

การพัฒนาผลิตภัณฑ์นมพืชจากถั่วหรั่งชนิดผงโดยเทคนิคการอบแห้งแบบโฟมแมท
ร่วมกับการอบแห้งแบบลมร้อน
Development of Plant-based Milk Products from Bambara Groundnut
Powder by Foam-mat Drying Technique with Hot Air Drying

ดีลา เถาะ¹ สุรยานี บาราเฮง² ประกายแก้ว ศุภอักษร³ ศลิษา ศรีสุข⁴ ณัฐนันท์ ชุมแก้ว⁵
Deela Thoh¹ Suryanee Baraheng² Prakaikaew Suppaaksorn³
Salisa Srisuk⁴ Nathanan Chumkaew⁵

¹ ภาควิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษายะลา จังหวัดยะลา 95000
Food and Nutrition Yala Vocational College, Yala 95000

² ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยอาชีวศึกษาปัตตานี จังหวัดปัตตานี 94000
Food Technology and Nutrition Pattani Vocational College, Pattani 94000

³ วิทยาลัยอาชีวศึกษายะลา จังหวัดยะลา 95000
Yala Vocational College, Yala 95000

⁴ ภาควิชาอาหารและโภชนาการ วิทยาลัยการอาชีพปัตตานี จังหวัดปัตตานี 94000
Food and Nutrition Pattani Industrial and Community Education Collage 94000

⁵ ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพศึกษาภาคใต้ เขตพัฒนาพิเศษเฉพาะกิจจังหวัดชายแดนใต้ จังหวัดปัตตานี
Southern Vocational Education Promotion and Development Center in Southern Border Provinces, Pattani 90110

¹ Corresponding Author: E-mail: Deelathoh05@gmail.com

Received: 15 December. 2023; Revised: 15 January. 2024; Accepted: 9 February. 2024;

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อ 1) ศึกษาปริมาณโปรตีนไข่ขาวผงที่เหมาะสมต่อการเกิดโฟมในการผลิต นมถั่วหรั่งผงด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบโฟมแมท 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด นำมาวิเคราะห์ค่าการขยายตัวของโฟม ความหนาแน่น และความคงตัวของโฟม และ 2) เพื่อศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณลักษณะทางกายภาพของนมถั่วหรั่งผงด้วยตู้อบลมร้อน 3 ระดับ ได้แก่ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส จากนั้นนำผงมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้น ร้อยละผลผลิต ค่าสี ความชื้น และดัชนีการละลาย

ผลการวิจัย พบว่า 1) การใช้สารก่อโฟมโปรตีนไข่ขาวผงร้อยละ 6 ทำให้ความหนาแน่นของโฟม ความคงตัวของโฟมสูงที่สุด เท่ากับ 0.39 ± 0.01 45.19 ± 0.23 ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่าการขยายตัวของโฟม เท่ากับ 68.91 ± 3.44 และ 2) การอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน 80 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นต่ำที่สุดร้อยละ 3.21 มีร้อยละผลผลิตที่มากที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 54.71 ± 1.40 ค่าสีความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 78.82 ± 0.06 28.17 ± 0.02 และ 45.01 ± 0.37 ตามลำดับ ส่วนค่าดัชนีการละลายน้ำของนมถั่วหรั่งผงมีค่ามากที่สุด เท่ากับ 61.09 ± 0.52 ซึ่งแตกต่างจากที่สภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่าสีเหลือง (b^*) ของตัวอย่างทั้ง 3 สภาวะ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น
คำสำคัญ : นมถั่วหรั่ง นมธัญพืช โฟมแมท

Abstract

The objectives of this research were to : 1) find the optimal amount of foaming of egg albumin powder foaming agent in the production of Bambara groundnut milk powder by 3 levels of foam-mat drying technique, i.e., 2%, 4%, and 6% by weight of the total ingredient content and 2) study the drying temperature with a hot air incubator suitable for drying Bambara groundnut milk powder at 3 temperature levels, i.e., 60, 70, and 80 degrees Celsius. The powder is then analyzed for physical quality, i.e., yield percentage, density, color, moisture, and solubility index.

The results showed that : 1) the initial amount of the egg albumin powder foaming agent at 6% of the total weight was the sum of the highest foam concentration equal to 0.39 ± 0.01 and 45.19 ± 0.23 respectively reaching the statistical concentration ($p\leq 0.05$). The nutritional value of the foam is 68.91 ± 3.44 . 2) The drying temperature using the hot air oven at the lowest moisture content was 3.21%. The highest yield percentage was 54.71 % ± 1.40 . The brightness color value (L^*), red value (a^*), and yellow value (b^*) were 78.82 ± 0.06 , 28.17 ± 0.02 , and 45.01 ± 0.37 respectively. The water solubility index of the bean milk powder had the highest value, equal to 61.09 ± 0.52 , which was significantly different from other conditions ($p\leq 0.05$). The yellow value (b^*) of both samples showed that the three conditions were not significantly different at 95% confident level while the higher temperatures resulted in the increase in brightness (L^*) and redness (a^*).

Keyword : Bambara groundnut, cereal milk, Foam-mat technique

1. บทนำ

อาหารและเครื่องดื่มจากพืช (Plant Base) ได้รับความสนใจจากผู้บริโภคมากขึ้น เนื่องจากเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่ได้จากพืช ผัก ผลไม้ ธัญพืช และถั่วชนิดต่าง ๆ เป็นอีกผลิตภัณฑ์จากพืชที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากมีกลุ่มผู้บริโภคที่มีปัญหาการแพ้โปรตีนนมวัว (cow's milk protein allergy) และผู้บริโภคบางกลุ่มไม่สามารถย่อยน้ำตาลแล็กโทสในนมวัวได้ (lactose intolerant) จึงเป็นข้อจำกัดในการดื่มนมวัว [1] ทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์นมจากพืช จึงเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับทั้งผู้บริโภคที่แพ้นมวัว และผู้บริโภคที่รับประทานมังสวิรัต ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์นมจากพืชหลากหลายชนิด ได้แก่ น้ำนมถั่วเหลือง น้ำนมข้าว น้ำนมข้าวโอ๊ต น้ำนมมะพร้าว เป็นต้น ผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นม เป็นผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกับนมหรือผลิตภัณฑ์นม แต่ไม่มีองค์ประกอบที่มาจากนมหรือผลิตภัณฑ์นม เช่น เคซีน แลคโตส และคอเลสเตอรอล วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมมีหลายชนิด แต่นิยมใช้วัตถุดิบจากพืช เนื่องจากราคาถูก เป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่มีอาการแพ้นม และผู้ที่ต้องการไขมันจากพืชแทนไขมันจากสัตว์ เพราะไขมันจากสัตว์มีผลต่อการเกิดโรคหัวใจและความดันโลหิตสูง

นมพืช หรือนมธัญชาติเป็นเครื่องดื่มทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับผู้แพ้นมวัว หรือน้ำตาล แลคโตส ซึ่งเมื่อเทียบกับนมวัวแล้วร่างกายสามารถย่อยและดูดซึมง่ายกว่านมวัว น้ำนมธัญชาตินั้นจะมีคาร์โบไฮเดรตสูงกว่า แต่มีโปรตีนน้อยกว่านมวัว ข้อดีที่สำคัญ คือ นมธัญชาติ ยังไม่มีไขมัน คอเลสเตอรอล และน้ำตาลแลคโตสอีกด้วย

แต่ประกอบไปด้วยวิตามินบีรวมที่สำคัญหลายชนิด นอกจากนี้ช่วยเรื่องระบบการเผาผลาญอาหารทำให้การย่อยอาหารได้ดีขึ้น [2] ถั่วหรั่ง (Bambara groundnut) เป็นธัญชาติที่นิยมปลูกมากในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างของไทย เป็นพืชที่มีอายุยืนยาวให้ผลผลิตสูง คุณภาพผลผลิตดี โดยนิยมทำให้สุกโดยการต้มหรือย่างก่อนรับประทาน หรือนำมาใช้ประกอบอาหารอื่น ๆ เช่น ทำไส้ขนม แกง เป็นต้น ถั่วหรั่งเป็นพืชที่มีคาร์โบไฮเดรตที่มีเป็นองค์ประกอบหลักมีโปรตีนคุณภาพสูง ไขมันในปริมาณต่ำและไม่พบการปนเปื้อนจากอะฟลาทอกซิน จึงเป็นพืชที่มีความปลอดภัยต่อการบริโภค นอกจากนี้สตาร์ชถั่วหรั่งยังมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากสตาร์ชชนิดอื่น ๆ คือ มีค่าการละลายและการพองตัวสูงกว่า และเมื่อผ่านกระบวนการให้ความร้อนและเย็นแล้วสตาร์ชยังคงความหนืดได้ [3]

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในกระบวนการผลิตนมถั่วหรั่งผง โดยการนำถั่วหรั่งมาแปรรูปเป็นนมผงกึ่งสำเร็จรูปผ่านกระบวนการอบแห้งแบบโฟม-แมท (foam-mat) ที่สามารถคงคุณค่าทางอาหาร กลิ่น และสีของผลิตภัณฑ์ ร่วมกับการทำแห้งด้วยวิธีลมร้อน เพื่อปรับปรุงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความชื้น ค่าสี และดัชนีการละลายที่ดีขึ้น อีกทั้งยังสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงประโยชน์คุณค่าทางโภชนาการของถั่วหรั่ง ได้เป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้รักสุขภาพและแพ้นมวัว และยังเป็นทางเลือกที่ปลอดภัยให้รู้จักและใช้งานได้อย่างแพร่หลายมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาปริมาณโปรตีนไข่ขาวผงที่เหมาะสมต่อการเกิดโฟมในการผลิตนมถั่วหรั่งผงด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบโฟมแมท
- 2.2 เพื่อศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณลักษณะทางกายภาพของนมถั่วหรั่งผงด้วยเทคนิคการอบลมร้อน

3. สมมติฐาน

- 3.1 ปริมาณโปรตีนไข่ขาวผงที่แตกต่างมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของเกิดโฟมในการผลิตนมถั่วหรั่งผงด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบโฟมแมท
- 3.2 อุณหภูมิการอบแห้งที่ต่างกันมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพของนมถั่วหรั่งผง ที่อบแห้งด้วยตู้อบแห้งชนิดลมร้อนที่ต่างกัน

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

- 4.1 ศึกษาปริมาณโปรตีนไข่ขาวผงที่เหมาะสมต่อการเกิดโฟมในการผลิตนมถั่วหรั่งผงด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบโฟมแมท

4.1.1 กรรมวิธีการเตรียมนมถั่วหรั่ง

คัดเลือกถั่วหรั่งดิบที่เมล็ดสมบูรณ์ โดยใช้การคัดด้วยสายตาเพื่อแยกเมล็ดไม่สมบูรณ์ร่วมกับการนำมอลอยในน้ำ เมล็ดถั่วที่ลอยคือ เมล็ดที่ไม่สมบูรณ์จะถูกคัดทิ้ง จากนั้นล้างทำความสะอาดแช่น้ำสะอาดเป็นเวลา 1 คืน นำมาปอกเปลือก และลอกส่วนเยื่อหุ้มสีแดงออกซึ่งเป็นเปลือกข้างใน (ภาพที่ 1) นำเมล็ดถั่วหรั่งที่แยกเปลือกออกหมดแล้ว นำไปบดโดยใช้อัตราส่วนเมล็ดถั่วหรั่งต่อน้ำเท่ากับ 1:10 จนได้นมถั่วหรั่งที่มีลักษณะข้น (slurry) นำไปกรองกากด้วยผ้าขาวบาง และเติมมอลโตเดกซ์ทรินในอัตราส่วนร้อยละ 12 โดยน้ำหนัก

เพื่อให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 18 ± 1 องศาบริกซ์ จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 90 ± 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที เพื่อกำจัดกลิ่นฉุนและทำลายจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนมากับเมล็ดถั่วหรั่ง และนำมาเก็บที่อุณหภูมิ 7 ± 3 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 1 ถั่วหรั่ง

4.1.2 ศึกษาปริมาณโปรตีนไข่ขาวผงที่เหมาะสมต่อการเกิดโฟมในการผลิตนมถั่วหรั่งผงด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบโฟมแมท

1) นำน้ำนมถั่วหรั่งที่เตรียมไว้ ศึกษาปริมาณโปรตีนไข่ขาวผงที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด ใช้วิธีการตีโฟมน้ำนมถั่วหรั่งใสในโถเครื่องผสมตีด้วยความเร็วช้าที่สุด (ระดับ 2) เพื่อการคนให้ส่วนผสมมีความสม่ำเสมอ จากนั้นเติมโปรตีนไข่ขาวผง พร้อมกับเร่งความเร็วในการตีให้เร็วขึ้นจนถึงความเร็วสูง (ระดับเบอร์ 10) เป็นเวลา 30 นาที

2) นำโฟมที่ได้จากการตี มาเกลี่ยลงบนถาดให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร เข้าเครื่องตู้อบแห้งชนิดลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง หรือจนผลิตภัณฑ์มีความชื้นสุดท้ายน้อยกว่าร้อยละ 5 บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช

3) นำโฟมที่ได้ในแต่ละชุดทดลองมาทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพในการเกิดโฟม ประกอบด้วย ค่าการขยายตัวของโฟม ความคงตัวของโฟม และความหนาแน่นของโฟม

4) วิเคราะห์ผลการทดลองโดยหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) หาค่าความแตกต่างทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อคัดเลือกสูตรที่มีคุณภาพทางกายภาพสูงที่สุดเพื่อศึกษาขั้นต่อไป

4.2 ศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งด้วยอบลมร้อนที่เหมาะสมต่อคุณลักษณะทางกายภาพของนมถั่วหรั่งผงด้วยเทคนิคการอบลมร้อน

1) เตรียมนมถั่วหรั่งสูตรที่ดีที่สุดที่ได้ตามวิธีจากข้อ 4.1 จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดมาตีให้เกิดโฟม นำโฟมที่ได้มาเกลี่ยลงบนถาดให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร เข้าเครื่องอบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช

2) นำนมผงที่ได้ในแต่ละชุดทดลองวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีกายภาพของนมถั่วหรั่งผง ประกอบด้วย ค่าร้อยละผลผลิต ความชื้น ค่าสีความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) และร้อยละดัชนีการละลายของนมถั่วหรั่งผง

3) วิเคราะห์ผลการทดลองโดยหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) หาความแตกต่างทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) เพื่อคัดเลือกอุณหภูมิการอบแห้งด้วยอบลมร้อนที่ดีที่สุดต่อคุณภาพทางกายภาพที่ดีที่สุด

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการศึกษาปริมาณโปรตีนไข่ขาวผงที่เหมาะสมต่อการเกิดโฟมในการผลิตนมถั่วหรั่งผงด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบโฟมเมท

การศึกษาระดับสารที่ทำให้เกิดโฟม คือ โปรตีนไข่ขาวผง ที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 2, 4 และ 6 โดยน้ำหนักรวม ต่อคุณภาพทางกายภาพ พบว่า การเพิ่มระดับการเติมโปรตีนไข่ขาวผงทำให้ความหนาแน่นของโฟมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 (ภาพที่ 2) และมีคุณภาพทางกายภาพของโฟมนมถั่วหรั่งดังแสดงในตารางที่ 1



โปรตีนไข่ขาวผงร้อยละ 2



โปรตีนไข่ขาวผงร้อยละ 4



โปรตีนไข่ขาวผงร้อยละ 6

ภาพที่ 2 ลักษณะปรากฏของโฟมที่มีปริมาณโปรตีนไข่ขาวแตกต่างกัน

ตารางที่ 1 คุณภาพทางกายภาพของโฟมนมถั่วหรั่งที่ระดับการใช้โปรตีนไข่ขาวผงที่แตกต่างกัน

| คุณภาพทางกายภาพ | ปริมาณโปรตีนไข่ขาวผง | | |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | ร้อยละ 2 | ร้อยละ 4 | ร้อยละ 6 |
| ความหนาแน่นของโฟม (g/ml) | 0.74±0.05 ^a | 0.58±0.04 ^{ab} | 0.39±0.01 ^b |
| ความคงตัวของโฟม (%) | 37.25±0.16 ^b | 39.64±0.43 ^b | 45.19±0.23 ^a |
| การขยายตัวของโฟม (%) | 46.72±3.04 ^c | 52.25±5.62 ^b | 68.91±3.44 ^a |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-b} ค่าเฉลี่ยในแถวแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

บทความวิจัย

จากตารางที่ 1 ร้อยละความคงตัวของโคม พบว่า การใช้ปริมาณโปรตีนไข่ขาวผงร้อยละ 6 ให้ความคงตัวของโคมสูงที่สุด เท่ากับ 45.19 และปริมาณโปรตีนไข่ขาวผง ร้อยละ 2 และ 4 ให้ความคงตัวของโคมเท่ากับ 37.25 และ 39.64 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และด้านร้อยละการขยายตัวของโคม พบว่า การใช้ปริมาณโปรตีนไข่ขาวผง ร้อยละ 6 ให้ร้อยละการขยายตัวของโคมสูงที่สุด เท่ากับ 68.91 และปริมาณโปรตีนไข่ขาวผง ร้อยละ 2 น้อยที่สุด เท่ากับ 46.72 ($p\leq 0.05$)

5.2 ผลการศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งที่เหมาะสมต่อคุณลักษณะทางกายภาพของนมถั่วเหลืองด้วยการอบลมร้อน การศึกษาอุณหภูมิการอบแห้งด้วยตู้อบแห้งลมร้อนที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยการเติมโปรตีนไข่ขาวผงปริมาณร้อยละ 6 ของน้ำหนักทั้งหมดในการผลิตนมถั่วเหลือง จากผลการทดลอง พบว่า การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 3.21 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพทางกายภาพของนมถั่วเหลืองที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

| คุณภาพทางกายภาพ | อุณหภูมิการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน | | |
|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | 60 °C | 70 °C | 80 °C |
| ร้อยละผลผลิต (%) | 48.84±0.05 ^b | 50.68±1.14 ^a | 54.71 ±1.40 ^a |
| ความชื้น (%) | 8.25±0.03 ^a | 5.07±0.39 ^b | 3.21±0.06 ^c |
| ค่าสีความสว่าง (L*) | 72.11±0.21 ^c | 75.47±0.46 ^b | 78.82±0.06 ^a |
| ค่าสีแดง (a*) | 32.70±0.33 ^a | 30.56±0.41 ^a | 28.17±0.02 ^b |
| ค่าสีเหลือง (b*) ^{ns} | 45.09±0.06 | 44.73±0.05 | 45.01±0.37 |
| ค่าดัชนีการละลาย (%) | 51.47±0.43 ^c | 58.83±0.47 ^a | 61.09±0.52 ^a |

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a-c} ค่าเฉลี่ยในแถวแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

^{ns} แสดงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพด้านปริมาณความชื้นการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส แตกต่างจากที่อุณหภูมิต่ำกว่า (70 และ 60 องศาเซลเซียส) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับร้อยละผลผลิตที่มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 54.71 โดยผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นน้อยสามารถร้อนผ่านตะแกรงได้มากกว่าที่ความชื้นสูงกว่า ส่งผลให้ร้อยละผลผลิตมีปริมาณมากกว่า และค่าดัชนีการละลายน้ำของนมถั่วเหลืองที่อุณหภูมิการอบแห้ง 80 องศาเซลเซียส มีค่ามากที่สุด ซึ่งแตกต่างจากที่สภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ ($p\leq 0.05$) ในขณะที่อุณหภูมิ 60 และ 70 องศาเซลเซียส ประสิทธิภาพในการระเหยของส่วนของของเหลวจะต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับค่าร้อยละผลผลิต

ด้านการวิเคราะห์ค่าสีของตัวอย่างนมถั่วเหลืองทั้ง 3 ชุดการทดลอง พบว่า ค่าสีเหลือง (b*) ของตัวอย่างทั้ง 3 ชุดการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่อุณหภูมิการอบแห้งที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L*) เพิ่มขึ้น และค่าสีแดง (a*) โดยการใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้ค่าความสว่าง (L*)

สูงที่สุดรองลงมา 70 และ 60 เท่ากับ 78.82 75.47 และ 72.11 ตามลำดับ และค่าสีแดง (a^*) การใช้อุณหภูมิ 60, 70 องศาเซลเซียส ให้ค่าสีแดง (a^*) สูงที่สุด เท่ากับ 32.70 และ 30.56 ตามลำดับ และด้านร้อยละดัชนีการละลายการใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ให้ค่าสูงที่สุด เท่ากับ 61.09 ตามด้วยอุณหภูมิ 70 และ 60 เท่ากับ 58.83 และ 51.47 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลผลการทดลองต่อการผลิตนมถั่วหรั่งผงที่มีต่อคุณภาพด้านทางกายภาพต่าง ๆ ประกอบด้วย ร้อยละผลผลิต ความชื้น ค่าสี และดัชนีการละลายน้ำ สามารถคัดเลือกอุณหภูมิการอบแห้งที่ 80 องศาเซลเซียส เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำแห้งแบบลมร้อนได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์จากสภาวะดังกล่าวมีร้อยละผลผลิตมากที่สุด ความชื้น และดัชนีการละลายน้ำมากที่สุด

6. อภิปรายผลการวิจัย

6.1 ปริมาณของสารก่อโพรตีนไข่ขาวผงที่เหมาะสมของการเกิดโพรตีนในการผลิตนมถั่วหรั่งผงด้วยเทคนิคการอบแห้งแบบโพรตีนเมท ปริมาณโพรตีนไข่ขาวผง ร้อยละ 6 ทำให้ความหนาแน่นของโพรตีนลดลงเนื่องจากคุณสมบัติของโพรตีนในไข่ขาวในการลดแรงตึงผิวในสารละลายและส่งผลให้เกิดโพรตีน เนื่องจากโพรตีนไข่ขาวมีคุณสมบัติเป็นสารก่อโพรตีนที่ดี เมื่อนำไปปั่นผสมกับน้ำนมถั่วหรั่ง แล้วนำไปตีให้เกิดโพรตีนด้วยความเร็วที่สูงเป็นเวลานาน ทำให้โพรตีนของไข่ขาวสามารถหุ้มอากาศได้ดี มีการขยายตัวดี ส่งผลให้ความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์ดีกว่าสูตรอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยรายงานว่า การเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของโพรตีนไข่ขาวในช่วงร้อยละ 5-10 ส่งผลให้โพรตีนของนมถั่วหรั่งมีความหนาแน่นลดลง ร้อยละ 3 เนื่องจากช่วงความเข้มข้นดังกล่าวเป็นช่วงที่เหมาะสมของการละลายของไข่ขาวในสารละลาย ส่วนความคงตัวของโพรตีนนมถั่วหรั่งที่ระดับการเติมไข่ขาวผง ร้อยละ 2 น้อยกว่าที่ระดับอื่นซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แสดงให้เห็นว่าฟองอากาศภายในโพรตีนของสารละลายนมถั่วหรั่งที่ระดับการเติมไข่ขาวผง ร้อยละ 2 มีขนาดใหญ่ เนื่องจากโพรตีนไข่ขาวผง ร้อยละ 2 เป็นช่วงความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสมต่อการละลาย และส่งผลต่อการเกิดโพรตีนของสารละลายไม่คงตัว [4]

6.2 ระดับการอบแห้งของโพรตีนนมถั่วหรั่ง พบว่า การอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีร้อยละผลผลิตที่มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 54.71 ปริมาณความชื้นต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 3.21 ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุดเท่ากับ 78.82 และดัชนีการละลายน้อยที่สุด เท่ากับ 61.09 เนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่สูงในเวลาจำกัด (2 ชั่วโมง) ส่งผลให้น้ำในอาหารเกิดความร้อนและต้นผิวของอาหารระเหยออกจากอาหารได้มากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นน้อยที่สุด สีสว่าง (L^*) มากที่สุด และส่งผลให้ถั่วหรั่งผงสามารถดูดน้ำได้ดีส่งผลต่อดัชนีการละลายที่ดีที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยที่รายงานผลการใช้ความร้อนสูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณน้ำที่มีในผลิตภัณฑ์เดิมมีแนวโน้มระเหยออกจากผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการอบแห้งโดยวิธีโพรตีนเมท เพราะผงที่ได้มีคุณภาพทางกายภาพด้านร้อยละผลผลิต ความชื้น และร้อยละดัชนีการละลายของนมถั่วหรั่งผงดีขึ้น ส่วนค่าดัชนีการละลายของนมถั่วหรั่งผงที่สภาวะนี้มีค่ามากที่สุด เนื่องจากการใช้อุณหภูมิดังกล่าวเพียงพอต่อการทำให้น้ำในบริเวณ wet surface ระเหยออกไปส่งผลให้อนุภาคไม่เกิดการรวมตัวกันเป็นก้อน [5]

7. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

7.1 ปริมาณโปรตีนไข่ขาวผง ร้อยละ 6 มีความเหมาะสมส่งผลให้นมถั่วหรั่งผงมีคุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ด้านร้อยละความคงตัวของโฟม และร้อยละการขยายตัวของโฟม มีค่าสูงสุดเท่ากับ 45.19 และ 68.91 ตามลำดับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นปริมาณที่เหมาะสมต่อการก่อโฟมของนมถั่วหรั่ง เพื่ออบแห้งนมถั่วหรั่งแบบโฟมแมท

7.2 อุณหภูมิการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง มีเหมาะสมต่อมีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ ด้านปริมาณความชื้นต่ำที่สุด เท่ากับ 3.21 มีร้อยละผลผลิตที่มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.71 และค่าดัชนีการละลายน้ำ ซึ่งแตกต่างจากที่สภาวะอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าสีเหลือง (b^*) ของตัวอย่างทั้ง 3 สภาวะไม่มีความแตกต่างกัน แต่การใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น และค่าสีแดง (a^*) ลดลง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำนมถั่วหรั่งผงที่ได้ผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ เช่น นมถั่วเหลืองผง เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชนิดพร้อมชงดื่มชนิดใหม่
2. ควรนำนมถั่วหรั่งผงอาจนำไปทานคู่กับธัญพืชชนิดต่าง ๆ เช่น อัลมอนต์ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เม็ดทานตะวัน เพื่อเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ณัฐิมา รอดขวัญ. (2565). ผลิตภัณฑ์นมทางเลือกจากพืช. *วารสารวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร*, 52(40), 5-13.
- [2] วัฒนา วิรุฒิก. (2566). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวบาร์เลย์ผสมงาดำ. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 28(2), 1194-1211.
- [3] กมลทิพย์ เอกธรรมสุทร. (2554). *สมบัติทางเคมี-กายภาพและหน้าที่ของแป้งถั่วหรั่งและการประยุกต์ใช้. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.* <https://scholar.utcc.ac.th/server/api/core/bitstreams/d6dd6ef7586b/content>.
- [4] พีรยา โชติถนอม, มนัญญา นันทสาร, ศรีนทร สุวรรณรงค์, เกษสุณีย์ เฉื่อยกลาง, กัณฑริกา เหมทานนท์ และวนิดา ชื่นตา (2563). การผลิตมันแกวผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท : คุณสมบัติทางกายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 38(2), 245-253.
- [5] พรรณจิรา วงศ์สวัสดิ์, มณฑิรา นพรัตน์, ดวงพร ตั้งบำรุงพงษ์ และสุเทพ อภินันท์จารุพงษ์. (2454). กระบวนการผลิตน้ำผักผลไม้รวมผงโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบโฟมแมท. *วารสารวิจัยและพัฒนา*, 25(3), 257-277.