

ผลของสารก่อโฟมต่อสมบัติของซูปฟักทองผงกึ่งสำเร็จรูป ที่ผลิตโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟมแมท

Effect of Foaming Agents on Properties of Instant Pumpkin Soup Powder Using Foam Mat Drying

หทัยทิพย์ นิมิตรเกียรติไกล*

สาขาวิชาความปลอดภัยทางอาหาร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยพะเยา ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

ตรีสินธุ์ โพธาราส

คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก 26120

Hataitip Nimitkeatkai*

Division of Food Safety, School of Agriculture and Natural Resources,

University of Phayao, Mae Ka, Muang, Phayao 56000

Treesin Potaros

Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University,

Onghkarak, Nakhornnayok 26120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาชนิดและปริมาณสารก่อโฟมที่เหมาะสมต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของซูปฟักทองผงอบแห้งแบบโฟมแมท ซึ่งเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซูปฟักทองกึ่งสำเร็จรูปเพื่อสุขภาพและเพิ่มมูลค่าให้กับเนื้อฟักทองที่เหลือจากการแคะเมล็ด ศึกษาผลของสารก่อโฟม glyceryl monostearate (GMS) และ egg albumin (EA) ที่มีปริมาณของสารก่อโฟม GMS ร้อยละ 0.5 ร่วมกับ EA ที่ระดับร้อยละ 1, 2 และ 3 โดยน้ำหนัก ต่อคุณลักษณะของผงซูปฟักทอง โดยตีปั่นซูปฟักทองให้เกิดโฟมก่อนนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าการเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารก่อโฟม EA ร้อยละ 3 ทำให้ได้ซูปฟักทองผงที่มีความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำ มีความสามารถในการละลายสูง และให้ผลผลิตสูงกว่าเมื่อใช้ EA ที่ระดับร้อยละ 1 และ 2 ตามลำดับ ดังนั้นการใช้สารก่อโฟม GMS ร้อยละ 0.5 ร่วมกับ EA ร้อยละ 3 จึงเหมาะสมในการผลิตซูปฟักทองผงแห้ง โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบปานกลาง ผลิตภัณฑ์ซูปฟักทองผงกึ่งสำเร็จรูปที่พัฒนาได้มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่

คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และความชื้นร้อยละ 80.46, 2.46, 3.95, 4.40, 6.67 และ 2.06 โดยน้ำหนักฐานแห้ง ตามลำดับ

คำสำคัญ : ชุปฟักทองกึ่งสำเร็จรูป; การทำแห้งแบบโฟมแมท; สารก่อโฟม; ฟักทอง

Abstract

This study investigated the effect of foaming agents at different concentrations on physico-chemical properties of foam dried pumpkin soup powder. To develop a healthy instant pumpkin soup product and to add values of the pumpkin from the seed production, two types of foaming agents, including glyceryl monostearate (GMS) and egg albumin (EA) were prepared. Three concentrations of EA at 1, 2 and 3 % (w/w) combined with 0.5 % GMS were investigated for the powder characteristics. Foaming agent mixed with pumpkin soup was whipped to foam before air dried at 70 °C. The results showed that as the concentration of EA increased to 3 %, the moisture content and water activity of pumpkin soup powder were reduced while the solubility and yield had an increasing trend. Therefore, the pumpkin soup adding with 0.5 % GMS and 3 % EA was optimal for foam mat drying pumpkin soup with average overall liking scores at moderate level. The instant pumpkin soup powder contained 80.46 % carbohydrate, 2.46 % protein, 3.95 % fat, 4.40 % fiber, 6.67 % ash and 2.06 % moisture content (dry basis).

Keywords: instant pumpkin soup; foam mat drying; foaming agent; pumpkin

1. บทนำ

ฟักทองสามารถนำไปทำอาหารทั้งคาวและหวานได้หลากหลายชนิด ได้แก่ ฟักทองแกงบวช ฟักทองสังขยา แกงเลียง แกงเผ็ด และชุบฟักทอง เป็นต้น ฟักทองสามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ในพื้นที่จังหวัดพะเยาปลูกมากบริเวณอำเภอเมือง อำเภอแม่ใจ อำเภอดอกคำใต้ และอำเภอภูซาง ผลผลิตฟักทองส่วนใหญ่จะนำมาแคะเมล็ดออกเพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เมล็ดฟักทองอบแห้ง ส่วนที่เป็นเนื้อซึ่งเป็นเศษเหลือจะจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ ราคาประมาณ 1-2 บาทต่อกิโลกรัม เกษตรกรบางรายปล่อยให้เน่าเสียไป อย่างไรก็ตาม เนื้อฟักทองมีสารเบต้าแคโรทีนและโพแทสเซียมสูง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อ

ร่างกายมนุษย์ โดยเฉพาะเบต้าแคโรทีนเป็นสารต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ช่วยกำจัดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็งชนิดต่าง ๆ [1] ปัจจุบันผู้บริโภคคำนึงถึงสุขภาพมากขึ้น จึงให้ความสำคัญในการเลือกบริโภคอาหารที่มีคุณค่าโภชนาการ มีประโยชน์ต่อร่างกายและเหมาะสมกับชีวิตประจำวันที่เร่งรีบ มีเวลาในการเตรียมอาหารน้อยลง ชุปผงจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ผู้บริโภคให้ความสนใจ สังเกตได้จากชุปเปอร์มาร์เก็ต ไฮเปอร์มาร์เก็ต และร้านค้าปลีกต่าง ๆ มีการวางจำหน่ายชุบผงที่ผลิตจากวัตถุดิบที่หลากหลาย ได้แก่ ชุปข้าวโพดผง ชุปไก่ผง เป็นต้น

การทำแห้งแบบโฟมแมท (foam mat drying) เป็นวิธีการทำแห้งด้วยการตีให้ผลิตภัณฑ์เกิดเป็นโฟม

และใช้ความร้อนจากลมร้อนระเหยความชื้นที่อยู่ในโฟมออกไป ทำให้ผลิตภัณฑ์แห้ง ซึ่งสามารถใช้กับเครื่องอบแห้งทั่วไป ใช้เวลาในการทำแห้งน้อย ค่าใช้จ่ายต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งแบบอื่น ๆ ใช้เครื่องมือที่มีราคาไม่สูงนัก จึงสามารถช่วยรักษาสารให้กลิ่นในผลิตภัณฑ์ไว้ [2] การศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามีการใช้สารก่อโฟม (foaming agent) เดิมลงในอาหารที่มีสมบัติในการเกิดโฟมต่ำ นอกจากจะช่วยให้เกิดสภาพโฟมแล้ว ยังช่วยรักษาสภาพโฟมให้คงตัวอยู่ได้นานโดยไม่เกิดการยุบตัวและการแตกของฟองอากาศ สารก่อโฟมที่ใช้ในอาหารที่สำคัญในกระบวนการอบแห้งแบบโฟมเมท เช่น กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต (glyceryl monostearate) เมโธเซล (methocel) โปรตีนถั่วเหลือง (solubilized soya protein) และอัลบูมินจากไข่ (egg albumin) [3] อย่างไรก็ตาม ชนิดและปริมาณสารก่อโฟมที่ใช้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของอาหารด้วย โดยพบว่าการใช้ GMS ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไอ้กัววาล้องงอกกิ่งสำเร็จรูปด้วยวิธีโฟมเมท [4] Falade และคณะ [5] พบว่าความหนาแน่นของโฟมลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณ glyceryl monostearate และ egg albumin ลงใน Cowpea paste ขณะที่ Thuwa panichayanan และคณะ [6] พบว่าความเข้มข้นของ egg albumin นั้นไม่มีผลต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของกล้วยอบแห้งแบบโฟมเมท Anuthes และคณะ [2] รายงานว่าการใช้สารก่อโฟมตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ให้ผลดีมากกว่าการใช้สารที่ก่อให้เกิดโฟมเดี่ยว เนื่องจากการเสริมประสิทธิภาพของสารที่ก่อให้เกิดโฟมทั้งสองร่วมกัน

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ ศึกษาผลของปริมาณสารก่อโฟม ได้แก่ glyceryl monostearate และ egg albumin ต่อคุณภาพของซูปฟักทองอบแห้งแบบโฟมเมท เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

ชนิดใหม่และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเนื้อฟักทองที่เป็นเศษเหลือจากการแคะเมล็ด ผู้ประกอบการระดับวิสาหกิจชุมชนจึงแปรรูปซูปฟักทองอบแห้งเพื่อสุขภาพได้เอง สามารถสร้างรายได้เพิ่มให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนและเกษตรกรในพื้นที่ต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีวิจัย

2.1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารก่อโฟมที่เหมาะสมในการผลิตซูปฟักทองอบแห้งแบบโฟมเมท

นำสูตรซูปฟักทองที่เหมาะสมจากการทดลองเบื้องต้น ซึ่งมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ฟักทอง หอมหัวใหญ่ และเกลือสัดส่วนร้อยละ 80, 14 และ 1 ตามลำดับ มาผลิตเป็นซูปฟักทอง โดยใช้อัตราส่วนระหว่างส่วนที่เป็นเนื้อ : น้ำซูป เป็น 1 : 1 ต้มจนฟักทองสุกแล้วนำส่วนผสมทั้งหมดไปปั่นให้ละเอียดก่อนนำมาผสมกับสารก่อโฟม โดยสารก่อโฟมที่นำมาศึกษาในการทดลองนี้ คือ glyceryl monostearate (GMS) และ egg albumin (EA) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ เมื่อใช้ระดับของสารก่อโฟม EA 3 ระดับ ที่ร้อยละ 1, 2 และ 3 โดยน้ำหนัก (ดัดแปลงจากวิธีการของ Abbasi และ Azizpour [7]) ร่วมกับ GMS ร้อยละ 0.5 เปรียบเทียบกับการใช้สารก่อโฟม EA เพียงชนิดเดียวที่ร้อยละ 3 นำซูปฟักทองที่เติมสารก่อโฟมและมอลโทเดกซ์ทรินร้อยละ 10 เพื่อเพิ่มความคงตัวของโฟม [8] ไปตีปั่นให้เกิดโฟมเป็นเวลา 10 นาที ด้วยเครื่องผสมอาหารที่ใช้หัวตีรูปตะกร้อที่ความเร็วสูงสุด นำโฟมที่ได้มาเกลี่ยบนถาดให้เป็นชั้นบางประมาณ 5 มิลลิเมตร ก่อนนำไปทำให้แห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 4-6 ชั่วโมง หรือจนกว่าส่วนผสมจะแห้ง โดยมีปริมาณความชื้นสุดท้ายของส่วนผสมแห้งไม่เกินร้อยละ 6 ที่งวักให้เย็น แล้วนำซูปฟักทองที่ได้มาบด และบรรจุในถุง

อลูมิเนียมฟอยล์จนกว่าจะตรวจสอบคุณภาพดังนี้

2.1.1 ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta รุ่น CR-100) รายงานผลเป็นค่าสีในระบบ CIE ซึ่งประกอบด้วยค่า L^* (ค่าความสว่าง) a^* (สีเขียว-แดง) b^* (สีน้ำเงิน-เหลือง)

2.1.2 ปริมาณน้ำอิสระ (a_w) โดยใช้เครื่องวัดค่า water activity (Rotronic รุ่น HygroLab c1)

2.1.3 ความชื้น โดยวิธี AOAC [9]

2.1.4 ผลผลิตที่ได้ โดยคำนวณจากน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ต่อน้ำหนักโฟมที่ใช้

2.1.5 ความสามารถในการละลาย (solubility) ดัดแปลงจากวิธีการของ Yawiang [10]

นำซูปฟักทองผง 1 กรัม ใส่ใน centrifuge tube เติมน้ำ 10 มิลลิลิตร ผสมให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที เทของเหลวส่วนใสใน aluminium can อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง คำนวณหาความสามารถในการละลาย (%)

2.1.6 ความสามารถในการกระจายตัว (dispersibility) ดัดแปลงจากวิธีการของ Tulardilok [11]

ชั่งตัวอย่างซูปฟักทองผง 2 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร กวนด้วย magnetic stirrer ที่ความเร็วระดับ 5 นาน 15 นาที นำไปหมุนเหวี่ยงนาน 6 นาที ที่ความเร็ว 1,740 รอบต่อนาที นำของเหลวส่วนใสที่ได้มาวัดค่าการส่องผ่านของแสง วัดที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยเครื่อง spectrophotometer (Thermo Scientific รุ่น Evolution 201) ใช้ น้ำกลั่นเป็น blank

2.1.7 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

นำซูปฟักทองผงมาผสมกับน้ำอัตราส่วน 1:8 แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-point hedonic scale คะแนน 1 ถึง 9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) ใช้ผู้ทดสอบที่เป็นผู้บริโภคทั่วไป 25 คน อายุ 17-45 ปี

วิเคราะห์ค่าแปรปรวน (ANOVA) และความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

2.2 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ซูปฟักทองอบแห้ง

นำผลิตภัณฑ์ซูปฟักทองอบแห้งที่คัดเลือกจากการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีกายภาพและผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในข้อ 2.1 มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณเส้นใยหยาบ ตามวิธีการของ AOAC [9]

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ศึกษาชนิดและปริมาณสารก่อโฟมที่เหมาะสมในการผลิตซูปฟักทองอบแห้งแบบโฟมแมท

การทดลองเบื้องต้นพบว่าความสามารถในการละลายของ GMS มีการละลายที่ไม่สมบูรณ์ถึงแม้จะใช้อุณหภูมิสูงถึง 70 องศาเซลเซียส การทดลองนี้จึงใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ร้อยละ 0.5 โดยแปรความเข้มข้นของ EA เป็นร้อยละ 1.0, 2.0 และ 3.0 เปรียบเทียบกับการใช้ EA เพียงชนิดเดียวที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 และมีการเติมสารมอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 เพื่อเพิ่มความคงตัวของโฟมและช่วยในการทำแห้ง [8] โดยมอลโทเด็กซ์ทรินมีลักษณะเป็นสายพอลิเมอร์ของแซคคาไรด์ เป็นสารที่ใช้สำหรับเติมเพื่อเพิ่ม

ปริมาณของแข็งในอาหาร หรือทำให้อาหารมีความหนืดเพิ่มขึ้น และสามารถให้เป็นโฟมที่ไม่ยุบตัวได้ง่าย มีความสามารถในการดูดความชื้นต่ำ จึงช่วยลดการดูดความชื้นกลับในผลิตภัณฑ์ผงที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบสูง [10] เมื่อนำซูปฟักทองผงอบแห้งด้วยวิธีโฟมแม่ที่ได้นำมาตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเคมี ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

การวัดสีของซูปฟักทองผงอบแห้งพบว่าซูปฟักทองผงแห้งมีค่าความสว่าง ค่าความเป็นสีแดง และความเป็นสีเหลือง คือ 66.87-69.20, 12.69-14.94 และ 40.02-41.69 ตามลำดับ เมื่อใช้สารก่อโฟม EA ที่ความเข้มข้นต่างกัน ทำให้ซูปฟักทองผงมีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเมื่อระดับของ EA เพิ่มขึ้น ทำให้ซูปฟักทองผงที่ได้มีค่าความสว่างลดลง และมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มมากขึ้น ปริมาณไข่ขาวที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสว่างของซูปฟักทองผงหลังอบลดลง อาจเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลเนื่องจากโครงสร้างของไข่ขาวเป็นโปรตีน ซึ่งกรดอะมิโนที่ได้จากการย่อยโปรตีนเป็นหนึ่งในสารตั้งต้นของปฏิกิริยานี้ [10]

นอกจากนี้ยังพบว่าสารก่อโฟม GMS ทำให้ค่าความเป็นสีแดงของตัวอย่างสูงกว่าเมื่อใช้สารก่อโฟม EA เพียงชนิดเดียว อาจเป็นไปได้ว่าการใช้ GMS ร่วม

กับ EA ทำให้ได้โฟมของซูปฟักทองที่คงตัวสูงกว่าเมื่อใช้ EA เพียงชนิดเดียว (การทดลองเบื้องต้น) ทำให้ใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อนสั้นกว่า สารสำคัญในฟักทอง คือ เบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลืองและสีส้ม [1] ซูปฟักทองจึงสลายตัวน้อยกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Auisakchaiyoung [12] ที่รายงานว่าการทำแห้งโฟมเยื่อหุ้มเมล็ดฟักข้าว โดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าหรือใช้เวลานานกว่า มีผลทำให้เกิดการสลายตัวของสารสำคัญ ได้แก่ โไลโคปีน เบต้าแคโรทีน และสารประกอบฟีนอลิก

ตารางที่ 2 พบว่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ร้อยละ 4.75-5.50 และค่า a_w ของทุกชุดทดลอง 0.33-0.41 โดยระดับของ EA มีผลต่อค่า a_w อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อความเข้มข้นของ EA สูงขึ้น ซูปฟักทองผงจะมีค่า a_w และความชื้นลดลง สอดคล้องกับ Abbasi และ Azizpour [7] ที่รายงานว่า การเพิ่มปริมาณ EA จะทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งแบบโฟมแม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากทำให้อากาศแทรกตัวอยู่ในโครงสร้างของโฟมได้มากขึ้น จึงเพิ่มความพรุนให้กับโครงสร้างของโฟม ส่งผลให้ลดอัตราการทำแห้งและระยะเวลาการทำแห้ง ดังนั้นเมื่อใช้ระยะเวลาการทำแห้งเท่ากัน ทำให้ซูปฟักทองผงที่ใช้สารก่อโฟม EA ในระดับสูง จะมีปริมาณน้ำอิสระและความชื้นต่ำกว่าเมื่อใช้ในระดับต่ำ

Table 1 Effect of foaming agents on color values of foam mat dried pumpkin soup powder.

Foaming agents	Lightness (L*)	Redness (a*)	Yellowness (b*)
GMS + EA 1 %	69.20±0.56 ^a	12.69±0.37 ^c	41.42±1.23 ^{ns}
GMS + EA 2 %	68.94±0.78 ^a	13.84±0.22 ^b	41.69±1.06 ^{ns}
GMS + EA 3 %	66.87±1.31 ^b	14.94±0.22 ^a	40.02±2.79 ^{ns}
EA 3 %	67.93±0.62 ^{ab}	13.13±1.16 ^c	40.06±0.39 ^{ns}

a-c, means in the column with different small superscript letters indicate significant difference at $p < 0.05$ level and ns, means no significant difference at $p \geq 0.05$ level.

Table 2 Effect of foaming agents on water activity and moisture content of foam mat dried pumpkin soup powder.

Foaming agents	Water activity (a_w)	Moisture content (%)
GMS + EA 1 %	0.41±0.01 ^a	5.00±1.50 ^{ns}
GMS + EA 2 %	0.41±0.01 ^a	5.25±0.25 ^{ns}
GMS + EA 3 %	0.38±0.01 ^b	4.75±1.25 ^{ns}
EA 3 %	0.33±0.01 ^c	5.50±2.00 ^{ns}

a-c, means in the column with different small superscript letters indicate significant difference at $p < 0.05$ level and ns, means no significant difference at $p \geq 0.05$ level.

Table 3 Effect of foaming agents on solubility, dispersibility and yield of foam mat dried pumpkin soup powder.

Foaming agents	Solubility (%)	Dispersibility (%)	Yield (%)
GMS + EA 1 %	46.38±1.27 ^b	0.35±0.01 ^a	16.03±2.81 ^c
GMS + EA 2 %	52.04±9.48 ^b	0.24±0.03 ^b	20.13±1.03 ^b
GMS + EA 3 %	63.83±3.73 ^{ab}	0.24±0.01 ^b	21.04±1.31 ^a
EA 3 %	78.10±17.63 ^a	0.18±0.01 ^c	17.14±0.96 ^{bc}

a-c, means in the column with different small superscript letters indicate significant difference at $p < 0.05$ level.

ผลของสารก่อโฟม EA ต่อความสามารถในการละลายและการกระจายตัวแสดงดังตารางที่ 3 พบว่าความสามารถในการละลายและการกระจายตัวของซูปฟักทองผงแห้งร้อยละ 46.38-78.10 และ 0.18-0.35 ตามลำดับ การเพิ่มระดับของสารก่อโฟม EA ทำให้ความสามารถในการละลายของซูปฟักทองผงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การเติมไข่ขาวผงซึ่งเป็นสารที่ช่วยลดแรงตึงผิว ทำให้เกิดฟิล์มบาง ๆ ได้ดี [3] เช่นเดียวกับที่มีรายงานในการทำแห้งเซอรุ่ม ที่พบว่าความหนาแน่นของโฟมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อความเข้มข้นของ EA เพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของไข่ขาวจะลดความตึงผิวที่

เกิดจากการเคลื่อนย้ายของสารก่อโฟมจากเฟสของเหลวไปยังเฟสต่อเนื่องระหว่างของเหลวและอากาศ จึงทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการเกิดโฟม และทำให้ความหนาแน่นของโฟมลดลง [7] ซึ่งความสามารถในการละลายมีความสัมพันธ์กับการเกิดโฟม จึงทำให้โฟมที่มี EA สูง มีการละลายน้ำได้ดีกว่า ขณะที่ GMS เป็นโมโนกลีเซอรอลที่ได้จากการเอสเทอร์รีไฟน์ของไตรออลของกลีเซอรอลด้วยกรดสเตียริก (stearic acid) มีส่วนที่ไม่ชอบน้ำ มีสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ [10] จึงละลายน้ำยาก เมื่อนำมาคั้นตัวแล้วทำให้ผลิตภัณฑ์ละลายน้ำไม่ได้ [11]

ความเข้มข้นของ EA ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความ

สามารถในการกระจายตัวของซูปฟักทองผงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการทำแห้งแบบโฟมแมทจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดอนุภาคเล็กมากและมีความหนาแน่นต่ำ จึงเกิดการลอยตัวอยู่ที่ผิวหน้าของของเหลว และจากการที่มีอนุภาคที่เล็กทำให้ไม่มีช่องว่างระหว่างอนุภาค ส่งผลให้น้ำไม่สามารถแทรกซึมผ่านระหว่างอนุภาคหรือแทรกซึมผ่านได้น้อย ทำให้อนุภาคไม่เปียกอย่างสม่ำเสมอเกิดการรวมเป็นก้อน โดยที่ผิวนอกเปียกแต่ภายในตรงกลางไม่เปียก จึงทำให้สมบัติการกระจายตัวเสียไปและใช้เวลานานในการละลาย [11] งานวิจัยของ Ng และ Sulaiman [13] ยังพบว่าการใช้ EA 10 กรัมต่อ 100 กรัมบัตูท ทำให้ได้บัตูทผงที่มีอัตราการคั่นตัวต่ำกว่าเมื่อใช้ EA 5 กรัมต่อ 100 กรัมบัตูท

ความเข้มข้นของสารก่อโฟม EA ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผลผลิตของซูปฟักทองผงสูงที่สุดร้อยละ 21.04 เมื่อใช้สารก่อโฟม GMS ร่วมกับ EA ร้อยละ 3 ทั้งนี้เนื่องจากโฟมที่มีปริมาณมากขึ้นและความคงตัวสูงกว่า ในระหว่างกระบวนการทำแห้งจะไม่มีส่วนของโฟมยุบตัวลงมา หรืออาจมีบางส่วนของโฟมยุบตัวลงมาเล็กน้อย ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น [2,14]

ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในคุณลักษณะด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ซูปฟักทองที่ใช้สารก่อโฟม GMS

ร่วมกับ EA ร้อยละ 3 สูงที่สุดในทุกคุณลักษณะ ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากสีของซูปฟักทองที่ใช้ GMS ร่วมกับ EA ร้อยละ 3 มีสีเหลืองอมส้ม มีความเป็นเนื้อเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยมีคะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะอยู่ในช่วงชอบปานกลาง (6.60-6.88)

ดังนั้นจึงเลือกใช้สารก่อโฟม GMS ร้อยละ 0.5 ร่วมกับ EA ร้อยละ 3 ในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของซูปฟักทองผงกึ่งสำเร็จรูป เนื่องจากมีปริมาณผลผลิตสูง ความสามารถในการละลายและการกระจายตัวค่อนข้างสูง มีปริมาณความชื้นและน้ำอิสระอยู่ในเกณฑ์ต่ำ อีกทั้งยังได้รับคะแนนความชอบของผู้บริโภคในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงกว่าชุดทดลองอื่น ๆ

3.2 ศึกษาสมบัติของซูปฟักทองผงกึ่งสำเร็จรูป

นำซูปฟักทองผงที่พัฒนาได้มาวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณเส้นใยหยาบเปรียบเทียบกับฟักทองสด ดังแสดงในตารางที่ 5

ผลิตภัณฑ์ซูปฟักทองผงกึ่งสำเร็จรูปที่พัฒนาได้มีวัตถุดิบหลัก คือ ฟักทอง จึงทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูง โดยมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบอยู่ในปริมาณน้อย ส่วนไขมันที่พบมาจากน้ำซูปที่ใช้เป็นน้ำสต็อกไก่ที่เป็นส่วนผสมหลัก เส้นใยหยาบมีปริมาณ

Table 4 Effect of foaming agents on sensory properties of foam mat dried pumpkin soup powder.

Foaming agents	Color	Flavor	Texture	Overall liking
GMS + EA 1 %	6.48±1.48	6.20±1.35	6.40±1.50	6.36±1.44
GMS + EA 2 %	6.76±1.05	6.56±0.87	6.72±1.01	6.44±0.96
GMS + EA 3 %	6.88±1.27	6.60±1.38	6.88±1.24	6.76±0.93
EA 3 %	6.44±1.64	6.20±1.19	6.40±1.50	6.12±1.24

No significant difference at $p \geq 0.05$ level.

Table 5 Chemical properties of pumpkin soup powder and fresh pumpkin.

Chemical properties (% dry basis)	Fresh pumpkin	Pumpkin soup powder
Moisture content	22.26±1.28	2.06±0.78
Protein	0.78±0.14	2.46±±0.13
Fat	0.40±0.10	3.95±0.17
Crude fiber	8.36±0.17	4.40±0.05
Ash	7.31±0.14	6.67±0.01
Carbohydrate	60.89±0.76	80.46±0.74

ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับฟักทองสด เนื่องจากกระบวนการผลิตที่มีการใช้ความร้อน อย่างไรก็ตาม ในฟักทองมีวิตามินและเกลือแร่ เช่นเดียวกับที่มีการเสริมฟักทองในผลิตภัณฑ์โดนัท ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเบต้าแคโรทีน สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น [15] ซึ่งการทำแห้งแบบโฟมแมททำให้การระเหยของน้ำดีขึ้น โดยช่วยเพิ่มอัตราการทำแห้งของอาหาร เพราะโครงสร้างของโฟมซึ่งมีรูพรุนทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้น้ำระเหยได้ง่ายและเร็วขึ้น อาหารสัมผัสกับความร้อนในระยะเวลาสั้น จึงช่วยลดการสูญเสียคุณภาพอาหาร [3] จึงเป็นไปได้ว่าสารสำคัญในฟักทองหลังผ่านการอบแห้งแบบโฟมแมทมีศักยภาพในการนำไปใช้เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารได้

4. สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซूपฟักทองผงสำเร็จรูปเพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของสารก่อให้เกิดโฟมที่เหมาะสมในการอบแห้งแบบโฟมแมท พบว่าซूपฟักทองผงสามารถผลิตได้ด้วยวิธีการอบแห้งแบบโฟมแมท เมื่อใช้สารก่อโฟมช่วยในกระบวนการตีแป้งก่อนนำไปทำแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยสารก่อโฟมที่เหมาะสมสำหรับซूपฟักทองผง คือ GMS ร่วมกับ EA การเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารก่อโฟม

EA ร้อยละ 3 ทำให้ได้ซूपฟักทองผงที่มีความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำ มีความสามารถในการละลายสูง และให้ผลผลิตสูงกว่าเมื่อใช้ EA ที่ระดับร้อยละ 1 และร้อยละ 2 ดังนั้นการสารก่อโฟม GMS ร้อยละ 0.5 ร่วมกับ EA ร้อยละ 3 จึงเหมาะสมในการผลิตซूपฟักทองผงแห้ง โดยองค์ประกอบทางเคมีของซूपฟักทองผง ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เส้นใยหยาบ เถ้า และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 2.06, 2.46, 3.95, 4.40, 6.67 และ 80.46 โดยน้ำหนักฐานแห้ง ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2560 มหาวิทยาลัยพะเยา สัญญาเลขที่ RD60030

6. References

- [1] Kaowphong, S and Jomduang, S., 2007, Development of breakfast cereal fortified with pumpkin powder by single screw extruder, Food 37(4): 341-352. (in Thai)
- [2] Anuthes, C., Sonthipermphoom, W., Kong bangkerd, T. and Jansangsee, P., 2010, Optimum conditions in lemongrass instant powder production by foam-mat drying, J.

- KMUTNB 20(3): 524-533. (in Thai)
- [3] Doungpin, C., 2014, Salted Egg White Powder Production by Foam-mat Drying and Its Utilization, Master Thesis, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 90 p. (in Thai)
- [4] Supavititpatana, T., 2011, Effect of foaming agents on the properties of instant-germinated- brown- rice porridge using foam-mat method, The Golden Teak: Sci Technol. J. 17: 1-12. (in Thai)
- [5] Falade, K.O., Adeyanju, K.I. and Uzo-Peters, P.I., 2003, Foam-mat drying cowpea (*Vigna unguiculata*) using glyceryl monostearate and egg albumin as foam agents, Eur. Food. Res. Technol. 217: 486-491.
- [6] Thuwapanichayanan, R., Prachayawara korn, S. and Soponronnarit, S., 2008, Drying characteristics and quality of banana foam mat, J. Food Eng. 86: 573-583.
- [7] Abbasi, E. and Azizpour, M., 2016, Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder, LWT Food Sci. Technol. 68: 105-110.
- [8] Ngamsanga, S., Laohakunjit, N. and Kerdchoechuen, O., 2015, Effect of foaming agent on characterization of banana (Kluay Hom Tong) by foam-mat drying, Agric. Sci. J. 46(3)(Suppl.): 492-432. (in Thai)
- [9] AOAC, 2000, Official Methods of Analysis 16th Ed., Association of Official Analytical Chemist, Virginia.
- [10] Yawiang, W., 2013, Optimum Condition of Whey Protein Powder Production by Foam-mat Drying and the Nutritional Composition of the Powder, Master Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai, 103 p. (in Thai)
- [11] Tulardilok, K., 2009, Production of Pickled Garlic Powder by Foam-mat Drying, Master Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai, 132 p. (in Thai)
- [12] Ausakchaiyoung, T., 2013, Production of Foam-mat Dried Gac Powder and Its Application in Food Products, Master Thesis, Khon Kaen University, Khon Kaen, 127 p. (in Thai)
- [13] Ng, M.L. and Sulaiman, R., 2018, Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying, LWT Food Sci. Technol. 88: 80-86.
- [14] Fajaroen, D., 2005, A Production of Corn Milk by Foam-mat Drying, Master Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai, 122 p.
- [15] Sartphant, S., 2010. Development of Pumpkin Powder for Making Doughnut Cake, Master Thesis, Kasetsart University, Bangkok, 128 p. (in Thai)