

## COMPARISON OF CONVECTIVE HOT AIR DRYING AND FREEZE DRYING METHODS FOR MITRAGYNE CONTENTS OF KRATOM (*MITRAGYNA SPECIOSA* (KORTH.) HAVIL.) LEAVES

Thamonphat SOOKMEE<sup>1</sup>, Wararat TAWONG<sup>1</sup>, Tanachai PANKASEMSUK<sup>1</sup> and Arthitaya KAWEE-AI<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 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 effects of convective hot air drying and freeze-drying methods on the mitragynine content, moisture characteristics, and color properties of *Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil. leaves. A completely randomized design (CRD) was employed, and mitragynine contents were analyzed using UPLC-MS/MS. Results revealed that freeze-drying and hot air drying at 40 °C yielded the highest mitragynine content at 2.06±0.10 and 2.06±0.00 (%w/w), respectively, while increasing drying temperatures significantly reduced mitragynine contents. Freeze-drying preserved the highest moisture content at 5.18±0.24% and achieved the highest L\* (lightness) and b\* (yellowness) values, closely resembling fresh leaves. These findings suggest that freeze-drying and low-temperature hot air drying were suitable for mitragynine content and physical properties of kratom leaves, making them suitable for further processing and utilization.

**Keywords:** Kratom Leaves, Mitragynine, Hot Air Drying, Freeze Drying, UPLC-MS/MS

**CITATION INFORMATION:** Sookmee, T., Tawong, W., Pankasemsuk, T., & Kawee-ai, A. (2025). Comparison of Convective Hot Air Drying and Freeze Drying Methods for Mitragynine Contents of Kratom (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.) Leaves. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 3(3), 44

## การเปรียบเทียบปริมาณสารไมทราเจนีนของใบกระท่อมด้วยวิธีการทำแห้งแบบลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ธมณภัทร สุขมี<sup>1</sup>, วรรัตน์ ตีระวงศ์<sup>1</sup>, ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข<sup>1</sup> และ อาทิตยา กาวีอ้าย<sup>1\*</sup>

1 บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยพายัพ; arthitaya\_k@payap.ac.th (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการทำแห้งใบกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.) ด้วยวิธีการทำแห้งแบบลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยมุ่งเน้นศึกษาผลกระทบต่อปริมาณสารไมทราเจนีนซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์หลักในใบกระท่อม รวมถึงลักษณะคุณสมบัติด้านความชื้น และค่าสีของตัวอย่าง การทดลองใช้การออกแบบแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) และวิเคราะห์ปริมาณไมทราเจนีนด้วยเครื่อง UPLC-MS/MS ผลการศึกษาพบว่า กระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณไมทราเจนีนสูงสุดที่  $2.06 \pm 0.10$  และ  $2.06 \pm 0.00$  (%w/w) ตามลำดับ ขณะที่การเพิ่มอุณหภูมิในการอบลมร้อนส่งผลให้ปริมาณไมทราเจนีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การทำแห้งแช่เยือกแข็งยังสามารถรักษาความชื้นในระดับสูงสุดได้ที่  $5.18 \pm 0.24\%$  และให้ค่า  $L^*$  (ความสว่าง) และ  $b^*$  (ความเหลือง) สูงที่สุด ส่งผลให้ตัวอย่างมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับวัตถุดิบสด การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิต่ำ เป็นวิธีที่เหมาะสมในการรักษาปริมาณสารไมทราเจนีน และคุณสมบัติทางกายภาพของใบกระท่อม

**คำสำคัญ:** ใบกระท่อม, ไมทราเจนีน, การทำแห้งแบบลมร้อน, การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง, UPLC-MS/MS

**ข้อมูลอ้างอิง:** ธมณภัทร สุขมี, วรรัตน์ ตีระวงศ์, ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข และ อาทิตยา กาวีอ้าย. (2568). การเปรียบเทียบปริมาณสารไมทราเจนีนของใบกระท่อมด้วยวิธีการทำแห้งแบบลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง.

*Procedia of Multidisciplinary Research*, 3(3), 44

## บทนำ

พืชกระท่อม (*Mitragyna speciosa* (Korth.) Havil.) เป็นไม้ยืนต้นในวงศ์ Rubiaceae พบในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีลักษณะใบเดี่ยว เรียงตรงกันข้าม ลักษณะใบหนาทึบ สีเขียวแก่ มีก้านสีแดง และก้านสีเขียว ใบกระท่อมมีสารสำคัญหลักคือ ไมทราไจนีน (mitragynine) ซึ่งเป็นสารอัลคาลอยด์ที่มีฤทธิ์คล้ายสารโอปิออยด์ เช่น ระบุปวด แก้อาการเมื่อย คลายเครียด และทำให้เกิดความรู้สึกเคลิ้มสุข นอกจากนี้ยังมีอนุพันธ์อย่าง 7-hydroxymitragynine ซึ่งมีฤทธิ์คล้ายกัน จึงถูกนำไปใช้ทดแทนยาในกลุ่มโอปิออยด์ (วุฒิชัยรัฐ รุ่งเรือง, 2563) สำหรับการเก็บรักษา และคงสภาพสารสำคัญในใบกระท่อม กระบวนการทำแห้งเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับค่านิยม เนื่องจากสามารถยืดอายุการเก็บรักษาไว้ได้นาน การทำแห้งใบกระท่อมสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำแห้งแบบลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ซึ่งมีผลต่อการรักษาปริมาณสารไมทราไจนีนในใบกระท่อมแตกต่างกัน (Ratti, 2001) การทำแห้งแบบลมร้อนเป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนเพื่อขจัดความชื้นจากใบกระท่อม แต่การใช้ความร้อนสูงทำให้สารสำคัญในใบกระท่อมเสียหายได้ (Chungsiriporn et al., 2023) ในขณะที่การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งเป็นกระบวนการที่ใช้การลดอุณหภูมิ และความดัน เพื่อให้ความชื้นระเหิดออกในรูปของไอ โดยไม่ผ่านสถานะของเหลว ซึ่งช่วยรักษาคุณภาพ และปริมาณสารสำคัญได้ดีกว่า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารไมทราไจนีนในใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบของแต่ละวิธีการคงปริมาณสารไมทราไจนีน โดยผลลัพธ์จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากระบวนการแปรรูปใบกระท่อมในประเทศไทย เพื่อให้เกิดความคุ้มค่า และเหมาะสมกับการใช้งานในอนาคต

## การทบทวนวรรณกรรม

พืชกระท่อม (*M. speciosa* (Korth.) Havil.) อยู่ในวงศ์ Rubiaceae เช่นเดียวกับกาแฟ มีชื่อเรียกต่างกันตามภูมิภาค เช่น ท่อม อีต้าง เบี้ยะ หรือ เคอตุ้ม เป็นต้น เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูง 15-30 เมตร เปลือกสีเทา ลำต้นตรง ใบเดี่ยวเรียงตรงข้าม รูปไข่ ปลายใบแหลม ก้านใบยาว 3-5 เซนติเมตร มีขนดก้านแดง และก้านเขียว ช่อดอกกระจุกแน่นทรงกลม สีขาวนวลเปลี่ยนเป็นสีเหลือง มีกลิ่นหอม ผลมีลักษณะเป็นกลุ่ม มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 เซนติเมตร ภายในมีเมล็ด 140-160 เมล็ด พร้อมปีกบางที่ช่วยให้ปลิวได้ไกล (สวาทิรี อัมฉางค์กรชัย และคณะ, 2563) พืชกระท่อมสามารถสร้างและสะสมสารสำคัญหลายกลุ่ม เช่น อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ไตรเทอร์พีน และสารประกอบฟีนอล โดยกลุ่ม indole alkaloids เป็นกลุ่มหลัก มีสารไมทราไจนีนเป็นองค์ประกอบสำคัญ พบในใบกระท่อมไทยสูงถึง 66% ของน้ำหนักสารสกัดอัลคาลอยด์ทั้งหมด ขณะที่ใบกระท่อมมาเลเซียพบเพียง 12% นอกจากนี้ ยังพบอัลคาลอยด์อื่นๆ เช่น speciogynine, speciociliatine, paynantheine และ 7-hydroxy-mitragynine โดยปริมาณสารเหล่านี้อาจเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและแหล่งเพาะปลูก ไมทราไจนีนจัดเป็นอัลคาลอยด์ชนิด corynanthe มีสูตรโมเลกุล  $C_{23}H_{30}O_4N_2$  และเรียกไมทราไจนีน ตามลักษณะโครงสร้างว่า 9-methoxy-corynantheidine มีลักษณะเป็นผงสีขาว ละลายในแอลกอฮอล์ คลอโรฟอร์ม และกรดอะซิติก (จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล, 2561)

การทำแห้งแบบลมร้อน (hot air drying) เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากสะดวก และมีต้นทุนต่ำ โดยอาศัยอากาศร้อนเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน เมื่ออากาศร้อนสัมผัสกับอาหาร ความร้อนจะถูกส่งผ่านไปยังพื้นผิว ทำให้น้ำระเหย และถูกพัดออกเพื่อลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ (Sabarez, 2016) กระบวนการนี้อาศัยการพาความร้อนซึ่งแบ่งเป็น การพาความร้อนแบบบังคับ (force convection) และการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (free convection) ที่แตกต่างกันในกลไกการไหลเวียนของอากาศ (ธนภัทร สุวรรณภูฏ, 2550) ซึ่งงานวิจัยของ ปิยพร สีแวง และ ศิริธร ศิริอมรพรรณ (2562) ศึกษาผลของอุณหภูมิอบแห้งแบบลมร้อนต่อสารพฤกษเคมี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในหน่อไม้ดองลิ้มแล้ง โดยใช้ HPLC วิเคราะห์สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และประเมินฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ FRAP พบว่า อุณหภูมิอบแห้งมีผลต่อสารสำคัญอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด งานวิจัยของ สุกัญญา

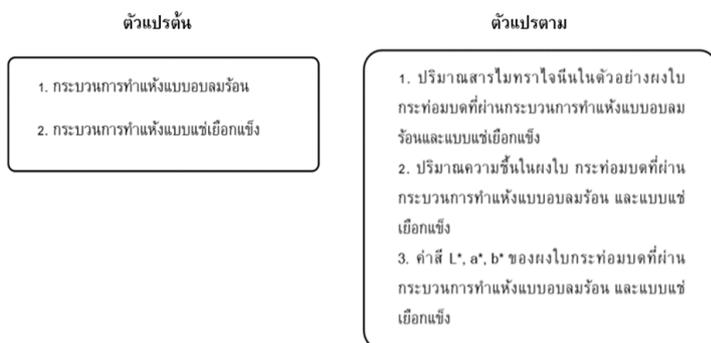
จันทร์สุณะ และคณะ (2563) ศึกษาผลของอุณหภูมิ และระยะเวลาอบแห้งต่อสารพฤกษเคมี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของใบบัวบก พบว่า อุณหภูมิสูง และระยะเวลาอบแห้งนานขึ้นจะทำให้สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการยับยั้งอนุมูล DPPH• ลดลง ใบบัวบกที่อบ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 ชั่วโมง มีปริมาณฟลาโวนอยด์ และความสามารถในการยับยั้งอนุมูล DPPH• สูงสุด งานวิจัยของ ฐัญนันท์ ฤทธิ์มณี (2566) พบว่า เมื่อนำผักเชียงดาสดมาทำแห้งโดยการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง ผักเชียงดาผงที่ได้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมด และเบต้าแคโรทีน มากกว่าผักเชียงดาผงที่ผ่านการทำแห้งด้วยแสงแดดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dehydration หรือ lyophilization) เป็นกระบวนการกำจัดน้ำออกจากวัสดุโดยการแช่เยือกแข็งให้น้ำกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง จากนั้นลดความดันให้ต่ำกว่าระดับบรรยากาศเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งระเหิดเป็นไอ กระบวนการนี้จะใช้อุณหภูมิต่ำ เช่น 0 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า โดย พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์ (2550) ได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การแช่เยือกแข็ง (freezing) ลดอุณหภูมิของอาหารให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งเพื่อให้เกิดผลึกน้ำแข็ง ควรใช้การแช่เยือกแข็งแบบเร็วเพื่อให้ผลึกมีขนาดเล็ก วิธีที่นิยม ได้แก่ การเป่าลมเย็น (air blast freezing) การใช้ไนโตรเจน (cryogenic freezing) และการจุ่มในของเหลวเย็นจัด (immersion freezing) 2) การทำแห้งขั้นต้น (primary drying) ลดความดันบรรยากาศให้ต่ำกว่า 132 Pa เพื่อให้ผลึกน้ำแข็งระเหิดเป็นไอ ระยะเวลาการระเหิดขึ้นอยู่กับขนาดและโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ 3) การทำแห้งขั้นที่สอง (secondary drying) เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นเพื่อกำจัดความชื้นที่หลงเหลืออยู่ จนได้ระดับความชื้นที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา งานวิจัยของ วันชนก ไกรงาม (2564) ศึกษาการทำแห้ง 3 วิธี ได้แก่ การอบแห้งแบบลมร้อน การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศ พบว่า การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศสามารถคงปริมาณไลโคปีนได้ใกล้เคียงกับการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ที่  $0.92 \pm 0.03$  และ  $1.29 \pm 0.03$  mg/g dry matter งานวิจัยของ เศรษฐการ นุชนิยม (2554) พบว่า การลวกตำลึงที่ 95 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ยับยั้งเอนไซม์เปอร์ออกซิเดสได้ เมื่อนำน้ำตำลึงไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยเติมมอลโตเด็คทรีน 4 6 และ 8% และเก็บนาน 3 เดือน พบว่า มีปริมาณเบต้าแคโรทีน 1,133 เรตินอล ต่อ 100 กรัม ไม่แตกต่างจากตำลึงสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 งานวิจัยของ นริศรา วิจิต และคณะ (2562) ศึกษาสารสกัดจากมะเขือขี้ พบว่า อัตราส่วนเนื้อมะเขือขี้ต่อตัวทำละลาย 1:5 กรัม/มิลลิลิตร ให้แอนโทไซยานิน 137.26 มิลลิกรัม/100 กรัม และสารประกอบฟีนอลิก 982.24 มิลลิกรัมกรดแกลลิก/100 กรัม จากนั้น ศึกษาการเอนแคปซูลด้วยมอลโตเด็คทรีน และกัมอารบิกในความเข้มข้น 10-30% โดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง 15 ชั่วโมง พบว่า มอลโตเด็คทรีน 20% ให้ผลผลิตผงสูงสุด 86.67% และเก็บกักแอนโทไซยานิน 26.64% ซึ่งสามารถใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารได้

### สมมติฐานการวิจัย

ตัวอย่างผงใบกระท่อมบดที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีปริมาณสารไมทราจินีนสูงกว่ากระบวนการทำแห้งแบบอบลมร้อน

### กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

## วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาการเปรียบเทียบปริมาณสารไมทราไจนีนในตัวอย่างผงใบกระท่อมบดที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ มีขั้นตอน ดังนี้

### 1) การเตรียมตัวอย่างใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน

1.1) ทำการเก็บตัวอย่างใบกระท่อมสายพันธุ์ก้านแดงจากแปลงเดียวกัน ณ แปลงปลูกต้นกระท่อม มหาวิทยาลัยพายัพ จังหวัดเชียงใหม่ อายุประมาณ 2 ปี โดยคัดเลือกใบจากยอดเก็บเกี่ยวใบคู่ที่ 3-5 ที่มีอายุของใบอยู่ในช่วง 15-30 วัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2565) จากนั้นนำใบกระท่อมสดมาล้างด้วยน้ำสะอาด และผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

1.2) หลังจากนั้นนำตัวอย่างใบกระท่อมสดมาใส่ถาด แล้วอบที่อุณหภูมิ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส สูงสุด 24 ชั่วโมง (จันทิมา ชั่งสิริพร และคณะ, 2566) ด้วยใช้เครื่องอบลมร้อน ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมนี จนกว่าตัวอย่างจะมีความชื้นสุดท้ายประมาณ 5%

### 2) การเตรียมตัวอย่างใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

2.1) ทำตามขั้นตอน 1.1

2.2) จากนั้นนำใบกระท่อมสดมาแช่ในตู้แช่แข็งโดยใช้อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส (วันชนก ไกรงาม, 2564) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างกระท่อมไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง รุ่น FD8 ยี่ห้อ Heto-Holten A/S ประเทศเดนมาร์ก อุณหภูมิในการระเหิด 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

### 3) การวิเคราะห์ตัวอย่างใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน และกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

3.1) วิเคราะห์ปริมาณไมทราไจนีนดำเนินการตามวิธีมาตรฐาน AOAC INTERNATIONAL (Mudge & Brown, 2017) โดยมีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ 1) นำใบกระท่อมที่ผ่านการอบแห้งด้วยลมร้อน และแช่เยือกแข็งมาบดละเอียด จากนั้นชั่งตัวอย่างผงใบกระท่อม 0.1 กรัม ลงในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลาย 0.5 M acetic acid ใน 70% methanol ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสารละลายเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ 4,500 รอบ/นาที นาน 5 นาที 2) นำสารสกัดไปวิเคราะห์ไมทราไจนีนด้วยเครื่อง UPLC-MS/MS ยี่ห้อ Perkin Elmer ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้คอลัมน์ในการวิเคราะห์ Sonoma C18 250 x 4.6 mm 5 µm Flow rate 1 ml/min Injection Volume 5 µl สัดส่วน mobile phase A คือ 5 mM ammonium bicarbonate ใน Water และ B คือ Acetonitrile ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 Gradient conditions

เวลา (นาที)	A%	B%
0.00	70	30
17.00	30	70
17.90	30	70
18.00	70	30
22.00	70	30

3.2) หาค่าความชื้น โดยใช้เครื่อง Moisture analyzer ยี่ห้อ Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น บันทึกค่าที่อ่านได้

3.3) หาค่าสีโดยวัด  $L^* a^* b^*$  โดยใช้เครื่อง Chroma meter CR-400 ยี่ห้อ Konica Minolta ประเทศญี่ปุ่น โดยค่า  $L^*$  บ่งบอกถึง ความสว่าง (lightness) มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว ค่า  $a^*$  หมายถึง บรรยายแกนสีจากสีเขียว ( $-a^*$ ) จนถึง สีแดง ( $+a^*$ ) ค่า  $b^*$  หมายถึง บรรยายแกนสี จากสีน้ำเงิน ( $-b^*$ ) จนถึงสีเหลือง ( $+b^*$ )

## ผลการวิจัย

จากตารางที่ 2 พบว่า ปริมาณสารไมทราไจนีนในกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และกระท่อมแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารไมทราไจนีนสูงสุดอยู่ที่  $2.06 \pm 0.00$  และ  $2.06 \pm 0.10$  (%w/w) รองลงมาคือ กระท่อมอบลมร้อนที่ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารไมทราไจนีน  $1.84 \pm 0.01$ ,  $1.67 \pm 0.00$  และ  $1.40 \pm 0.00$  %w/w ตามลำดับ

**ตารางที่ 2** แสดงปริมาณสารไมทราไจนีนของใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน และกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

กรรมวิธี	ปริมาณสารไมทราไจนีน (%w/w)
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 40 องศาเซลเซียส	$2.06 \pm 0.00^a$
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 50 องศาเซลเซียส	$1.84 \pm 0.01^b$
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 60 องศาเซลเซียส	$1.67 \pm 0.00^c$
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 70 องศาเซลเซียส	$1.40 \pm 0.00^d$
กระท่อมแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	$2.06 \pm 0.10^a$

หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b, c และ d แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$

จากตารางที่ 3 พบว่า เปอร์เซ็นต์ความชื้นในกระท่อมแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงสุดอยู่ที่  $5.18 \pm 0.24$  %M/W รองลงมาเป็นกระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 40 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นอยู่ที่  $4.60 \pm 0.21$   $4.14 \pm 0.12$   $3.51 \pm 0.36$  และ  $2.68 \pm 0.47$  %M/W ตามลำดับ

**ตารางที่ 3** แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นของใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน และกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%M/W)
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 40 องศาเซลเซียส	$4.60 \pm 0.21^b$
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 50 องศาเซลเซียส	$4.14 \pm 0.12^b$
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 60 องศาเซลเซียส	$3.51 \pm 0.36^c$
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 70 องศาเซลเซียส	$2.68 \pm 0.47^d$
กระท่อมแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	$5.18 \pm 0.24^a$

หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b, c และ d แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$

จากตารางที่ 4 ศึกษาเปรียบเทียบค่า  $L^*$  a\* และ b\* พบว่า ค่า  $L^*$  ในผงใบกระท่อมบดที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 50 60 70 องศาเซลเซียส และกระท่อมแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีค่า  $L^*$  อยู่ที่  $54.49 \pm 1.10$   $50.99 \pm 0.34$   $47.80 \pm 0.16$   $43.65 \pm 0.61$  และ  $53.16 \pm 0.83$  ตามลำดับ ค่า a\* ในผงใบกระท่อมบดที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 50 60 70 องศาเซลเซียส และกระท่อมแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีค่าอยู่ที่  $-10.35 \pm 0.19$   $-8.70 \pm 0.18$   $-5.71 \pm 0.26$   $-2.34 \pm 0.73$  และ  $-11.32 \pm 0.17$  ตามลำดับ ค่า b\* ในผงใบกระท่อมบดที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 50 60 70 องศาเซลเซียส และกระท่อมแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีค่าอยู่ที่  $26.20 \pm 0.25$   $26.46 \pm 0.51$   $27.02 \pm 0.31$   $27.79 \pm 0.51$  และ  $29.10 \pm 0.41$  ตามลำดับ

**ตารางที่ 4** แสดงค่าวัดสีของใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน และกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

กรรมวิธี	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 40 องศาเซลเซียส	54.49±1.10 <sup>a</sup>	-10.35±0.19 <sup>d</sup>	26.20±0.25 <sup>d</sup>
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 50 องศาเซลเซียส	50.99±0.34 <sup>c</sup>	-8.70±0.18 <sup>c</sup>	26.46±0.51 <sup>cd</sup>
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 60 องศาเซลเซียส	47.80±0.16 <sup>d</sup>	-5.71±0.26 <sup>b</sup>	27.02±0.31 <sup>c</sup>
กระท่อมแห้งแบบอบลมร้อน ที่ 70 องศาเซลเซียส	43.65±0.61 <sup>e</sup>	-2.34±0.73 <sup>a</sup>	27.79±0.51 <sup>b</sup>
กระท่อมแห้งแบบแช่เยือกแข็ง	53.16±0.83 <sup>b</sup>	-11.32±0.17 <sup>e</sup>	29.10±0.41 <sup>a</sup>

หมายเหตุ : ตัวอักษร a, b, c, d และ e แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$

### สรุปผลการทดลอง

ใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งมีปริมาณสารไมทราไจนีนสูงสุดที่  $2.06 \pm 0.10$  และ  $2.06 \pm 0.10\%w/w$  ในขณะที่กระบวนการอบลมร้อนที่มีการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณสารไมทราไจนีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารไมทราไจนีนต่ำสุดที่  $1.40 \pm 0.00\%w/w$

เปอร์เซ็นต์ความชื้นในใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน และใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้ค่าความชื้นสูงสุดที่  $5.18 \pm 0.24\%M/W$  ในขณะที่ใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40-70 องศาเซลเซียส จะทำให้ความชื้นลดลงอย่างต่อเนื่อง

กระบวนการทำแห้งมีผลต่อค่าสีของผงใบกระท่อม โดยค่า L\* ลดลง เมื่ออุณหภูมิของกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนเพิ่มขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่า L\* มากที่สุดที่ 54.49 และอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่า L\* ต่ำสุดที่ 43.65 ส่วนค่า a\* มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิของกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนเพิ่มขึ้น โดยกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งมีค่าต่ำสุดเท่ากับ -11.32 และค่า b\* จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน ส่วนกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะให้ค่า b\* สูงสุดเท่ากับ 29.10

### อภิปรายผลการวิจัย

ใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส และใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง แสดงให้เห็นว่า มีปริมาณสารไมทราไจนีนสูงสุดที่  $2.06 \pm 0.00$  และ  $2.06 \pm 0.10\%w/w$  ตามลำดับ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบลมร้อนเป็น 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส จะทำให้ปริมาณสารไมทราไจนีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อาจเกิดจากการเสื่อมสลายของสารไมทราไจนีนภายใต้อุณหภูมิสูง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bellaver et al. (2024) ที่พบว่าความร้อนสูงสามารถเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของสารอัลคาลอยด์ และสารชีวภาพอื่นๆ ในใบกระท่อมที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีปริมาณสารไมทราไจนีนต่ำสุดที่  $1.40 \pm 0.00 w/w$  แสดงให้เห็นว่าการใช้ความร้อนสูงอาจทำลายโครงสร้างทางเคมีของสารไมทราไจนีน เช่น การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือการสลายตัว (Zagórska et al., 2020) นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Chungsiriporn et al. (2023) พบว่า อุณหภูมิการทำแห้งมีผลต่อปริมาณสารไมทราไจนีน เมื่อทำการอบแห้งใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณสารไมทราไจนีนสูงสุดที่ 10.10 มิลลิกรัม/กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการอบแห้งใบกระท่อมที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จะได้ปริมาณสารไมทราไจนีน 7.23 มิลลิกรัม/กรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้สารไมทราไจนีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ด้านเปอร์เซ็นต์ความชื้นในตัวอย่างจะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน โดยกระบวนการอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีความชื้นต่ำที่สุดที่  $2.68 \pm 0.47\%M/W$  ในขณะที่กระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือก

แข็งให้ความชื้นสูงที่สุดที่  $5.18 \pm 0.24\%M/W$  สาเหตุเกิดจากกระบวนการแช่เยือกแข็งที่เน้นการคายน้ำในสถานะของแข็งสู่ไอโดยไม่ผ่านของเหลว (sublimation) ซึ่งอาจไม่สามารถกำจัดน้ำออกได้ทั้งหมดเหมือนการอบลมร้อน (Ratti, 2001) อย่างไรก็ตาม การรักษาความชื้นในระดับปานกลางอาจช่วยป้องกันการสูญเสียโครงสร้างและคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ได้ดีกว่า

ด้านค่าสีเป็นอีกตัวชี้วัดที่สำคัญสำหรับคุณภาพของตัวอย่างใบกระท่อม การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้ค่า  $L^*$  และ  $b^*$  สูงสุด แสดงถึงการรักษาลักษณะสีของตัวอย่างที่ใกล้เคียงกับวัตถุดิบสด การทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำให้ค่า  $L^*$  ลดลงอย่างชัดเจนที่  $43.65 \pm 0.61$  และค่า  $a^*$  ใกล้ศูนย์ แสดงถึงการซีดจางของสี ซึ่งอาจเกิดจากการเสื่อมสภาพของเม็ดสี เช่น คลอโรฟิลล์ และสารประกอบฟีนอลิก (Brennan, 2006)

จากการทดลองนี้ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งและการทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการรักษาปริมาณสารไมทราจินีน รวมถึงคุณสมบัติด้านความชื้นและค่าสี ในขณะที่การทำแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิสูงจะช่วยลดความชื้นได้ดี แต่ส่งผลเสียต่อปริมาณสารสำคัญและคุณภาพด้านสี จึงควรพิจารณาเลือกวิธีการทำแห้งที่เหมาะสมกับจุดประสงค์ของการใช้งานของตัวอย่างใบกระท่อม เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนากระบวนการแปรรูปใบกระท่อมในประเทศไทย เพื่อให้เกิดความคุ้มค่า

#### ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

ไม่มี

#### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ทำการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาปริมาณสารไมทราจินีน ในตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบลมร้อน และตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

#### เอกสารอ้างอิง

- จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล. (2561). *พืชกระท่อม (อินเทอร์เน็ท)*. สืบค้นจาก [https://ccpe.pharmacycouncil.org/index.php?option=detail&subpage=article\\_detail&id=251](https://ccpe.pharmacycouncil.org/index.php?option=detail&subpage=article_detail&id=251).
- ชนภัทร สุวรรณภูฏ. (2550). *การศึกษาเปรียบเทียบการอบแห้งโดยใช้ลมร้อน และอินฟราเรดไกล*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- ธัญนันท์ ฤทธิมณี. (2566). ผลของการทำแห้งที่มีต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักเชียงดาผง. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน*, 1(5), 1-7.
- ปิยพร สีแวง และ ศิริธร ศิริอมรพรรณ. (2562). ผลของอุณหภูมิการอบแห้งต่อสารพฤษเคมี และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของหน่อไม้ดองลิ้มแล้ง (*Bambusa beecheyana*). สืบค้นจาก [https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=127\\_Hor03.pdf&id=3599&keeptrack=2](https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=127_Hor03.pdf&id=3599&keeptrack=2)
- พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. (2550). *Freeze drying/การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง*. สืบค้นจาก <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3133/freeze-drying-การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง>.
- วันชนก ไกรงาม. (2564). *ผลของการแช่เยือกแข็งต่อจลนพลศาสตร์การทำแห้ง และคุณภาพของแตงโมที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศ*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วุฒิชัย รุ่งเรือง. (2563). พืชวิทยาของพืชกระท่อม. *วารสารเภสัชกรรมโรงพยาบาล*, 30(2), 118-124.
- ศูนย์วิทยบริการเพื่อส่งเสริมการเกษตร สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร. (2565). *เอกสารองค์ความรู้กระท่อม*. สืบค้นจาก <https://esc.doae.go.th/wp-content/uploads/2022/04/กระท่อม.pdf>.
- สาวิตรี อึ้งนางค์กรชัย, อาภา ศิริวงศ์ ณ อยุธยา, ไพศาล ลิ้มสถิต, นิวัติ แก้วประดับ, สมสมร ชิตตระกูล, จุไรทิพย์ หวังสินทวีกุล, เอกสิทธิ์ กุมารสิทธิ์, สมชาย ศรีวิริยะจันทร์, ดาร์เนย์ เจ๊ะหะ, วัชรพงศ์ พุ่มชื่น และดารีกา ไสงาม. (2563). *บทสรุปของพืชกระท่อม (2)*. สงขลา: ลีโอ ดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์.

สุกัญญา จันทร์สุนะ และคณะ. (2563). ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาอบแห้งต่อปริมาณสารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ทั้งหมด และความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระของใบบัวบก. *วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร*, 48(2), 45-58.

Bellaver, M., dos Santos, C. R. G., dos Santos Diniz Freitas, M., Platt, G. M., & de Moura, N. F. (2024). Effect of drying on bioactive compounds in *Eugenia uniflora* fruit pulp. *Journal of Food Process Engineering*, 47(9), e14744.

Brennan, J. G. (2006). *Food processing handbook*. Weinheim, Germany: Wiley-Vch.

Chungsiriporn, J., Pongyeela, P., Chairerk, N., Iewkittayakorn, J., & Duangsuwan, W. (2023). Drying characteristics and mitragynine content of kratom leaves. *Chiang Mai Journal of Science*, 50(6), 1-13.

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.

Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311-319.

Zagórska, J., Czernicka-Bos, L., Kukula-Koch, W., Szalak, R., & Koch, W. (2022). Impact of thermal processing on the composition of secondary metabolites of ginger rhizome—A review. *Foods*, 11(11), 3484.

**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).