

ผลการทำแห้งผลหม่อนด้วยวิธีที่ต่างกันต่อปริมาณเรสเวราทรอลซึ่งตรวจ วิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

Effects of Different Drying Methods on Resveratrol Content of Mulberry Fruits Determined by High-Performance Liquid Chromatography Technique

วิลาวรรณ สิมเชื้อ^{1*} อธิภัทร์ อนุชาติ² ภัทรานุช พงสุข¹ และเปรมชัย มูลหล้า³

Wilaiwan Simchuer^{1*} Teerapat Anuchart² Pattranuch Pongsuk¹ and Premchai Moolla³

¹สาขาวิชาเคมีเครื่องสำอาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

²สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

³สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย จังหวัดเลย 42000

¹Program of Cosmetic Chemistry, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University,
Loei Province, 42000

²Program of Energy Technology, Faculty of Science and Technology, Loei Rajabhat University,
Loei Province, 42000

³Program of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology,
Loei Rajabhat University, Loei Province, 42000

*Corresponding author E-mail: wilaiwan.sim@lru.ac.th

Received 9 May 2025, Accepted 28 October 2025, Published 18 June 2026

บทคัดย่อ

ผลหม่อนเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยสารสำคัญหลายชนิดหนึ่งในนั้นคือเรสเวราทรอล ซึ่งเป็นสารที่ว่องไวต่ออนุมูลอิสระ หากอยู่ในอุณหภูมิที่ต่ำ หรือสูงเกินไปจะทำให้สลายตัวไปได้ ดังนั้นในกระบวนการทำแห้งผลหม่อนจึงมีผลต่อการคงอยู่ของสารเรสเวราทรอล การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณเรสเวราทรอลที่สกัดได้จากผลหม่อนสายพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ซึ่งเก็บตัวอย่างจากอำเภอกุหลาบ จังหวัดเลย โดยทำแห้ง 5 วิธีได้แก่ อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส วิธีการตากแดด วิธีทำแห้งแบบเยือกแข็ง และการทำแห้งแบบลดความชื้นสัมพัทธ์ตัวอย่างผลหม่อนที่แห้ง นำมาบดละเอียดแล้วร่อนด้วยตะแกรงขนาด 100 เมช เพื่อควบคุมขนาดให้เท่ากัน จากนั้นนำมาสกัดด้วยสารละลายเมทานอล 60% ร่วมกับการใช้เครื่องอัลตราโซนิกช่วย เป็นเวลา 40 นาที จากนั้นแยกกากออก แล้วกรองส่วนใสที่ได้ด้วยกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมครอนเมตร นำไปวิเคราะห์ปริมาณเรสเวราทรอลด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ตั้งค่าความยาวคลื่นของการจับสัญญาณที่ 306 นาโนเมตร ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณพบว่า วิธีทำแห้งของผลหม่อนที่ต่างกันทำให้ได้ปริมาณเรสเวราทรอลที่ต่างกัน ซึ่งการใช้ตู้อบลมร้อนส่งผลให้เรสเวราทรอลสลายตัวไปจึงตรวจไม่พบ มีเพียงวิธีทำแห้งแบบตากแดด วิธีทำแห้งแบบเยือกแข็ง และการทำแห้งแบบลดความชื้นสัมพัทธ์ที่ยังพบปริมาณเรสเวราทรอล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.73 ± 0.61 mg/100g น้ำหนักแห้ง 12.29 ± 0.30 mg/100g น้ำหนักแห้ง และ 18.19 ± 0.10 mg/100g น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ผลการวิจัยครั้งนี้จึงสรุปได้ว่าวิธีที่เหมาะสมสำหรับการทำผลหม่อนให้แห้งแบบรักษารปริมาณเรสเวราทรอลไว้ได้คือ การทำแห้งแบบลดความชื้นสัมพัทธ์

คำสำคัญ : ผลหม่อน เรสเวราทรอล การทำแห้ง โครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

ABSTRACT

Mulberries are fruits rich in many essential compounds, one of which is resveratrol. This compound is highly sensitive to temperature; exposure to either excessively low or high temperatures can cause it to degrade. Therefore, the drying process of mulberries has an impact on the retention of resveratrol. The objective of this study was to determine the amount of resveratrol extracted from the fruit of the Mulberry cultivar Buriram 60, which was sampling from Phu Luang District, Loei Province. The samples were dried using five methods: hot air drying at 80°C, hot air drying at 104°C, sun drying, freeze drying, and drying by reducing relative humidity. These dried mulberry fruits were ground finely and sieved through 100 mesh to achieve uniform particle size. They were then extracted with a 60% v/v methanol solution, utilizing ultrasonic assistance for 40 minutes. The solids were removed, and the clear extract was filtered through a 0.45-micron membrane filter prior to the analysis of resveratrol content using high-performance liquid chromatography (HPLC) at a detection wavelength of 306 nanometers. The quantitative analysis results indicated that different drying methods led to varying amounts of resveratrol. Exposure to the hot air oven caused significant degradation of resveratrol, resulting in its undetectability. Only the sun-drying method, freeze-drying method, and drying by reducing relative humidity still yielded detectable levels of resveratrol, with values of 10.73 ± 0.61 mg/100g DW, 12.29 ± 0.30 mg/100g DW, and 18.19 ± 0.10 mg/100g DW, respectively. Therefore, this study concludes that the most suitable method for drying mulberry fruit while preserving the resveratrol content is the drying method that reduces relative humidity.

Keywords: Mulberry, Resveratrol, Drying, High-Performance Liquid Chromatography

บทนำ

ผลหม่อนหรือมัลเบอร์รี่ (Mulberry fruit) อยู่ในวงศ์ Moraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Morus alba* L. เป็นไม้ยืนต้นประเภทพุ่ม ลำต้นมีสีเขียวกว่าหรือสีน้ำตาล ใบมีสีเขียวเข้ม มีรูปร่างหลายแบบ หลายขนาดเมื่อดอกตัวเมียได้รับการผสมแล้วจะเปลี่ยนเป็นผล ซึ่งมีลักษณะเป็นผลรวม (กรมหม่อนไหม, 2552) ผลหม่อนมีปริมาณสาร Anthocyanins ในปริมาณมากเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันและโรคมะเร็งช่วยต่อต้านอาการขาดเลือดในสมอง ฯลฯ และยังมีสารสำคัญอื่นๆ อีกหลายอย่าง เช่น สาร Resveratrol สาร Deoxy nojirimycin, สาร Phytosterol (ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล) สาร Polyphenols (สารต้านอนุมูลอิสระที่มีประโยชน์กับร่างกาย) สารประกอบฟีนอล (สารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยต่อต้านอาการอักเสบ อาการเส้นเลือดโป่งพอง ช่วยยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและไวรัส) สาร Quercetin และสาร Kaempferol ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ (เป็นสารที่ช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ ความดันโลหิต ป้องกันการเกิดลิ่มเลือดในหลอดเลือด ช่วยป้องกันการดูดซึมของน้ำตาลในลำไส้เล็ก ช่วยทำให้หลอดเลือดแข็งแรง ทำให้เลือดหมุนเวียนดี ยับยั้งการเกิด สารก่อมะเร็งเม็ดเลือด มะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ใหญ่ ช่วยยืดอายุเม็ดเลือดขาว และลดอาการแพ้ต่าง ๆ (กันยวิชัย และสมชาย, 2556) และยังมีกรดโพลีกลูตamic ซึ่งช่วยทำให้เซลล์เม็ดเลือดแดงเจริญได้เต็มที่ จึงช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง และยังช่วยให้เซลล์ประสาทไขสันหลังและเซลล์สมองเจริญเป็นปกติ (นันทน์ภัส, 2551; Amri, 2012; Gambini et al., 2015)

เรสเวราทรอล (Resveratrol) เป็นสารกลุ่ม Polyphenol ที่พบได้มากใน ผักไฟญี่ปุ่น (*Polygonum cuspi datum* Siebold & Zucc.) องุ่น และผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ เช่น บลูเบอร์รี่ แครนเบอร์รี่ มัลเบอร์รี่ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากกระบวนการผลิตไวน์ที่แตกต่างจากเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ชนิดอื่น ๆ และในไวน์แดงจะมีสารสำคัญตัวนี้มากที่สุด ประโยชน์ของเรสเวราทรอลในส่วนของด้านความงาม จะมีผลช่วยต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันความเสื่อมสภาพจากรังสีอัลตราไวโอเล็ต ป้องกันการเกิดริ้วรอย ช่วยฟื้นฟูสภาพผิว ช่วยทำให้แลดูอ่อนวัยขึ้น สำหรับด้านสุขภาพเรสเวราทรอลจะมีคุณสมบัติเสริมสร้างระบบสมองและความจำ ป้องกันโรคอัลไซเมอร์ (Anekonda, 2006) ลดระดับความดันโลหิต ลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (Gambini et al., 2015)

งานวิจัยเรื่องการใช้เรสเวราทรอลในทางผิวหนังวิทยา ได้ทำการศึกษาผลกระทบการทำงาน นวัตกรรมการส่งยา และการใช้ทางคลินิก โดยเน้นการจัดการกับภาวะผิวหนังที่ซับซ้อน เช่น แผลเรื้อรัง โรคสะเก็ดเงิน โรคผิวหนังอักเสบ เมลานอมา และสิว การศึกษาในปี 2024-2025 แสดงให้เห็นถึงการพัฒนากระบวนการบ่มรักษาสำหรับการส่งเรสเวราทรอลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาแผลเบาหวาน Brown et al. (2024) ได้ทำการทบทวนอย่างเป็นระบบตามแนวทาง PRISMA โดยค้นคว้างานวิจัยทางคลินิกทั้งหมดจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2023 พบว่าเรสเวราทรอลสามารถทนต่อการสลายตัวได้ดีในขนาดสูงสุดถึง 1 กรัมต่อวัน และสามารถลดการอักเสบได้อย่างสม่ำเสมอ ปัจจุบันมี 17 การทดลองทางคลินิกที่กำลังดำเนินการอยู่ (Brown et al., 2024) ครอบคลุมตั้งแต่การป้องกันการติดเชื้อทางเดินหายใจในเด็กไปจนถึงการรักษาภาวะรังไข่ล้มเหลวก่อนวัยอันควรโดย (Amin et al., 2024) ได้ทำการทดลองทางคลินิกแบบสุ่มมีกลุ่มควบคุมสี่กลุ่มในผู้ป่วยเบาหวาน 120 คน ที่เมืองซุลัยมานียาห์ ประเทศอิรัก โดยให้เรสเวราทรอล 500 มิลลิกรัมต่อวันร่วมกับการดูแลทางเภสัชกรรม ผลการศึกษาพบว่าเรสเวราทรอลมีฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือดผ่านการกระตุ้น SIRT1 (Kwon et al., 2017) และมีคุณสมบัติป้องกันเส้นประสาทในภาวะแทรกซ้อนของเบาหวาน งานวิจัยของ Ren et al. (2025) ได้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับสรรพคุณทางชีวภาพของเรสเวราทรอล (RES) ซึ่งเป็นสารโพลีฟีนอลธรรมชาติที่มีคุณสมบัติด้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และชะลอวัย โดยเรสเวราทรอลออกฤทธิ์ผ่านการปรับเปลี่ยนเส้นทางการส่งสัญญาณที่สำคัญ โดยเฉพาะการกระตุ้น Sirtuin 1 การศึกษาพบว่าเรสเวราทรอลมีศักยภาพในการลดความเครียดออกซิเดชัน การควบคุมการตายของเซลล์ และการส่งเสริมออโตฟาจี รวมถึงมีประสิทธิผลในการบรรเทาโรคกล้ามเนื้อและกระดูกเสื่อม โรคหัวใจและหลอดเลือด มะเร็ง และโรคทางระบบประสาท โดย Yu et al. (2024) ได้ทบทวนกิจกรรมทางชีวภาพหลายมิติของเรสเวราทรอล โดยเน้นที่การป้องกันและรักษาโรค รวมถึงเมตาบอลิซึมและประสิทธิภาพด้านชีวภาพ การศึกษาพบว่าจนถึงปี 2023 เป็นต้นมางานวิจัยเกี่ยวกับเรสเวราทรอลมุ่งเน้นการรักษาสุขภาพ การป้องกันโรค และการนำไปใช้ในการรักษา โดยเฉพาะผลต่อเบาหวานชนิดที่ 2 และการควบคุมน้ำตาลในเลือด ตามด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือด การศึกษายังพบว่าคุณสมบัติด้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และป้องกันเส้นประสาทของ เรสเวราทรอลได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น Zhu et al. (2025) ได้ทำการประเมินผลของเรสเวราทรอลต่อการอักเสบและความเครียดออกซิเดชันในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ช่วยรักษาสสมดุลของระดับน้ำตาลในเลือด เสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ช่วยทำลายเชื้อไวรัสและแบคทีเรีย บรรเทาอาการภูมิแพ้ สำหรับความเป็นพิษของเรสเวราทรอลต่อร่างกายนั้น พบว่า มีค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีความจำเพาะต่อเซลล์ เนื่องจากสารเรสเวราทรอลเป็นสารประกอบที่สกัดได้จากพืช (Phytoalexin) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารปฏิชีวนะที่พืชสังเคราะห์ขึ้นเมื่อพืชได้รับอันตรายจากรังสียูวี หรือการติดเชื้อโรค (Amri et al., 2012) ดังนั้น จึงมีความปลอดภัยสูง ปริมาณของเรสเวราทรอลอาจแตกต่างกันอย่างมากขึ้นอยู่กับการศึกษา และแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน

วิธีการทำแห้งอาหารนั้นมีมากมายหลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อได้เปรียบ และเสียเปรียบแตกต่างกันไป (Janjarasskul and Suppakul, 2018) จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเรียนรู้วิธีการทำแห้งแบบต่าง ๆ เพื่อเลือกใช้ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ต้องการผลิตขึ้นโดยต้องคำนึงถึงลักษณะวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ลักษณะ และรูปแบบ ของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งที่ต้องการ ซึ่งวิธีการทำแห้งอาหารนั้นอาจจำแนกออกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ การทำแห้งโดยอาศัยธรรมชาติ (Natural drying) และการทำแห้งโดยอาศัยเครื่องมือเครื่องจักรที่ประดิษฐ์ขึ้น (Artificial drying) (Yam, 2009)

1) การทำแห้งด้วยแสงแดด (Sun drying) นำไปตากให้แห้งโดยใช้แสงแดด วิธีการนี้ประหยัดพลังงานความร้อน แต่เนื้อตากแห้งที่ได้มักมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูง หากตากไม่แห้งพอเมื่อเก็บไว้นานวัน อาจเสียได้ง่าย

2) การทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน ตู้อบลมร้อนเป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับอบแห้งไล่ความชื้นออกจากอาหารซึ่งอาศัยหลักการหมุนเวียนอากาศ หรือลมร้อนที่สม่ำเสมอ ทำให้น้ำระเหยไปกับลมร้อนทางช่องระบายลมภายในตู้อบ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลง สามารถยืดอายุการเก็บรักษา การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนสามารถอบแห้งได้ในระยะเวลาที่เร็ว และสามารถควบคุมอุณหภูมิให้สม่ำเสมอตลอดระยะเวลาการอบ เหมาะสำหรับอาหารที่มีชิ้นใหญ่เป็นก้อน แผ่น หรือมีรูปร่างแน่นอน

3) การทำแห้งด้วยความเย็น (Freeze drying) หรือการแช่แข็งแล้วทำให้แห้งในสุญญากาศ เป็นวิธีการทำให้ตัวอย่างแห้งโดยการเหิด (Sublimation) น้ำออกจากตัวอย่าง ในสถานะที่เป็นน้ำแข็งในสภาพสุญญากาศ ตัวอย่างจะถูกทำให้เย็นลงจนถึงจุดเยือกแข็งโดยเร็ว จนน้ำภายในตัวอย่างกลายเป็นน้ำแข็ง น้ำแข็งเหล่านี้เมื่อได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น และควบคุมความดันสุญญากาศให้เหมาะสมหรือควบคุมความดันให้เท่ากับหรือต่ำกว่าความดัน ณ จุดเปลี่ยนสถานะของน้ำ (Triple point of water) น้ำแข็งจะสามารถเหิดกลายเป็นไอน้ำได้ โดยไม่ต้องเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวก่อน ผลิตภัณฑ์แห้งที่ได้จะมีลักษณะเป็นรูพรุน โปร่ง คงรูปร่างเดิมได้ดี มีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 2.0 และสามารถดูดน้ำกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ง่าย ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ในภาชนะที่บรรจุในสภาพสุญญากาศ (Vacuum packaging) การทำแห้งด้วยความเย็นนิยมใช้กับเนื้อสัตว์ที่นำไปใส่ในซูบ และผลิตภัณฑ์ที่มีราคาแพง ข้อดีของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง กระบวนการแปรรูปและเก็บสินค้าด้วยการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทำให้สามารถรักษาคุณค่า ทางอาหารของผลิตภัณฑ์ได้ดี เนื่องจากกระบวนการทำให้แห้งโดยใช้อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดการเสียคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์ที่น้อย รวมถึงการเพิ่มอุณหภูมิในขั้นตอนสุดท้ายความชื้นที่เกิดขึ้นทำให้เนื้อเยื่อ และโครงสร้างของเซลล์เสียหายได้น้อยมาก (บริษัท หาญ เอ็นจิเนียริง โซลูชั่นส์ จำกัด (มหาชน), 2568)

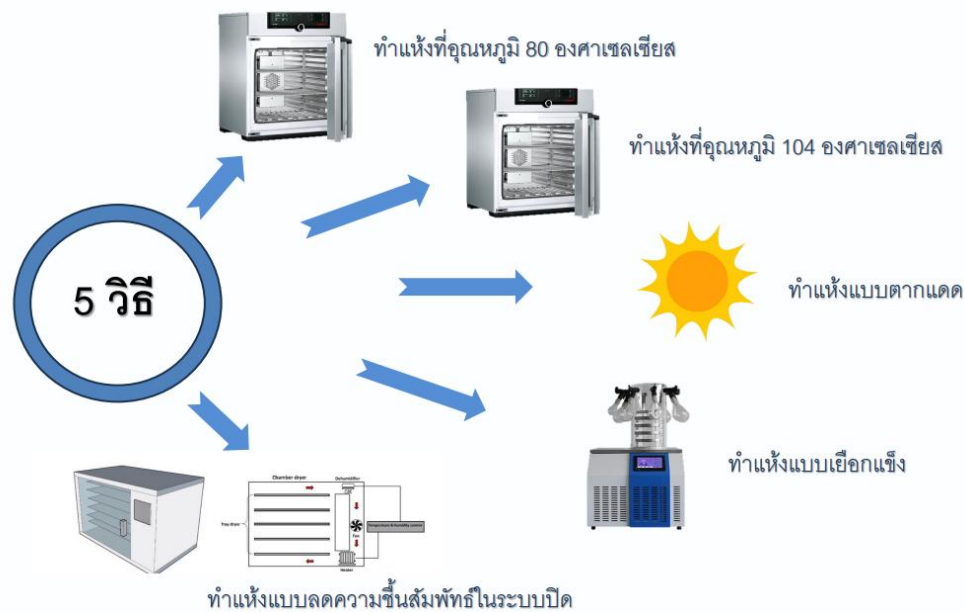
4) การทำแห้งแบบลดความชื้นสัมพัทธ์ในระบบปิด ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกการลดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (Dehumidifier) จะทำหน้าที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ที่ได้จากการทำแห้งของผลิตภัณฑ์จะมีความชื้นที่สูง และส่วนที่สองฮีตเตอร์ทำหน้าที่ให้ความร้อนในการทำแห้ง มีพัดลมควบคุมความเร็วลมในการทำแห้ง มีระบบควบคุมความชื้นและอุณหภูมิที่ใช้ในการทำแห้ง โดยมีช่วงอุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ 40-60% สามารถปรับความเร็วลมได้ โดยระบบจะเป็นระบบปิด ไม่มีการเติมและระบายอากาศ (ศิริพันธ์, 2557)

สารเรสเวอรารอลสามารถเสื่อมสลายไปตั้งแต่ขั้นตอนการทำแห้งและกระบวนการอื่น ๆ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งต่อปริมาณเรสเวอรารอล เพื่อเป็นข้อมูลทางเลือกสำหรับวิธีทำผลหม่อนให้แห้ง แต่ยังคงรักษาสารเรสเวอรารอลให้มีความคงตัวสูงที่สุด

วิธีการวิจัย

ขั้นตอนการทำแห้งผลหม่อน

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการทำแห้ง 5 วิธี คือ 1) ทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 2) ทำแห้งที่อุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส 3) ทำแห้งด้วยวิธีตากแดด 4) ทำแห้งแบบเยือกแข็ง และ 5) ทำแห้งแบบลดความชื้นสัมพัทธ์ในระบบปิด ตัวอย่างที่ใช้คือ ผลหม่อนสุกสีดำ สายพันธุ์เชียงใหม่ เก็บในเขตพื้นที่อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย ขั้นตอนการทำแห้งผลหม่อนแสดงในภาพที่ 1 และภาพที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 วิธีการทำแห้งผลหม่อนทั้ง 5 วิธีการ

1. ทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ซึ่งผลหม่อนสด 300 กรัม ใส่ในถาดอะลูมิเนียม นำเข้าตู้อบลมร้อนที่ปรับอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำออกมาให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนักจนมีน้ำหนักคงที่บดให้ละเอียดโดยใช้โกร่งบดสารจากนั้นร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 20 เมช แล้วเก็บไว้ในถุงซิปปเพื่อใช้ในการสกัดต่อไป

2. ทำแห้งที่อุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส

ซึ่งผลหม่อนสด 300 กรัม ใส่ในถาดอะลูมิเนียมนำเข้าตู้อบลมร้อนที่ปรับอุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส จากนั้นนำออกมาให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนักจนมีน้ำหนักคงที่บดให้ละเอียดโดยใช้โกร่งบดสาร ร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 20 เมช แล้วเก็บไว้ในถุงซิปปเพื่อใช้ในการสกัดต่อไป

3. ทำแห้งแบบตากแดด

ซึ่งผลหม่อนสด 300 กรัม ใส่ในถาดอะลูมิเนียมนำไปตากแดดบันทึกเวลาตาก และอุณหภูมิ จากนั้นนำมาวางไว้ให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง ใส่ในตู้ดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักจนมีน้ำหนักคงที่ บดให้ละเอียดโดยใช้โกร่งบดสาร ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช แล้วเก็บไว้ในถุงซิปปเพื่อใช้ในการสกัดต่อไป

4. ทำแห้งแบบเยือกแข็ง

ซึ่งผลหม่อนสด 300 กรัม ใส่ในขวดกันกลมแช่ไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิติดลบ กระบวนการนี้จะต้องลดอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (Freezing Point) อย่างรวดเร็ว เพื่อทำให้น้ำที่อยู่ข้างในเกิดเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก จากนั้นนำตัวอย่างที่เป็นน้ำแข็งไปใส่ในถาดวางตัวอย่างของเครื่องฟรีซดราย ความดันต่ำกว่า 0.100 mbar ปลอ่ยให้เครื่องทำงานจนสังเกตได้ว่าตัวอย่างแห้ง (จะไม่เหลือน้ำแข็งในชั้นของตัวอย่าง) จากนั้นปิดเครื่องแล้วนำตัวอย่างออกจากเครื่อง บดให้ละเอียดโดยใช้โกร่งบดสาร ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมชจากนั้นเก็บใส่ถุงซิปปเพื่อใช้ในการสกัดต่อไป

5. การทำแห้งแบบลดความชื้นสัมพัทธ์ในระบบปิด

ซึ่งผลหม่อนสด 300 กรัม ใส่ในถาดอะลูมิเนียม นำเข้าสู่ลดความชื้นสัมพัทธ์โดยอาศัยพัดลมดูดอากาศและความชื้นออกสู่ภายนอกตู้ ตู้ดังกล่าวถูกเชื่อมต่อกับระบบเครื่องชั่งและคอมพิวเตอร์เพื่อรายงานน้ำหนักที่เหลือ อุณหภูมิที่ใช้อบ 35 องศาเซลเซียสความชื้นสัมพัทธ์ 50% เมื่อผลหม่อนแห้ง (น้ำหนักคงที่) นำออกจากตู้บดให้ละเอียดโดยใช้โกร่งบดสาร ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช แล้วเก็บไว้ในถุงซิปล็อคเพื่อใช้ในการสกัดต่อไป



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างผลหม่อนให้เป็นผง

ขั้นตอนการสกัดผงหม่อนเพื่อวิเคราะห์ด้วย HPLC

นำผลหม่อนที่แห้งจากการทำแห้งด้วยวิธีการต่าง ๆ มาทำการสกัดเรสเวอร่าทรอลจากผลหม่อนเพื่อหาปริมาณเรสเวอร่าทรอล โดยซึ่งผลหม่อนที่บดละเอียดแล้วมา 0.5 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำละลายเมทานอล 60% ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำไปใส่ในเครื่องอัลตราโซนิก ช่วยในการสกัดเป็นเวลา 40 นาที กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ทำการสกัด 3 ครั้ง จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองชนิดไนลอน ขนาด 0.45 ไมครอน ก่อนฉีดเข้าเครื่องโครมาโทกราฟของเหลวสมรรถนะสูง โดยใช้เครื่อง Shimadzu HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) รุ่น LC20-A ใช้ส่วนตรวจวัดของเครื่องแบบ UV-Visible spectrophotometer รุ่น SPD 20AV ซึ่งตั้งสภาวะการวิเคราะห์ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการสกัดตัวอย่างผงหม่อนเพื่อวิเคราะห์ด้วย HPLC

ตารางที่ 1 สภาวะการวิเคราะห์ปริมาณเรสเวอราทรอลด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง

รายการ	รายละเอียด
Column	C18 column (250 x 4.6 mm, 5 µm)
Injection volume	20 µL
Mobile phase flow rate	1.0 mL/min
Detection wavelength	306 nm
Mobile phase	1% acetic acid: acetonitrile (45:55%)

ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

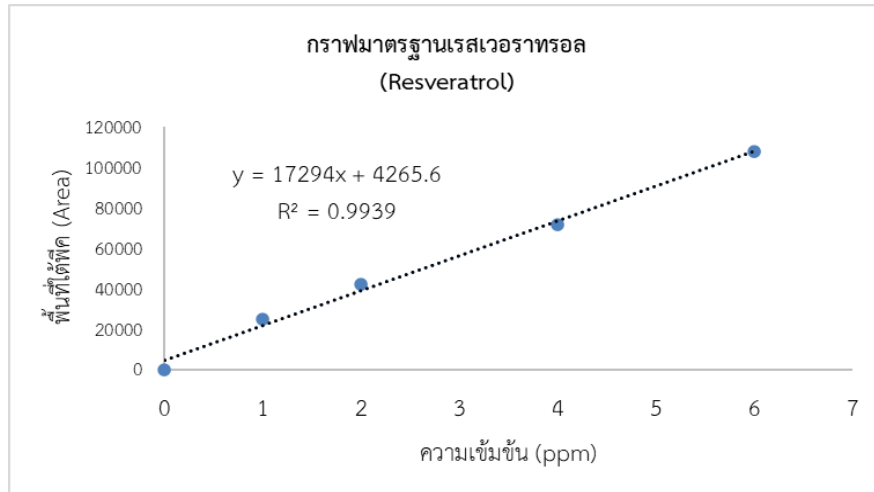
การวิเคราะห์หาปริมาณเรสเวอราทรอลโดยใช้กระบวนการทำแห้งผลหม่อนที่ต่างกันวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) ได้ผลการดำเนินงานวิจัยมีดังต่อไปนี้

จากการทดลองนำสารละลายมาตรฐานเรสเวอราทรอล ซึ่งมีความเข้มข้น 1 2 4 และ 6 ppm โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography : HPLC) โดยใช้เฟสเคลื่อนที่เป็นสารละลาย 1% Acetic acid : Acetonitrile (45:55%) อัตราการไหล 1.0 mL/min โดยตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 306 nm แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่า Retention time ของสารมาตรฐานเรสเวอราทรอลแสดงสัญญาณที่เวลา 3.98 นาที และพื้นที่ใต้พีคของแต่ละความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเรสเวอราทรอล แสดงดังตารางที่ 2 และในภาพที่ 4 ตามลำดับ

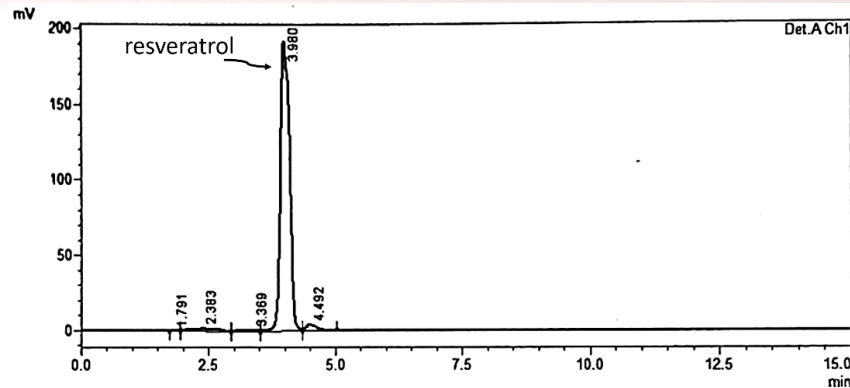
ตารางที่ 2 พื้นที่ใต้พีคของสารละลายมาตรฐานเรสเวอราทรอล

ความเข้มข้น (ppm)	พื้นที่ใต้พีค
0	0
1	25,030
2	41,838
4	71,592
6	107,688
ค่า LOD (ppm)	1.45
ค่า LOQ (ppm)	4.35

จากการนำข้อมูลในตารางที่ 2 ไปสร้างกราฟมาตรฐานและหาสมการเส้นตรงเพื่อนำไปคำนวณปริมาณเรสเวอราทรอลในสารสกัดจากผลไม้ได้สมการเป็น $y = 17294x + 4265.6$ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.9939 ($R^2 = 0.9939$) และจากภาพที่ 5 สัญญาณของเรสเวอราทรอล ปรากฏที่เวลา 3.980 นาที จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารเรสเวอราทรอลในสารสกัดตัวอย่างผลไม้ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 6 ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่าการทำแห้งผลไม้น้ำที่อุณหภูมิ 80 และ 104 องศาเซลเซียส ไม่พบปริมาณสารเรสเวอราทรอล ส่วนการทำแห้งแบบตากแดด แบบเยือกแข็ง และแบบลดความชื้นสัมพัทธ์ในระบบปิด พบปริมาณสารเรสเวอราทรอลเท่ากับ 10.73 ± 0.61 12.29 ± 0.30 และ 18.19 ± 0.10 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง ($\text{mg}/100\text{g DW} \pm \text{S.D.}$) ตามลำดับ



ภาพที่ 4 กราฟมาตรฐานเรสเวอราทรอล (Resveratrol)

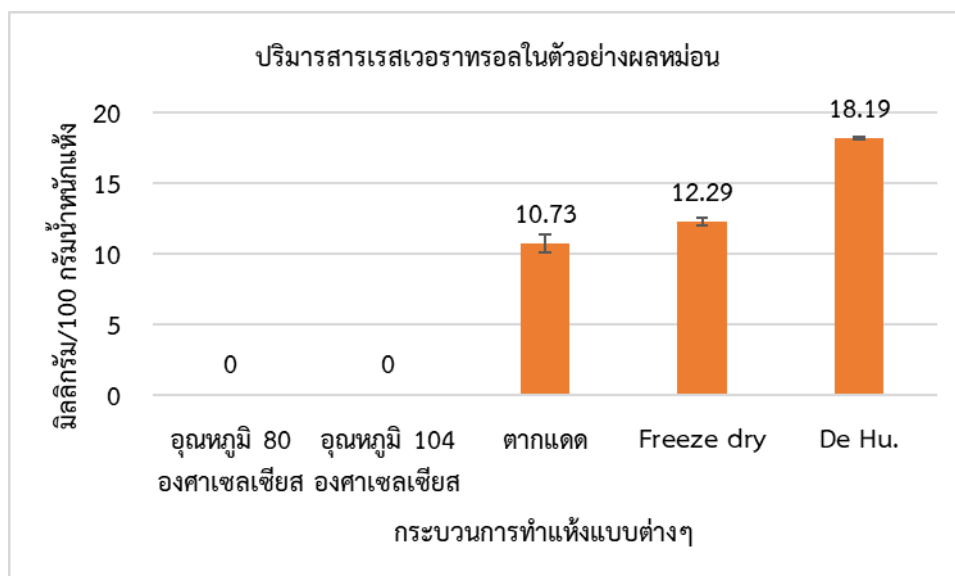


ภาพที่ 5 HPLC Chromatogram ของสารมาตรฐาน เรสเวราทรอล

ตารางที่ 3 ปริมาณสารเรสเวราทรอลจากการทำแห้งผลหม่อนแต่ละกระบวนการ

กระบวนการทำแห้ง	ปริมาณเรสเวราทรอล (mg/100g DW±S.D.)
ทำแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส	ไม่พบปริมาณเรสเวราทรอล
ทำแห้งที่อุณหภูมิ 104 องศาเซลเซียส	ไม่พบปริมาณเรสเวราทรอล
ทำแห้งแบบตากแดด	10.73±0.61
ทำแห้งแบบเยือกแข็ง	12.29±0.30
การทำแห้งแบบลดความชื้นสัมพัทธ์ในระบบปิด	18.19±0.10

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 3 ไปสร้างเป็นแผนภูมิแท่งเพื่อเปรียบเทียบปริมาณสารเรสเวราทรอลที่ตรวจพบในตัวอย่างผลหม่อนที่ผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยวิธีการที่แตกต่างกันได้ผลดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณเรสเวราทรอลในการทำแห้งผลหม่อนแต่ละกระบวนการ

จากการวิเคราะห์หาปริมาณเรสเวราทรอลในตัวอย่างผลหม่อน โดยทำการเก็บตัวอย่างในเขตอำเภอกุหลาบ จังหวัดเลย ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณเรสเวราทรอล โดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High Performance Liquid Chromatography, HPLC) ผลการทดลองพบว่า ปริมาณเรสเวราทรอลพบในกระบวนการทำแห้งผลหม่อนแบบลดความชื้นสัมพัทธ์ในระบบปิด มีค่าเท่ากับ 18.19 ± 0.10 mg/100g DW พบในกระบวนการทำแห้งผลหม่อนแบบเยือกแข็งมีค่าเท่ากับ 12.29 ± 0.30 mg/100g DW กระบวนการทำแห้งผลหม่อนแบบตากแดดมีค่าเท่ากับ 10.73 ± 0.61 mg/100g DW และในกระบวนการทำแห้งผลหม่อนแบบอบที่อุณหภูมิ 80 และ 104 องศาเซลเซียส ไม่พบปริมาณเรสเวราทรอล ทั้งนี้เนื่องจากสารเรสเวราทรอล เป็นสารที่สลายตัวเมื่อเจอกับอุณหภูมิต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเกิน 40 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำ แสดงในตารางที่ 4 พบว่าปริมาณเรสเวราทรอลในตัวอย่างผลหม่อนแต่ละกระบวนการทำแห้ง ร้อยละการกลับคืน (% Recovery) ของกระบวนการทำแห้งผลหม่อนแบบตากแดดมีค่าเท่ากับ 92.58 กระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็งมีค่าเท่ากับ 95.56 และกระบวนการทำแห้งผลหม่อนแบบลดความชื้นสัมพัทธ์ในระบบปิดมีค่าเท่ากับ 108.57 ซึ่งค่าที่ทั้งหมดอยู่ในช่วง 80–110% ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ ผลการวิเคราะห์ LOD มีค่าเท่ากับ 1.45 ผลการวิเคราะห์ LOQ มีค่าเท่ากับ 4.35 ppm ตามลำดับ (แสดงในตารางที่ 1)

ตารางที่ 4 ค่าร้อยละการกลับคืนของเรสเวราทรอลในตัวอย่างผลหม่อนแต่ละกระบวนการ

กระบวนการ ทำแห้งผลหม่อน	ค่าพื้นที่ใต้พีค Area	ผลที่ได้จากการ ทดลอง (ppm)	ผลที่ได้จากทฤษฎี (ppm)	%Recovery
ทำแห้งแบบตากแดด	13,277	5.26	5.68	92.58
ทำแห้งแบบเยือกแข็ง	24,210	5.83	6.10	95.56
ทำแห้งแบบลดความชื้น สัมพัทธ์ในระบบปิด	32,546	6.97	6.42	108.57

จากการวิเคราะห์หาปริมาณเรสเวราทรอลจากตัวอย่างผลหม่อนซึ่งทั้งห้ากระบวนการทำแห้งที่เปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นๆ ทั้งนี้จะมีปริมาณแตกต่างกันออกไป ซึ่งผลของการทำการทดลองในครั้งนี้ให้ผลการหาปริมาณเรสเวราทรอลได้คล้ายกับ สมชาย และคณะ ในปี พ.ศ. 2566 (กันยวิชัย และสมชาย, 2556 ; ศิริพันธ์, 2557) ผลการศึกษาพบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) ยังคงมีเรสเวราทรอล และแอนโทไซยานิน รวมทั้งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ อยู่สูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่า (25 และ 35 องศาเซลเซียส) โดยมีเรสเวราทรอลคงเหลืออยู่ 96.10% และแอนโทไซยานิน คงเหลืออยู่ 56.94% ของผงเริ่มต้น ซึ่งอาจเป็นเพราะจากการสกัด วิธีการสกัด บางชนิดอาจพบมากพบน้อย อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอีกหลายประการ ไม่ว่าจะเป็นแหล่งกำเนิดตัวอย่าง การบรรจุภัณฑ์ และการเก็บรักษาที่ส่งผลต่อปริมาณเรสเวราทรอล และจากการศึกษาของ Zupančič et al. (2015) ได้รายงานการทดลองเกี่ยวกับความคงตัวและค่าการละลายของทรานส์-เรสเวราทรอล ได้รายงานว่าทรานส์-เรสเวราทรอลสามารถคงตัวอยู่ได้ 28 วัน เมื่อมี pH เป็น 1 3.5 และ 7 ในขณะที่ทรานส์-เรสเวราทรอลสามารถคงตัวอยู่ได้ 1.6 ชั่วโมง เมื่อมี pH เป็น 10 ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ต่อการวิจัยและการพัฒนาต่อไป

สรุปผลการวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณเรสเวอราทรอลในตัวอย่างผลหม่อน โดยทำการเก็บตัวอย่างในเขตอำเภอกุหลาบ จังหวัดเลย ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณเรสเวอราทรอล โดยใช้เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง ในการวิเคราะห์หาปริมาณเรสเวอราทรอลในตัวอย่างผลหม่อนที่สกัดด้วยตัวทำละลาย methanol 60% และใช้ Sonicate ช่วยในการสกัด ใช้เวลาสกัดเป็นเวลา 40 นาที และกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) คอลัมน์ C18 Octadecyl HPLC Column ขนาด 4.6mm x 250 mm, 5 μ m โดยใช้ Mobile Phase เป็น Acetic acid 1% : Acetonitrile ในอัตราส่วน 45:55 % อัตราการไหล 1.0 mL/min และตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 306 nm ผลการวิเคราะห์ที่ได้ผลดังตารางที่ 3 พบว่าปริมาณเรสเวอราทรอลในกระบวนการทำแห้งแบบลดความชื้นสัมพัทธ์ในระบบปิดมีปริมาณสูงที่สุดคือ 18.19 ± 0.10 mg/100g DW และกระบวนการทำแห้งแบบอบที่อุณหภูมิ 80 และ 104 องศาเซลเซียส ไม่พบปริมาณเรสเวอราทรอล อาจเป็นเพราะคุณสมบัติของเรสเวอราทรอลที่ไม่คงทนต่อแสง ความร้อน และมีค่าการละลายน้ำที่ต่ำ และสลายตัวได้ง่าย ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำ พบว่าปริมาณเรสเวอราทรอลในตัวอย่างผลหม่อนแต่ละกระบวนการทำแห้งมีร้อยละการกลับคืน (%Recovery) ของกระบวนการทำแห้งผลหม่อนแบบตากแดดมีค่าเท่ากับ 92.58 กระบวนการทำแห้งแบบเยือกแข็งมีค่าเท่ากับ 95.56% และกระบวนการทำแห้งผลหม่อนแบบลดความชื้นสัมพัทธ์ในระบบปิดมีค่าเท่ากับ 108.57% ซึ่งค่าที่ทั้งหมดอยู่ในช่วง 80–110% ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ ผลการวิเคราะห์ LOD มีค่าเท่ากับ 1.45 ผลการวิเคราะห์ LOQ มีค่าเท่ากับ 4.35 ppm (ตารางที่ 1)

ข้อเสนอแนะ

กระบวนการทำแห้งในแต่ละวิธีมีผลต่อปริมาณสารสำคัญในผลหม่อน นอกจากติดตามปริมาณสารเรสเวอราทรอลแล้ว สามารถติดตามปริมาณแอนโธไซยานิน หรือสารชนิดอื่นเพิ่มเติม หรือออกแบบการสกัดโดยใช้วิธีสกัดแบบอื่นๆเพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยและคณะขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเลยที่ให้ทุนสนับสนุนสำหรับสารเคมีและวัสดุดิบ รวมทั้งสิ่งสนับสนุนอื่นๆในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณกลุ่มบ้านไร่ปลูกรักษ์ภูหอ อำเภอกุหลาบ จังหวัดเลย ที่สนับสนุนผลหม่อนในการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณณัฐธิดา เพียรจำ ที่มีส่วนช่วยในการเตรียมตัวอย่างผลหม่อนให้แห้งสำหรับการวิเคราะห์สารสำคัญ ท้ายนี้การวิจัยในครั้งนี้ไม่มีข้อขัดแย้งใด ๆ

เอกสารอ้างอิง

- กันยวิญญู กันจันะ และสมชาย จอมดวง. (2556). การเปรียบเทียบการผลิตหม่อนผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดและ เครื่องอบแห้งแบบสูญญากาศที่ใช้อินฟราเรด.วารสารอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 4(1): 1-8.
- กรมหม่อนไหม. (2552). ข้อมูลพันธุ์หม่อน-พันธุ์ไหมอนุรักษ์. ค้นจาก<https://qsds.go.th/monmaiseed>.
- นันทน์ภัส เต็มวงศ์. (2551). ปริมาณรวมของสารต้านอนุมูลอิสระสารประกอบฟีนอลิกส์ และวิตามินซีในผักและ สมุนไพร. วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์, 8(1), 1-45.
- บริษัท หาญ เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่นส์ จำกัด (มหาชน). (2568). ทำความรู้จักกับการทำแห้งแบบ แช่เยือกแข็ง (Freeze Dry) ค้นจาก <https://www.harn.co.th/articles/getting-to-know-freeze-dry>
- ศิริพันธ์ มุราธัญลักษณ์. (2557). การอบแห้งผลหม่อนด้วยเครื่องอบแห้งอุณหภูมิต่ำ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง: กรุงเทพฯ.

- Amin, G. S. M., Marouf, B. H., Namiq, H. S., and Salih, J. M. (2024). Impact of resveratrol and pharmaceutical care on type 2 diabetes mellitus and its neuropathic complication: A randomized placebo controlled clinical trial. **Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics**, 2024(1), 7739710. doi: 10.1155/2024/7739710
- Amri, A., Chaumeil, J. C., Sfar, S., and Charrueau, C. (2012). Administration of resveratrol: What formulation solutions to bioavailability limitations?. **Journal of Controlled Release**, 158(2), 182–193. doi: 10.1016/j.jconrel.2011.09.083
- Anekonda, T. S. (2006). Resveratrol—A boon for treating Alzheimer’s disease?. **Brain Research Reviews**, 52(2), 316–326. doi: 10.1016/j.brainresrev.2006.04.004
- Brown, K., Theofanous, D., Britton, R. G., Aburido, G., Pepper, C., Sri Undru, S., and Howells, L. (2024). Resveratrol for the management of human health: How far have we come? A systematic review of resveratrol clinical trials to highlight gaps and opportunities. **International Journal of Molecular Sciences**, 25(2), 747. doi: 10.3390/ijms25020747
- Gambini, J., Inglés, M., Olaso, G., Lopez-Grueso, R., Bonet-Costa, V., Gimeno-Mallench, L., ... Borrás, C. (2015). Properties of resveratrol: In vitro and In vivo studies about metabolism, bioavailability, and biological effects in animal models and humans. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, 2015, 1–13. doi: 10.1155/2015/837042
- Janjarasskul, T., and Suppakul, P. (2018). Active and intelligent packaging: The indication of quality and safety. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 58(5), 808–831. doi: 10.1080/10408398.2016.1225278
- Kwon, S. H., Choi, H. R., Kang, Y. A., and Park, K. C. (2017). Depigmenting effect of resveratrol is dependent on FOXO3a activation without SIRT1 activation. **International Journal of Molecular Sciences**, 18(6), 1213. doi: 10.3390/ijms18061213
- Ren, Z., Zheng, S., Sun, Z., Luo, Y., Wang, Y., Yi, P., ... Xiao, W. (2025). Resveratrol: molecular mechanisms, health benefits, and potential adverse effects. **Medicine communications**, 6(6), e70252. doi: 10.1002/mco2.70252
- Yam, K. L. (Ed.). (2009). **The Wiley encyclopedia of packaging technology**. (3rd ed). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Yu, X., Jia, Y., and Ren, F. (2024). Multidimensional biological activities of resveratrol and its prospects and challenges in the health field. **Frontiers in Nutrition**, 11, 1408651. doi: 10.3389/fnut.2024.1408651
- Zhu, P., Jin, Y., Sun, J., and Zhou, X. (2025). The efficacy of resveratrol supplementation on inflammation and oxidative stress in type-2 diabetes mellitus patients: Randomized double-blind placebo meta-analysis. **Frontiers in Endocrinology**, 15, 1463027. doi: 10.3389/fendo.2024.1463027
- Zupančič, Š., Lavrič, Z., and Kristl, J. (2015). Stability and solubility of trans-resveratrol are strongly influenced by pH and temperature. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, 93, 196–204. doi: 10.1016/j.ejpb.2015.04.002