



KKU SCIENCE JOURNAL

Journal Home Page : <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/KKUSciJ>

Published by the Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand



การผลิตผงปรุงรสจากน้ำต้มปูเข้มข้นด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมท Production of Seasoning Powder from Concentrated Crab Boiling Water Using Foam-Mat Drying

นพรัตน์ มะเห^{1*} ดลฤดี พิชัยรัตน์¹ อุไรวรรณ วัฒนกุล¹ และ ทศนภา ว่องสนั่นศิลป์²
Nopparat Mahae^{1*}, Donrudee Pichairat¹, Uraiwan Wattanakul¹ and Tassnapa Wongsansilp²

¹สาขาวิชาอุตสาหกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดตรัง 92150

²สาขาศึกษาทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดตรัง 92150

¹Program in Food Industry, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang, 92150, Thailand

²Department of General study, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang, 92150, Thailand

บทคัดย่อ

ศึกษาการผลิตผงปรุงรสที่ใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติทดแทนการใช้ผงชูรส โดยวัตถุดิบสำคัญที่นำมาใช้น้ำต้มปูเข้มข้น และเสริมด้วยสารสกัดจากยีสต์ การทดลองมีการวิเคราะห์องค์ประกอบของต้มปูเข้มข้นและสารสกัดจากยีสต์ ศึกษาการผลิตผงปรุงรสโดยเตรียมตัวอย่างเริ่มต้นในรูปแบบของซอสปรุงรส หลังจากนั้นนำซอสที่ได้มาทำให้อยู่ในรูปของผงปรุงรสด้วยการทำแห้งแบบโฟมแมท โดยใช้วัสดุที่ทำให้เกิดโฟมสองชนิดคือ ไข่ขาวสด และผงไข่ขาว ผลการศึกษาองค์ประกอบของวัตถุดิบพบว่า น้ำต้มปูเข้มข้นให้พลังงานที่น้อยแต่มีโปรตีนที่ต่ำ ส่วนผงสารสกัดจากยีสต์จะมีข้อดีในเรื่องของปริมาณโปรตีนที่สูง ปริมาณเกลือต่ำ แต่มีข้อด้อยในเรื่องของการให้พลังงานที่ค่อนข้างสูง กรดอะมิโนที่พบมากสุดในน้ำต้มปูเข้มข้นคือ hydroxyproline (6,414.78 mg/100 g) ส่วนกรดอะมิโนที่พบมากสุดในผงสารสกัดจากยีสต์คือ glutamic acid (6,475.25 mg/100 g) ซึ่ง glutamic acid น่าจะส่งผลต่อการยอมรับรสของผงปรุงรสที่เป็นสูตรที่มีสารสกัดจากยีสต์สูงสุด สำหรับคุณสมบัติของสารที่ทำให้เกิดโฟมพบว่าผงไข่ขาวความเข้มข้น 15% ให้โฟมที่มีคุณสมบัติดีที่สุด การศึกษาอุณหภูมิในการอบแห้ง 3 ระดับคือ 60 70 และ 80°C พบว่า การอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตผงปรุงรสจากน้ำต้มปูผสมสารสกัดจากยีสต์ ผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ ด้วยวัตถุดิบสำคัญที่ใช้เป็นวัตถุดิบจากธรรมชาติและช่วยเพิ่มรสอูมามิ ลดการใช้ผงชูรส

ABSTRACT

This study investigated the production of seasoning powder from natural ingredients as an alternative to monosodium glutamate (MSG). Concentrated crab cooking water was used as the primary ingredient and supplemented with yeast extract. The proximate compositions and amino acid profiles of both materials were analyzed. A seasoning sauce was initially prepared and subsequently converted into

*Corresponding Author, E-mail: nopparat.rmutsv@gmail.com

Received date: 6 January 2026 | Revised date: 24 March 2026 | Accepted date: 16 April 2026

doi: 10.14456/kkusci.2026.33

powder by foam-mat drying using either fresh egg white or egg white powder as the foaming agent. The results showed that concentrated crab cooking water was low in energy and protein, whereas yeast extract powder was high in protein and low in salt but relatively high in energy. Hydroxyproline was the most abundant amino acid in the concentrated crab cooking water (6,414.78 mg/100 g), while glutamic acid was predominant in the yeast extract powder (6,475.25 mg/100 g). The high glutamic acid content may have contributed to the greater sensory acceptance of the formulation containing the highest concentration of yeast extract. Among the foaming treatments, 15% egg white powder produced the most favorable foam properties. Of the three drying temperatures tested (60, 70, and 80°C), 80°C was the most suitable for producing the seasoning powder. These findings demonstrate the potential commercial application of concentrated crab cooking water and yeast extract in producing a natural umami-enhancing seasoning powder with reduced MSG use.

คำสำคัญ: ผงปรุงรส น้ำต้มปูเข้มข้น การทำแห้งแบบโฟมแมท

Keywords: Seasoning Powder, Concentrated Crab Boiling Water, Foam-Mat Drying

บทนำ

ผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสในประเทศแถบเอเชียมีความต้องการเพิ่มมากขึ้น (สถิติจาก Nielsen Corporation) โดยในช่วงปี 2016 - 2022 เติบโตเฉลี่ยปีละ 25% - 32% ดังนั้นผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสจึงมีการบริโภคเพิ่มขึ้นจากเดิม โดยผู้ผลิตที่เป็นรายใหญ่ เช่น Knorr (Unilever) Maggi (Nestle) และ Ajinomoto เป็นต้น ซึ่งคิดเป็น 33% ของเครื่องปรุงรสทั้งหมด (Tran *et al.*, 2023) ในการผลิตส่วนผสมเครื่องปรุงรสเชิงพาณิชย์ เครื่องเทศและส่วนผสมอื่น ๆ จะถูกเคลือบบนวัสดุพาหะบางชนิด (เช่น เกลือ น้ำตาล เดกซ์โทรส หรือมอลโตเด็คซ์ตริน) ก่อนจะผสมกับเครื่องเทศหรือส่วนผสมอื่น ๆ โดยปกติจะเติมสารป้องกันการจับตัวเป็นก้อนในปริมาณที่ต้องการน้อยกว่า 2% เครื่องเทศและเครื่องปรุงรสแห้งโดยทั่วไปมักจะไม่น่าเสีย เนื่องจากมีความชื้นต่ำมีเกลือสูง แต่หากเก็บไว้เป็นเวลานาน กลิ่นและสีอาจเปลี่ยนไป ส่วนผสมเครื่องเทศและเครื่องปรุงรสสามารถอยู่ได้ประมาณ 1 หรือ 2 ปี ขึ้นอยู่กับความชื้น (Raghavan, 2006) ปริมาณเกลือในเครื่องปรุงรสจะเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค ปัจจุบันหน่วยงานด้านสาธารณสุขได้นำหลักฐานเกี่ยวกับเกลือและผลลัพธ์ด้านสุขภาพมาปรับใช้เป็นนโยบายและกลยุทธ์เพื่อลดการบริโภคเกลือของประชากรเพื่อป้องกันและควบคุมโรคหัวใจและหลอดเลือด (WHO, 2025) ดังนั้นจึงมีความน่าสนใจอย่างต่อเนื่องทั้งทางวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมในการนำเสนอแนวทางที่ยั่งยืนและมีความเป็นไปได้เพื่อทดแทนเกลือโซเดียมในอาหาร การศึกษารังนี้ต้องการนำวัตถุดิบจากธรรมชาติมาใช้เพื่อทดแทนเกลือโซเดียมในการผลิตผงปรุงรส โดยวัตถุดิบหลักคือน้ำต้มปูเข้มข้นและสารสกัดจากยีสต์ ซึ่งสารสกัดจากยีสต์ (yeast extracts) ผลิตจากยีสต์อาหารธรรมชาติโดยกระบวนการย่อย (autolysis process) ด้วยเอนไซม์ แล้วจึงทำให้เข้มข้นหรือทำให้แห้ง (Sommer, 1998) สารสกัดจากยีสต์มักอยู่ในรูปของเหลว เพลสท์ หรือผง และประกอบด้วยน้ำตาล โปรตีน กรดอะมิโน เปปไทด์ นิวคลีโอไทด์ วิตามิน และไขมัน ซึ่งส่วนใหญ่สามารถทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นสำหรับปรุงแต่งรสเนื้อสัตว์ได้ (Ames and Leod, 2006; Ames and Elmore, 1992) นอกจากนั้นการผลิตมีการนำเทคโนโลยีการทำแห้งแบบโฟมแมทมาใช้

การทำแห้งมีหลายวิธี ทั้งวิธีแบบง่าย และวิธีที่มีขั้นตอนยุ่งยาก เช่น การอบแห้งด้วยลมร้อน การอบแห้งแบบพ่นฝอย การอบแห้งด้วยดรัม (drum drying) การทำแห้งแบบแช่แข็ง และการทำแห้งแบบโฟม เป็นต้น การทำแห้งแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป การทำแห้งแบบแช่แข็งและการทำแห้งแบบพ่นฝอยให้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง ทั้งในแง่ของการคืนสภาพและสีส้ม อย่างไรก็ตามกระบวนการทั้งสองนี้มีต้นทุนการดำเนินการและต้นทุนการติดตั้ง/ต้นทุนเริ่มต้นสูง (Hsu *et al.*, 2003;

Ratti, 2001) การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นวิธีอบแห้งที่ง่ายที่สุดและราคาถูกที่สุด แต่คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งค่อนข้างต่ำ การอบแห้งด้วยดรัม ใช้อุณหภูมิสูง ซึ่งอาจทำให้มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายลดลงอย่างมาก (Nindo and Tang, 2007) การทำแห้งแบบโฟมเมท (foam mat drying) เป็นกระบวนการที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นโฟมที่เสถียร จากนั้นจึงนำไปอบแห้งด้วยลมร้อน โฟมเป็นระบบที่มีสองเฟส (เฟสกระจายตัวและเฟสต่อเนื่อง) คั่นด้วยชั้นของเหลวบาง ๆ ที่เรียกว่า lamellar phase (ผืนบาง ๆ ของฟองอากาศ) ในกรณีของอาหารและเครื่องดื่ม โฟมเป็นระบบที่ซับซ้อนซึ่งเกิดจากก๊าซ ของเหลว ของแข็ง และสารลดแรงตึงผิว (Eisner *et al.*, 2007) การเกิดฟองของของเหลวจะเพิ่มพื้นที่ผิวอย่างมาก ทำให้พื้นที่ผิวสำหรับการถ่ายเทมวลเพิ่มขึ้น และด้วยเหตุนี้ จึงทำให้เวลาในการอบแห้งสั้นลง (Qadri *et al.*, 2020) กระบวนการนี้มีข้อดีหลายประการ เช่น ใช้เวลาในการอบแห้งที่สั้นลงเนื่องจากโครงสร้างแบบรังผึ้งของโฟม ส่งผลให้สามารถกำจัดความชื้นออกจากอาหารได้อย่างรวดเร็ว จึงช่วยลดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ นอกจากนี้ วิธีการนี้ยังสามารถใช้ออบแห้งอาหารที่ไวต่อความร้อน (Djaeni *et al.*, 2018; Chandrasekar *et al.*, 2015; Djaeni *et al.*, 2013) มีปริมาณน้ำตาลสูง เหนียว และมีความหนืดสูง (Chandrasekar *et al.*, 2015) การทำแห้งแบบโฟมเมทมีการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ผงคาราจีแนน (Djaeni *et al.*, 2013) ผงมะม่วง (Wilson *et al.*, 2014) ผงน้ำผึ้งรวม (Chandrasekar *et al.*, 2015) และผงเครื่องเทศสำเร็จรูปจาก *Nigella sativa* (Affandi *et al.*, 2017) เป็นต้น ข้อดีอีกประการของการทำแห้งแบบโฟมเมทคือต้นทุนการดำเนินการที่ต่ำเมื่อเทียบกับการทำแห้งด้วยสุญญากาศ การทำแห้งแบบแช่แข็ง และการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Kadam *et al.*, 2010)

การศึกษาค้นคว้านี้ต้องการนำน้ำต้มปูเข้มข้น มาใช้เพื่อทดแทนเกลือโซเดียมในการผลิตผงปรุงรส เสริมด้วยสารสกัดจากยีสต์เพื่อเพิ่มรสอูมามิ ศึกษาสารช่วยให้เกิดโฟมที่เหมาะสมก่อนการอบแห้งแบบโฟมเมท และศึกษาผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติของผงปรุงรส ผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสที่ได้จะปราศจากโมโนโซเดียมกลูตาเมต โดยมีการทดแทนด้วยน้ำต้มปูเข้มข้น และสารสกัดจากยีสต์ ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจึงส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำต้มปูเข้มข้นและสารสกัดจากยีสต์

ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือ 1) น้ำต้มปูจากกลุ่มแพแปรรูปปูม้าแกะเนื้อ จังหวัดตรัง และ 2) สารสกัดจากยีสต์ มาใช้ทดแทนสารให้กลิ่นรสสังเคราะห์ โดยน้ำต้มปูจะทำให้เข้มข้น ส่วนสารสกัดจากยีสต์เป็น สารสกัดจากยีสต์ธรรมชาติ (Springer® Umami 2006/0-MG-L, Biospringer) นำเข้าโดยบริษัท AMP International Co., Ltd.

การเตรียมน้ำต้มปูเข้มข้นและการศึกษาองค์ประกอบ

เตรียมน้ำต้มปูเข้มข้น โดยนำน้ำต้มปูจากกลุ่มแพเอกชนแปรรูปปูม้าเป็นปูแกะเนื้อ ในพื้นที่จังหวัดตรัง นำมาเคี่ยวพร้อมกับสมุนไพรเพื่อปรับปรุงกลิ่นรส ได้แก่ ตะไคร้ (ใช้ทั้งต้นและใบ) และใบชา โดยใช้สัดส่วน น้ำต้มปู 20 kg ใช้ตะไคร้ 0.6 kg และใบชา 0.4 kg นำวัตถุดิบทั้งหมดใส่ในหม้อสแตนเลส เคี่ยวด้วยไฟอ่อนถึงปานกลาง จนน้ำปูข้นหนืดเหลือน้ำหนัก 1 kg (ใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง) ทำการเคี่ยวแห้ง 200 g และน้ำตาลทราย 100 g เพื่อปรับความข้นหนืดและรสชาติ จากนั้นเก็บในภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิ -20°C เพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป โดยควบคุมคุณภาพระหว่างการร่อนการนำไปใช้ด้วยการแช่เยือกแข็ง

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ ของน้ำต้มปูเข้มข้นและสารสกัดจากยีสต์ดังนี้

- องค์ประกอบหลักได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2000)
- คาร์โบไฮเดรต โดยวิธีการคำนวณ (กองโภชนาการ, 2544)
- ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%) = 100 - (ความชื้น + โปรตีน + ไขมัน + เถ้า)

- ปริมาณพลังงาน (energy) ใน 100 g ตัวอย่าง โดยวิธีการคำนวณ (กองโภชนาการ, 2544) โปรตีน ปริมาณ 1 g ให้พลังงานจำนวน 4 kcal ไขมัน ปริมาณ 1 g ให้พลังงานจำนวน 9 Kilocalories คาร์โบไฮเดรต ปริมาณ 1 g ให้พลังงานจำนวน 4 kcal นำพลังงานที่ได้จากการคำนวณของสารอาหารทั้ง 3 ชนิดมารวมกัน จะเป็นพลังงานทั้งหมด

- ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water Activity, a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Aqualab series 3, Decagon Devices, Inc., USA)

- ปริมาณเกลือ (%NaCl) ตามวิธีการของ AOAC (2000)

- ปริมาณกรดอะมิโน ตามวิธีการของ Sarwar *et al.* (1988)

2. การศึกษาสูตรของสปริงรจากน้ำต้มปูเข้มข้นผสมสารสกัดจากยีสต์

เตรียมสปริงรจากน้ำต้มปูเข้มข้นผสมสารสกัดจากยีสต์ ด้วยส่วนผสมต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 ผสมทุกอย่างรวมกัน นำของผสมไปให้ความร้อนด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้า ระดับความร้อน 200 watt ประมาณ 2 นาที จนส่วนผสมมีลักษณะข้นเหนียว นำไปทดสอบคุณภาพทางทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบในรูปของข้าวผัด (ผสมข้าว 200 g น้ำซอส 30 g น้ำมัน 2 g ผัดประมาณ 5 นาที ด้วยความร้อน) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) และประเมินลักษณะด้าน สี กลิ่น รสเค็ม รสกลมกล่อม และความชอบรวม ของข้าวผัด วางแผนการทดลองแบบ RCBD รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมที่ได้รับการยอมรับสูงสุด

ตารางที่ 1 สูตรของสปริงรจากน้ำต้มปูเข้มข้นผสมสารสกัดจากยีสต์ที่ใช้ในการศึกษา

ส่วนผสม	ปริมาณ (%)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
เกลือ	7.00	7.00	7.00
น้ำตาล	13.00	13.00	13.00
ผงกระเทียม	5.00	5.00	5.00
ผงเห็ดหอม	20.00	20.00	20.00
พริกไทยป่น	3.00	3.00	3.00
น้ำต้มปูเข้มข้น	26.75	26.50	26.25
ยีสต์สกัด	0.25	0.50	0.75
น้ำ	25.00	25.00	25.00

3. การศึกษากระบวนการผลิตผงสปริงรจากน้ำต้มปูเข้มข้นผสมสารสกัดจากยีสต์ด้วยการทำแห้งแบบโพรแมท

3.1 คัดเลือกสารที่ทำให้เกิดโฟม

คัดเลือกสารที่ทำให้เกิดโฟมโดยใช้ไข่ขาวผงและไข่ขาวสด เติมน้ำต้มปูเข้มข้น ในปริมาณ ไข่ขาวผง 5% 10% และ 15% โดยน้ำหนัก และไข่ขาวสด 5% 10% และ 15% โดยน้ำหนัก ตีให้เกิดโฟมด้วยเครื่องผสมอาหารหัวตีตระกร้อ (KitchenAid รุ่น heavy duty (St. Joseph, Michigan USA)) ความเร็วระดับ 6 (132 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 4 นาที (ดัดแปลงจาก Affandi *et al.*, 2017) ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของโฟม ดังนี้

1) ความหนาแน่นของโฟม

บรรจุโฟมลงในกระบอกตวง โดยไม่ทำให้ช่องว่างอากาศติดขัดหรือโครงสร้างโฟมยุบตัวลง ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง และคำนวณความหนาแน่นของโฟมจากสมการ (Karim and Wai, 1999)

$$\text{ความหนาแน่นของโฟม (g/cm}^3\text{)} = \frac{(\text{น้ำหนักโฟม (g)})}{(\text{ปริมาตรโฟม (cm}^3\text{)})}$$

2) การขยายตัวของโฟม

การขยายตัวของโฟมถูกคำนวณเพื่อหาปริมาณอากาศที่ผสมอยู่ในสารละลายระหว่างการตี คำนวณโดยใช้สมการ (Kato *et al.*, 1983)

$$\text{การขยายตัวของโฟม (\%)} = \left[\frac{V_1 - V_0}{V_0} \right] \times 100$$

เมื่อ V_0 คือ ปริมาตรเริ่มต้นของน้ำตัมปู (cm^3)

V_1 คือ ปริมาตรสุดท้ายของน้ำตัมปูที่เป็นฟอง (cm^3)

3) ความคงตัวของโฟม

บรรจุโฟมน้ำตัมปูลงในกระบอกตวงที่มีขีดบอกระดับ วัดปริมาตรของโฟม หลังจากวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง คำนวณความคงตัวของโฟมจากสมการ (Marinova *et al.*, 2009)

$$\text{ความคงตัวของโฟม (\%)} = \left[\frac{V_1}{V_0} \right] \times 100$$

เมื่อ V_0 คือ ปริมาตรโฟมเริ่มต้น (cm^3)

V_1 คือ ปริมาตรของโฟมหลังจากผ่านไป 2 ชั่วโมง (cm^3)

4) โครงสร้างระดับจุลภาคของโฟม

วิเคราะห์ภาพดิจิทัลของโฟมด้วยโปรแกรม Image J (ImageJ 1.52a, National Institutes of Health, Bethesda, M.D.) โดยเตรียมตัวอย่างโฟมลงบนแผ่นสไลด์สำหรับส่องกล้องจุลทรรศน์ ถ่ายรูปตัวอย่างผ่านกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 4 เท่า วิเคราะห์โครงสร้างของโฟมได้แก่ จำนวนฟองอากาศต่อพื้นที่ ขนาดฟองอากาศเฉลี่ยและสัดส่วนฟองอากาศต่อพื้นที่ (Poonnakasem *et al.*, 2015)

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโฟมเพื่อใช้ในการทดลองถัดไปโดยพิจารณาจาก ความหนาแน่นของโฟม ความคงตัวของโฟม การขยายตัวของโฟม และโครงสร้างระดับจุลภาคของโฟม

3.2 กระบวนการทำแห้งโฟม

ผลิตโฟมผงปรงรสโดยการตีโฟมน้ำตัมปูเข้มข้นด้วยสารช่วยให้เกิดโฟมที่คัดเลือกจากการศึกษากระบวนการผลิตโฟม เมื่อตีโฟมน้ำตัมปูได้ 3 นาที นำส่วนผสมอื่น ๆ ของสูตรผงปรงรสที่ได้จากการศึกษาก่อนหน้านี้ (ส่วนผสมตามตารางที่ 1) มาตีผสมกับโฟมน้ำตัมปูจนครบ 4 นาที จากนั้นเกลี่ยโฟมผงปรงรสลงบนถาดที่รองด้วยแผ่นรองอบ ให้มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร อบในเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด (tray dryer) ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80°C เป็นเวลา 150 นาที บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ตรวจสอบภาพทางเคมีกายภาพของผงปรงรสที่ได้โดยตรวจวัดค่าต่าง ๆ ดังนี้

1) % ผลผลิต

คำนวณ % ผลผลิตของผงปรุงรสจากสมการ

$$\% \text{ ผลผลิต} = \frac{\text{น้ำหนักของผงปรุงรสที่ร้อนผ่านตะแกรง (g)} \times 100}{\text{น้ำหนักของผงปรุงรสทั้งหมด (g)}}$$

2) ความหนาแน่น

บรรจุผงปรุงรสปริมาณ 100 มิลลิลิตร ลงในกระบอกตวง (ที่อุณหภูมิห้อง) ซึ่งน้ำหนักตัวอย่าง คำนวณความหนาแน่นของผงปรุงรสจากสมการ (Affandi *et al.*, 2017)

$$\text{ความหนาแน่น (g/cm}^3\text{)} = \frac{(\text{น้ำหนักผง (g)})}{(\text{ปริมาตรผง (cm}^3\text{)})}$$

3) ค่าสี

วัดค่าสีของผงปรุงรสโดยเครื่องวัดสี (Microscan EZ, Hunter Lab, USA) วัดค่า ความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) และคำนวณดัชนีค่าสีน้ำตาล (Browning index: BI) จากสมการ (Palou *et al.*, 1999)

$$\text{ดัชนีค่าสีน้ำตาล} = [(X - 0.31) \times 100] / 0.172$$

$$\text{โดย ค่า } X = (a^* + 1.75L^*) / (5.645L^* + a^* - 0.3012b^*)$$

4) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี

เตรียมตัวอย่างผงปรุงรสบรรจุลงในตลับ ตรวจวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตีโดยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (Aqualab series 3, Decagon Devices, Inc., USA)

5) ความชื้น

คำนวณความชื้นของผงปรุงรส (ต่อน้ำหนักแห้ง) จากสมการ (AOAC, 2000)

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (g)} - \text{น้ำหนักหลังอบ (g)} \times 100}{\text{น้ำหนักก่อนอบ (g)}}$$

6) ดัชนีการละลายน้ำ และดัชนีการดูดซับน้ำ (Affandi *et al.*, 2017)

นำผงปรุงรส 1 g ใส่ในน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 50°C ปริมาณ 30 มิลลิลิตร นำหลอดตัวอย่างใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 30 นาที พร้อมเขย่า จากนั้นนำตัวอย่างสารละลายไปหมุนเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที นำส่วนใสไปหาความชื้น ที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักของของแข็งในของเหลวที่แห้งแล้วเป็น % ของของแข็งแห้งทั้งหมดในตัวอย่างเดิม 1 g แสดงถึงดัชนีการละลาย (Grabowski *et al.*, 2006) ดัชนีการดูดซับน้ำวัดโดยสังเกตปริมาณของของแข็งเปียกที่เหลืออยู่หลังจากการปั่นเหวี่ยง ดัชนีการละลายน้ำ (water solubility Index: WSI) และดัชนีการดูดซับน้ำ (water absorption index: WAI) คำนวณโดยใช้สมการต่อไปนี้

$$\text{ดัชนีการละลายน้ำ (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งหลังปั่นเหวี่ยง (g)} \times 100}{\text{น้ำหนักแห้งเริ่มต้น (g)}}$$

$$\text{ดัชนีการดูดซับน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักเปียกหลังปั่นเหวี่ยง (g)}}{\text{น้ำหนักแห้งเริ่มต้น (g)}}$$

วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งโคมผงปรุงรสโดยพิจารณาจาก %ผลผลิต ความหนาแน่น ค่าสี ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ ดัชนีการละลายน้ำ และดัชนีการดูดซับน้ำ

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การศึกษาองค์ประกอบของน้ำต้มปูเข้มข้นและผงสารสกัดจากยีสต์

การศึกษาองค์ประกอบของน้ำต้มปูเข้มข้น และผงสารสกัดจากยีสต์ ผลการทดลองพบว่า ความชื้น โปรตีน ไขมันทั้งหมด เกล็ด คาร์โบไฮเดรต และ เกลือ (NaCl) ของน้ำต้มปูเข้มข้น มีปริมาณ 82.84 7.11 0.14 7.27 2.65 และ 5.92 g/100g ตามลำดับ พลังงานทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 40.25 kcal/100g ส่วนองค์ประกอบของผงสารสกัดจากยีสต์ คือ ความชื้น โปรตีน ไขมันทั้งหมด เกล็ด คาร์โบไฮเดรต และ เกลือ (NaCl) มีปริมาณ 6.06 63.08 0.00 10.75 19.71 และ 0.25 g/100g ตามลำดับ ส่วนพลังงานทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 331.19 kcal/100g ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของน้ำต้มปูเข้มข้น และผงสารสกัดจากยีสต์

องค์ประกอบ	น้ำต้มปูเข้มข้น	ผงสารสกัดจากยีสต์
ความชื้น (g/100g)	82.84 $\pm$ 1.14	6.06 $\pm$ 0.08
โปรตีน (g/100g)	7.11 $\pm$ 0.10	63.08 $\pm$ 0.06
ไขมันทั้งหมด (g/100g)	0.14 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00
เกล็ด (g/100g)	7.27 $\pm$ 0.06	10.75 $\pm$ 0.51
คาร์โบไฮเดรต (g/100g)	2.65 $\pm$ 1.09	19.71 $\pm$ 0.72
เกลือ (NaCl) (g/100g)	5.92 $\pm$ 0.30	0.25 $\pm$ 0.01
พลังงานทั้งหมด (kcal/100g)	40.25 $\pm$ 4.34	331.19 $\pm$ 3.04

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ

องค์ประกอบของ dried yeast extract จากการรายงานของ Tomé (2021) พบว่า ปริมาณความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน มีปริมาณ 4 - 7 - 13 - 69 และ น้อยกว่า 0.5 g/100g ตามลำดับ ปริมาณพลังงานเท่ากับ 334 kcal/100g มีวิตามิน B1 (thiamine) 10 - 12 mg B2 (riboflavine) 8 - 12 mg B3 (niacine) 90 - 110 mg B5 (pantothenic acid) 12 - 20 mg B6 (pyridoxine) 6 - 8 mg และ B12 (cobalamine) 0.5 - 15 μ g ปริมาณ 10 - 12 8 - 12 90 - 110 12 - 20 และ 0.5 - 1.5 mg/100 g ตามลำดับ เมื่อพิจารณาข้อดีข้อเสียของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผงปรุงรสทั้งสองชนิดจะพบว่า น้ำต้มปูเข้มข้นจะมีข้อดีในเรื่องของการให้พลังงานที่น้อยแต่มีข้อด้อยในเรื่องของโปรตีนที่ต่ำ ส่วนผงสารสกัดจากยีสต์จะมีข้อดีในเรื่องของปริมาณโปรตีนที่สูง ปริมาณเกลือต่ำ แต่มีข้อด้อยในเรื่องของการให้พลังงานที่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบในรูปแบบที่มีการนำมาใช้ประโยชน์คือน้ำต้มปูเข้มข้นในรูปแบบของเหลวเข้มข้นและสารสกัดจากยีสต์ในรูปแบบผง

กรดอะมิโนที่พบมากสุดในต้มปูเข้มข้นคือ hydroxyproline (6414.78 mg/100g) รองลงมาคือ phenylalanine (1597.67 mg/100g) valine (1590.64 mg/100g) tyrosine (1089.15 mg/100g) และ glutamic acid (809.26 mg/100g) ตามลำดับ ส่วนกรดอะมิโนที่พบมากสุดในผงสารสกัดจากยีสต์คือ glutamic acid (6475.25 mg/100g) รองลงมาคือ phenylalanine (2879.41 mg/100g) aspartic acid (2768.40 mg/100g) lysine (2389.53 mg/100g) และ valine (2376.94 mg/100g) ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ชนิดและปริมาณของกรดอะมิโนในน้ำต้มปูเข้มข้นและผงสารสกัดจากยีสต์

Amino acid	ปริมาณกรดอะมิโน (mg/100g)	
	น้ำต้มปูเข้มข้น	ผงสารสกัดจากยีสต์
Alanine	450.24 ± 0.42	1848.10 ± 12.63
Arginine	417.00 ± 0.93	833.87 ± 0.33
Aspartic acid	532.74 ± 2.63	2768.40 ± 12.98
Cystine	Not Detected	312.63 ± 0.30
Glutamic acid	809.26 ± 3.97	6475.25 ± 13.51
Glycine	575.37 ± 3.14	1347.66 ± 2.38
Histidine	Not Detected	123.28 ± 0.06
Glutamine	Not Detected	Not Detected
Hydroxyproline	6414.78 ± 4.04	Not Detected
Isoleucine	607.03 ± 7.55	1214.29 ± 9.71
Leucine	606.08 ± 15.61	932.00 ± 3.51
Lysine	125.38 ± 0.59	2389.53 ± 2.78
Methionine	452.14 ± 18.55	240.94 ± 0.71
Phenylalanine	1597.67 ± 80.58	2879.41 ± 4.99
Proline	327.88 ± 0.03	1104.52 ± 0.25
Serine	84.83 ± 0.57	1091.21 ± 1.10
Threonine	406.08 ± 1.61	1232.16 ± 2.66
Tryptophan	Not Detected	290.19 ± 0.53
Tyrosine	1089.15 ± 35.84	1246.68 ± 5.47
Valine	1590.64 ± 11.12	2376.94 ± 2.50
Asparagine	373.09 ± 0.28	173.74 ± 2.34
Cysteine	Not Detected	Not Detected
Total	16459.34 ± 163.62	28880.73 ± 23.45

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากตัวอย่างจำนวน 2 ซ้ำ

- ND = Not Detected

อูมามิ (umami) ได้รับการยอมรับว่าเป็นรสชาติพื้นฐานลำดับที่ห้า รองจากรสหวาน รสเค็ม รสขม และรสเปรี้ยว โดยอธิบายได้จากรสชาติที่กลมกล่อม ซึ่งพบได้ตามธรรมชาติในอาหารจากพืชและสัตว์หลายชนิด ในปี พ.ศ. 2451 (ค.ศ. 1908) คิคุนาเอะ อิเคดะ ค้นพบว่ากลูตาเมตเป็นพื้นฐานทางเคมีของรสชาติที่พึงพอใจ และเขาได้สร้างคำว่า “อูมามิ” ขึ้นสำหรับรสชาติที่โดดเด่นนี้ (Ikeda, 1908) โมโนโซเดียมกลูตาเมต (MSG) เป็นโมเลกุลแรกที่มีรายงานว่ามีส่วนช่วยให้อูมามิ (Ault, 2004) ต่อมาในปี พ.ศ. 2510 พบว่าไรโบนิวคลีโอไทด์ เช่น แกัวโนซีนโมโนฟอสเฟต (GMP) และไอินซีนโมโนฟอสเฟต (IMP) มีฤทธิ์เสริมฤทธิ์กับ MSG (Zhang *et al.*, 2013; Yamaguchi, 1967) สารที่ให้อูมามิช่วยเพิ่มความเข้มข้นของรสชาติอื่น ๆ L-Glu และ 5'-ribonucleotides กระตุ้นรสชาติอูมามิ (Jinap and Hajeb, 2010). งานวิจัยก่อนหน้านี้แนะนำให้สารให้อูมามิคือโมโนโซเดียมกลูตาเมตและนิวคลีโอไทด์บางชนิด ต่อมาพบว่าเปปไทด์หลายชนิดยังแสดงรสอูมามิด้วยการต่อกันของกรดอะมิโนแบบ dipeptides หรือ tripeptides ที่ประกอบไปด้วยกรดกลูตามิก เช่น Glu-Glu Glu-Asp

Glu-Asp-Glu Glu-Gly-Ser จะถูกจัดให้เป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม Umami (Kong *et al.*, 2017; Kawai *et al.*, 2002; Yamashita *et al.*, 1973) ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีรายงานว่าเปปไทด์ 52 ชนิดมีรสอูมามิ ได้แก่ ไดเปปไทด์ (dipeptides) 24 ชนิด ไตรเปปไทด์ (tripeptides) 16 ชนิด ออกตาเปปไทด์ (octapeptides) 5 ชนิด เพนตาเปปไทด์ (pentapeptides) 2 ชนิด เฮกซาเปปไทด์ (hexapeptides) 2 ชนิด เตตระเปปไทด์ (tetrapeptide) 1 ชนิด เฮปตาเปปไทด์ (heptapeptide) 1 ชนิด และอันเดคาเปปไทด์ 1 ชนิด (undecapeptide) โดยมีการนำเปปไทด์เหล่านี้ 20 ชนิด มาตรวจสอบหารสอูมามิ (Zhang *et al.*, 2017)

ตัวอย่างของผงสารสกัดจากยีสต์ที่ทำการศึกษานี้มีกรดอะมิโนที่เด่นที่สุดคือ glutamic acid ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงการแสดงรสอูมามิของตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ ในขณะที่น้ำต้มปูเข้มข้นแม้ glutamic acid จะไม่ได้พบเป็นตัวสูงสุด แต่ก็พบในปริมาณที่ไม่น้อยเมื่อเทียบกับกรดอะมิโนที่พบในการศึกษานี้ สำหรับ hydroxyproline ที่พบในน้ำต้มปูเข้มข้นปริมาณที่ค่อนข้างมากนั้น จากการศึกษานี้ของ Ji *et al.* (2018) พบว่า การเสริมอาหารด้วย hydroxyproline ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระและป้องกันลำไส้อักเสบ ดังนั้นผงสารสกัดจากยีสต์และน้ำต้มปูเข้มข้นที่ใช้ในการศึกษานี้จะเป็นตัวช่วยในเรื่องของรสอูมามิเพื่อผลิตผงปรุงรส ทดแทนการใช้โมโนโซเดียมกลูตาเมตที่มีผลเสียต่อสุขภาพในการผลิตผงปรุงรสอาหาร

2. การศึกษาสูตรขอสปูรสรจากน้ำต้มปูผสมสารสกัดจากยีสต์

จากการศึกษาสูตรขอสปูรสรจากน้ำต้มปูผสมสารสกัดจากยีสต์ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาคุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสคือ สี กลิ่น รสเค็ม รสกลมกล่อม และความชอบรวมพบว่า คุณลักษณะด้านประสาทสัมผัสทุกด้าน (ยกเว้นสี) สูตรที่ 3 มีคะแนนความชอบสูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาส่วนผสมของสูตรที่แตกต่างกันทั้งสามสูตรจะพบว่าสูตรที่ 3 จะมีปริมาณของสารสกัดจากยีสต์สูงกว่าสูตรที่ 1 และ 2 ดังนั้นสารสกัดจากยีสต์ของสูตรที่ 3 น่าจะเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค และเมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณของกรดอะมิโน (ตารางที่ 3) ซึ่งพบว่าสารสกัดจากยีสต์มีปริมาณของ glutamic acid สูงสุด ซึ่งน่าจะสัมพันธ์กับการเกิดรสอูมามิในผลิตภัณฑ์ขอสปูรสรจากน้ำต้มปูผสมสารสกัดจากยีสต์ และส่งผลต่อการยอมรับของผลิตภัณฑ์

สารสกัดจากยีสต์ (yeast extracts) ผลิตจากยีสต์อาหารธรรมชาติโดยกระบวนการย่อยด้วยเอนไซม์ แล้วจึงทำให้เข้มข้นหรือทำให้แห้ง (Sommer, 1998) สารสกัดจากยีสต์มักอยู่ในรูปของเหลว เพลสต์ หรือผง และประกอบด้วยน้ำตาล โปรตีน กรดอะมิโน เปปไทด์ นิวคลีโอไทด์ วิตามิน และไขมัน ซึ่งส่วนใหญ่สามารถทำหน้าที่เป็นสารตั้งต้นสำหรับปรุงแต่งรสเนื้อสัตว์ได้ (Ames and Leod, 2006; Ames and Elmore, 1992)

ตารางที่ 4 คะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขอสปูรสรผสมสารสกัดจากยีสต์

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบเฉลี่ย		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
สี	7.97 ± 0.66^a	8.14 ± 0.60^a	8.17 ± 0.57^a
กลิ่น	7.89 ± 0.80^b	7.83 ± 0.66^b	8.17 ± 0.62^a
รสเค็ม	7.60 ± 0.65^b	7.60 ± 0.65^b	8.00 ± 0.59^a
รสกลมกล่อม	7.69 ± 0.80^b	7.74 ± 0.56^b	8.37 ± 0.81^a
ความชอบรวม	7.66 ± 0.80^b	7.66 ± 0.64^b	8.37 ± 0.65^a

หมายเหตุ: - ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. การศึกษากระบวนการผลิตผงปรุงรสจากน้ำต้มปูผสมสารสกัดจากยีสต์ด้วยการทำแห้งแบบโพรหม

1) การคัดเลือกสารก่อให้เกิดโพรหม

การศึกษากลไกการผลิตผงปรุงรสจากน้ำต้มปูผสมสารสกัดจากยีสต์ในครั้งนี้ใช้เทคโนโลยีการทำแห้งแบบโพรหม และเลือกใช้ไข่ขาวเป็นสารทำให้เกิดโพรหมเนื่องจากโปรตีนจากไข่ขาวซึ่งทำหน้าที่เป็นสารก่อฟอง มีบทบาทสำคัญในการสร้างฟองที่ค่อนข้างเสถียร ส่งเสริมการสร้างรูพรุน จึงช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการทำแห้ง (Djaeni *et al.*, 2015) ไข่ขาวส่วนใหญ่ประกอบด้วยโปรตีนที่สามารถรวมอากาศเข้าไปในสารละลายผ่านพฤติกรรม amphiphilic behavior (สารประกอบที่มีโครงสร้างโมเลกุลแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ชอบน้ำ (Hydrophilic/Polar) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic/Non-polar) ในโมเลกุลเดียวกัน) ทำให้สารชนิดนี้สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับน้ำและอากาศได้ (Gharbi and Labbafi, 2019)

โดยทั่วไปแล้วโปรตีนจะทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ดี และให้ความเสถียรทางจลนศาสตร์ช่วยลดความไม่เสถียรทางอุณหพลศาสตร์ในโพรหม (Indrawati *et al.*, 2008) การศึกษาครั้งนี้กระบวนการผลิตโพรหมก่อนการทำแห้งใช้สารที่ช่วยทำให้เกิดโพรหม 2 ชนิดคือ ไข่ขาวสดและผงไข่ขาว ปริมาณที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 5% 10% และ 15% โดยน้ำหนักรวม ตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของโพรหมโดยตรวจวัดค่าต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5

เมื่อพิจารณาความหนาแน่นของโพรหมพบว่าสารที่ช่วยทำให้เกิดโพรหมแต่ละชนิดจะทำให้โพรหมมีความหนาแน่นลดลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการขยายตัวของโพรหมที่เพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และความคงตัวเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น โดยผงไข่ขาวที่ความเข้มข้น 15% มีการขยายตัวและความคงตัวของโพรหมสูงสุด ($p < 0.05$) การศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้ไข่ขาวสดความเข้มข้น 5% ทำให้ได้โพรหมที่มีความหนาแน่นมากกว่าการใช้ผงไข่ขาวในปริมาณเท่ากัน แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 10% และ 15% ความหนาแน่นของโพรหมที่ใช้ผงไข่ขาวมีค่ามากกว่าการใช้ไข่ขาวสดในความเข้มข้นที่เท่ากันอาจเนื่องจาก ไข่ขาวสดที่ความเข้มข้น 5% มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าผงไข่ขาว 5% เนื่องจากไข่ขาวสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบ ทำให้ความเป็นสารที่ช่วยทำให้เกิดโพรหมจากโปรตีนน้อยกว่าผงไข่ขาว ความหนาแน่นของโพรหมไข่ขาวสดที่ 5% จึงสูงกว่า แต่เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นปริมาณโปรตีนสูงขึ้น การละลายของโปรตีนจากไข่ขาวสดน่าจะดีกว่าผงไข่ขาว ความหนาแน่นของโพรหมจากไข่ขาวสดจึงน้อยกว่าโพรหมจากผงไข่ขาวที่ความเข้มข้น 10% และ 15% จากการศึกษาของ Chandrasekar *et al.* (2015) พบว่าความหนาแน่นของโพรหมลดลงจาก 0.2 เป็น 0.17 g/cm³ เมื่อความเข้มข้นของโปรตีนเพิ่มขึ้นจาก 10% เป็น 30% ซึ่งผลที่เกิดขึ้น Rajkumar *et al.* (2007) อธิบายว่าอาจเป็นเพราะความสามารถในการละลายของสารทำให้เกิดโพรหม การผสมอากาศเข้าไปมากขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นของโพรหมลดลง

ความหนาแน่นของโพรหมมักใช้เพื่อประเมินคุณสมบัติการตี ความหนาแน่นของโพรหมจะแสดงค่าต่ำเมื่อมีการเติมอากาศเข้าไปในโพรหมมากขึ้น ในระหว่างการตีการมีอากาศในโพรหมมากขึ้นจะช่วยเพิ่มความสามารถในการตี (Falade *et al.*, 2003) สำหรับความคงตัวของโพรหมเป็นตัววัดว่าโพรหมสามารถยืดตัวได้นานเพียงใด โดยไม่มีของเหลวไหลออกจากโพรหม (Kampf *et al.*, 2003) การศึกษาความคงตัวของโพรหมครั้งนี้พบว่า ผงไข่ขาวที่ความเข้มข้น 15% มีความคงตัวและการขยายตัวสูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ความคงตัวและการขยายตัวของโพรหมเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโปรตีนซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดโพรหมเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Chandrasekar *et al.* (2015)

ตารางที่ 5 คุณภาพทางกายภาพของโฟมน้ำตัมปูที่ระดับการใช้สารทำให้เกิดโฟมที่ต่างกัน

สารทำให้เกิดโฟม	ความหนาแน่นของโฟม (g/cm ³)	การขยายตัวของโฟม (%)	ความคงตัวของโฟม (%)
ไข่ขาวสด 5%	0.303 ± 0.002 ^a	45.00 ± 0.50 ^f	12.3 ± 0.29 ^f
ไข่ขาวสด 10%	0.196 ± 0.002 ^e	52.17 ± 0.29 ^e	38.3 ± 0.29 ^e
ไข่ขาวสด 15%	0.161 ± 0.001 ^f	58.50 ± 0.50 ^d	52.3 ± 0.29 ^d
ผงไข่ขาว 5%	0.273 ± 0.002 ^b	98.50 ± 0.50 ^c	98.50 ± 0.00 ^c
ผงไข่ขาว 10%	0.245 ± 0.002 ^c	117.67 ± 0.58 ^b	99.00 ± 0.00 ^b
ผงไข่ขาว 15%	0.217 ± 0.002 ^d	139.17 ± 0.76 ^a	100.00 ± 0.00 ^a

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ

- ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

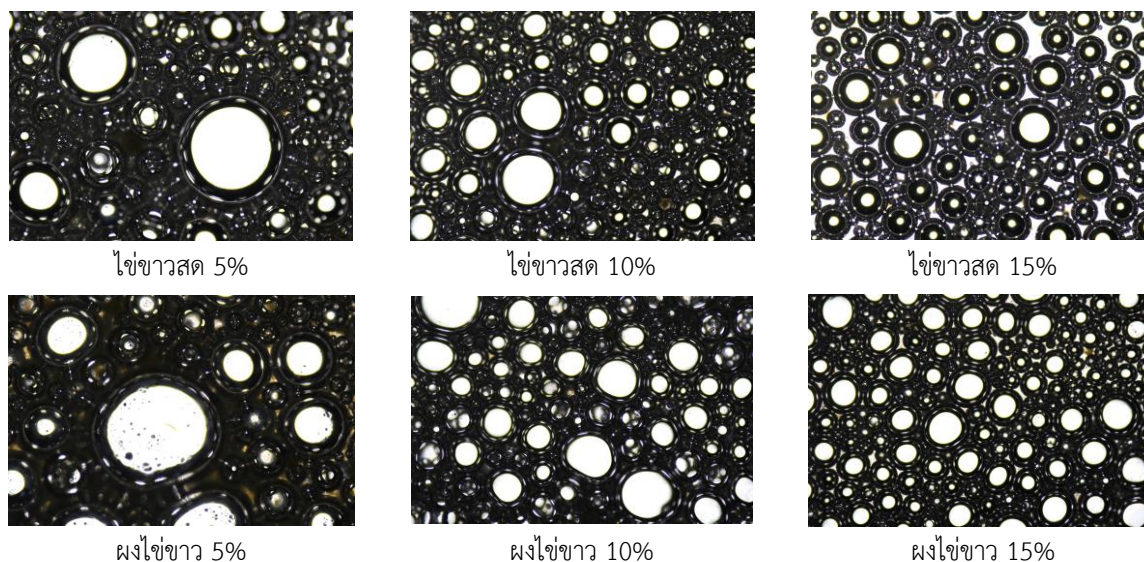
สำหรับรายละเอียดโครงสร้างระดับจุลภาคของโฟมแสดงดังตารางที่ 6 และภาพที่ 1 โดยพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารช่วยให้เกิดโฟมเพิ่มขึ้น จำนวนฟองอากาศต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น ขนาดของฟองอากาศลดลง และสัดส่วนฟองอากาศต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองตารางที่ 5 ซึ่งเมื่อความเข้มข้นของสารช่วยให้เกิดโฟมมากขึ้น ความหนาแน่นจะลดลง และการขยายตัวจะเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาสารช่วยให้เกิดโฟมทั้งสองชนิดพบว่า ผงไข่ขาว 15% มีจำนวนฟองอากาศต่อพื้นที่มากที่สุด ($p < 0.05$) และเมื่อนำผลการทดลองจากตารางที่ 5 มาพิจารณาในเรื่องของความคงตัวที่พบว่า ผงไข่ขาวจะให้ความคงตัวที่มากกว่าไข่ขาวสด ความคงตัวของโฟมมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จของการอบแห้งแบบโฟมเมท โฟมต้องคงสภาพเดิมตลอดกระบวนการอบแห้ง ความเสถียรเริ่มต้นมีความสำคัญอย่างยิ่ง (Sangamithra *et al.*, 2015) เมื่อพิจารณาทุกปัจจัยพบว่าผงไข่ขาวที่ความเข้มข้น 15% มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นสารทำให้เกิดโฟมในการอบแห้งผงปรุงรสจากน้ำตัมปูผสมสารสกัดจากยีสต์มากที่สุด ดังนั้นการศึกษครั้งนี้จึงเลือกผงไข่ขาวความเข้มข้น 15% สำหรับศึกษาในขั้นตอนการอบแห้งผงปรุงรสต่อไป

ตารางที่ 6 โครงสร้างระดับจุลภาคของโฟมน้ำตัมปูที่ระดับการใช้สารทำให้เกิดโฟมที่ต่างกัน

สารทำให้เกิดโฟม	จำนวนฟองอากาศต่อพื้นที่ (1/cm ²)	ขนาดฟองอากาศเฉลี่ย (mm ²)	สัดส่วนฟองอากาศต่อพื้นที่ (%)
ไข่ขาวสด 5%	11.50 ± 0.96 ^c	0.10 ± 0.01 ^a	79.23 ± 1.13 ^c
ไข่ขาวสด 10%	12.08 ± 3.27 ^c	0.05 ± 0.02 ^b	80.94 ± 1.25 ^{bc}
ไข่ขาวสด 15%	18.50 ± 1.44 ^b	0.04 ± 0.01 ^b	82.99 ± 1.33 ^a
ผงไข่ขาว 5%	17.19 ± 1.69 ^b	0.09 ± 0.01 ^a	76.47 ± 0.67 ^d
ผงไข่ขาว 10%	18.40 ± 1.33 ^b	0.05 ± 0.02 ^b	82.62 ± 0.83 ^{ab}
ผงไข่ขาว 15%	21.76 ± 0.73 ^a	0.04 ± 0.02 ^b	84.10 ± 0.55 ^a

หมายเหตุ: - ค่าที่แสดงในตารางคือค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ

- ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



รูปที่ 1 โครงสร้างระดับจุลภาคของโฟมเมื่อใช้สารที่ทำให้เกิดโฟมแตกต่างกัน

2) กระบวนการทำแห้งโฟม

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการอบแห้งโฟมผงปรุงรส ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80°C เป็นเวลา 150 นาที บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ตรวจสอบผลผลิต และคุณภาพทางเคมีกายภาพของผงปรุงรสที่ได้ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลผลิตและคุณภาพทางเคมีกายภาพของผงปรุงรสจากน้ำต้มปูที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

รายการ	อุณหภูมิในการอบแห้ง		
	60°C	70°C	80°C
% ผลผลิต	80.66 ± 0.70 ^c	88.01 ± 0.19 ^b	96.37 ± 0.17 ^a
ความหนาแน่น (g/cm ³)	0.59 ± 0.01 ^a	0.56 ± 0.00 ^b	0.51 ± 0.00 ^c
ค่าสี			
- ความสว่าง L*	70.30 ± 0.06 ^b	72.28 ± 0.21 ^a	72.59 ± 0.48 ^a
- ค่าสีแดง a*	3.59 ± 0.01 ^b	3.37 ± 0.12 ^a	3.35 ± 0.10 ^a
- ค่าสีเหลือง b*	22.02 ± 0.12 ^a	21.53 ± 0.53 ^a	21.44 ± 0.41 ^a
- ค่าดัชนีสีน้ำตาล	6.78 ± 0.02 ^a	6.31 ± 0.19 ^b	6.25 ± 0.10 ^b
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a _w)	0.373 ± 0.002 ^a	0.353 ± 0.001 ^b	0.278 ± 0.003 ^c
ค่าความชื้น (%)	8.08 ± 0.18 ^a	5.58 ± 0.01 ^b	4.22 ± 0.07 ^c
ค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) (%)	75.62 ± 0.24 ^c	77.47 ± 0.57 ^b	79.17 ± 0.30 ^a
ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI)	1.60 ± 0.07 ^a	1.49 ± 0.01 ^{bc}	1.36 ± 0.09 ^c

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 7 พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น % ผลผลิต (หลังการร่อน) จะเพิ่มขึ้น ผงปรุงรสที่มีความชื้นน้อยสามารถร่อนผ่านตะแกรงร่อนได้มากกว่าผงปรุงรสที่มีความชื้นสูงกว่าซึ่งทำให้ % ผลผลิตมีปริมาณมากกว่าด้วย โดยผงปรุงรสที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C มี % ผลผลิต (หลังการร่อน) สูงสุด ($p < 0.05$) นอกจากนั้นอุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงขึ้น ทำให้ความหนาแน่นของผงปรุงรสลดลง โดยผงปรุงรสที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C มีความหนาแน่นของ

ผลิตภัณฑ์ต่ำสุด ($p < 0.05$) การเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งทำให้ความหนาแน่นของผงปรุงรสลดลง (ตารางที่ 7) ผลลัพธ์นี้เป็นผลมาจากการจัดความชื้นได้เร็วขึ้น (อัตราการอบแห้งเพิ่มขึ้น) ที่อุณหภูมิการอบแห้งที่สูงขึ้น (Sangamithra *et al.*, 2015)

ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) เป็นสองปัจจัยที่สำคัญที่สุดสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บรักษาได้ในอุณหภูมิห้อง และต้องลดให้เหลือน้อยที่สุดในระหว่างกระบวนการแปรรูป เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นและค่า a_w ลดลง โดยผลิตภัณฑ์ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C มีปริมาณความชื้นต่ำสุด ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับค่า a_w มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผงปรุงรสอาหาร (มพช.494/2547) กำหนดค่าความชื้นเท่ากับ 13% โดยน้ำหนัก ค่า a_w เท่ากับ 0.65 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547) ผลิตภัณฑ์ผงปรุงรสจากน้ำต้มบูที่ศึกษาในครั้งนี้ มีความชื้นอยู่ในช่วง 4.22% - 8.08% ส่วนค่า a_w อยู่ในช่วง 0.278 - 0.373 ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาการทำแห้งแบบโพรแมทในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (Karabulut *et al.*, 2007)

ตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าค่า WSI เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ผงมีรูพรุนมากขึ้น ความพรุนที่สูงขึ้นทำให้ผงมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้น ส่งผลให้พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างผงกับน้ำเพิ่มขึ้น (Pua *et al.*, 2010) ส่วนค่า WAI จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้น ค่า WAI มีค่าลดลง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการอบแห้งนำไปสู่การลดลงของ WAI เนื่องจากการสูญเสียสภาพของโปรตีน (Franco *et al.*, 2015) จากการศึกษาของ Azizpour *et al.* (2016) พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นจาก 45°C ถึง 90°C ทำให้ค่า WSI เพิ่มขึ้น และค่า WAI ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณาทั้งสองปัจจัยจึงสรุปได้ว่าเมื่ออุณหภูมิในการอบแห้งเพิ่มขึ้นค่า WSI เพิ่มขึ้น และค่า WAI ลดลง (Azizpour *et al.*, 2016; Sangamithra *et al.*, 2015; Wilson *et al.*, 2014)

สรุปผลการวิจัย

การผลิตผงปรุงรสจากน้ำต้มบูเข้มข้นผสมสารสกัดจากยีสต์ด้วยเทคโนโลยีการอบแห้งแบบโพรแมทครั้งนี้พบว่าวัตถุดิบสำคัญจากธรรมชาติสองชนิดคือ น้ำต้มบูเข้มข้นและสารสกัดจากยีสต์มีข้อดีที่แตกต่างกัน เหมาะในการนำมาใช้ผลิตผงปรุงรสเพื่อลดการใช้ผงชูรส การใช้ผงไข่ขาวจะให้คุณสมบัติการเกิดโฟมที่ดีกว่าไข่ขาวสด ทำให้การทำแห้งแบบโพรแมทมีประสิทธิภาพดีกว่า และการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°C มีความเหมาะสมในการใช้ผลิตผงปรุงรสจากน้ำต้มบูผสมสารสกัดจากยีสต์ ผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการผลิตเชิงพาณิชย์ และเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคในการบริโภคผงปรุงรสที่ลดการใช้ผงชูรส เพื่อสุขภาพที่ดีของผู้บริโภคต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กองโภชนาการ. (2544). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก. หน้า 6 - 7.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผงปรุงรสอาหาร (มพช. 494/2547) สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- Affandi, N., Zzaman, W., Yang, T.A. and Easa, A.M. (2017). Production of Nigella sativa Beverage Powder under Foam Mat Drying Using Egg Albumen as a Foaming Agent. *Beverages* 3(1): 9. doi: 10.3390/beverages3010009.
- Ames, J.M. and Elmore, J.S. (1992). Aroma components of yeast extracts. *Flavour and Fragrance Journal* 7(2): 89 - 103. doi: 10.1002/ffj.2730070208.
- Ames, J.M. and Leod, G.M. (2006). Volatile Components of a Yeast Extract Composition. *Journal of Food Science* 50: 125 - 131. doi: 10.1111/j.1365-2621.1985.tb13292.x.

- AOAC. (2000). Official methods of analysis of AOAC International. 17th edition. Gaithersburg, M.D., USA: Association of Analytical Communities.
- Ault, A. (2004). The Monosodium Glutamate Story: The Commercial Production of MSG and Other Amino Acids. *Journal of Chemical Education* 81(3): 347 - 355. doi: 10.1021/ed081p347.
- Azizpour, M., Mohebbi, M. and Khodaparast, M.H.H. (2016). Effects of foam-mat drying temperature on physico-chemical and microstructural properties of shrimp powder. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 34: 122 - 126. doi: 10.1016/j.ifset.2016.01.002.
- Chandrasekar, V., Gabriela, J.S., Kannan, K. and Sangamithra, A. (2015). Effect of foaming agent concentration and drying temperature on physicochemical and antimicrobial properties of foam mat dried powder. *Asian Journal of Dairy and Food Research* 34(1): 39 - 43. doi: 10.5958/0976-0563.2015.00008.1.
- Djaeni, M., Kumoro, A.C., Sasongko, S.B. and Utari, F.D. (2018). Drying Rate and Product Quality Evaluation of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Calyces Extract Dried with Foaming Agent under Different Temperatures. *International Journal of Food Science* 2018: 9243549. doi: 10.1155/2018/9243549.
- Djaeni, M., Prasetyaningrum, A., Sasongko, S.B., Widayat, W. and Hii, C.L. (2013). Application of foam-mat drying with egg white for carrageenan: Drying rate and product quality aspects. *Journal of Food Science and Technology* 52(2): 1170 - 1175. doi: 10.1007/s13197-013-1081-0.
- Eisner, M.D., Jeelani, S.A.K., Bernhard, L. and Windhab, E.J. (2007). Stability of foams containing proteins, fat particles and nonionic surfactants. *Chemical Engineering Science* 62(7): 1974 - 1987.
- Falade, K.O., Adeyanju, K.I. and Uzo-Peters, P.I. (2003). Foam-Mat drying of cowpea (*Vigna unguiculata*) using glyceryl monostearate and egg albumin as foaming agents. *European Food Research and Technology* 217: 486 - 491. doi: 10.1007/s00217-003-0775-3.
- Franco, T.S., Ellendersen, L.N., Fattori, D., Granato, D. and Masson, M.L. (2015). Influence of the Addition of Ovalbumin and Emulsifier on the Physical Properties and Stability of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) Juice Foams Prepared for Foam Mat Drying Process. *Food and Bioprocess Technology* 8: 2012 - 2026. doi: 10.1007/s11947-015-1553-5.
- Gharbi, N. and Labbafi, M. (2019). Influence of treatment-induced modification of egg white proteins on foaming properties. *Food Hydrocolloids* 90: 72 - 81. doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.11.060.
- Grabowski, J.A., Truong, V. D. and Daubert, C. (2006). Spray-Drying of Amylase Hydrolyzed Sweetpotato Puree and Physicochemical Properties of Powder. *Journal of Food Science* 71: E209 - E217. doi: 10.1111/j.1750-3841.2006.00036.x.
- Hsu, C.L., Chen, W., Weng, Y.M. and Tseng, C.Y. (2003). Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yams flours as affected by different drying methods. *Food Chemistry* 83(1): 85 - 92. doi: 10.1016/S0308-8146(03)00053-0.
- Ikeda, K. (1908). New seasonings. *Journal of Tokyo Chemical Society* 30: 820 - 836. doi: 10.1093/chemse/27.9.847.

- Indrawati, L., Wang, Z., Narsimhan, G. and Gonzalez, J. (2008). Effect of processing parameters on foam formation using a continuous system with a mechanical whipper. *Journal of Food Engineering* 88(1): 65 - 74. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.01.015.
- Ji, Y., Dai, Z., Sun, S., Ma, X., Yang, Y., Tso, P., Wu, G. and Wu, Z. (2018). Hydroxyproline Attenuates Dextran Sulfate Sodium-Induced Colitis in Mice: Involvement of the NF- κ B Signaling and Oxidative Stress. *Molecular Nutrition & Food Research* 62(21): e1800494. doi: 10.1002/mnfr.201800494.
- Jinap, S. and Hajeb, P. (2010). Glutamate. Its applications in food and contribution to health. *Appetite* 55(1): 1 - 10. doi: 10.1016/j.appet.2010.05.002.
- Kadam, D.M., Wilson, R.A. and Kaur, S. (2010). Determination of biochemical properties of foam-mat dried mango powder. *International Journal of Food Science and Technology* 45: 1626 - 1632. doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02308.x.
- Kampf, N., Martinez, C.G., Corradini, M.G. and Peleg, M. (2003). Effect of two gums on the development, rheological properties and stability of egg albumen foams. *Rheologica Acta* 42: 259 - 268. doi: 10.1007/s00397-002-0281-8.
- Karabulut, I., Topcu, A., Duran, A., Turan, S. and Ozturk, B. (2007). Effect of hot air drying and sun drying on color values and β -carotene content of apricot (*Prunus armenica* L.). *LWT-Food Science and Technology* 40: 753 - 758. doi: 10.1016/j.lwt.2006.05.001.
- Karim, A.A. and Wai, C.C. (1999). Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree. Stability and air drying characteristics. *Food Chemistry* 64: 337 - 343. doi: 10.1016/S0308-8146(98)00119-8.
- Kato, A., Takahashi, A., Matsudomi, N. and Kobayashi, K. (1983). Determination of foaming properties of proteins by conductivity measurements. *Journal of Food Science* 48: 62 - 65. doi: 10.1111/j.1365-2621.1983.tb14788.x.
- Kawai, M., Okiyama, A. and Ueda, Y. (2002). Taste Enhancements Between Various Amino Acids and IMP. Taste enhancements between various amino acids and IMP. *Chemical Senses* 27(8): 739 - 745. doi: 10.1093/chemse/27.8.739.
- Kong, Y., Yang, X., Ding, Q., Zhang, Y.Y., Sun, B.G., Chen, H. T. and Sun, Y. (2017). Comparison of non-volatile umami components in chicken soup and chicken enzymatic hydrolysate. *Food Research International*. 102: 559 - 566. doi: 10.1016/j.foodres.2017.09.038.
- Marinova, K.G., Basheva, E.S., Nenova, B., Temelska, M., Mirarefi, A.Y., Campbell, B. and Ivanov, I.B. (2009). Physico-chemical factors controlling the foam ability and foam stability of milk proteins: Sodium caseinate and whey protein concentrates. *Food Hydrocolloids* 23: 1864 - 1876. doi: 10.1016/j.foodhyd.2009.03.003.
- Nindo, C.I. and Tang, J. (2007). Refractance window dehydration technology: A novel contact drying method. *Drying Technology* 25: 37 - 48. doi: 10.1080/07373930601152673.
- Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G.V., Welti-Chanes, J. and Swanson, B.G. (1999). Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of Food science* 64: 42 - 45. doi: 10.1111/j.1365-2621.1999.tb09857.

- Poonnakasem, N., Pujols, K.D., Chaiwanichsiri, S., Laohasongkram, K. and Prinyawiwatkul, W. (2015). Different oils and health benefit statements affect physicochemical properties, consumer liking, emotion, and purchase intent: A case of sponge cake. *Journal of Food Science* 81: S165 - S173. doi: 10.1111/1750-3841.13186.
- Pua, C.K., Nazimah, H.S.A., Tan, C.P., Mirhosseini, H., Rahman, R.B.A., Rusul, G. (2010). Optimization of drum drying processing parameters for production of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology* 43: 343 - 349. doi: 10.1016/j.lwt.2009.08.011.
- Qadri, O.S., Srivastava, A.K. and Yousuf, B. (2020). Trends in foam mat drying of foods: Special emphasis on hybrid foam mat drying technology. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60(10): 1667 - 1676. doi: 10.1080/10408398.2019.1588221.
- Raghavan, S. (2006). *Handbook of Spices, Seasonings, and Flavorings* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press. doi: 10.1201/b13597.
- Rajkumar, P., Kailappan, R., Vishwanathan, R., Parvathi, K., Raghavan, G and Orsat, V. (2007). Thin layer drying study on foamed mango pulp. *Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal Manuscript* 9: 1 – 14.
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: A review. *Journal of Food Engineering* 49(4): 311 - 319. doi: 10.1016/S0260-8774(00)00228-4.
- Sangamithra, A., Venkatachalam, S., John, S.G. and Kuppaswamy, K. (2015). Foam mat drying of food materials: A review. *Journal of Food Processing and Preservation* 39(6): 3165 - 3174. doi: 10.1111/jfpp.12421.
- Sarwar, G., Botting, H.G. and Peace, R.W. (1988). Complete amino acid analysis in hydrolysates of foods and feces by liquid chromatography of precolumn phenylisothiocyanate derivatives. *Journal Association of Official Analytical Chemistry* 71 (6): 1172 - 1175.
- Sommer, R. (1998). Yeast extracts: production, properties and components. *Food Australia* 50(4): 181 - 183.
- Tomé, D. (2021). Yeast extracts: Nutritional and flavoring food ingredients. *ACS Food Science & Technology* 1(4): 487 - 494. doi: 10.1021/acsfoodscitech.0c00131.
- Tran, N.Y.T., Duc, N.V., Le, T.D., Huynh, L.B., Van Nguyen, A.V. and Dao, T.P. (2023). Study of seasoning powder processing from gray abalone mushroom. *Journal of Food Quality* 2023(1): 7991830. doi: 10.1155/2023/7991830.
- WHO. (2025). Sodium reduction. World Health Organization. Source: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs393/en/>. Retrieved date 14 April 2025.
- Wilson, R.A., Kadam, D.M., Chadha, S., Grewal, M.K. and Sharma, M. (2014). Evaluation of physical and chemical properties of foam-mat dried mango (*Mangifera indica*) powder during storage. *Journal of Food Processing and Preservation* 38: 1866 - 1874. doi: 10.1111/jfpp.12158.
- Yamaguchi, S. (1967). The synergistic taste effect of monosodium glutamate and disodium 5'-inosinate. *Journal of Food Science* 32(4): 473 - 478. doi: 10.1111/j.1365-2621.1967.tb09715.x.

- Yamashita, M., Arai, S., Tanimoto, S. and Fujimaki, N. (1973). Condensation Reaction Occurring during Plastein Formation by α -Chymotrypsin. *Journal of Agricultural and Biological Chemistry* 37(4): 953 - 954. doi: 10.1080/00021369.1973.10860774.
- Zhang, Y., Venkitasamy, C., Pan, Z. and Wang, W. (2013). Recent developments on umami ingredients of edible mushrooms: a review. *Trends in Food Science & Technology* 33(2): 78 - 92.
- Zhang, Y., Venkitasamy, C., Pan, Z., Liu, W. and Zhao, L. (2017). Novel umami ingredients: Umami peptides and their taste. *Journal of Food Science* 82(1): 16 - 23. doi: 10.1111/1750-3841.13576.

