



ประสิทธิภาพการเก็บกักอุณหภูมิของถุงประคบบรรจุธัญพืชตระกูลถั่ว
เพื่อการประยุกต์ใช้ในการแพทย์แผนไทย

Heat Retention Efficiency of Legume-Based Hot Compress Bags
for Thai Traditional Medicine Applications

พชรมน สอนเจริญ¹ อติศักดิ์ สุมาลี² สุธาสินี สงวนโกศล³ พชร ตริทิพย์ธนากุล³

เพ็ญจันทร์ ประจันตะเสน³ อชิรฤกษ์ วาสนารังษี⁴ วิรา นิลดำ¹ และอำภา คนเชื้อ^{1*}

¹หน่วยวิจัยการแพทย์ไทยเดิม สาขาแพทย์แผนไทยประยุกต์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาสารคาม 44000

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

³บริษัท อีแอลอี (ไทยแลนด์) จำกัด นนทบุรี 11120

⁴บริษัท อมตะ โอสธ จำกัด นนทบุรี 11120

Pacharamon Soncharoen¹, Adisak Sumalee², Suthasinee Sanguanphokai³,

Pachara Tritipphanakul³, Panchan Pajantasan³, Ashirkrit Vasetthirangsi⁴,

Vira Nindam¹, and Ampa Konsue^{1*}

¹Thai Traditional Medicinal Research Unit, Division of Applied Thai Traditional Medicine,

Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44000

²Health Science Program, Sukhothai Thammatirat Open University, Nonthaburi 11120

³ELE (THAILAND) CO., LTD., Nonthaburi 11120

⁴AMATA OSOT CO., LTD., Nonthaburi 11120

*Corresponding author: ampa.k@msu.ac.th

Received: 30 May 2025/ Revised: 2 October 2025/ Accepted: 7 October 2025

บทคัดย่อ

การรักษาด้วยความร้อนเป็นวิธีการรักษาอย่างหนึ่งทางการแพทย์แผนไทยที่ใช้ในการบรรเทาอาการปวดของระบบกล้ามเนื้อ ข้อต่อ และระบบไหลเวียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเก็บกักอุณหภูมิของถุงประคบร้อนที่บรรจุธัญพืชตระกูลถั่วท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คัดเลือกธัญพืชตระกูลถั่ว 7 สายพันธุ์ ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม ถั่วเหลือง ถั่วแปบ ถั่วขอ ถั่วลิสง และถั่วแดงหลวง นำมาผสมกับถั่วเขียวในอัตราส่วน 1:1 น้ำหนักถุงละ 200 กรัม บรรจุในถุงผ้าฝ้ายให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟ 850 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที วัดอุณหภูมิทุก 1 นาที เป็นเวลา 15 นาที ทำการทดลองซ้ำ 9 ครั้ง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการทดสอบความแปรปรวนทางเดียว ผลการวิจัยพบว่าถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วพุ่มมีประสิทธิภาพการเก็บกักความร้อนดีที่สุด โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้น $68.00 \pm 0.70^{\circ}\text{C}$ และอุณหภูมิต่ำสุด $37.33 \pm 1.41^{\circ}\text{C}$ การสูญเสียความร้อนเพียง 45.1% สามารถรักษาอุณหภูมิในช่วง $40-45^{\circ}\text{C}$ ได้นาน 12.5 นาที ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดทางกายภาพ การวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของธัญพืชตระกูลถั่วที่สามารถ



ใช้เป็นสื่อเก็บกักความร้อนในถุงประคบร้อนที่มีประสิทธิภาพสำหรับการแพทย์แผนไทย และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตทางการเกษตรท้องถิ่น

คำสำคัญ: การบำบัดด้วยความร้อน ธัญพืชตระกูลถั่ว การเก็บกักอุณหภูมิ การแพทย์แผนไทย ความจุความร้อนจำเพาะ การแผ่รังสีความร้อน

Abstract

Heat therapy is a highly effective treatment modality in Thai traditional medicine, primarily used to alleviate musculoskeletal discomfort, joint diseases, and circulatory system conditions. This study aimed to assess the thermal retention efficacy of hot compress bags made from locally sourced legume grains in Northeast Thailand. Seven varieties of legumes were chosen: mung bean, cowpea, soybean, hyacinth bean, jicama bean, peanut, and kidney bean. Each was combined with mung beans in a 1:1 ratio, amounting to 200 grams per cotton bag. Heat treatment was conducted using an 850-watt microwave for 2 minutes, with temperature readings taken every minute over a total duration of 15 minutes. The experiment was conducted nine times and examined with descriptive statistics and one-way ANOVA. The mung bean-cowpea mixture exhibited exceptional heat retention, starting at $68.00 \pm 0.70^{\circ}\text{C}$ and concluding at $37.33 \pm 1.41^{\circ}\text{C}$, indicating a mere 45.1% heat loss. This combination sustained a therapeutic temperature range of $40-45^{\circ}\text{C}$ for 12.5 minutes, which is ideal for physiotherapy applications. Statistical analysis indicated significant differences ($p < 0.05$) among the different legume combinations. This research demonstrates the potential of legume grains as effective heat retention media for hot compress bags in Thai traditional medicine applications, thereby adding value to local agricultural products.

Keywords: Heat therapy, Legumes, Heat retention, Thai Traditional medicine, Specific heat capacity, Thermal radiation

บทนำ

การบำบัดด้วยความร้อน (thermotherapy) เป็นวิธีการรักษาเก่าแก่ที่มีหลักฐานการใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1869 [1] โดยมีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ในการเพิ่มการไหลเวียนของเลือด (vasodilation) บรรเทาความเจ็บปวด (pain threshold) และเพิ่มการเผาผลาญ (metabolic activity) [2] สามารถกระตุ้นการหลั่งเอนโดรฟิน ลดความเครียด และมีประโยชน์ต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด [3] การประคบร้อนในการแพทย์แผนไทยเป็นเทคนิคการรักษาที่มีความสำคัญมาอย่างยาวนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประคบด้วยสมุนไพรร้อน (Thai herbal compress massage) หรือ "ลูกประคบ" ได้รับการยอมรับจากองค์การยูเนสโกให้เป็นมรดกทางวัฒนธรรมของมนุษยชาติในปี ค.ศ. 2019 [4] โดยผสมผสานหลักการความร้อนกับคุณสมบัติทางเภสัชกรรมของสมุนไพร เช่น ตะไคร้ กะเพรา ขมิ้น และการบูร ที่ช่วยด้านการอักเสบและส่งเสริมการหายของเนื้อเยื่อ [5] อย่างไรก็ตามการพัฒนาถุงประคบร้อนปัจจุบันยังเผชิญความท้าทายด้านประสิทธิภาพการเก็บกักความร้อน ความปลอดภัย และการกระจายความร้อน วัสดุทั่วไป เช่น เกลือหรือทราย มีข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาเก็บความร้อนสั้นและอาจเป็นอันตรายหากควบคุมอุณหภูมิไม่เหมาะสม [6] จากการศึกษาพบว่าความร้อนชื้น มีประสิทธิภาพในการบรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อดีกว่าความร้อนแห้ง (dry heat) ถึง 4 เท่า [7] การวิเคราะห์อย่างเป็นระบบพบว่า การประคบสมุนไพรไทยสามารถลดความเจ็บปวดได้ร้อยละ 25-80 และปรับปรุงความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและลดความวิตกกังวลอย่างมีนัยสำคัญ [8] การใช้ความร้อนเพื่อบำบัดอาการปวดกล้ามเนื้อและข้อต่อควรให้อยู่ในช่วง $40-45^{\circ}\text{C}$ เป็นช่วงที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับผิวหนังและเนื้อเยื่อ

ระยะเวลาในการประคบ 5-20 นาทีต่อครั้ง นอกจากนี้ยังมีข้อควรระวังในผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับผิวหนัง อาทิเช่น บริเวณที่มีแผลเปิด ผิวหนังอักเสบ หรือผู้ที่มีความรู้สึกไวต่อความร้อนลดลง [9, 10]

ธัญพืชตระกูลถั่วเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีศักยภาพสูงในการใช้เป็นตัวเก็บกักความร้อน เนื่องจากมีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมหลายประการ ได้แก่ ความจุความร้อนจำเพาะสูง $1.57\text{--}2.45 \text{ kJ/kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ ที่ช่วยดูดซับและกักเก็บพลังงานความร้อนได้ดี ค่าการนำความร้อนปานกลาง ($0.092\text{--}0.65 \text{ W/mK}$) [11, 12] โครงสร้างโปรตีนและแป้งในถั่วสามารถสร้างเจลและอุ้มน้ำได้ดี ส่งผลให้ถั่วสามารถรักษาความร้อนได้นานขึ้น [13] โครงสร้างเนื้อเยื่อของถั่วที่หนาแน่นและสม่ำเสมอ ช่วยให้การกระจายและกักเก็บความร้อนมีประสิทธิภาพ [13, 14] โปรตีนในถั่วมีความเสถียรต่อความร้อนสูง ทนต่ออุณหภูมิที่ใช้ในการประคบหรือกระบวนการทางความร้อนได้โดยไม่เสื่อมสภาพง่าย [15] นอกจากนี้เมล็ดถั่วยังมีคุณสมบัติในการรักษาอุณหภูมิเมื่อได้รับความร้อน ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการบำบัด และมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ [16] ถั่วเขียวมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ และค่าการนำความร้อนที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณความชื้นและอุณหภูมิ โดยมีค่าความจุความร้อนจำเพาะอยู่ระหว่าง $1.63\text{--}2.45 \text{ kJ/kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ และค่าการนำความร้อนอยู่ระหว่าง $0.092\text{--}0.141 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ เมื่อความชื้นเพิ่มจาก 9.9% เป็น 18.3% และอุณหภูมิเพิ่มจาก 10°C เป็น 50°C คุณสมบัติเหล่านี้ช่วยให้ถั่วเขียวสามารถดูดซับและปล่อยความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ [17] โครงสร้างโปรตีนและแป้งในถั่วเขียวมีปฏิสัมพันธ์กันผ่านแรงยึดเหนี่ยว hydrophobic และการเกิดเจลเมื่อได้รับความร้อน ส่งผลให้เกิดโครงสร้างที่สามารถกักเก็บน้ำและความร้อนได้ดี ทำให้เก็บกักความร้อนและรักษาอุณหภูมิได้นานขึ้น [18]

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยถือเป็นแหล่งผลิตธัญพืชตระกูลถั่วที่สำคัญ โดยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 25% ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดในภูมิภาค [19] ภูมิภาคนี้ทั้งแห้งแล้งและดินทรายที่ระบายน้ำดีเอื้อต่อการปลูกถั่วหลากหลายสายพันธุ์ ได้แก่ ถั่วเขียว (*Vigna radiata*) ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata*) ถั่วเหลือง (*Glycine max*) ถั่วแปบ (*Lablab purpureus*) ถั่วขอ (*Pachyrhizus erosus*) ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea*) และถั่วแดงหลวง (*Phaseolus vulgaris*) [20] แต่ละสายพันธุ์มีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันในเรื่องขนาด รูปร่าง ความหนาแน่น และองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งส่งผลต่อคุณสมบัติการเก็บกักความร้อน การใช้เมล็ดถั่วเป็นสื่อเก็บกักความร้อนมีข้อได้เปรียบหลายประการ ได้แก่ ความสามารถดูดซับและปลดปล่อยความร้อนค่อนข้างเป็นค่อยไป ให้ความร้อนคงที่ โครงสร้างเปลือกหุ้มรักษาความชื้นได้ดี ให้ความร้อนขึ้นที่มีประสิทธิภาพสูง และมีขนาดรูปร่างเหมาะสมต่อการขึ้นรูปบรรจุประคบที่ปรับตัวเข้ากับร่างกายได้ [21] จากผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าถั่วประคบร้อนธัญพืชที่บรรจุเมล็ดถั่วเขียวมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการเตรียมและเก็บรักษาอุณหภูมิ โดยสามารถให้อุณหภูมิเฉลี่ย $52.2\text{--}91^{\circ}\text{C}$ ตามระยะเวลาการอุ่น และมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิเพียง 0.44-0.95% หลังผ่านไป 15 นาที เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวเหนียวดำ (0.98-2.57%) และเม็ดทราย (11.87-20.69%) [22] การผสมธัญพืชตระกูลถั่วหลายชนิดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความทนทานของถั่วประคบร้อน ทั้งในด้านการเก็บกักและกระจายความร้อน ความยืดหยุ่นต่อการใช้งานซ้ำ และลดความเสี่ยงจากความเสียหายหรือกลิ่นอับ ทำให้เหมาะกับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ประคบร้อนที่ต้องการคุณภาพสูง [23, 24]

อย่างไรก็ตามการวิจัยเกี่ยวกับการใช้เมล็ดถั่วเป็นสื่อเก็บกักความร้อนสำหรับการบำบัดยังมีข้อมูลจำกัด โดยเฉพาะในบริบทของการแพทย์แผนไทย การศึกษาส่วนใหญ่ที่ผ่านมามุ่งเน้นไปที่คุณสมบัติทางความร้อนของธัญพืชเพื่อการใช้งานในอุตสาหกรรมอาหารและการเก็บรักษา การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเก็บกักอุณหภูมิของถั่วเขียวที่ผสมกับธัญพืชตระกูลถั่วอื่นๆ จำนวน 7 ชนิด ในอัตราส่วน 1:1

ผลจากการวิจัยนี้คาดว่าจะให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญสำหรับการคัดเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตถั่วประคบร้อนที่มีประสิทธิภาพสูง นำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ถั่วประคบร้อนที่ปลอดภัย มีคุณภาพ และสามารถใช้ร่วมกับการแพทย์แผนไทยได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ยังเป็นการส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรท้องถิ่นอย่างคุ้มค่า สนับสนุนเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสืบสานภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยให้คงอยู่และพัฒนาต่อไปในอนาคต



วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมวัตถุดิบและการควบคุมคุณภาพ

การคัดเลือกและเตรียมเมล็ดข้าว ทำการคัดเลือกเมล็ดข้าวทั้ง 7 ชนิด จากตลาดเกษตรกรในจังหวัดมหาสารคาม ได้แก่ ข้าวขาว, ข้าวหอม, ข้าวเหนียว, ข้าวเหนียว, ข้าวเหนียว, ข้าวเหนียว และข้าวแดงหลวง แสดงในภาพที่ 1 การควบคุมคุณภาพเมล็ดข้าวดำเนินการตามมาตรฐาน International Seed Testing Association (ISTA) [25] การคัดเลือกเมล็ดตามมาตรฐาน ISTA ทำให้ได้เมล็ดที่มีขนาดใกล้เคียงกัน โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของเมล็ดอยู่ในช่วง 4-8 มิลลิเมตร โดยคัดเลือกเฉพาะเมล็ดที่มีความสมบูรณ์ ไม่แตกหัก ไม่เสียหาย และไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อโรค การกำหนดความชื้นมาตรฐานที่ $12 \pm 1\%$ โดยใช้วิธี air-oven method ตามมาตรฐาน ISTA ที่อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง [26] ความชื้นของเมล็ดข้าวมีความสำคัญต่อคุณสมบัติทางความร้อน (thermal properties) โดยเฉพาะความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat capacity) และการนำความร้อน (thermal conductivity) การวัดความชื้นใช้เครื่องวัดความชื้นแบบดิจิทัล (digital moisture meter) ที่ผ่านการสอบเทียบ (calibration) ด้วยมาตรฐานอ้างอิง (reference standard) เพื่อให้แน่ใจว่าความแม่นยำอยู่ในช่วง $\pm 0.2\%$ [27] ก่อนการทดลอง เมล็ดข้าวทุกชนิดต้องผ่านกระบวนการทำความสะอาดด้วยการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. เพื่อกำจัดสิ่งแปลกปลอมและเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์

การเตรียมถุงประคบ ถุงประคบทำจากผ้าฝ้าย 100% ที่มีความหนาแน่น 200 เส้นด้ายต่อตารางนิ้ว (thread count) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 12×10 ตารางเซนติเมตร การเลือกใช้ผ้าฝ้ายเนื่องจากมีคุณสมบัติทนความร้อนได้ดี มีการกระจายความร้อนสม่ำเสมอ และปลอดภัยต่อผิวหนัง การเย็บถุงใช้เส้นด้ายฝ้าย 100% ด้วยตะเข็บคู่ (double seam) การกำหนดน้ำหนัก 100 กรัม เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบความสามารถในการเก็บกักความร้อน [28] การบรรจุเมล็ดข้าวในถุงประคบกระทำอย่างระมัดระวังโดยใช้เครื่องชั่งดิจิทัลที่มีความละเอียด เมล็ดข้าวแต่ละชนิดหนัก 100 ± 0.01 กรัม ในอัตราส่วน 1:1 แสดงในตารางที่ 1

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

การให้ความร้อนโดยใช้เตาไมโครเวฟ SAMSUNG รุ่น ME0113W1 ที่มีกำลังไฟฟ้า 850 วัตต์ ความถี่ 2.45 GHz การเลือกใช้ไมโครเวฟกำลังไฟฟ้านี้เนื่องจากมีการกระจายพลังงานสม่ำเสมอ ก่อนการทดลองทุกครั้งจะทำการตรวจสอบกำลังไฟฟ้าของไมโครเวฟด้วยวิธี water load test ตามมาตรฐาน IEC 60705 [30] โดยการให้ความร้อนกับน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิเริ่มต้น $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 นาที และคำนวณกำลังไฟฟ้าที่แท้จริงจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำ

การวางถุงประคบในไมโครเวฟ โดยวางตรงกลางจานหมุน เพื่อให้ได้รับการกระจายพลังงานไมโครเวฟที่สม่ำเสมอ ระยะเวลาการให้ความร้อน 2 นาที ถูกกำหนดจากการศึกษาเบื้องต้น (pilot study) ด้วยการวัดอุณหภูมิ 9 จุดในถุงประคบ พบว่าระยะเวลา 2 นาที ให้การกระจายความร้อนสม่ำเสมอ โดยผลต่างอุณหภูมิระหว่างจุดต่าง ๆ ไม่เกิน $\pm 3^{\circ}\text{C}$

การวัดอุณหภูมิใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทในแก้ว (mercury-in-glass thermometer) ที่มีช่วงการวัด -10°C ถึง 150°C ความละเอียด 0.5°C ตามมาตรฐาน ASTM E1 [30] การเลือกใช้เทอร์โมมิเตอร์ปรอทเนื่องจากมีความแม่นยำสูง เสถียรภาพดี และให้ผลการวัดที่สม่ำเสมอเมื่อเทียบกับเครื่องวัดอุณหภูมิดิจิทัล การควบคุมคุณภาพของเทอร์โมมิเตอร์โดยก่อนเริ่มการทดลองใช้จุดอ้างอิง (reference points) สองจุด คือ จุดหลอมเหลวของน้ำแข็ง (0°C) และจุดเดือดของน้ำกลั่น (100°C) ข้อผิดพลาดต้องไม่เกิน $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ทำซ้ำทุก 5 วันหรือหลังจากการใช้งาน 50 ครั้ง การทดลองดำเนินการในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม อุณหภูมิห้องที่ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 5\%$ ตลอดการทดลอง การควบคุมสภาพแวดล้อมเหล่านี้สำคัญต่อความแม่นยำของการวัดอุณหภูมิและการสูญเสียความร้อนของถุงประคบ

การทดลองแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การเตรียมตัวอย่าง การให้ความร้อน การวัดอุณหภูมิ และการบันทึกข้อมูล ก่อนเริ่มการทดลองแต่ละครั้ง ถุงประคบจะถูกเก็บไว้ในสภาพแวดล้อมเดียวกับห้องทดลอง เป็นเวลาอย่างน้อย 30 นาที เพื่อให้มีสมดุลทางความร้อนกับสิ่งแวดล้อม การให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ โดยวางถุงประคบในตำแหน่งกึ่งกลางของจานหมุน เปิดเครื่องไมโครเวฟที่กำลัง 850 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำถุงประคบออกมาทำการวัดอุณหภูมิทันที ด้วยการเสียบ

เทอร์โมมิเตอร์เข้าไปในกึ่งกลางของถุงประคบ เพื่อให้ได้อุณหภูมิแกนกลาง (core temperature) ที่แท้จริง การวัดอุณหภูมิทำทุก ๆ 1 นาที เป็นเวลา 15 นาที โดยแทงเทอร์โมมิเตอร์ลงไปในแต่ละตำแหน่งเดิมทุกครั้ง เพื่อความสม่ำเสมอของการวัด การอ่านค่าอุณหภูมิกระทำหลังจากที่เทอร์โมมิเตอร์คงที่เป็นเวลา 30 วินาที การทดลองดำเนินการในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และความชื้น $65 \pm 5\%$ ถุงประคบวางใส่ในกล่องฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนกระจายตัวออกสู่สิ่งแวดล้อม ทุกการทดลองทำซ้ำ 9 ครั้ง ($n=9$) ระหว่างการทดลองแต่ละซ้ำมีการพักเว้นระยะเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อให้อุปกรณ์และวัสดุกลับสู่อุณหภูมิห้อง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์เบื้องต้นใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) และช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% confidence interval) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเก็บกักความร้อนด้วย One-way ANOVA เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของถุงประคบระหว่างชนิดเมล็ดถั่วต่าง ๆ และเวลา (นาที) ต่าง ๆ การทดสอบเปรียบเทียบรายคู่ ด้วย Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($\alpha = 0.05$) โดยใช้โปรแกรม SPSS วิเคราะห์ผลทางสถิติ

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของถุงประคบร้อนที่บรรจุถั่วพืชตระกูลถั่วเขียวผสมกับเมล็ดถั่วชนิดอื่นสำหรับการศึกษาประสิทธิภาพการเก็บกักอุณหภูมิ

ถุงประคบที่	ชนิดธัญพืชตระกูลถั่วและน้ำหนัก	ชนิดธัญพืชตระกูลถั่วและน้ำหนัก
1	เมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม	เมล็ดถั่วพุ่ม 100 กรัม
2	เมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม	เมล็ดถั่วเหลือง 100 กรัม
3	เมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม	เมล็ดถั่วแปบ 100 กรัม
4	เมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม	เมล็ดถั่วขอ 100 กรัม
5	เมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม	เมล็ดถั่วลิสง 100 กรัม
6	เมล็ดถั่วเขียว 100 กรัม	เมล็ดถั่วแดงหลวง 100 กรัม



ภาพที่ 1 เมล็ดถั่วที่ใช้ในการวิจัย A ถั่วแดงหลวง, B ถั่วลิสง, C ถั่วขอ, D ถั่วแปบดำ, E ถั่วเขียว, F ถั่วพุ่ม และ G ถั่วเหลือง



ผลการวิจัย

ผลการเก็บกักอุณหภูมิของถุงประคบธัญพืชตระกูลถั่ว

ถุงประคบบรรจุธัญพืชเมล็ดถั่วเขียวเมื่อนำมาผสมกับเมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ ถุงละ 2 ชนิด ๆ ละ 100 กรัม เมื่อนำไปอบด้วยเครื่องไมโครเวฟที่กำลังความร้อน 850 วัตต์ เป็นเวลา 2 นาที จากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเก็บกักอุณหภูมิของถุงประคบร้อนที่บรรจุเมล็ดถั่วเขียวผสมกับเมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ เป็นเวลา 15 นาที พบว่าทุกการทดลองมีการเก็บกักความร้อนของถุงประคบชนิดต่าง ๆ ตลอดช่วงเวลา 15 นาที ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยถุงประคบที่บรรจุเมล็ดถั่วเขียวผสมถั่วพุ่มแสดงประสิทธิภาพการเก็บกักความร้อนดีที่สุด โดยมีอุณหภูมิสูงสุดที่ $68.00 \pm 0.70^{\circ}\text{C}$ ในนาทีแรก และยังคงรักษาอุณหภูมิได้ถึง $37.33 \pm 1.41^{\circ}\text{C}$ ในนาทีสุดท้าย รองลงมาคือ ถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วเหลืองมีประสิทธิภาพการเก็บกักความร้อนดี เริ่มต้นที่ $65.67 \pm 0.70^{\circ}\text{C}$ และลดลงเป็น $37.89 \pm 1.45^{\circ}\text{C}$ ซึ่งแสดงความเสถียรของการเก็บกักความร้อนที่ดี รองลงมาคือ ถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วแปบ เริ่มต้นที่ $63.33 \pm 1.00^{\circ}\text{C}$ และลดลงเป็น $33.67 \pm 1.00^{\circ}\text{C}$ รองลงมาคือ ถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วแดงหลวงมีประสิทธิภาพปานกลาง เริ่มต้นที่ $61.44 \pm 0.88^{\circ}\text{C}$ และลดลงเป็น $32.33 \pm 1.00^{\circ}\text{C}$ ส่วนถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วขอมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่ค่อนข้างน้อย เริ่มต้นที่ $62.78 \pm 0.66^{\circ}\text{C}$ และลดลงเป็น $36.22 \pm 1.39^{\circ}\text{C}$ ถั่วขอมและถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วลิสงมีประสิทธิภาพการเก็บกักความร้อนน้อยที่สุด เริ่มต้นที่ $63.67 \pm 0.86^{\circ}\text{C}$ และลดลงเป็น $29.67 \pm 1.00^{\circ}\text{C}$ แสดงผลในตารางที่ 2

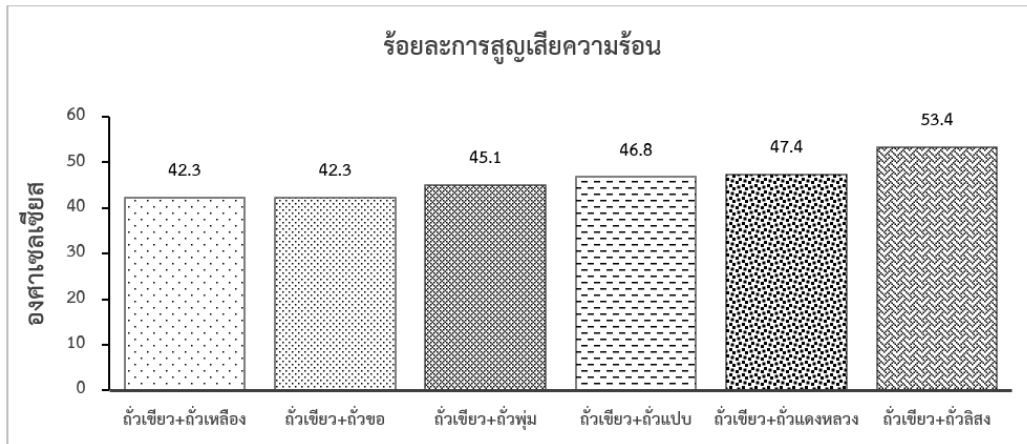
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานการเก็บกักอุณหภูมิของถุงประคบธัญพืชตระกูลถั่ว (n=9)

เวลา (นาที)	อุณหภูมิของธัญพืชตระกูลถั่ว (องศาเซลเซียส) (mean $\pm$ SD)					
	ถั่วเขียว+ถั่วพุ่ม	ถั่วเขียว+ถั่วเหลือง	ถั่วเขียว+ถั่วแปบ	ถั่วเขียว+ถั่วขอม	ถั่วเขียว+ถั่วลิสง	ถั่วเขียว+ถั่วแดง
T1	68.00 $\pm$ 0.70*	65.67 $\pm$ 0.70*	63.33 $\pm$ 1.00*	62.78 $\pm$ 0.66*	63.67 $\pm$ 0.86*	61.44 $\pm$ 0.88*
T2	67.33 $\pm$ 1.00*	64.56 $\pm$ 0.72*	62.44 $\pm$ 1.01*	61.67 $\pm$ 0.70*	62.67 $\pm$ 0.86*	60.67 $\pm$ 0.70*
T3	65.78 $\pm$ 1.30*	62.78 $\pm$ 0.66*	61.44 $\pm$ 1.01*	60.11 $\pm$ 0.78*	61.33 $\pm$ 1.00*	59.11 $\pm$ 0.78*
T4	63.33 $\pm$ 1.32*	61.11 $\pm$ 0.78*	59.67 $\pm$ 1.00*	58.44 $\pm$ 0.88*	59.78 $\pm$ 0.97*	58.89 $\pm$ 0.60*
T5	61.00 $\pm$ 0.68	59.22 $\pm$ 1.09*	57.67 $\pm$ 0.70*	56.89 $\pm$ 0.92*	56.89 $\pm$ 1.05*	56.33 $\pm$ 0.89*
T6	58.44 $\pm$ 0.88	57.44 $\pm$ 1.01*	55.00 $\pm$ 1.00*	54.44 $\pm$ 1.13*	53.78 $\pm$ 1.48*	53.78 $\pm$ 1.20*
T7	55.78 $\pm$ 0.97	55.44 $\pm$ 0.88*	51.78 $\pm$ 0.83*	51.89 $\pm$ 0.78*	51.00 $\pm$ 1.22*	51.33 $\pm$ 1.00*
T8	52.44 $\pm$ 1.01*	52.78 $\pm$ 0.97*	48.44 $\pm$ 0.88*	50.22 $\pm$ 0.88*	48.56 $\pm$ 1.30*	49.67 $\pm$ 1.00*
T9	50.11 $\pm$ 0.78*	50.56 $\pm$ 0.88*	45.33 $\pm$ 1.00*	48.33 $\pm$ 1.00*	45.67 $\pm$ 1.22*	47.22 $\pm$ 0.83*
T10	48.11 $\pm$ 1.05*	48.11 $\pm$ 0.92*	41.89 $\pm$ 1.05*	46.56 $\pm$ 1.13*	42.89 $\pm$ 1.16*	44.11 $\pm$ 1.26*
T11	45.78 $\pm$ 1.20*	46.22 $\pm$ 0.97*	40.22 $\pm$ 0.83*	44.00 $\pm$ 1.32*	40.22 $\pm$ 1.20*	41.33 $\pm$ 1.00*
T12	43.00 $\pm$ 1.22*	43.56 $\pm$ 1.01*	38.33 $\pm$ 1.00*	41.44 $\pm$ 1.23*	38.00 $\pm$ 1.22*	39.67 $\pm$ 1.00*
T13	40.30 $\pm$ 1.00*	41.11 $\pm$ 1.05*	37.00 $\pm$ 0.86*	39.56 $\pm$ 1.13*	35.33 $\pm$ 1.22*	38.11 $\pm$ 0.78*
T14	38.67 $\pm$ 1.32*	39.78 $\pm$ 0.97*	35.44 $\pm$ 0.88*	37.78 $\pm$ 1.20*	32.33 $\pm$ 1.22*	35.89 $\pm$ 0.78*
T15	37.33 $\pm$ 1.41	37.89 $\pm$ 1.45	33.67 $\pm$ 1.00*	36.22 $\pm$ 1.39*	29.67 $\pm$ 1.00*	32.33 $\pm$ 1.00*

* อุณหภูมิมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p < 0.05$

ร้อยละการสูญเสียความร้อนของถุงประคบธัญพืชตระกูลถั่ว

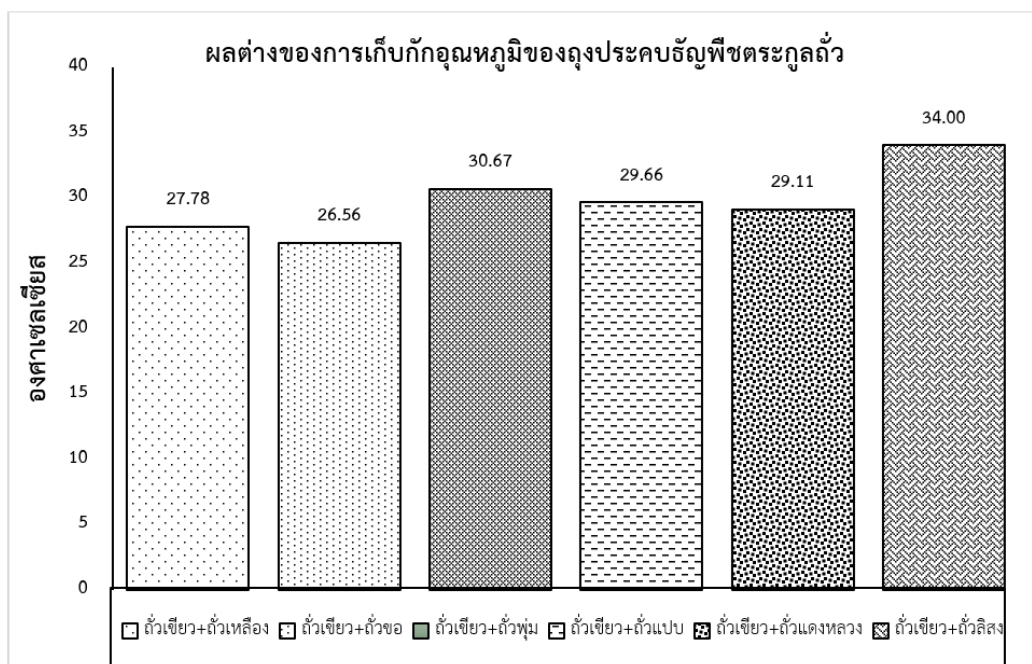
ผลการศึกษาร้อยละการสูญเสียความร้อนของถุงประคบธัญพืชตระกูลถั่วในระยะเวลา 15 นาที พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดเมล็ดถั่วที่ผสมกับถั่วเขียวและช่วงเวลาทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วลิสงมีการสูญเสียความร้อนสูงสุด (53.4%) รองลงมาคือ ถั่วแปบ (46.8%) ถั่วแดงหลวง (47.4%) และถั่วเหลืองมีการสูญเสียความร้อนน้อยที่สุด (42.3%) แสดงผลในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ร้อยละการสูญเสียความร้อนของถุงประคบธัญพืชตระกูลถั่ว

ผลต่างของการเก็บกักอุณหภูมิของถุงประคบธัญพืชตระกูลถั่ว

ผลต่างของการเก็บกักอุณหภูมิของถุงประคบธัญพืชตระกูลถั่ว พบว่าการเปรียบเทียบผลต่างของการเก็บกักอุณหภูมิระหว่างถุงประคบธัญพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดเป็นระยะเวลา 15 นาที พบว่าถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วขาว มีผลต่างการเก็บกักอุณหภูมิน้อยที่สุดจากอุณหภูมิเริ่มต้นเฉลี่ยในนาที่ที่ 1 ถึง 15 มีค่าเท่ากับ 26.56°C รองลงมาคือ ถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วเหลือง (27.78°C) ถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วแดงหลวง (29.11°C) ถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วแปบ (29.66°C) ถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วพุ่ม (30.67°C) และถุงประคบถั่วเขียวผสมถั่วลิสงมีผลต่างการเก็บกักอุณหภูมิมากที่สุด (34.00°C) ตามลำดับ แสดงผลในภาพที่ 3

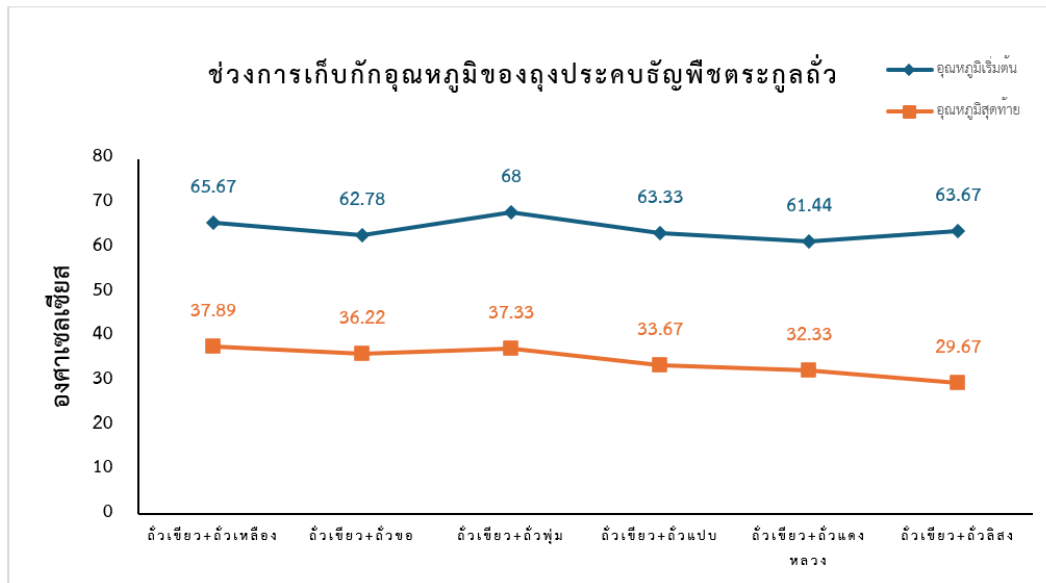


ภาพที่ 3 ผลต่างของการเก็บกักอุณหภูมิของถุงประคบธัญพืชตระกูลถั่วในช่วงระยะเวลา 15 นาที



ผลของช่วงการเก็บกักอุณหภูมิของอุ้งประคบธัญพืชตระกูลถั่วจากอุณหภูมิเริ่มต้นจนถึงอุณหภูมิสุดท้าย

ผลการวิเคราะห์ช่วงการเก็บกักอุณหภูมิ ระยะเวลา 15 นาที พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อุ้งประคบถั่วเขียวผสมถั่วลิสงมีช่วงการเก็บกักอุณหภูมิกว้างที่สุด โดยมีอุณหภูมิลดลงจาก $63.67 \pm 0.86^{\circ}\text{C}$ เป็น $29.67 \pm 1.00^{\circ}\text{C}$ คิดเป็นช่วงการเก็บกัก 34.00°C รองลงมาคือ ถั่วเขียวผสมถั่วพุ่ม (30.67°C) ถั่วเขียวผสมถั่วแปบ (29.66°C) ถั่วเขียวผสมถั่วแดงหลวง (29.11°C) ถั่วเขียวผสมถั่วเหลือง (27.78°C) และถั่วเขียวผสมถั่วหอมมีช่วงการเก็บกักอุณหภูมิแคบที่สุด (26.56°C) ตามลำดับ การเปรียบเทียบรายคู่พบว่าอุ้งประคบถั่วเขียวผสมถั่วขอและถั่วเขียวผสมถั่วเหลืองมีช่วงการเก็บกักอุณหภูมิแคบกว่าอุ้งประคบชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงผลในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลของช่วงการเก็บกักอุณหภูมิของอุ้งประคบธัญพืชตระกูลถั่วระยะเวลา 15 นาที

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการเก็บกักความร้อนระหว่างธัญพืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ ซึ่งสะท้อนถึงคุณสมบัติทางกายภาพเฉพาะของแต่ละสายพันธุ์ที่มีผลต่อการประยุกต์ใช้ในการแพทย์แผนไทย ผลการวิจัยพบว่าอุ้งประคบถั่วเขียวผสมถั่วพุ่มมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Ravikanth และคณะ [17] ที่ระบุว่าถั่วเขียวมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ และค่าการนำความร้อนที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณความชื้นและอุณหภูมิ โดยมีค่าความจุความร้อนจำเพาะอยู่ระหว่าง $1.63\text{--}2.45 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}^{-1}$ และค่าการนำความร้อนอยู่ระหว่าง $0.092\text{--}0.141 \text{ W/mK}$ เมื่อความชื้นเพิ่มจาก 9.9% เป็น 18.3% และอุณหภูมิเพิ่มจาก 10°C เป็น 50°C คุณสมบัติเหล่านี้ช่วยให้ถั่วเขียวสามารถดูดซับและปล่อยความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ [17] สอดคล้องกับการศึกษาของ Arku และคณะ [16] ที่ระบุว่าธัญพืชตระกูลถั่วมีคุณสมบัติในการรักษารูปทรงเมื่อได้รับความร้อน ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการบำบัด และมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้นอกจากนี้ โครงสร้างของถั่วพุ่มมีการกระจายตัวของแป้งและโปรตีนอย่างสม่ำเสมอส่งเสริมให้เกิดการเก็บกักความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่อุ้งประคบถั่วเขียวผสมถั่วลิสงแสดงประสิทธิภาพน้อยที่สุดนั้นอาจเป็นผลมาจากคุณสมบัติทางกายภาพของถั่วลิสง มีการกระจายความร้อน (thermal diffusivity) สูง ซึ่งแม้จะช่วยให้ความร้อนกระจายตัวได้เร็วภายในเมล็ด แต่กลับทำให้การสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นได้เร็วตามไปด้วย [27] นอกจากนี้แม้ว่าผู้วิจัยจะคัดเลือกเฉพาะเมล็ดที่มีความสมบูรณ์ ไม่แตกหัก ไม่เสียหาย และไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อโรค แต่รูปร่างและขนาดที่หลากหลายตามธรรมชาติของถั่วลิสงยังคงส่งผลให้เกิดช่องว่างของอากาศมากขึ้นเมื่อบรรจุในอุ้งประคบ ซึ่งเพิ่มการสูญเสียความร้อนผ่านการพาความร้อน (convection) และการแผ่รังสี (radiation) การที่อุ้งประคบถั่วเขียวผสมถั่วพุ่มสามารถรักษาอุณหภูมิในช่วง $40\text{--}45^{\circ}\text{C}$ ได้นาน

ถึง 12.5 นาที่ นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากช่วงอุณหภูมิดังกล่าวเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการบำบัดอาการปวดกล้ามเนื้อด้วยความร้อน (thermotherapy) ตามหลักการทางกายภาพบำบัด [2] ในช่วงอุณหภูมิดังกล่าวความร้อนจะกระตุ้นการขยายตัวของหลอดเลือด (vasodilation) เพิ่มการไหลเวียนของเลือด และส่งเสริมการเผาผลาญ (metabolic activity) โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อ [7] การศึกษาของ Petrofsky และคณะ [7] ที่วิเคราะห์ประสิทธิภาพของความร้อนขึ้นเปรียบเทียบกับความร้อนแห้งในการบำบัดอาการปวดกล้ามเนื้อ พบว่าการประยุกต์ใช้ความร้อนในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสามารถส่งผลต่ออาการปวดและการเคลื่อนไหวได้อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าการผสมเมล็ดถั่วที่เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักความร้อนในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการบำบัด สอดคล้องกับการศึกษาของ Matouk และคณะ [11] ที่วิเคราะห์ความจุความร้อนจำเพาะของถั่ว $1.57\text{--}2.45 \text{ kJ/kg}^{-1}\text{C}^{-1}$ นอกจากนี้โครงสร้างโปรตีนและแป้งในถั่วยังมีปฏิสัมพันธ์กันผ่านแรงยึดเหนี่ยว hydrophobic และการเกิดเจล เมื่อได้รับความร้อน ส่งผลให้เกิดโครงสร้างที่สามารถกักเก็บน้ำและความร้อนได้ดี ทำให้เก็บกักความร้อนและรักษาอุณหภูมิได้นานขึ้น [18] งานวิจัยก่อนหน้านี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการประคบสมุนไพรไทยในการลดอาการปวดได้อย่างมีประสิทธิภาพ [5] การวิจัยนี้ทำให้ได้ข้อมูลทางวิชาการสำคัญที่การศึกษาก่อนหน้านี้มุ่งเน้นเฉพาะคุณสมบัติทางเภสัชกรรมของสมุนไพร โดยให้ความสำคัญกับคุณสมบัติทางกายภาพของตัวกลางในการเก็บกักความร้อนน้อย การศึกษาการเลือกใช้วัสดุธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเก็บกักความร้อนจึงมีความสำคัญต่อการบำบัด

การวิจัยครั้งนี้สร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับการใช้ธัญพืชตระกูลถั่วเป็นสื่อเก็บกักความร้อน โดยผลการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาอุปกรณ์ประคบร้อนเชิงพาณิชย์โดยใช้ถั่วเขียวผสมถั่วพุ่มเป็นสื่อเก็บกักความร้อนหลัก การบูรณาการ ภูมิปัญญาดั้งเดิมเข้ากับความรู้ทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่เป็นตัวอย่างการพัฒนาองค์ความรู้ที่ยั่งยืนที่สร้างประโยชน์ทั้งทางวิชาการ เศรษฐกิจ และสังคม ผลการวิจัยยังเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาและยกระดับการแพทย์แผนไทยให้มีมาตรฐานเทียบเท่าสากล พร้อมทั้งเป็นรากฐานในการสร้างนวัตกรรมสุขภาพที่มีเอกลักษณ์ความเป็นไทย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการเปรียบเทียบกับสื่อเก็บกักความร้อนที่ใช้กันทั่วไป เช่น เจลซิลิกา rice sock หรือ hot water bottle เพื่อให้เห็นข้อได้เปรียบที่ชัดเจน
2. ควรทำการประเมินความปลอดภัยในการใช้งานจริงและประสิทธิผลทางคลินิก

เอกสารอ้างอิง

1. Daga H, Raval S, Toshikhane H, Jethava N. Material and methods of different heat therapy. World J Pharm Res 2019;8(13):152-68.
2. Chou R, Gordon DB, de Leon-Casasola OA, Rosenberg JM, Bickler S, Brennan T, et al. Management of postoperative pain: A clinical practice guideline from the American pain society, the American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, and the American Society of Anesthesiologists' committee on regional anesthesia, executive committee, and administrative council. J Pain 2016;17:131-57.
3. Brewer GJ, Chen M, Rodriguez K. The science of heat therapy. Biomedical Odyssey [Internet]. 2023 [cited 2025 May 27]. Available from: <https://biomedicalodyssey.blogs.hopkinsmedicine.org/2023/12/the-science-of-heat-therapy/>
4. กระทรวงการต่างประเทศ. นวดไทย ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ขององค์การยูเนสโก [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 27 พ.ค. 258]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.mfa.go.th/th/content/113200-“นวดไทย”-ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดกวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ขององค์การยูเนสโก%3Fpage=5d5bd3c915e39c306002a90d&menu=5d5bd3c915e39c306002a90e>



5. Ayurah. Thai herbal compress massage for herbal healing. Ayurah Spa & Wellness Centre [Internet]. 2023 [cited 2025 May 27]. Available from: <https://www.aleenta.com/blog/thai-herbal-compress-massage-for-herbal-healing/>
6. How to make a warm compress at home and when to use it. Healthline [Internet]. 2023 [cited 2025 May 27]. Available from: <https://www.healthline.com/health/how-to-make-a-warm-compress>
7. Petrofsky J, Berk L, Bains G, Khowailed IA, Hui T, Granado M, et al. Moist heat or dry heat for delayed onset muscle soreness. J Clin Med Res 2013;5(6):416-25.
8. Healthline. Hot and cold packs A thermochemistry activity. Carolina Biological Supply [Internet]. 2024 [cited 2025 May 27]. Available from: <https://www.carolina.com/teacher-resources/Interactive/hot-and-cold-packs-a-thermochemistry-activity/tr29415.tr>
9. Lee G. Evidence-Based Strategies for Warm Compress Therapy in Meibomian Gland Dysfunction. Ophthalmol Ther 2024;13:2481-93.
10. Chan KY, Tsai WC, Chiang CY, Sheu ML, Huang CY, Tsai YC, et al. Ameliorative Potential of Hot Compress on Sciatic Nerve Pain in Chronic Constriction Injury-Induced Rat Model. Front Synaptic Neurosci 2022;14: 1-12.
11. Matouk A, El-Kholy M, Tharwat A, Shamala S. Thermal Properties of some Legume Seeds. j soil sci agric eng 2018;9(7):261-7.
12. Adeyanju J, Abioye A, Adekunle A, Ajala A, Oloyede A, Afolayan E. Assessment of Physical and Thermal Properties of Velvet Bean (*Mucuna pruriens*) as Potentials for Development of Processing Machines. FUOYE J Eng Technol 2022;7(2):122-5.
13. Ge J, Sun C, Chang Y, Li S, Zhang Y, Fang Y. Understanding the differences in heat-induced gel properties of twelve legume proteins: A comparative study. Food Res Int 2022;163:112134.
14. Fasina O, Tyler B, Pickard M, Zheng G, Wang N. Effect of infrared heating on the properties of legume seeds. Int J Food Sci Technol 2001;36:79-90.
15. Ricci L, Umiltà E, Righetti M, Messina T, Zurlini C, Montanari A, et al. On the thermal behavior of protein isolated from different legumes investigated by DSC and TGA. J Sci Food Agric 2018;98(14):5368-77.
16. Arku AY, Aviara NA, Ahamefula SC. Specific heat of selected legumes and cereal grains grown in North Eastern Nigeria. Arid Zone J Eng Technol Environn 2012;8:105-44.
17. Ravikanth L, Jayas D, Alagusundaram K, Chelladurai V. Measurement of thermal properties of mung bean (*Vigna radiata*). Transactions of the ASABE 2012;55: 2245-50.
18. Gu Y, Chen B, Xu R, Liu T, Huangfu J, Zhou F, et al. Effects of heat treatment at different moisture of mung bean flour on the structural, gelation and in vitro digestive properties of starch. Food chemistry 2024;443:1-11.
19. องค์การสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ข้อมูลทรัพยากร : สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2567. [อินเทอร์เน็ต]. 2567 [เข้าถึงเมื่อ 27 พ.ค. 2568]. เข้าถึงได้จาก: <https://data.go.th/dataset/dataoae3101>



20. Jongdee S, Fukai S, Cooper M. Identification of superior soybean cultivars through the indication of specific adaptabilities within duo-environments for year-round soybean production in Northeast Thailand. *Agronomy* 2021;11(3):585.
21. How to make a warm compress: Wet and dry options. Verywell Health [Internet]. 2024 [cited 2025 May 27]. Available from: <https://www.verywellhealth.com/how-to-make-a-warm-compress-8706876>
22. ไอลดา ชินทร์นัลย์, มารศรี เกตุสรีระ, น้ำทิพย์ สาสีพวง. ประสิทธิภาพของถุงร้อนธัญพืชในการเตรียมอุณหภูมิและเก็บรักษาอุณหภูมิ. *TUH Journal online* 2564;6(3):1-11.
23. Liu Y, Li J, Zhu Y, Jones A, Rose R, Song Y. Heat Stress in Legume Seed Setting: Effects, Causes, and Future Prospects. *Front.Plant Sci* 2019;10:938.
24. Dutta A, Trivedi A, Nath C, Gupta D, Hazra K. A comprehensive review on grain legumes as climate-smart crops: challenges and prospects. *Environ Chall* 2022;7:1-13.
25. Allen E, Alvarez S. International Rules for Seed Testing 2020; The International Seed Testing Association: Bassersdorf, Switzerland, 2020.
26. Rishi A, Huff K, Han S, Mai T, Zhao Y, Jang Y, et al. Validation of the Atlas™ Campylobacter Detection Assay: AOAC Performance Tested Method SM 032101. *Journal of AOAC International* 2021;104(6):1620-33.
27. Branković-Radojčić D, Milivojević M, Petrović T. Differences in national and international seed testing rules. *Selekcija i semenarstvo* 2023;29(2):25-38.
28. Tang J, Feng H, Lau M. Microwave heating in food processing. In: Sun DW, editor. Thermal food processing: new technologies and quality issues. Boca Raton: CRC Press; 2006.
29. FDA U.S. Food and Drug Administration. Microwave Ovens [Internet]. 2023 [cited 2025 May 27]. Available from: [https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/resources-you-radiation-emitting-products/microwave-ovens#:~:text=Microwave%20Oven%20Safety%20Standard,-Through%20its%20Center&text=A%20Federal%20standard%20\(21%20CFR,level%20known%20to%20harm%20people](https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/resources-you-radiation-emitting-products/microwave-ovens#:~:text=Microwave%20Oven%20Safety%20Standard,-Through%20its%20Center&text=A%20Federal%20standard%20(21%20CFR,level%20known%20to%20harm%20people).
30. ASTM E1-14 (2020). Standard specification for ASTM liquid-in-glass thermometers. West Conshohocken, PA: ASTM International; 2020.