

Research article

Using of High-Pressure Processing Technology Compared with Thermal Processing on vitamin B and Protein Contents of Barhi and Khonaizi Varieties Date Palm Juice

Chattraya Ngamlerst¹, Supunnika Kosum¹, Nantawan Chomshome¹,
Natnicha Promyos², Apanchanid Thepouyporn², Kamparnart Kaewyai^{2*}

¹*Department of Food and Nutrition, Faculty of Home economics technology,*

Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand

²*Department of Tropical Nutrition and Food Science, Faculty of Tropical Medicine,*

Mahidol University, Bangkok, Thailand

ABSTRACT

High-pressure processing (HPP) is non-thermal processing, therefore it can preserve the nutritional value of the food better than thermal processing. The purpose of this study was to study and compare the vitamin B and protein contents in date palm fruit juice of Barhi and Khonaizi cultivars that were subjected to HPP and thermal processing. According to the results, vitamin B contents were measured using high-performance liquid chromatography (HPLC) It was found that the vitamin B contents of Khonaizi date palm fruit juice (0.5 – 5.4 mg/L) were higher than that of Barhi variety (0.3 – 4.9 mg/L). After HPP, the vitamin B content is similar to untreated date palm juice. However, when using thermal processing the amount of vitamin B was significantly higher as compared to HPP and untreated date palm juice. The water-soluble protein content of Khonaizi date palm juice (8.4 – 10.8 mg/mL) was higher than that of Barhi variety (5.0 – 6.3 mg/mL). The use of HPP resulted in no significant change in protein content in Barhi date palm juice but the protein content of Barhi date palm juice was significantly decreased ($p < 0.05$) when using a heating process.

Key words: Date Palm; High-pressure processing; Vitamin B

Received: 12 December 2023

Accepted: 1 April 2024

Available online: 7 April 2024

*Corresponding author's email: kamparnart.kae@mahidol.ac.th



บทความวิจัย

การใช้เทคโนโลยีการแปรรูปด้วยความดันสูงเปรียบเทียบกับกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนต่อปริมาณวิตามินบีและโปรตีนของน้ำอินทผลัมสายพันธุ์บาฮีและโคโนซี่

นัตริยา งามเลิศ¹ สุพรรณิการ์ โกสุม¹ นันทวัน ชมโนม¹

ณัฐนิชา พรหมยศ² อาพันธ์ชนิต เทพอวยพร² กัมปนาท แก้วใหญ่*

¹สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

²ภาควิชาโภชนศาสตร์เขตร้อนและวิทยาศาสตร์อาหาร คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

กระบวนการแปรรูปด้วยความดันสูงเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อนในการแปรรูปจึงสามารถรักษาคคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไว้ได้มากกว่ากระบวนการแปรรูปที่ใช้ความร้อน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณวิตามินบีและปริมาณโปรตีนในน้ำอินทผลัมสายพันธุ์บาฮีและโคโนซี่ที่ผ่านความดันสูงและความร้อน จากการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบีด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง พบว่าน้ำอินทผลัมสายพันธุ์โคโนซี่ (0.5 – 5.4 มิลลิกรัมต่อลิตร) มีปริมาณวิตามินบีสูงกว่าสายพันธุ์บาฮี (0.3 – 4.9 มิลลิกรัมต่อลิตร) และเมื่อนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความดันสูงปริมาณวิตามินบีใกล้เคียงกับน้ำอินทผลัมที่ไม่ผ่านการแปรรูป แต่เมื่อนำน้ำอินทผลัมไปผ่านการแปรรูปด้วยความร้อน พบว่าปริมาณวิตามินบีสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ของน้ำอินทผลัมสายพันธุ์โคโนซี่ (8.4 – 10.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) มีปริมาณสูงกว่าสายพันธุ์บาฮี (5.0 – 6.3 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร) การใช้ความดันสูงในการแปรรูปส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในน้ำอินทผลัมสายพันธุ์บาฮีไม่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนปริมาณโปรตีนของน้ำอินทผลัมสายพันธุ์บาฮีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำอินทผลัมสด

คำสำคัญ: อินทผลัม, การแปรรูปด้วยความดันสูง, วิตามินบี

บทนำ

Phoenix dactylifera L. หรือ อินทผาลัม (Date palm) เป็นพืชในวงศ์ Arecaceae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบตะวันออกกลาง พื้นที่แถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนและทวีปเอเชีย อินทผาลัมจัดเป็นผลไม้สำคัญทางเศรษฐกิจที่มีความต้องการของตลาดสูง และปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมจากเกษตรกรไทยเป็นอย่างมาก อินทผาลัมมีหลายสายพันธุ์ เช่น สายพันธุ์บาฮี ลักษณะของผลเป็นทรงกลมรี มีสีเหลืองทอง มีรสชาติหวาน ฝาดเล็กน้อย และสายพันธุ์โคไนซี ลักษณะของผลเป็นทรงค่อนข้างรี มีสีแดงเข้ม รสชาติหวานและมีความฝาด อินทผาลัมจัดเป็นกลุ่มของผลไม้ที่ให้คุณค่าทางโภชนาการสูง มีค่าดัชนีน้ำตาลในเลือดต่ำ และเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตพบประมาณ 70% ของสารอาหารทั้งหมด โดยอยู่ในรูปของฟรุกโตสและกลูโคส¹ การศึกษาวิจัยก่อนหน้านี้พบว่า การบริโภคอินทผาลัมหลังอาหารช่วยรักษาระดับน้ำตาลในเลือดได้² นอกจากนี้อินทผาลัมยังอุดมไปด้วยเส้นใยอาหาร โปรตีน แร่ธาตุ (แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม ซีลีเนียม ทองแดง ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม สังกะสี ซัลเฟอร์ โคบอลต์ แมงกานีส ฟลูออรีน และโบรอน) วิตามินบี 1 (ไทอามีน) วิตามินบี 2 (ไรโบฟลาวิน) วิตามินบี 3 (ไนอะซิน) วิตามินบี 5 (กรดแพนโทเทนิค) วิตามินบี 6 (ไพริดอกซีน) และวิตามินบี 9 (โฟเลต)³ อินทผาลัมมีประโยชน์ในเชิงสุขภาพมากมาย เช่น การต้านอนุมูลอิสระ การยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย การต้านกระบวนการอักเสบ การลดระดับน้ำตาลในเลือด การลดระดับไขมันในเลือด การปกป้องเซลล์ประสาท และการต้านมะเร็ง เป็นต้น⁴ กระบวนการแปรรูปด้วยความดันสูง (High Pressure Processing, HPP) เป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อนในการแปรรูป โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงความดันไปจากความดันบรรยากาศ อาหารจะได้รับความดันเท่ากันทุกจุดผ่านตัวกลางคือน้ำ ส่งผลให้ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในอาหารได้ จึงทำให้คุณภาพของอาหารใกล้เคียงกับอาหารสด และรักษากลิ่นรสของอาหารไว้ได้⁵ การทดลองของ Usaga และคณะ (2021)⁶

พบว่า การใช้ความดันสูงที่ระดับ 600 MPa เป็นเวลา 3 นาที เพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *E. coli* *Salmonella enterica* และ *Listeria monocytogenes* ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยในผลิตภัณฑ์น้ำแอปเปิ้ล⁶ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Wu และคณะ (2021)⁷ พบว่าการใช้ความดันสูงที่ระดับ 500 MPa เป็นเวลา 10 นาที ในน้ำสับปะรด พบว่า HPP ไม่เพียงแต่ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ แต่ยังคงรักษารสชาติ และสีของน้ำสับปะรดไว้ได้ใกล้เคียงกับน้ำคั้นสดอีกด้วย⁷ Song และคณะ (2022)⁸ ได้รายงานไว้ว่า เมื่อใช้ HPP เปรียบเทียบกับการใช้ความร้อนในการแปรรูปในผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้และสมุนไพรพบว่า HPP ส่งผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ดีกว่าการใช้ความร้อนในการแปรรูป และผลิตภัณฑ์มีคุณภาพใกล้เคียงกับน้ำผลไม้คั้นสดมากที่สุด⁸ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้ความดันสูงเปรียบเทียบกับกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนต่อคุณค่าทางโภชนาการของน้ำอินทผาลัมสายพันธุ์บาฮีและโคไนซี

วิธีการวิจัย

รูปแบบการศึกษา

การศึกษานี้ครั้งนีวางแผนการทดลองแบบแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) โดยกำหนดตัวแปรต้นคืออินทผาลัมสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน และวิธีการแปรรูปที่แตกต่างกัน ตัวแปรตามคือ ปริมาณวิตามินบีและปริมาณโปรตีน

การเตรียมน้ำอินทผาลัม

อินทผาลัมผลสุกสายพันธุ์บาฮีและโคไนซีได้รับมาจากสวนบริเวณอำเภอดงศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี นำมาล้างทำความสะอาดจากนั้นผ่าครึ่งเพื่อนำเมล็ดออก นำผลอินทผาลัมไปปั่นกับน้ำสะอาด (Milli-Q water type I) ให้ละเอียดด้วยอัตราส่วน 1:1 (อินทผาลัม:น้ำ) กรองด้วยผ้าที่มีขนาด 100 mesh จะได้น้ำอินทผาลัมสดที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 15 องศาบริกซ์ นำน้ำอินทผาลัมบรรจุใส่ขวดพลาสติก



ที่ปิดฝาแน่นไปผ่านกระบวนการให้ความดันสูงที่ 400 และ 600 MPa (BaoTou KeFa High-pressure Technology, ประเทศจีน) เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และนำน้ำอินทผลัมอีกส่วนไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นบรรจุในขวดแล้วทำให้เย็นลงทันทีโดยการแช่อย่างน้ำแข็งจนกระทั่งมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เก็บรักษาน้ำอินทผลัมทั้งหมดที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป

การวิเคราะห์วิตามินบี ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

ในการวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของวิตามินบีในน้ำอินทผลัมทั้งสองชนิดทำได้ด้วยวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีของ Joseph และคณะ (2011)⁹ และ Chen และ Li (2001)¹⁰ โดยการนำน้ำอินทผลัมที่คั้นได้มาผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman No.1) เพื่อกำจัดตะกอนและสารแขวนลอยต่าง ๆ ที่อยู่ในตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างมากรองด้วย Syringe filter ชนิด Nylon ขนาดรูพรุน 0.22 ไมโครเมตร และนำสารละลายส่วนใสที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง High performance liquid chromatography แบบ Reverse phase (RP-HPLC) ด้วยคอลัมน์ชนิด C18 โดยทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ของแต่ละสายพันธุ์ในแต่ละประเภทการแปรรูป โดยสารที่ต้องการวิเคราะห์จะถูกตรวจวัดด้วยส่วนตรวจวัด (Detector) ชนิด UV-Visible spectrophotometer (Thermo Fisher Scientific, USA) ที่ความยาวคลื่น 210, 260, 290 และ 360 นาโนเมตร และถูกคำนวณหาปริมาณของวิตามินบีโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานวิตามินบีแต่ละชนิด (Sigma-Aldrich, USA; TCI, Japan) จากการทวนสอบวิธีการวิเคราะห์ (Method verification) และทำการตรวจสอบการใช้ได้ของวิธีทดสอบ (Method validation) ตามคู่มือมาตรฐาน AOAC¹¹ และ EURACHEM¹² เพื่อเป็นการยืนยันว่าวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ในการทำวิจัยนั้นมีความถูกต้อง (Accuracy) และความเที่ยง (Precision) เป็นไปตาม

คุณสมบัติที่ได้กล่าวไว้ของวิธีการวิเคราะห์นั้น ๆ โดยค่าความเป็นเส้นตรงของวิธีดังกล่าวหลังการทวนสอบวิธีการวิเคราะห์อยู่ในช่วง 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ถึง 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับค่าขีดจำกัดของการตรวจวัด (Limit of detection; LOD) และขีดจำกัดของการวัดเชิงปริมาณ (Limit of quantitation; LOQ) เท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อมีการทวนสอบความถูกต้องและความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์ด้วยวิธี Fortified sample มีค่าร้อยละการวิเคราะห์คืนกลับอยู่ในช่วงเกณฑ์การยอมรับที่ 80 – 110 และความเที่ยงของวิธีการวิเคราะห์น้อยกว่า 22.0 %Relative Standard Deviation (%RSD) ด้วยเหตุนี้จึงเห็นว่าผลการตรวจสอบการใช้ได้ของวิธีทดสอบ แสดงให้เห็นว่าวิธีดังกล่าวมีความถูกต้อง แม่นยำ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ต่อไปได้

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

นำน้ำอินทผลัมส่วนใสปริมาตร 2 ไมโครลิตร ไปวัดปริมาณโปรตีนด้วยเครื่อง NanoDropTM 2000c Spectrophotometer Thermo scientific ที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร โดยใช้ Milli-Q water type I ปริมาตร 2 ไมโครลิตร เป็น blank ตามวิธีของ Desjardins et al. (2009)¹³

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการคำนวณค่าองค์ประกอบทางเคมีของน้ำอินทผลัมแสดงค่าในรูปของค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความแตกต่างของคุณค่าทางโภชนาการระหว่างน้ำอินทผลัมแต่ละชนิด ด้วยสถิติ Paired Sample t-test และวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละกระบวนการแปรรูปด้วยวิธี Duncan กำหนดค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS สำหรับ Window version 23

ผลการศึกษา

การวิเคราะห์วิตามินบี

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและปริมาณของวิตามินบี ในน้ำอินทผลัมทั้งสองสายพันธุ์ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า น้ำอินทผลัมทั้งสองชนิดประกอบด้วยวิตามิน บี1 บี2 บี3 ในขณะที่วิตามินบี5 จะพบเฉพาะสายพันธุ์โคโนซีเท่านั้น นอกจากนี้ปริมาณวิตามินบี1 และบี2 ของสายพันธุ์บาฮีในทุก ๆ ทรีตเมนต์มีค่าต่ำกว่าสายพันธุ์โคโนซีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยิ่งไปกว่านั้น ปริมาณวิตามิน บี3 ในสายพันธุ์โคโนซีสูงกว่าสายพันธุ์บาฮีอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อมีการใช้กระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกันพบว่า การใช้ความร้อนทำให้น้ำอินทผลัมมีปริมาณของวิตามินบีสูงกว่าการใช้ความดันสูง ที่ 600 MPa และ 400 MPa ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ปริมาณวิตามินบีแต่ละชนิดเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนหรือความดันสูงจะทำให้ปริมาณของวิตามินที่วิเคราะห์ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.001$)

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณโปรตีนของน้ำอินทผลัมสายพันธุ์บาฮีอยู่ระหว่าง 5.03 - 6.29 mg/ml ในขณะที่ปริมาณโปรตีนของน้ำอินทผลัมสายพันธุ์โคโนซีอยู่ระหว่าง 8.40-10.78 mg/ml จะเห็นได้ว่าอินทผลัมสายพันธุ์โคโนซีมีปริมาณโปรตีนมากกว่าสายพันธุ์บาฮีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อนำน้ำอินทผลัมไปผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความดันสูง ที่ 400-600 MPa เป็นเวลา 10 นาที พบว่าปริมาณโปรตีนของน้ำอินทผลัมสายพันธุ์บาฮีไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ปริมาณโปรตีนของน้ำอินทผลัมสายพันธุ์โคโนซีสูงขึ้น แต่เมื่อนำน้ำอินทผลัมไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที พบว่าปริมาณโปรตีนของน้ำอินทผลัมสายพันธุ์บาฮิลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำอินทผลัมสด แต่ปริมาณโปรตีนของน้ำอินทผลัมสายพันธุ์โคโนซีสูงขึ้น

วิจารณ์ผลการศึกษา

เนื่องจากกระบวนการให้ความร้อนทำให้สารสำคัญที่ละลายน้ำได้ออกมาได้มากกว่ากระบวนการแปรรูปด้วยความความดันสูงจึงส่งผลให้น้ำอินทผลัมที่ผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนมีปริมาณวิตามินต่าง ๆ สูงกว่าน้ำอินทผลัมที่ไม่ผ่านการแปรรูปหรือผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความดันสูง งานวิจัยของ Papoutsis และคณะ (2018)¹⁴ ได้แสดงให้เห็นว่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที แก่น้ำเลมอน ทำให้สกัดสารสำคัญออกมาจากเนื้อเยื่อของผลไม้ได้มาก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Stübler และคณะ (2020)¹⁵ ที่บ่งชี้ว่า การให้ความร้อนแก่น้ำสตอเบอรี่ผสมผักเคลส่งผลให้ปริมาณสารสำคัญเช่น สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าการใช้ความดันในการแปรรูป ปริมาณโปรตีนในน้ำอินทผลัมสายพันธุ์บาฮีไม่เปลี่ยนแปลงภายหลังผ่านการแปรรูปด้วยความดันแต่เมื่อใช้ความร้อนในการแปรรูปส่งผลให้โปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการใช้ความร้อนในการแปรรูปอาหารส่งผลให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพจับกลุ่มกันและตกตะกอนอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Bartova และ Barta (2008)¹⁶ พบว่า เมื่อให้ความร้อน (25-70 องศาเซลเซียส) แก่น้ำมันฝรั่ง (potato fruit juice) ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้จะลดลงในขณะที่ปริมาณโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำมีปริมาณมากขึ้น สอดคล้องกับผลจาก SDS-PAGE แสดงให้เห็นชัดว่า band โปรตีนค่อย ๆ หายไปเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณโปรตีนในน้ำอินทผลัมสายพันธุ์โคโนซีสูงขึ้นเล็กน้อยภายหลังผ่านการแปรรูปด้วยความดัน และเมื่อผ่านกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อนพบว่าปริมาณโปรตีนที่วัดได้จากเครื่อง NanoDrop™ มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องมาจากอาจมีสารสำคัญปริมาณมากพอที่ไปรบกวนการดูดกลืนแสงในช่วง 280 นาโนเมตร เช่น สารประกอบฟีนอลิก หรือสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่มี aromatic ring ในโครงสร้าง¹⁷



ตารางที่ 1 ปริมาณวิตามิน บี ในตัวอย่างน้ำอินทผลัม 2 สายพันธุ์ และกระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกัน

วิตามิน	ความเข้มข้น (mg/L)				p-value
	Untreated	ความร้อน	ความดัน 400 MPa	ความดัน 600 MPa	
สายพันธุ์บาฮี					
วิตามินบี 1	0.80±0.002 ^{aA}	0.79±0.015 ^{aA}	0.73±0.003 ^{bA}	0.79±0.004 ^{aA}	< 0.001
วิตามินบี 2	3.04±0.005 ^{dA}	4.85±0.005 ^{aA}	3.49±0.003 ^{cA}	4.49±0.004 ^{bA}	< 0.001
วิตามินบี 3	0.28±0.002 ^{cA}	0.45±0.008 ^{aA}	0.26±0.004 ^{dA}	0.31±0.004 ^{bA}	< 0.001
วิตามินบี 5	ND	ND	ND	ND	-
สายพันธุ์โคไนซี่					
วิตามินบี 1	0.89±0.007 ^{aB}	0.84±0.005 ^{cB}	0.81±0.007 ^{dB}	0.86±0.005 ^{bB}	< 0.001
วิตามินบี 2	3.77±0.001 ^{dB}	5.20±0.003 ^{bB}	5.36±0.002 ^{aB}	4.96±0.001 ^{cB}	< 0.001
วิตามินบี 3	0.65±0.003 ^{dB}	0.77±0.004 ^{aB}	0.66±0.003 ^{cB}	0.70±0.005 ^{bB}	< 0.001
วิตามินบี 5	0.70±0.023 ^b	0.79±0.024 ^a	0.54±0.020 ^c	0.46±0.026 ^d	< 0.001

ND = ตรวจไม่พบ

a, b, c และ d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$)

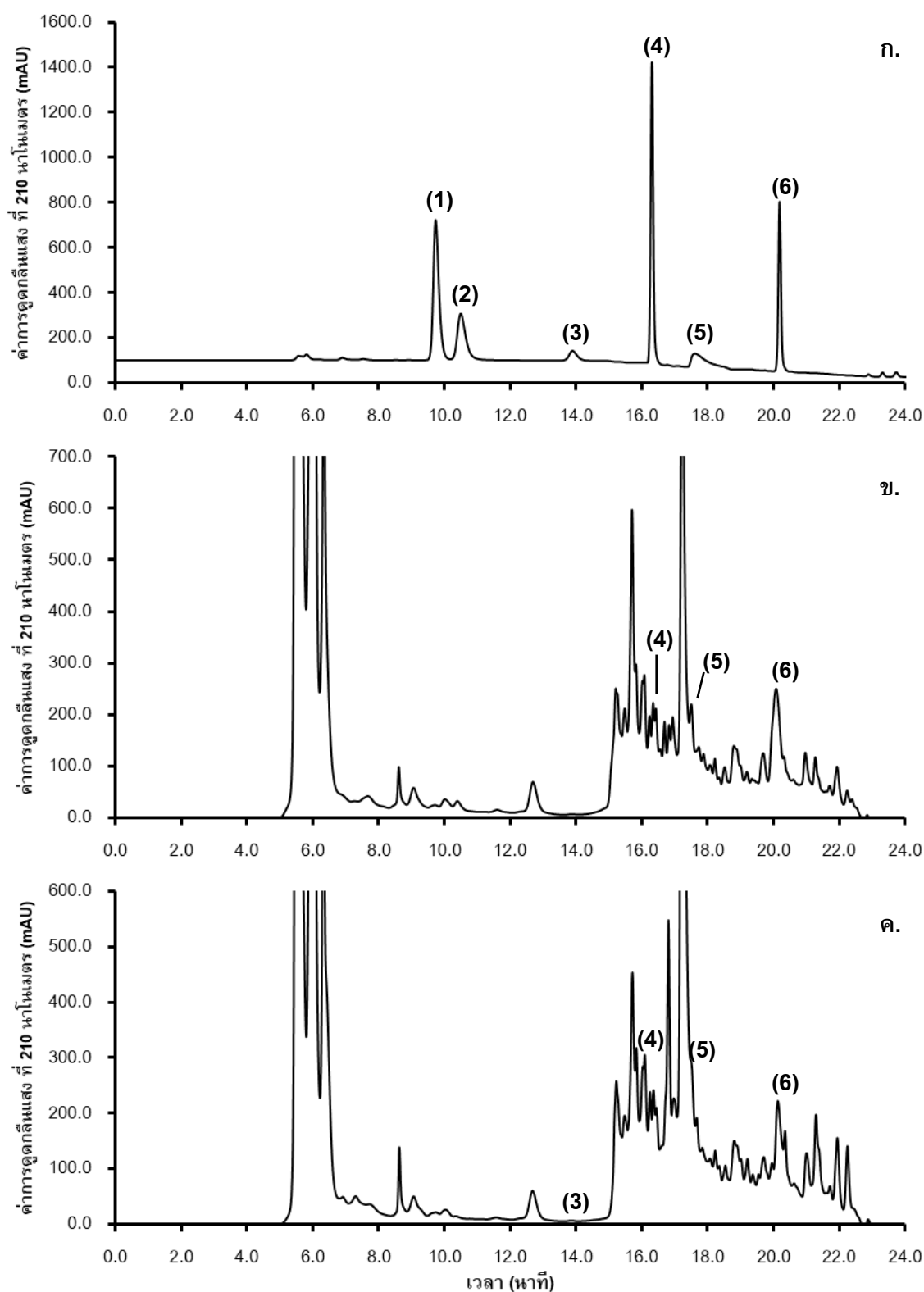
A และ B ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน ที่วิตามินชนิดเดียวกันของแต่ละสายพันธุ์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 2 ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างน้ำอินทผลัม 2 สายพันธุ์ และกระบวนการแปรรูปที่แตกต่างกัน

สายพันธุ์	ปริมาณโปรตีน (mg/ml)			
	Untreated	ความดัน 400 MPa	ความดัน 600 MPa	ความร้อน
สายพันธุ์บาฮี	6.29±0.06 ^{aB}	6.37±0.02 ^{aB}	6.39±0.12 ^{aB}	5.03±0.25 ^{bB}
สายพันธุ์โคไนซี่	8.40±0.02 ^{dA}	8.94±0.08 ^{bA}	8.70±0.05 ^{cA}	10.78 0.08 ^{aA}

a, b, c และ d ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$)

A และ B ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)



รูปที่ 1 โครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน (ก) อินทผาลัมสายพันธุ์บาฮี Untreated (ข) และอินทผาลัมสายพันธุ์โคโนซี่ Untreated (ค); (1) Nicotinic acid (วิตามินบี 3) (2) Pyridoxine (วิตามินบี 6) (3) Pantothenic acid (วิตามินบี 5) (4) Niacinamide (วิตามินบี 3) (5) Thiamine (วิตามินบี 1) และ (6) Riboflavin (วิตามินบี 2)



สรุปผลการวิจัย

การศึกษาสามารถสรุปได้ว่าน้ำอินทผลาล์มสายพันธุ์โคโนซีมีปริมาณวิตามินบี 1, 2, 3 และ บี 5 และปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้สูงกว่าน้ำอินทผลาล์มสายพันธุ์บาฮี การแปรรูปด้วยความดันสูงสามารถรักษาวิตามินบี และปริมาณโปรตีนได้เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำอินทผลาล์มที่ไม่ผ่านกระบวนการแปรรูป ในขณะที่การแปรรูปด้วยความร้อนทำให้วิตามินบีสูงขึ้น แต่ไม่สามารถรักษaproตีนที่ละลายน้ำไว้ได้ สารอาหารที่แนะนำให้บริโภคประจำวันสำหรับคนไทยอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป (Thai RDI) ซึ่งกำหนด ปริมาณที่แนะนำต่อวันของ วิตามินบี 1 คือ 1.5 มิลลิกรัม วิตามินบี 2 คือ 1.7 มิลลิกรัม วิตามินบี 3 คือ 20 มิลลิกรัม เอ็น อี และ วิตามินบี 5 คือ 6 มิลลิกรัม ต่อวัน ตามบัญชีหมายเลข 3 แนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182 พ.ศ. 2541¹⁸ หากรับประทานน้ำอินทผลาล์มสายพันธุ์บาฮีที่ผ่าน HPP ที่ 600 MPa ปริมาตร 200 มิลลิลิตร (หนึ่งหน่วยบริโภค) ผู้บริโภคจะได้รับวิตามินบี 1 คิดเป็น 10.5% วิตามินบี 2 คิดเป็น 52.8% และวิตามินบี 3 คิดเป็น 0.3% ของความต้องการในวัยผู้ใหญ่ หากรับประทานน้ำอินทผลาล์มสายพันธุ์โคโนซีที่ผ่าน HPP ที่ 600 MPa ผู้บริโภคจะได้รับวิตามินบี 1 คิดเป็น 11.5% วิตามินบี 2 คิดเป็น 58.4% วิตามินบี 3 คิดเป็น 0.7% และวิตามินบี 5 คิดเป็น 1.5% ของความต้องการในวัยผู้ใหญ่ น้ำอินทผลาล์มเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการพลังงาน และวิตามิน เช่น นักกีฬา คนที่ออกกำลังกายเป็นประจำ หรือ หญิงที่อยู่ในระยะให้น้ำนม เนื่องจากมีด้วยคาร์โบไฮเดรต และ วิตามินบี แต่หากรับประทานมากกว่าหนึ่งหน่วยบริโภคต่อวันอาจทำให้ได้รับพลังงานมากเกินไป สะสมกลายเป็นโรคกลุ่มไม่ติดต่อเรื้อรังได้ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยมีความตระหนักถึงข้อจำกัดในการวัดปริมาณโปรตีนด้วย Nano drop ซึ่งไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุดในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างอาหารที่มีสารโพลีฟีนอลสูง ดังนั้นงานวิจัยจะมีความสมบูรณ์มากขึ้นหากปราศจากข้อจำกัดดังกล่าว และในอนาคตจะใช้เทคนิค HPLC ตรวจหาวิตามิน และสารสำคัญอื่นๆ

ในน้ำอินทผลาล์ม นอกจากนี้จะพัฒนาน้ำอินทผลาล์มเพื่อนักกีฬาหรือผู้ที่ชื่นชอบการออกกำลังกายอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์สำหรับการใช้เครื่องความดันสูง ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และภาควิชาโภชนาการศาสตร์เขตร้อนและวิทยาศาสตร์อาหาร คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดลที่สนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. Aslam J, Khan SH, Khan SA. Quantification of water soluble vitamins in six date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivar's fruits growing in Dubai, United Arab Emirates, through high performance liquid chromatography. J Saudi Chem. 2013;17:9-16.
2. Ashraf Z, Hamidi-Esfahani Z. Date and Date Processing: A Review. Food Rev Int. 2011;27:101-33.
3. Al-Alawi RA, Al-Mashiqri JH, Al-Nadabi JSM, Al-Shihi BI, Baqi Y. Date Palm Tree (*Phoenix dactylifera* L.): Natural Products and Therapeutic Options. Front Plant Sci. 2017;23:845.
4. Echegaray N, Pateiro M, Gullón B, Amarowicz R, Misihairabgwi JM, Lorenzo JM. *Phoenix dactylifera* products in human health – A review. Trends Food Sci Technol. 2020;105:238-50.
5. Stinco C M, Szczepańska J, Marszałek K, Pinto C A, Inácio R S, Mapelli-Brahm P, Sreedevi P, Jayachandran L E, Rao P S. Application of high-pressure processing for extending the shelf life of sugarcane juice

- under refrigerated conditions. J Food Process Preserv. 2020;44:e14957.
6. Usaga J, Acosta Ó, Churey J J, Padilla-Zakour O I, Worobo R W. Evaluation of high pressure processing (HPP) inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica*, and *Listeria monocytogenes* in acid and acidified juices and beverages. Int J Food Microbiol. 2021;339: 109034.
7. Wu W, Xiao G, Yu Y, Xu Y, Wu J, Peng J, Li L. Effects of high pressure and thermal processing on quality properties and volatile compounds of pineapple fruit juice. Food Control. 2021;130:108293.
8. Qiushuang S, Renjie L, Xiao S, Mathias P C, Vibeke O, Davide G. The effect of high-pressure processing on sensory quality and consumer acceptability of fruit juices and smoothies: A review. Food Res Int. 2022;157:111250.
9. Li H B, Chen F. Simultaneous determination of nine water-soluble vitamins in pharmaceutical preparations by high performance liquid chromatography with diode array detection. J Sep Sci. 2001;24:271-74.
10. Joseph S. Analysis of water-soluble vitamins from multivitamin tablets for nutrition labeling. Agilent Technologies, Inc 2011;1-11.
11. Association of Official Agricultural Chemists (AOAC) International. Guidelines for Standard Method Performance Requirements. In: Latimer GW, editor. Official Methods of Analysis of AOAC International, 22th edition. 2023.
12. Magnusson B and Örnemark U. Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics, 2nd edition. 2014.
13. Desjardins P, Hansen JB, Allen M. Microvolume protein concentration determination using the NanoDrop 2000c spectrophotometer. J Vis Exp. 2009;33:1610.
14. Papoutsis K, Pristijono P, Golding JB, Stathopoulos CE, Bowyer MC, Scarlett CJ, Vuong QV. Optimizing a sustainable ultrasound-assisted extraction method for the recovery of polyphenols from lemon by-products: comparison with hot water and organic solvent extractions. Eur Food Res Technol. 2018;244:1353–65.
15. Stübler AS, Lesmes U, Juadjur A, Heinz V, Rauh C, Shpigelman A, Aganovic K. Impact of pilot-scale processing (thermal, PEF, HPP) on the stability and bioaccessibility of polyphenols and proteins in mixed protein and polyphenol-rich juice systems. Innov Food Sci Emerg Technol. 2020;64:102426.
16. Bártová V, Bárta J. Effect of heat treatment on re-solubility of potato proteins isolated from industrial potato fruit juice. Res Agric Eng. 2008;4:170–75.
17. Ramadoss N, Basu C. Extraction of RNA from Recalcitrant Tree Species *Paulownia elongata*. Bio-Protoc. 2018;8(14):e2925.
18. กระทรวงสาธารณสุข. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับ 182) พ.ศ.2541 เรื่อง ฉลากโภชนาการ. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 115, ตอนที่ 47 ง. (ลงวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ.2541).