนักแห้ง) (นราพงศ์ บุรุมรา, 2554)

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze drying)

คือ การทำให้น้ำที่อยู่ในเซลล์ซึ่งเป็นของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งที่เป็นผลึกน้ำแข็งเล็กๆ ก่อน จากนั้นลดความดันให้น้อยกว่าบรรยากาศปกติ เพื่อให้น้ำแข็งระเหิดกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า ที่ความดัน 4.7 มิลลิเมตรปรอท หรือต่ำกว่า

วันชนก ไกรงาม (2564) การศึกษาผลของการแช่เยือกแข็งต่อจลนพลศาสตร์และคุณภาพการทำแห้งแองโม พบว่าการแช่เยือกแข็งที่ -40 องศาเซลเซียส ช่วยลดการหดตัวของชิ้นแองโมได้ดีกว่าที่ -18 องศาเซลเซียส เมื่อใช้วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ความดันบรรยากาศ พบว่า ปริมาณไลโคปีนที่คงอยู่ใกล้เคียงกับวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยมีค่าที่ 0.92 ± 0.03 และ 1.290 ± 0.03 mg/g dry matter ตามลำดับ ค่า Hue angle ของเนื้อแองโมที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ความดันบรรยากาศ ใกล้เคียงกับเนื้อสด ดังนั้น การแช่เยือกแข็งที่ -40 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับการเตรียมวัตถุดิบก่อนทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่ความดันบรรยากาศ

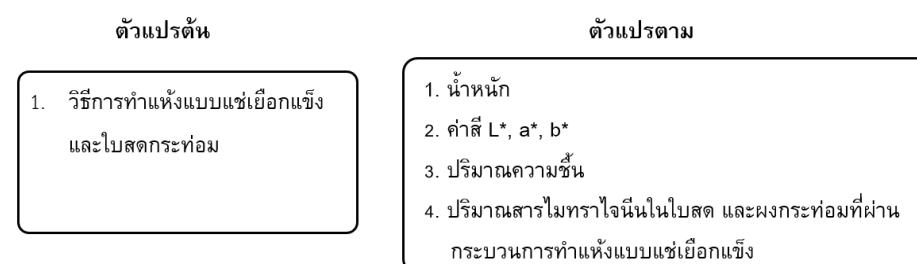
อาภัสสร ศิริจริยวัตร และคณะ (2560) การศึกษาผลของวิธีการทำแห้งต่อต้นหอมพบว่า การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้คุณภาพทางกายภาพดีที่สุด รองลงมาคือ การทำแห้งแบบสุญญากาศ โดยต้นหอมแห้งแบบแช่แข็งมีอัตราการดูดน้ำกลับสูงที่สุด ขณะที่การทำแห้งด้วยลมร้อนให้คุณภาพต่ำสุดเนื่องจากมีดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูง การลวกก่อนอบแห้งช่วยเพิ่มอัตราการดูดน้ำกลับและรักษาสีเขียวได้ดี การทำแห้งสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ได้

เศรษฐกร นุชนิยม (2554) การผลิตน้ำตาลผงด้วยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง พบว่า การลวกดำสิ่ง 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ช่วยยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้สำเร็จ การเพิ่มมอลโตเด็คทรีน 8% ให้คะแนนความชอบสูงสุด และการเติมน้ำตาลฟรุกโตส 5% ได้คะแนนประสาทสัมผัสดีที่สุด หลังเก็บรักษา 3 เดือน น้ำตาลผงมีเบต้าแคโรทีนใกล้เคียงน้ำตาลสด และจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เหมาะสำหรับการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทผงขงดื่ม

สมมติฐานการวิจัย

กระท่อมผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และใบสดกระท่อม มีปริมาณของสารไมทราไจนีนเท่ากัน

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 2 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ การเตรียมตัวอย่างใบสดกระท่อม

ทำเก็บตัวอย่างกระท่อมสายพันธุ์ก้านแดงจากแปลงเดียวกัน อายุประมาณ 2 ปี โดยคัดเลือกใบจากยอดเก็บเกี่ยวใบคู่ที่ 3-5 เป็นต้นไป อายุใบ 15-30 วัน จากนั้นนำไปกระท่อมมาล้างด้วยน้ำสะอาด และผึ่งให้แห้ง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2565)

การเตรียมตัวอย่างกระท่อมผึ่งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

เตรียมตัวอย่างใบกระท่อมโดยนำมาแช่ในตู้แช่แข็งโดยใช้อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (วันชนก ไกรงาม, 2564) จากนั้นนำตัวอย่างกระท่อมไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง รุ่น FD8 ยี่ห้อ Heto-Holten A/S ประเทศเดนมาร์ก ใช้อุณหภูมิในการระเหิด 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ตัวอย่างใบสดกระท่อม และกระท่อมผึ่งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ดังนี้

1) น้ำหนักแห้ง ชั่งน้ำหนักของของใบสดกระท่อม และกระท่อมผึ่งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยใช้เครื่องชั่งดิจิทัล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง (electronic Balance) ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น

2) ค่าสี โดยวัด L^* , a^* และ b^* โดยใช้เครื่อง Chroma meter CR-400 ยี่ห้อ Konica Minolta ประเทศญี่ปุ่น

ค่า L^* หมายถึง ความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว

ค่า a^* หมายถึง บรรยายแกนสี จากสีเขียว ($-a^*$) จนถึง สีแดง ($+a^*$)

ค่า b^* หมายถึง บรรยายแกนสี จากสีน้ำเงิน ($-b^*$) จนถึงสีเหลือง ($+b^*$)

จากนั้นนำมาคำนวณ ค่าความแตกต่างสีรวม โดยใช้สูตร $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ (ธีระ ตั้งวิชาชาญ, 2552)

3) ปริมาณความชื้น วัดโดยใช้เครื่อง moisture analyzer ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น

4) ปริมาณสารไมथाราไจนีนตามวิธีมาตรฐาน AOAC INTERNATIONAL โดยนำตัวอย่างกระท่อมมาบดให้มีความละเอียด จากนั้นชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม เติมสารละลาย 0.5 M acetic acid ใน 70% methanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำตัวอย่างปั่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง ความเร็วรอบ 4500 รอบต่อ นาที เป็นเวลา 5 นาที จะได้สารสกัดกระท่อมเข้มข้น (Mudge & Brown, 2017) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารไมथाราไจนีนโดยใช้เครื่อง UPLC-MS/MS ยี่ห้อ Perkin Elmer ประเทศสหรัฐอเมริกา

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการทดลองทำทั้งหมด 4 ซ้ำ แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ทดสอบโดยสถิติ Independent t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์โดยโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป PSPP

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงผลน้ำหนักแห้ง

กรรมวิธี	น้ำหนักใบกระท่อม (กรัม)	การสูญเสียน้ำหนัก (%)
ใบสดกระท่อม	302.25 $\pm$ 11.29 ^a	72.68 %
กระท่อมผึ่งที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	82.58 $\pm$ 6.17 ^b	

หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

จากตารางที่ 1 น้ำหนักของใบสดกระท่อม 302.25 $\pm$ 11.29 กรัม เมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะได้ตัวอย่างผึ่งกระท่อมแห้ง 82.58 $\pm$ 6.17 กรัม คิดเป็นการสูญเสียน้ำหนัก 72.68% แสดงให้เห็นถึงการสูญเสียน้ำหนักอย่างมากในกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 2 แสดงผลค่าวัดสี

กรรมวิธี	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*	ΔE
ใบสดกระท่อม	35.99±0.86 ^b	-10.48±0.95 ^a	16.11±1.64 ^b	21.51
กระท่อมผงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง	53.16±0.83 ^a	-11.32±0.17 ^a	29.10±0.40 ^a	

หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

จากตารางที่ 2 พบว่า กระท่อมผงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีความสว่าง (L*) มากกว่าใบสด ในขณะที่ค่า a* ของทั้งสองตัวอย่างมีแนวโน้มไปทางสีเขียวใกล้เคียงกัน ขณะที่ค่า b* ของกระท่อมผงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีแนวโน้มไปทางสีเหลืองมากกว่าใบสด เมื่อคำนวณค่า ΔE (ความแตกต่างสีรวม) มีค่าเท่ากับ 21.51 ซึ่งมีค่าสูงกว่า 5 แสดงว่ามีความแตกต่างของค่าสีอย่างมีนัยสำคัญระหว่างใบสดกระท่อม

ตารางที่ 3 แสดงผลปริมาณความชื้น

กรรมวิธี	ปริมาณความชื้น (%)
ใบสดกระท่อม	58.85±4.82 ^a
กระท่อมผงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง	5.22±0.22 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

จากตารางที่ 3 กระท่อมผงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความชื้น พบว่า ใบสดกระท่อมมีปริมาณความชื้น 58.85±4.82% ซึ่งมากกว่ากระท่อมผงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง ที่มีปริมาณความชื้น 5.22±0.22%

ตารางที่ 4 แสดงผลปริมาณสารไมทราไจนีน

กรรมวิธี	ปริมาณสารไมทราไจนีน (%w/w)	การสูญเสียปริมาณสารไมทราไจนีน (%)
ใบสดกระท่อม	2.39±0.26 ^a	15.97 %
กระท่อมผงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง	2.00±0.14 ^b	

หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

จากตารางที่ 4 ปริมาณสารไมทราไจนีนโดยใช้เครื่อง UPLC-MS/MS ในตัวอย่างใบสดกระท่อม มีปริมาณสารไมทราไจนีน 2.39±0.26%w/w (dry weight) และในตัวอย่างกระท่อมผงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารไมทราไจนีน 2.00±0.14%w/w (dry weight) คิดเป็นการสูญเสียปริมาณสารไมทราไจนีน 15.97%

สรุปผล

ใบสดกระท่อมที่มีน้ำหนักเริ่มต้น 302.25±11.29 กรัม เมื่อนำไปผ่านกระบวนการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็งจะเหลือน้ำหนักเพียง 82.58±6.17 กรัม คิดเป็นการสูญเสียน้ำหนักถึง 72.68% ซึ่งแสดงถึงความสามารถของกระบวนการนี้ในการลดปริมาณน้ำในตัวอย่างอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างก็ลดลงจาก 58.85±4.82% ในใบสดกระท่อม เหลือเพียง 5.22±0.22% ในกระท่อมผงที่ผ่านการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็ง ซึ่งยืนยันได้ว่ากระบวนการทำให้แห้งแบบแช่เยือกแข็งช่วยลดความชื้นในตัวอย่างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในด้านค่าสี พบว่า ค่าสี L^* a^* และ b^* ของใบสดกระท่อมมีค่าเท่ากับ 35.99 ± 0.86 , -10.48 ± 0.95 และ 16.11 ± 1.64 ตามลำดับ ในขณะที่กระท่อมผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีค่าเท่ากับ 53.16 ± 0.83 , -11.32 ± 0.17 และ 29.10 ± 0.40 ตามลำดับ ค่าสี L^* ของตัวอย่างหลังการทำแห้งมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงถึงความสว่างที่มากขึ้น ในขณะที่ค่า a^* ยังคงแนวโน้มไปทางสีเขียว และค่า b^* เพิ่มขึ้น แสดงถึงแนวโน้มไปทางสีเหลือง โดยความแตกต่างสีรวม ΔE เท่ากับ 21.51 ซึ่งมีค่า > 5 แสดงว่าในตัวอย่างใบสดกระท่อม และกระท่อมผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งค่าสีมีความแตกต่างกันอย่างมาก

สำหรับปริมาณสารไมทราไจนีน พบว่า ใบสดกระท่อมมีปริมาณสารไมทราไจนีน 2.39 ± 0.26 %w/w (dry weight) ในขณะที่กระท่อมผงที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีปริมาณ 2.00 ± 0.14 %w/w (dry weight) คิดเป็นการสูญเสียปริมาณสารไมทราไจนีน 15.97% ซึ่งแสดงถึงผลกระทบของกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งต่อการคงอยู่ของสารสำคัญ แม้ว่าการสูญเสียจะไม่สูงมาก แต่ยังคงมีความสำคัญในเชิงการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์

อภิปรายผลการทดลอง

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่สำคัญในการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระท่อม โดยสามารถลดความชื้น และน้ำหนักได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เหมาะสมสำหรับการขนส่งและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในระยะยาว เทคนิคการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งนี้มีข้อได้เปรียบในด้านการลดความเสี่ยงจากการเน่าเสีย และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ รวมทั้งช่วยรักษาคูณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเก็บรักษาใบสดกระท่อม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Admin et al. (2021) ได้ยืนยันว่า การใช้กระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งในสารสกัดดอกสลิวดีสามารถป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ เมื่อเทียบกับการแปรรูปที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนี้

อย่างไรก็ตาม จากการวัดค่าความแตกต่างของสีรวม (ΔE) ที่สูงถึง 21.51 ในกระท่อมหลังการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เป็นที่ชัดเจนว่ากระบวนการนี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจเกิดจากการออกซิเดชัน หรือผลกระทบที่เกิดจากการแช่เยือกแข็งที่มีผลต่อโครงสร้างเม็ดสีของกระท่อม โดยจากการศึกษาของ Silva-Espinoza et al. (2019) พบว่า ความดัน ขนาดของรูพรุน และอุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงสีของสับบดแช่แข็ง

ในด้านของการสูญเสียสารไมทราไจนีน พบว่า การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งทำให้สารไมทราไจนีนในกระท่อมลดลง 15.97% ซึ่งอาจเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ การเตรียมตัวอย่าง ขนาด อุณหภูมิ ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง แรงดัน และระยะเวลา สอดคล้องกับการศึกษาของ Rybak et al. (2021) พบว่า การลวกพริกหยวกก่อนนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ช่วยลดอัตราการเสื่อมสลายของสารต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งงานวิจัยของ Ochmian et al. (2020) พบว่า ผลที่มีขนาดใหญ่สามารถรักษาค่าความชื้นได้นานกว่าขนาดเล็ก ทำให้สามารถรักษาสารโพลีฟีนอลได้มากขึ้น แสดงให้เห็นว่า กระบวนการเตรียมตัวอย่างก่อนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และขนาดของตัวอย่าง มีบทบาทสำคัญในการลดการสูญเสียปริมาณของสารสำคัญได้ นอกจากนี้ ในงานวิจัยของ Madelatparvar et al. (2020) พบว่า อุณหภูมิต่ำ และอัตราการเย็นตัวที่สูงจะทำให้ขนาดของรูพรุนเล็กลงซึ่งส่งผลต่อโครงสร้าง อาจทำให้มีการสูญเสียสารสำคัญได้ ในขณะเดียวกัน ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างที่แตกต่างกัน เช่น ใบโหระพามีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น หลังจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (de Carvalho et al., 2024) ในขณะที่แครอทสีม่วงมีปริมาณของสารฟีนอลิกลดลง (Macura et al., 2019) นอกจากนี้ยังพบว่า การควบคุมแรงดัน และระยะเวลามีผลในการป้องกันการสูญเสียสารสำคัญ เช่น วิตามินซี ฟีนอล และเบต้าแคโรทีน รวมถึงรักษาคูณสมบัติทางกายภาพ เช่น สี โครงสร้างรูพรุน และสารต้านอนุมูลอิสระได้ดียิ่งขึ้น (Silva-Espinoza et al., 2019)

แม้ว่ากระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะมีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพของกระท่อม แต่ยังคงมีข้อจำกัด เช่น การสูญเสียปริมาณของสารไมทราไจนีน และการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับปรุง

กระบวนการเพื่อเพิ่มคุณภาพของกระท่อมแห้ง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคนี้กับวิธีการทำแห้งแบบอื่นๆ เช่น การอบแห้งด้วยลมร้อน และการอบแห้งด้วยสุญญากาศ ซึ่งให้เห็นว่าเทคนิคการแช่เยือกแข็งสามารถรักษาค่าทางชีวภาพของกระท่อมได้ดีกว่า โดยกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งยังมีศักยภาพในการเพิ่มมูลค่าของกระท่อมในอุตสาหกรรมแปรรูป ช่วยให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษา ลดการสูญเสียจากการเน่าเสียของใบสดกระท่อม และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บและการขนส่ง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่สามารถช่วยลดต้นทุน และเพิ่มโอกาสในการจำหน่ายทั้งในตลาดท้องถิ่นและตลาดส่งออก สามารถนำเทคนิคนี้ไปพัฒนาเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมอาหารเสริม ยา และเครื่องสำอาง การพัฒนาเทคโนโลยีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตเชิงพาณิชย์ จึงเป็นแนวทางสำคัญในการส่งเสริม และสร้างความยั่งยืนในอุตสาหกรรมเกษตรในระยะยาว

ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

ไม่มี

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารไมทราจินีนของกระท่อมผงที่ผ่านการทำแห้งแบบ แช่เยือกแข็งระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์วิทยบริการเพื่อส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร. (2565). เอกสารองค์ความรู้กระท่อม. สืบค้นจาก <https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2022/04/กระท่อม.pdf>.
- ธีระ ตั้งวิชาชาญ. (2552). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- นราพงศ์ บุรมรา. (2554). การหาปริมาณไมทราจินีนในใบกระท่อมจากแหล่งต่างๆในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- พิสิฐ วงศ์สง่าศรี. (2563). เทคโนโลยีการแช่เยือกแข็ง (Freezing Technology). สืบค้นจาก https://www4.fisheries.go.th/local/file_document/20200529095802_1_file.pdf.
- วันชนก ไกรงาม. (2564). ผลของการแช่เยือกแข็งต่อจุลนาผลศาสตร์การทำแห้ง และคุณภาพของแดงโมที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วิโรจน์ วีระชัย และ สำเนา นิลบรรพ์. (2557). กระท่อม ยาเสพติดจริงหรือ. วารสารยาเสพติด, 2(1), 48-55.
- วิไล รังสาดทอง. (2543). เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- เศรษฐกร นุชนิยม. (2554). การผลิตน้ำตำลึงผงโดยการทำแห้งแบบเยือกแข็ง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 19(2), 51-63.
- สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด. (2564). ความรู้ทั่วไปและงานวิจัยพืชกระท่อม. ใน สำนักยุทธศาสตร์สำนักงาน ป.ป.ส.(บ.ก.), รายงานการประชุมวิชาการพืชกระท่อมแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2564 (น. 1-41).
- อาภัสสร ศิริจริยวัตร, ชาตีสยาม ผลวิลัย และโก๋ ยาลัย. (2560). ผลของวิธีการทำแห้งต่อสมบัติทางกายภาพของต้นหอม. แก่นเกษตร [ฉบับพิเศษ], 45(1), 1555-1161.
- Amin, M. N., Hidayat, M., Permatasari, N., & Choiron, M. A. (2021). The effect of freeze-drying procedures on frangipani sap chloroform extract quality. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14(5), 2701-2706.
- Basiliere, S., & Kerrigan, S. (2020). Temperature and pH-dependent stability of Mitragyna alkaloids. *Journal of Analytical Toxicology*, 44, 314-324.

- Coşkun, N., Saritaş, S., Jaouhari, Y., Bordiga, M., & Karav, S. (2024). The impact of freeze drying on bioactivity and physical properties of food products. *Applied Sciences*, 14(20), 9183.
- de Carvalho, J. V. D., de Freitas, R. V., Bezerra, C. V., Teixeira-Costa, B. E., & dos Santos, O. V. (2024). Application of the Cryo-Drying Technique in Maintaining Bioactive and Antioxidant Properties in Basil Leaves (*Ocimum basilicum*). *Horticulturae*, 10(457).
- Mudge, E. M., & Brown, P. N. (2017). Determination of mitragynine in *Mitragyna speciosa* raw materials and finished products by liquid chromatography with UV detection: Single-laboratory validation. *Journal of AOAC International*, 100(1), 18-24.
- Macura, R., Michalczyk, M., Fiutak, G., & Maciejaszek, I. (2019). Effect of freeze-drying and air-drying on the content of carotenoids and anthocyanins in stored purple carrot. *Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria*, 18, 135-142.
- Madelatparvar, M., Hosseini, M. S., & Abbasi, F. (2020). Numerical study on parameters affecting the structure of scaffolds prepared by freeze-drying method. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 39(5), 273-288.
- Ochmian, I., Figiel-Kroczyńska, M., & Lachowicz, S. (2020). The quality of freeze-dried and rehydrated blueberries depending on their size and preparation for freeze-drying. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 24, 61-78.
- Rybak, K., Wiktor, A., Witrowa-Rajchert, D., Parniakov, O., & Nowacka, M. (2021). The quality of red bell pepper subjected to freeze-drying preceded by traditional and novel pretreatment. *Foods*, 10(2), 226.
- Sengnon, N., Vonghirundecha, P., Chaichan, W., Juengwatanatrakul, T., Onthong, J., Kitprasong, P., Sriwiriyan, S., Chittrakarn, S., Limsuwanchote, S., & Wungsintaweekul, J. (2023). Seasonal and geographic variation in alkaloid content of kratom (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.) from Thailand. *Plants*, 12(949), 2-21.
- Silva-Espinoza, M. A., Ayed, C., Foster, T., Camacho, M. d. M., & Martínez-Navarrete, N. (2019). The impact of freeze-drying conditions on the physico-chemical properties and bioactive compounds of a freeze-dried orange puree. *Foods*, 9(1), 32.

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



Copyright: © 2025 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).