บทความวิจัย

การติดตามคุณภาพซุปจากกากถั่วดาวอินคากึ่งสำเร็จรูปชนิดผงที่ทำแห้งแบบโฟมแมทและแบบลมร้อนระหว่างการเก็บ

สุภัสสรา กิตติพิทยากุล
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
วิชมณี ยืนยงพุทธกาล*
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 3810 2222 อีเมล: wich@go.buu.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.07.008
รับเมื่อ 5 กันยายน 2565 แก้ไขเมื่อ 25 ตุลาคม 2565 ตอบรับเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2565 เผยแพร่ออนไลน์ 23 กรกฎาคม 2567
© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

กากถั่วดาวอินคาหลังการบีบน้ำมันยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการที่มีประโยชน์นำมาสร้างมูลค่าเพิ่มได้ ซึ่งเป็นผลดีด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และการใช้ประโยชน์ถั่วดาวอินคาอย่างคุ้มค่า งานวิจัยนี้ผลิตซุปที่ปรุงรสแล้วและนำมาทำแห้งแบบโฟมแมทและแบบลมร้อน เพื่อให้อยู่ในรูปแบบผงที่สามารถชงกับน้ำร้อนเพื่อคืนรูปก่อนรับประทานได้ ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของซุปกึ่งสำเร็จรูปโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท (Foam Mat Dried Soup; FMDS) และซุปกึ่งสำเร็จรูปโดยการทำแห้งแบบลมร้อน (Hot air Dried Soup; HDS) โดยบรรจุซุปผงในซองอะลูมิเนียมฟอยล์ เก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน จากผลการทดลองพบว่า ทั้ง FMDS และ HDS มีคุณภาพเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไปมีดังนี้ ทางเคมีกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่า a_w ความสามารถในการดูดความชื้น และค่าเพอร์ออกไซด์ สำหรับคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ คะแนนการเกาะตัวกันและกลิ่นหืน แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความสามารถในการดูดน้ำกลับ ($p\geq0.05$) ตลอดเวลาเก็บรักษา FMDS มีปริมาณความชื้น (1.16–2.42%) และค่า a_w (0.21–0.44) ต่ำกว่า HDS (ความชื้น 4.44–5.72%, a_w 0.48–0.51) แสดงถึงโอกาสในการคงตัวระหว่างการเก็บดีกว่า

คำสำคัญ: ซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผง กากถั่วดาวอินคา การทำแห้งแบบโฟมแมท การทำแห้งด้วยลมร้อน

การอ้างอิงบทความ: สุภัสสรา กิตติพิทยากุล และ วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, "การติดตามคุณภาพซุปจากกากถั่วดาวอินคากึ่งสำเร็จรูปชนิดผงที่ทำแห้งแบบโฟมแมทและแบบลมร้อนระหว่างการเก็บ," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 34, ฉบับที่ 4, หน้า 1–13, เลขที่บทความ 244-146305, ต.ค.–ธ.ค. 2567.

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 34 ฉบับที่ 4 ต.ค.–ธ.ค. 2567
The Journal of KMUTNB., Vol. 34, No. 4, Oct.–Dec. 2024

Research Article

Quality Assessment of Instant Soup Powder from Sacha Inchi Residue Processed by Foam Mat and Hot Air Drying Methods during Storage

Suphatsara Kittipittayakool
Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri, Thailand
Wichamanee Yuenyongputtakal*
Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 3810 2222, E–mail: wich@buu.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2024.07.008
Received 5 September 2022; Revised 25 October 2022; Accepted 1 November 2022; Published online: 23 July 2024
© 2024 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) residues after oil expression are still nutrient-rich and can be used for creating value-added products which are good for economy and environment. In this research, seasoned soup was prepared by foam mat and hot air-drying methods to consume as an instant powder product. The quality of instant soup powder by Foam Mat Drying (FMDS) and by Hot Air Drying (HDS) was evaluated. The instant soup powder was packaged in aluminum foil bags and stored for 60 days at room temperature. The results showed that the qualities of both Foam Mat Dried Soup (FMDS) and Hot Air-Dried Soup (HDS) were statistically different (p<0.05). The physicochemical qualities: moisture content, a_w value, hygroscopicity and peroxide value, and the sensory qualities: cohesion and rancidity scores changed. The microbiological qualities (total viable count, yeast and mold count) and rehydration sensory score did not change (p≥0.05) in storage time. FMDS had lower moisture content (1.16–2.42%) and a_w value (0.21–0.44) than HDS (moisture content of 4.44–5.72%, a_w value of 0.48–0.51), These results showed that FMDS had better stability during storage.

Keywords: Instant Soup Powder, Sacha Inchi Residue, Foam Mat Drying, Hot Air Drying

Please cite this article as: S. Kittipittayakool and W. Yuenyongputtakal, "Quality assessment of instant soup powder from sacha inchi residue processed by foam mat and hot air drying methods during storage," *The Journal of KMUTNB*, vol. 34, no. 4, pp. 1–13, ID. 244-146305, Oct.–Dec. 2024 (in Thai).

1. บทนำ

การเสื่อมเสียของอาหาร เกิดได้จากทั้งทางจุลินทรีย์ เคมี หรือการกระทำทางกายภาพ ซึ่งส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ สี เนื้อสัมผัสของอาหาร ดังนั้นจึงต้องมีการถนอมอาหาร เพื่อให้เก็บรักษาคุณภาพได้เป็นระยะเวลานาน [1] การทำแห้งเป็นหนึ่งในวิธีการที่มีความสำคัญสำหรับการแปรรูปและถนอมอาหาร โดยการทำแห้งจะช่วยปรับปรุงความคงตัวของอาหารจากการลดค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity) ของอาหาร ชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ และลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่ไม่พึงประสงค์ อีกทั้งยังช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีในระหว่างการเก็บรักษา การถนอมอาหารมีหลายวิธี เช่น การทำแห้ง การแช่แข็ง การแช่เย็น การพาสเจอร์ไรส์ และการใช้สารเคมี เป็นต้น โดยเฉพาะการทำแห้งที่มีข้อดีหลายประการ ได้แก่ น้ำหนักและปริมาตรของอาหารลดลง ส่งผลให้ง่ายต่อการจัดเก็บและบรรจุ และที่สำคัญการทำแห้งถือว่าเป็นวิธีการถนอมอาหารที่มีค่าใช้จ่ายถูกที่สุด แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของคุณค่าทางโภชนาการที่สูญเสียไปในระหว่างการทำแห้ง [2] วิธีการทำแห้งแบบดั้งเดิม คือ การทำแห้งแบบลมร้อน (Hot Air Drying; HAD) เป็นวิธีการหนึ่งที่เป็นที่นิยม มีข้อดี คือ สามารถดำเนินการได้ไม่ยุ่งยาก ไม่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง แต่มีข้อด้อย คือ ใช้เวลาในการอบแห้งนาน ใช้พลังงานค่อนข้างสูง และคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้มีข้อที่ไม่พึงประสงค์ เช่น มีการเปลี่ยนแปลงในด้านสี รสชาติและคุณค่าทางโภชนาการไม่เป็นที่ต้องการ [3]–[5] จึงมีการคิดค้นการทำแห้งด้วยวิธีอื่นเพื่อช่วยเสริมข้อด้อยเหล่านี้ การทำแห้งแบบโฟมแมท (Foam Mat Drying; FMD) เป็นการทำแห้งที่สามารถดำเนินการภายใต้สภาวะที่ไม่รุนแรง ใช้อุณหภูมิไม่สูง เวลาสั้น เนื่องจากมีกระบวนการเตรียมให้อาหารเหลวหรืออาหารที่มีลักษณะข้นเกิดเป็นโฟมที่มีความคงตัว ก่อนนำไปทำให้แห้ง โดยโฟมมีลักษณะเป็นฟองอากาศขนาดเล็ก และผนังของฟองอากาศเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการเคลื่อนที่และการระเหยของน้ำออกจากอาหาร จนได้ผลิตภัณฑ์ที่แห้งเป็นแผ่นที่มีความชื้นตามต้องการ สามารถนำมาบดได้เป็นผงละเอียด ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงแห้งที่ไหลได้อย่างอิสระ [3], [6] การทำแห้งแบบโฟมแมทแตกต่างกับวิธีการทำแห้งแบบอื่น คือ โครงสร้างทางกายภาพของวัตถุดิบจะเปลี่ยนไปโดยการแตกตัวของผนังแผ่นฟิล์มบางและการรวมตัวกันของฟองอากาศ การทำแห้งวิธีนี้เหมาะสำหรับวัตถุดิบที่มีลักษณะหนืดหรือเหนียว ไวต่อความร้อน ปริมาณน้ำตาลสูง เช่น น้ำผักผลไม้ ผลิตภัณฑ์ซุปข้นจากธัญพืช เป็นต้น [3], [7]–[9] อีกทั้งยังเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ เนื่องจากโปรตีนมีคุณสมบัติในการเกิดโฟมจึงเป็นผลดีในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างให้เป็นโฟม [10] อาหารโปรตีนสูงที่ใช้การทำแห้งแบบโฟมแมท ตัวอย่าง เช่น ถั่วพุ่ม (Cowpea) [11] งานวิจัยนี้ต้องการนำกากถั่วดาวอินคาที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันมาพัฒนาเป็นซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผง ซึ่งกากถั่วดาวอินคาเป็นส่วนที่ได้หลังจากการนำเมล็ดถั่วดาวอินคามาผ่านกระบวนการสกัดน้ำมัน แล้วนำมาบดเพื่อลดขนาด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยมีองค์ประกอบของโปรตีนในปริมาณสูงถึง 56.63 % และมีกรดอะมิโนที่จำเป็น ได้แก่ ไลซีน (Lysine) ลิวซีน (Leucine) ฮิสติดีน (Histidine) ทรีโอนีน (Threonine) และ ทริปโตแฟน (Tryptophan) รวมทั้งกรดอะมิโนไม่จำเป็น เช่น ไทโรซีน (Tyrosine) กรดกลูตามิก (Glutamic acid) เป็นต้น โดยในเมล็ดถั่วดาวอินคามีรายงานว่ามีปริมาณโปรตีนเทียบเท่ากับเมล็ดงา ดอกทานตะวัน และถั่วลิสง และมีแร่ธาตุอีกหลายชนิด เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม เป็นต้น [12]–[14]

ในปัจจุบันอาหารโปรตีนจากพืช (Plant-based Protein Food) ที่ผลิตจากพืชตระกูลถั่ว เป็นอาหารที่กำลังได้รับความนิยมจากผู้บริโภค เนื่องจากช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจและหลอดเลือด ที่เป็นผลมาจากการรับประทานโปรตีนจากสัตว์ในปริมาณมากเกินไป ซึ่งมักมาพร้อมกับไขมันและคอเลสเตอรอล ดังนั้นการบริโภคอาหารโปรตีนจากพืชจึงช่วยลดความเสี่ยงต่อโรคต่าง ๆ เหล่านี้ได้ [15], [16] กากถั่วดาวอินคาจึงมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นอาหารโปรตีนจากพืชได้ การแปรรูปด้วยการทำแห้งให้ได้ผลิตภัณฑ์ซุปกึ่งสำเร็จรูปที่ยังคงรักษาคุณภาพทางเคมีกายภาพ และคุณภาพทาง

ประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไว้ได้ไม่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการเก็บรักษาจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ และยังไม่พบว่ามีการศึกษามาก่อน ซึ่งในงานวิจัยก่อนหน้ามีการนำกากถั่วดาวอินคามาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เช่น เครื่องดื่มน้ำนมถั่วดาวอินคาสูตรน้ำตาลต่ำ แป้งวอฟเฟิลสำเร็จรูป [17], [18] แต่อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีข้อจำกัดในด้านการบริโภค งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพและประสาทสัมผัสของซุปจากกากถั่วดาวอินคากึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากการทำแห้งแบบโฟมแมทและการทำแห้งแบบลมร้อน

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

วัตถุดิบหลักที่ใช้ ได้แก่ กากถั่วดาวอินคาผงที่ผ่านการสกัดน้ำมัน (รับจากบริษัท ชาโลม เฮลท์ จำกัด จังหวัดชลบุรี) ปริมาณความชื้น 2.12% ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช ก่อนนำมาใช้งาน เผือกหอมและมันเทศสีม่วง (ซื้อจากตลาดเมืองใหม่ จังหวัดชลบุรี) เตรียมโดยปอกเปลือก ล้างให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วเติมน้ำ 10 % ทำให้ง่ายต่อการบด นำมาบดละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นเอนกประสงค์ (Electrolux EBR2601, Thailand) ควบคุมความละเอียดโดยกดผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช แล้วแช่แข็งที่อุณหภูมิ –18 ±2 องศาเซลเซียส เมื่อจะใช้งานนำมาทำละลายโดยวางไว้ที่ตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นอกจากนี้มีการใช้น้ำมันมะกอก (Bertolli Extra Virgin Olive Oil, Italy) และผงปรุงรส รสหอมหัวใหญ่ มีองค์ประกอบของหอมหัวใหญ่ เกลือไอโอดีน น้ำตาลไม่ฟอกสี และเครื่องเทศ (Kuune, Thailand)

2.2 การเตรียมซุป

สูตรและวิธีการผลิตซุป ดำเนินการตามผลการทดลองก่อนหน้านี้ [19] ส่วนผสมตามตารางที่ 1 โดยเผือกหอมและมันเทศสีม่วงบดละเอียดนำมาผสมกันในอัตราส่วน 1 : 1 วิธีการผลิตซุป ทำได้โดยนำกากถั่วดาวอินคา เผือกหอมและมันเทศสีม่วงบดละเอียด ผงปรุงรส มาผสมกับน้ำให้เข้ากัน และนำไปให้ความร้อนโดยเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แล้วเติมน้ำมันมะกอกเมื่อให้ความร้อนเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นให้ความร้อนต่อจนครบ 20 นาที จะได้ซุปลักษณะข้นมีสีน้ำตาลอมม่วง โดยมีค่าความหนืด 5931.74 ±82.33 g.sec ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 66.29 ±0.01 6.79 ±0.02 และ 13.43 ±0.06 ตามลำดับ

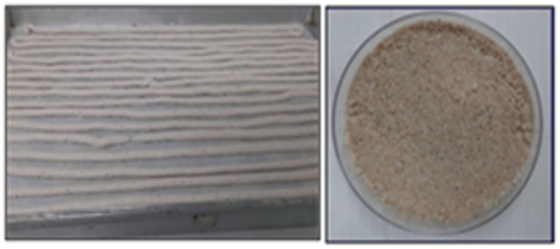
2.3 การผลิตซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผง

ดำเนินการผลิตซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผง 2 ชนิด ได้แก่ ซุปกึ่งสำเร็จรูปโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท (Foam Mat Dried Soup; FMDS) และซุปกึ่งสำเร็จรูปโดยการทำแห้งแบบลมร้อน (Hot air Dried Soup; HDS)

ตารางที่ 1 ส่วนผสมของซุปจากกากถั่วดาวอินคา

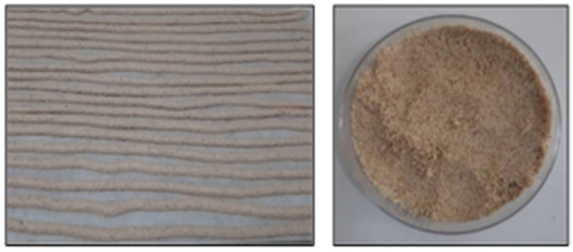
ส่วนผสม	ปริมาณ (%)
กากถั่วดาวอินคาผง	19.5
เผือกหอมและมันเทศสีม่วงบดละเอียด	9.0
น้ำมันมะกอก	1.5
ผงปรุงรส	1.0
น้ำ	69.0
รวม	100.0

สำหรับการทำแห้งแบบโฟมแมทดัดแปลงวิธีมาจาก Panyakrua [20] และ Falade และคณะ [11] มีการใช้สารก่อโฟมร่วมด้วย ได้แก่ กลีเซอริลโมโนสเตียเรท (Glyceryl Monostearate) และเมทิลเซลลูโลส (Methylcellulose) เตรียมกลีเซอริลโมโนสเตียเรทความเข้มข้น 24% โดยเตรียมในรูปสารแขวนลอย และเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้น 3% ซึ่งเตรียมในรูปเจลใส กำหนดใช้ส่วนผสมดังนี้ ซุป 60% สารแขวนลอยของกลีเซอริลโมโนสเตียเรท 30% และเจลเมทิลเซลลูโลส 10% เตรียมโฟมโดยการนำสารแขวนลอยของกลีเซอริลโมโนสเตียเรทมาตีปั่นโดยใช้เครื่องผสมอาหาร (KitchenAid 5KPM50 Stand Mixer, United States) ที่ความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเติมซุปแล้วปั่นผสมด้วยความเร็วต่ำสุดเป็นเวลา 1 นาที แล้วปรับเป็นความเร็ว



(ก) (ข)

รูปที่ 1 (ก) ลักษณะของตัวอย่างก่อนทำแห้ง และ (ข) ซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากกากถั่วดาวอินคาโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท



(ก) (ข)

รูปที่ 2 (ก) ลักษณะของตัวอย่างก่อนทำแห้ง และ (ข) ซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากกากถั่วดาวอินคาโดยการทำแห้งแบบลมร้อน

ปานกลางเป็นเวลา 3 นาที จากนั้นจึงเติมเจลเมทิลเซลลูโลสปั่นผสมต่อที่ความเร็วปานกลางเป็นเวลา 25 นาที จะได้โฟมที่มีความคงตัว สำหรับการทำแห้งแบบลมร้อนดำเนินการโดยนำซุปที่เตรียมไว้มาตีปั่นโดยใช้เครื่องผสมอาหาร ตามสภาวะระดับความเร็วในการปั่นผสมและเวลาเหมือนกับกรณีเตรียมโฟมสำหรับการทำแห้งแบบโฟมแมท แต่ไม่เติมสารก่อโฟม จากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมได้มาบรรจุในถุงบีบพลาสติกที่มีหัวบีบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร บีบโฟมลงบนถาดให้เป็นเส้นที่มีความยาวประมาณ 30 เซนติเมตร แล้วนำไปทำแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Binder FD-53, United States) ที่อุณหภูมิ 70 ±2 องศาเซลเซียส ยุติการทำแห้งเมื่อน้ำหนักตัวอย่างคงที่ และต้องมีปริมาณความชื้นสุดท้ายไม่เกิน 7 % [21]

นำตัวอย่างหลังการทำแห้งมาบดด้วยเครื่องปั่นอเนกประสงค์ (Electrolux EBR2601, Thailand) แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 30 เมช ลักษณะของตัวอย่างก่อนทำแห้งและซุปกึ่งสำเร็จรูปที่ได้จากทำแห้งแบบโฟมแมท และแบบลมร้อนแสดงดังรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

2.4 การเก็บรักษาและการวิเคราะห์คุณภาพ

นำตัวอย่างซุปกึ่งสำเร็จรูปที่ผลิตได้มาบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 10 × 10 เซนติเมตร ถุงละ 10 กรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32 ±3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 60 วัน ดัดแปลงจาก Cong และคณะ [22] สุ่มตัวอย่างทุก 10 วัน โดยนำตัวอย่างที่บรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์อย่างละ 3 ถุง ของทั้ง 2 สภาวะ มาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น [23] เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในอาหาร ซึ่งมีผลต่อการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์ ความปลอดภัย รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัสของอาหารรายงานเป็น % ค่า Water Activity (a_w) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ค่า a_w (Novasina AG Lab Master, switzerland) เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความปลอดภัย อายุการเก็บ และการเสื่อมเสียของอาหาร ค่าความสามารถการดูดความชื้น (Hygroscopicity) [24] เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถการดูดความชื้นอาหาร ซึ่งมีผลต่อความคงตัวของอาหารในระหว่างเก็บรักษารายงานเป็น % ค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide Value) [25] เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการเสื่อมเสียของไขมันหรือน้ำมันที่เป็นสาเหตุของกลิ่นหืน รายงานในหน่วยจำนวนมิลลิกรัมสมมูลของเพอร์ออกไซด์ออกซิเจน ที่มีในไขมัน หรือน้ำมัน 1 กิโลกรัม (Milliequivalent Peroxide/kg) และสุ่มตัวอย่างทุก 30 วัน สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์ และรา [26] รวมทั้งการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาปริมาณ (Quantitative Descriptive Analysis; QDA) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 8 คน ให้คะแนนตั้งแต่ 0–15 โดย 0 คะแนนแสดงถึงตัวอย่างมีความเข้มในด้านนั้นน้อย เช่น ไม่มีการเกาะตัว ไม่เกิดกลิ่นหืน มีความสามารถในการดูดน้ำกลับน้อย เป็นต้น ถ้าได้ 15 คะแนน แสดงถึงตัวอย่างมีความเข้มในด้านนั้นมาก เช่น การเกาะตัวมาก

กลิ่นหืนมาก มีความสามารถในการดูดน้ำกลับมาก เป็นต้น ประเมินตัวอย่างซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงในด้านการเกาะตัวกันและกลิ่นหืน นอกจากนี้ประเมินด้านความสามารถในการดูดน้ำกลับ โดยผู้ทดสอบนำซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผง 20 กรัม เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส ปริมาณ 120 มิลลิลิตร คนผสม เพื่อประเมินความสามารถในการดูดน้ำกลับของตัวอย่างภายใน 2 นาที

2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติจะทำการทดลอง 3 ซ้ำ ติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของซุปจากกากถั่วดาวอินคากึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากการทำแห้งแบบโฟมแมทและการทำแห้งแบบลมร้อนระหว่างการเก็บรักษา กำหนดตัวแปรต้น คือ ระยะเวลาที่เก็บ ตัวแปรตาม คือ ค่าคุณภาพต่าง ๆ วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (ANOVA) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณภาพที่วิเคราะห์โดยวิธี Tukey's Multiple Comparison test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Minitab® 17

3. ผลการทดลอง

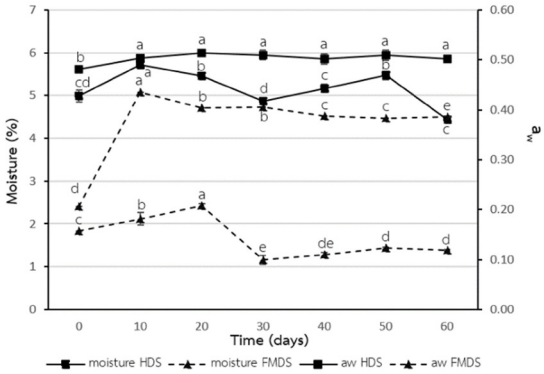
3.1 ปริมาณความชื้นและค่า a_w

จากรูปที่ 3 พบว่า หลังการทำแห้ง (เวลาเก็บ 0 วัน) ปริมาณความชื้นของ FMDS และ HDS เท่ากับ 1.83% และ 4.99 % ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ซุปกึ่งสำเร็จรูปต้องไม่เกิน 7% [21] โดยใช้เวลาในการทำแห้ง 180 นาที และ 240 นาที ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการทำแห้งแบบโฟมแมทมีประสิทธิภาพช่วยลดความชื้นของอาหารได้มากกว่าและใช้เวลาสั้นกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน เนื่องจากการทำแห้งแบบโฟมแมทผ่านการทำให้ซุปเกิดลักษณะโฟม ซึ่งช่วยให้เกิดลักษณะเป็นฟองอากาศขนาดเล็กคล้ายรังผึ้งจะกระจายอยู่ทั่ว และมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ ทำให้ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการเคลื่อนที่และการระเหยของน้ำออกจากอาหาร ทำให้น้ำจากภายในเคลื่อนที่ไปที่ผิวของโฟมได้อย่างรวดเร็ว เป็นผลให้ใช้เวลาในการทำแห้งสั้น [3], [27]

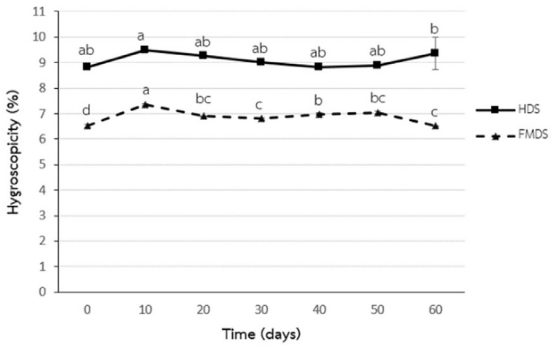
เมื่อพิจารณาปริมาณความชื้นและค่า a_w ของ FMDS พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน กล่าวคือในช่วงแรกของการเก็บรักษา (ไม่เกิน 20 วัน) ปริมาณความชื้นและค่า a_w มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หลังจากนั้นจะมีแนวโน้มลดลงและคงที่เมื่อเก็บเป็นเวลา 40–60 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในระยะแรกผลิตภัณฑ์ซุปกึ่งสำเร็จรูปซึ่งเป็นอาหารผงยังสามารถดูดซับความชื้นที่หลงเหลืออยู่ในซองบรรจุภัณฑ์จึงมีโอกาสทำให้ความชื้นและปริมาณน้ำอิสระเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การเติมสารก่อโฟมโดยเฉพาะเมทิลเซลลูโลสซึ่งเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่มีสมบัติในการจับน้ำไว้กับตัวได้ดี [28] อาจมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของความชื้นและค่า a_w ในช่วงแรกนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาการผลิตแป้งสำหรับชุบทอดที่เติมเมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิแตกต่างกันพบว่า เมื่อความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลสเพิ่มขึ้นค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำ (Water Retention Capacity) ของแป้งชุบทอดมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้เมทิลเซลลูโลส 2.5% มีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำ เท่ากับ 80.1% ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการเติมเมทิลเซลลูโลสมีค่าความสามารถในการกักเก็บน้ำ เท่ากับ 61.9% [29]

อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บตัวอย่างไว้นานขึ้นน้ำที่ดูดซับไว้มีโอกาสสร้างพันธะกับองค์ประกอบในซุปผงจนสมดุลแล้วจึงพบว่า ปริมาณความชื้นและค่า a_w มีแนวโน้มลดลงและคงที่ มีรายงานว่าการเติมกลีเซอริลโมโนสเตียเรทในอาหารผงมีผลให้ปริมาณน้ำอิสระลดลง เนื่องจากความสามารถในการดูดความชื้นที่เป็นน้ำอิสระไว้ในโมเลกุลได้มากขึ้น [30] จึงช่วยให้ปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของอาหารผงลดลง นอกจากนี้สารไฮโดรคอลลอยด์ยังมีสมบัติทำให้เกิดสภาพฟิล์มขึ้น ช่วยชะลอการสูญเสียความชื้นของอาหารผงระหว่างการเก็บได้ [31]

เมื่อพิจารณา HDS พบว่า ปริมาณความชื้นและค่า a_w สูงกว่า FMDS ตลอดการเก็บ โดยมีปริมาณความชื้น 4.44–5.72% และ a_w 0.48–0.51 แสดงให้เห็นว่าการทำแห้งแบบโฟมแมทช่วยให้ซุปกึ่งสำเร็จรูปที่ผลิตได้มี



รูปที่ 3 ปริมาณความชื้นและค่า a_w ของซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากกากถั่วดาวอินคาโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท (FMDS) และการทำแห้งแบบลมร้อน (HDS) เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (a,b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บ (p<0.05))



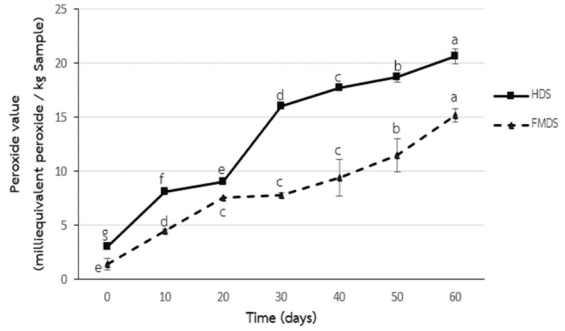
รูปที่ 4 ค่าความสามารถดูดความชื้นของซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากกากถั่วดาวอินคาโดยการทำแห้ง แบบโฟมแมท (FMDS) และการทำแห้งแบบลมร้อน (HDS) เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (a,b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บ (p<0.05))

โอกาสเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้ดีกว่า โดยเมื่อเก็บไว้ 60 วัน FMDS มีประมาณความชื้น 1.38% และมีค่า a_w 0.39 งานวิจัยนี้ติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นและค่า a_w ของซุปกึ่งสำเร็จรูปที่เป็นผลจากการทำแห้งด้วยวิธีที่มีประสิทธิภาพการทำแห้งแตกต่างกัน ปริมาณความชื้นและค่า a_w เริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ก่อนการเก็บรักษาจึงแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตามพบข้อสังเกตจากข้อมูลที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อผ่านการเก็บรักษานานขึ้น ปริมาณความชื้น และค่า a_w ของ FMDS แสดงความคงตัว แสดงถึงโอกาสในการคงตัวระหว่างการเก็บดีกว่า HDS

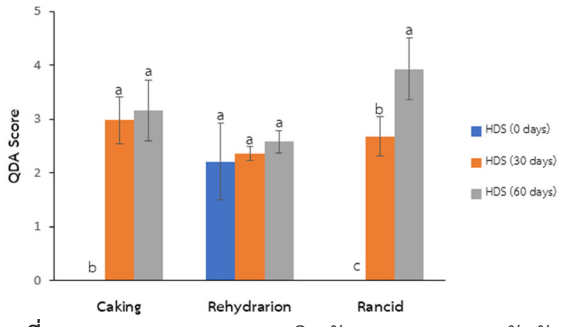
3.2 ค่าความสามารถในการดูดความชื้น

ค่าความสามารถในการดูดความชื้น (Hygroscopicity) บ่งบอกถึงการดูดความชื้นและโอกาสเกิดการเกาะตัวกันของอาหารผง ทำให้ลดสมบัติเฉพาะ (Functionality) และความเรียบเนียน (Smoothness) ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการของอาหารผง การรวมกลุ่มกันของอาหารผง (Agglomeration) เป็นผลมาจากการเกิดลักษณะน้ำที่มีความเหนียว (Plasticizing Water) บนพื้นผิวของอนุภาคผง จากการที่อาหารผงสัมผัสกับความชื้นและอุณหภูมิในขณะนั้นและพยายามเข้าสู่สมดุลกับสภาพแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษา [32], [33]

จากรูปที่ 4 พบว่า ค่าความสามารถในการดูดความชื้นของ FMDS และ HDS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการเก็บรักษา (ไม่เกิน 20 วัน) แนวโน้มนี้สอดคล้องกับปริมาณความชื้นและค่า a_w เป็นการยืนยันให้เห็นว่าในช่วงแรกผลิตภัณฑ์ซุปกึ่งสำเร็จรูปยังมีคุณภาพเกี่ยวกับการรักษาความชื้นไม่เสถียรนัก ยังมีโอกาสดูดซับความชื้นที่หลงเหลืออยู่ในซองบรรจุได้ จากการสังเกตุด้วยตาเปล่าพบว่า เมื่อเก็บไว้ 60 วัน ตัวอย่าง HDS มีลักษณะค่อนข้างชื้นและผงซุปเกาะตัวกันเป็นก้อนแสดงถึงลักษณะการไหลที่ไม่ดี แตกต่างจากตัวอย่าง FMDS ที่ยังมีลักษณะเป็นผงละเอียดแห้ง ไม่เกาะตัวกันเป็นก้อน การที่อาหารผงมีปริมาณความชื้นและค่า a_w เริ่มต้นต่ำกว่ามีโอกาสเกิดลักษณะเหนียวที่พื้นผิวอนุภาคน้อยกว่า นอกจากนี้การเติมสารก่อโฟมจะไปเพิ่มความไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) ให้กับระบบ เป็นผลให้อาหารผงมีสามารถในการดูดความชื้นในบรรยากาศลดลง [34], [35] ตัวอย่างอาหารผง FMDS จึงมีความสามารถในการดูดความชื้นต่ำกว่า HDS ตลอดการเก็บ 60 วัน



รูปที่ 5 ค่าเพอร์ออกไซด์ของซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผง จากกากถั่วดาวอินคาโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท (FMDS) และการทำแห้งแบบลมร้อน (HDS) เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง (a,b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บ (p<0.05))



รูปที่ 6 คะแนนจากการประเมินลักษณะการเกาะตัวกัน (Caking) ความสามารถในการดูดน้ำกลับ (Rehydration) และกลิ่นหืน (Rancid) ของซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากกากถั่วดาวอินคาโดยการทำแห้งแบบลมร้อน (HDS) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (a,b... หมายถึง ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บตามระยะเวลาการเก็บ (p<0.05))

3.3 ค่าเพอร์ออกไซด์

ซุปกึ่งสำเร็จรูปที่ผลิตขึ้นมีการเติมน้ำมันมะกอก โดยน้ำมันมะกอกมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดโอเลอิก (18:1) กรดลิโนเลอิก (18:2) กรดลิโนเลนิก (18:3) เมื่อสัมผัสออกซิเจนจึงมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ตำแหน่งพันธะคู่ของไขมัน แล้วทำให้เกิดสารจำพวกแอลดีไฮด์ คีโทน แอลกอฮอล์ ซึ่งให้กลิ่นรสที่ผิดปกติที่เรียกว่ากลิ่นหืน [36]

ค่าเพอร์ออกไซด์บ่งชี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lipid Oxidation) ที่ระยะเริ่มต้น [37] ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่นหืน ถ้าค่าเพอร์ออกไซด์มีค่ามากแสดงว่ามีโอกาสเกิดกลิ่นหืนมาก เมื่อค่าเปอร์ออกไซด์อยู่ระหว่าง 30 ถึง 40 Milliequivalent Peroxide/kg สังเกตรสหืนได้ [38] จากรูปที่ 5 พบว่า ค่าเพอร์ออกไซด์ของตัวอย่าง FMDS และ HDS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 60 วัน โดยตัวอย่าง FMDS วันที่ 0 และ 60 มีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 1.40 และ 15.17 Milliequivalent Peroxide/kg ตามลำดับ (p<0.05) และ ตัวอย่าง HDS วันที่ 0 และ 60 มีค่าเพอร์ออกไซด์เท่ากับ 2.98 และ 20.62 Milliequivalent Peroxide / kg ตามลำดับ (p<0.05) และพบแนวโน้มว่าค่าเพอร์ออกไซด์ของตัวอย่าง FMDS มีค่าต่ำกว่า HDS ตลอดการเก็บ แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันน้อยกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากตัวอย่าง FMDS ใช้สารก่อโฟมที่มีคุณสมบัติในการเกิดฟิล์มได้ องค์ประกอบของอาหารผงมีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนได้น้อยลง จึงไปชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ [39], [40]

3.4 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ในตัวอย่าง FMDS และ HDS เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วัน ตัวอย่างทั้งสองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา เท่ากับ <10 CFU/g แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์เทียบเคียง คือ ซุปถั่วแดงกึ่งสำเร็จรูป โดยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^5 CFU/g ปริมาณราไม่เกิน 100 CFU/g [21] แสดงให้เห็นว่ากระบวนการทำแห้งซุปทั้ง 2 วิธี เป็นวิธีที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ซุปกึ่งสำเร็จรูปที่มีความปลอดภัยเพียงพอสำหรับการบริโภคสามารถเก็บรักษาได้อย่างน้อย 60 วัน ทั้งนี้เมื่อพิจารณาร่วมกับผลการวิเคราะห์ค่า a_w พบว่า

ตัวอย่าง FMDS และ HDS มีค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเป็นค่าที่เพียงพอต่อการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารผงได้ [41] และมีรายงานว่าค่า a_w ที่ต่ำกว่า 0.4 อาหารจะมีความปลอดภัยทางชีวภาพที่เกี่ยวกับจุลินทรีย์โดยเป็นสภาวะที่ไม่สนับสนุนการเจริญของเชื้อก่อโรค [42] โดยตัวอย่าง FMDS ที่เก็บรักษา 60 วัน มีแนวโน้มค่า a_w ต่ำกว่า 0.4 แสดงถึงมีโอกาสปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าตัวอย่าง HDS

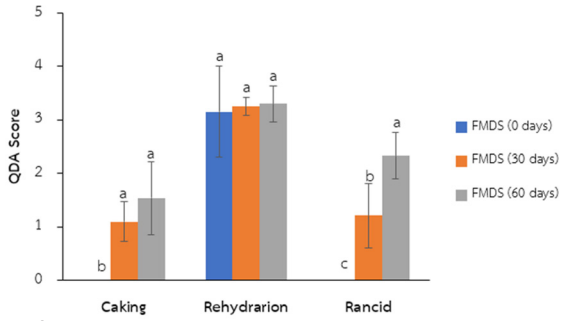
ตารางที่ 2 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g) และปริมาณยีสต์และรา (CFU/g) ของซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากกากถั่วดาวอินคาโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท (FMDS) และการทำแห้งแบบลมร้อน (HDS) เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง

Microbial Quality	Time (Days)	Treatment	
		FMDS	HDS
Total Viable Count (CFU/g)	0	<10	<10
	30	<10	<10
	60	<10	<10
Yeast and Mold Count (CFU/g)	0	<10	<10
	30	<10	<10
	60	<10	<10

3.5 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากรูปที่ 6 พบว่า หลังการทำแห้ง (เวลาเก็บ 0 วัน) ตัวอย่าง HDS มีลักษณะเป็นผงละเอียดแห้ง ยังไม่เกาะตัวกัน (คะแนนการเกาะตัวกัน เท่ากับ 0) เมื่อเก็บรักษา 30 และ 60 วัน ส่งผลให้มีลักษณะการเกาะตัวกันของซุปผง ได้คะแนนเท่ากับ 2.98 และ 3.16 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≥0.05) ในขณะที่ความสามารถในการดูดน้ำกลับของตัวอย่างตลอดการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≥0.05) ได้คะแนนอยู่ในช่วง 2.21–2.58 สำหรับด้านกลิ่นหืนพบว่า เมื่อเก็บรักษา 30 และ 60 วัน ส่งผลให้ตัวอย่างเริ่มมีกลิ่นหืนเล็กน้อยได้คะแนน เท่ากับ 2.68 และ 3.93 คะแนน ตามลำดับ

รูปที่ 7 พบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้าน ลักษณะการเกาะตัวกันของตัวอย่าง FMDS คล้ายกับตัวอย่าง HDS



รูปที่ 7 คะแนนจากการประเมินลักษณะการเกาะตัวกัน (Caking) ความสามารถในการดูดน้ำกลับ (Rehydration) และกลิ่นหืน (Rancid) ของซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากกากถั่วดาวอินคาโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท (FMDS) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (a,b... หมายถึงค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บ (p<0.05))

หลังการทำแห้ง (เวลาเก็บ 0 วัน) ตัวอย่าง FMDS ยังคงมีลักษณะเป็นผงละเอียดแห้ง ยังไม่เกาะตัวกัน(คะแนนการเกาะตัวกัน เท่ากับ 0) เมื่อเก็บรักษา 30 และ 60 วัน ส่งผลให้มีลักษณะการเกาะตัวกันของซุปผง ได้คะแนนเท่ากับ 1.10 และ 1.54 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≥0.05) ในขณะที่ความสามารถในการดูดน้ำกลับของตัวอย่างตลอดการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≥0.05) ได้คะแนนอยู่ในช่วง 3.15–3.30 สำหรับด้านกลิ่นหืนพบว่า เมื่อเก็บรักษา 30 และ 60 วัน ส่งผลให้ตัวอย่างเริ่มมีกลิ่นเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ผู้ทดสอบอธิบายว่าคล้ายกลิ่นหืนแต่มีความเข้มกลิ่นน้อยมาก (น้อยกว่าตัวอย่าง HDS) ได้คะแนน เท่ากับ 1.21 และ 2.33 คะแนน ตามลำดับ

ภาพรวมการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่า ตัวอย่าง FMDS มีความคงตัวด้านการเกาะตัวกัน และด้านกลิ่นหืน น้อยกว่าตัวอย่าง HDS ในขณะที่ความสามารถในการดูดน้ำกลับสูงกว่าตัวอย่าง HDS สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jaya และ Das [30] พบว่า ระดับการจับกันเป็นก้อน (Degree of Caking) ของมะม่วงผงที่ผ่านการทำแห้งแบบสุญญากาศลดลงเมื่อมีการเติมสารกลีเซอริลโมโนสเตียเรท ซึ่งเป็นสาร

ที่ใช้ทำหน้าที่เป็นสารก่อโฟมในขั้นตอนการทำแห้งแบบโฟมแมทในงานวิจัยนี้ และ Azizpour และคณะ [43] รายงานว่าการทำแห้งแบบโฟมแมทเป็นการทำให้เกิดโฟมในระหว่างการอบแห้งส่งผลให้โครงสร้างของผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีลักษณะเป็นรูพรุน ซึ่งเอื้อต่อการดูดน้ำกลับเข้ามาในโครงสร้างรูพรุนนั้น ดังนั้นตัวอย่าง FMDS จึงความสามารถในการดูดน้ำกลับสูงกว่าตัวอย่าง HDS และพบข้อสังเกตว่าค่าเพอร์ออกไซด์ (รูปที่ 5) สอดคล้องกับคะแนนความเข้มด้านกลิ่นหืน (รูปที่ 6 และรูปที่ 7)

4. สรุป

จากการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพของซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงจากกากถั่วดาวอินคาโดยการทำแห้งแบบโฟมแมทและแบบลมร้อนพบว่า การทำแห้งแบบโฟมแมททำให้ได้ตัวอย่างที่มีแนวโน้มคงตัวมากกว่า เมื่อสิ้นสุดการเก็บ 60 วัน พบว่า มีปริมาณความชื้น และค่า a_w ต่ำกว่าการทำแห้งแบบลมร้อน สำหรับค่าความสามารถในการดูดความชื้นพบว่า ทั้งสองตัวอย่างมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดการเก็บ ในขณะที่ค่าเพอร์ออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการเก็บ ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ยืนยันให้เห็นว่าการผลิตซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงทั้งสองวิธีสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ตามมาตรฐานและเก็บรักษาได้อย่างน้อย 60 วัน ผลการติดตามคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า เมื่อเก็บรักษานานถึง 30 และ 60 วัน มีผลให้ผลิตภัณฑ์มีการเกาะตัวกันเล็กน้อยและมีกลิ่นแปลกปลอมคล้ายกลิ่นหืนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ยังคงรักษาความสามารถในการดูดน้ำกลับไว้ได้คงที่ตลอดการเก็บ 60 วัน จากการวิเคราะห์ค่าคุณภาพต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าการทำแห้งแบบโฟมแมทสามารถลดระยะเวลาการทำแห้งได้ และมีการใช้พลังงานต่ำเนื่องจากอุณหภูมิในการทำแห้งต่ำ และสามารถเก็บรักษาได้มากกว่า 2 เดือนที่อุณหภูมิห้อง การจากการวิเคราะห์ค่าคุณภาพต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่ากากถั่วดาวอินคาที่ได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าและนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพรูปแบบอาหารโปรตีนจากพืชที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้ อย่างไรก็ตามพบว่า ผลิตภัณฑ์ซุปกึ่งสำเร็จรูปชนิดผงทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณความชื้นและค่า a_w ต่ำบ่งชี้ถึงมีความเสื่อมเสียได้ยากสามารถการเก็บรักษาได้นาน ดังนั้น ในงานวิจัยในอนาคตควรมีการทดลองเก็บผลิตภัณฑ์จนผลิตภัณฑ์เสื่อมเสียหรือศึกษาการเก็บในสภาวะเร่งทำให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติและได้รับทุนอุดหนุนจากบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

[1] S.K. Amit, M. Uddin, R. Rahman, S. M. Islam, and M. S. Khan, “A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing,” *Agriculture & Food Security*, vol. 6, no. 1, pp. 1–22, 2017.

[2] D. Agrahar-Murugkar and K. Jha, “Effect of drying on nutritional and functional quality and electrophoretic pattern of soyflour from sprouted soybean (Glycine max),” *Journal of food science and technology*, vol. 47, no. 5, pp. 482–487, 2010.

[3] S. Mounir, “Foam mat drying,” *Drying technologies for foods-fundamentals and applications*, pp. 169–191, 2017.

[4] S. Ishwarya, C. Anandharamakrishnan, and A. G. Stapley, “Spray-freeze-drying: A novel process for the drying of foods and bioproducts,” *Trends in Food Science & Technology*, vol. 41 no. 2, pp. 161–181, 2015.

[5] D. Huang, P. Yang, X. Tang, L. Luo, and B. Sunden, “Application of infrared radiation in the drying of food products,” *Trends in Food*

Science & Technology. vol. 110, pp. 765–777, 2021.

[6] P. Kandasamy, N. Varadharaju, S. Kalemullah, and D. Maladhi, "Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp," *Journal of food science and technology*, vol. 51, no. 10, pp. 2526–2534, October 2014.

[7] D. M. Kadam, R. T. Patil, and P. Kaushik, "Foam mat drying of fruit and vegetable products," *Drying of foods, vegetables and fruits*, vol. 1, pp. 111–124, 2010.

[8] S. L. Tan, R. Sulaiman, Y. Rukayadi, and N. S. Ramli, "Physical, chemical, microbiological properties and shelf life kinetic of spray-dried cantaloupe juice powder during storage," *Lwt*, vol. 140, article no. 110597, 2021.

[9] M. L. Ng and R. Sulaiman, "Development of beetroot (Beta vulgaris) powder using foam mat drying," *Lwt*, vol. 88, pp. 80–86, 2018.

[10] S. Damodaran, K. L. Parkin, and O. R. *Fennema, Fennema's food chemistry*, eds, CRC press, 2007.

[11] K. O. Falade, K. I. Adeyanju, and P. I. Uzo-Peters, "Foam-mat drying of cowpea (Vigna unguiculata) using glyceryl monostearate and egg albumin as foaming agents," *European Food Research and Technology*, vol. 217, no. 6, pp. 486–491, 2003.

[12] S. Rawdkuen, D. Murdayanti, S. Ketnawa, and S. Phongthai, "Chemical properties and nutritional factors of pressed-cake from tea and sacha inchi seeds," *Food Bioscience*, vol. 15, pp. 64–71, 2016.

[13] M. D. Guillén, A. Ruiz, N. Cabo, R. Chirinos, and G. Pascual, "Characterization of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and 1H NMR Comparison with linseed oil," *Journal of the American Oil Chemists' Society*, vol. 80, no. 8, pp. 755–762, 2003.

[14] L.F. Gutiérrez, L. M. Rosada, and Á. Jiménez, "Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction," *Grasas y aceites*, vol. 62, no. 1, pp. 76–83, 2011.

[15] Y. Kim and Y. Je, "Dietary fibre intake and mortality from cardiovascular disease and all cancers: A meta-analysis of prospective cohort studies," *Archives of cardiovascular diseases*, vol. 109, no. 1, pp. 39–54, 2016.

[16] H. Kim, L. E. Caulfield, V. Garcia-Larsen, L. M. Steffen, J. Coresh, and C. M. Rebholz, "Plant-based diets are associated with a lower risk of incident cardiovascular disease, cardiovascular disease mortality, and all-cause mortality in a general population of middle-aged adults," *Journal of the American Heart Association*, vol. 8, no. 16, article no. 012865, 2019.

[17] P. Chaipan, "Reduction of beany flavor for sacha inchi flour quality improvement and utilization as ingredient in functional food product," M.S. thesis, Department of Food Science and Technology, Faculty of Science, Burapha University, 2018 (in thai).

[18] W. Yuenyongputtakal, S. Chinnasarn, and N. Krasaechol, "A study on potential application of sacha inchi oil extraction by-product in functional food product development," Department of Food Science and Technology, Faculty of Science, Burapha University, 2018 (in thai).

[19] S. Kittipittayakool and W. Yuenyongputtakal, "Formulation development of soup from Sacha inchi residue using a mixture design," in *proceedings 18th KU KPS National Conference*, 2021, pp. 2190–2199 (in thai).

[20] R. Panyakrua,"Development of Instant germinated brown rice porridge mixed with cereal," M.S. thesis, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, 2012 (in thai).

[21] *Instant Red Kidney Bean Soup*, TCPS 1507, 2019.

[22] S. Cong, W. Dong, J. Zhao, R. Hu, Y. Long, and X. Chi, "Characterization of the lipid oxidation process of robusta green coffee beans and shelf life prediction during accelerated storage," *Molecules*, vol. 25, no. 5, pp. 1157, 2020.

[23] *AOAC: Official method of analysis*, 17th ed., Association of Official Analytical Chemists, 1995.

[24] S. Shaaruddin, H. M. Ghazali, S. H. Mirhosseini, and K. Muhammad, "Stability of betanin in pitaya powder and confection as affected by resistant maltodextrin," *LWT*, vol. 84, pp. 129–134, 2017.

[25] M. P. Richards and H. O. Hultin, "Contributions of blood and blood components to lipid oxidation in fish muscle," *Journal of Agricultural and Food chemistry*, vol. 50, no. 3, pp. 555–564, 2002.

[26] W. H. Andrews, and T. S. Hammack. (2003). *Bacteriological Analytical Manual Chapter 1 Food sampling and preparation of sample homogenate*. [Online]. Available: http://www.fda.gov

[27] E. Varhan, F. Elmas, and M. Koç, "Foam mat drying of fig fruit: Optimization of foam composition and physicochemical properties of fig powder," *Journal of Food Process Engineering*, vol. 42, no. 4, article no. e13022, 2019.

[28] R. Ergun, J. Guo, and B. Huebner-Keese, "Cellulose," in *Encyclopedia of Food and Health*. Academic Press, Oxford, 2016, pp. 694–702.

[29] T. Sanz, A. Salvador, and S. M. Fiszman, "Effect of concentration and temperature on properties of methylcellulose-added batters application to battered, fried seafood," *Food Hydrocolloids*, vol. 18, no. 1, pp. 127–131, 2004.

[30] S. Jaya and H. Das, "Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties," *Journal of Food Engineering*, vol. 63, no. 2, pp. 125–134, 2004.

[31] M. Mohammadi, N. Sadeghnia, M. H. Azizi, T. R. Neyestani, and A. M. Mortazavian, "Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 20, no. 4, pp. 1812–1818, 2014.

[32] J. T. D. C. L. Toneli, K. J. Park, F. E. X. Murr, and A. A. Negreiros, "Efeito da umidade sobre a microestrutura da inulina em pó," *Food Science and Technology*, vol. 28, pp. 122–131, 2008.

[33] J. Aguilera, J. del Valle, and M. Karel, "Caking phenomena in amorphous food powders," *Trends in Food Science & Technology*, vol. 6, no. 5, pp. 149–155, 1995.

[34] E. Juarez-Enriquez, G. I. Olivas, P. B. Zamudio-Flores, S. Perez-Vega, I. Salmeron, E. Ortega-Rivas, and D. R. Sepulveda, "A review on the influence of water on food powder flowability," *Journal of Food Process Engineering*, vol. 45, no. 5, article no. 14031, 2022.

[35] A. Farahnaky, N. Mansoori, M. Majzoobi, and F. Badii, "Physicochemical and sorption isotherm properties of date syrup powder: Antiplasticizing effect of maltodextrin," *Food and bioproducts processing*, vol. 98, pp. 133–141, April 2016.

[36] D. B. Min, *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*, CRC Press, 2008.

[37] F. Shahidi, and Y. Zhong, "Lipid oxidation: measurement methods," *Bailey's industrial oil and fat products*, John Wiley & Sons, Inc, 2005.

[38] A. Ali, S. Abdullahi, and M. Awow, "The Effect of Antioxidants on Peroxide Value in Edible Oil," Research *Journal of Environmental and Earth Sciences*, vol. 8, no. 1, pp. 2348–2532, 2022.

[39] J. Milani, and G. Maleki, "Hydrocolloids in food industry," *Food industrial processes–Methods and equipment*, vol. 2, pp. 2–37, 2012.

[40] F. Salehi, "Effect of coatings made by new hydrocolloids on the oil uptake during deep-fat frying: A review," *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 44, no. 11, Article no. e14879, 2020.

[41] P. P. Lewicki, "Water as the determinant of food engineering properties. A review," *Journal of food engineering*, vol. 61, no. 4, pp. 483–495, 2004.

[42] S. Darniadi, P. Ho, and B. S. Murray, "Comparison of blueberry powder produced via foam-mat freeze-drying versus spray-drying: evaluation of foam and powder properties," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 98, no. 5, pp. 2002–2010, 2018.

[43] M. Azizpour, M. Mohebbi, and M. H. H. Khodaparast, "Effects of foam-mat drying temperature on physico-chemical and microstructural properties of shrimp powder," *Innovative food science & emerging technologies*, vol. 34, pp. 122–126, 2016.