



Proceedings

การประชุมวิชาการระดับชาติ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน (ASTC) ครั้งที่ 7
The 7th Academic Science and Technology Conference

นวัตกรรม
วิทยาศาสตร์พื้นฐาน
วิทยาศาสตร์ประยุกต์
วิทยาศาสตร์สุขภาพ
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

บูรณาการ วิจัย และ นวัตกรรม เพื่อสร้างเสริมสุขภาพ
Health Promotion Through Research Integration and Innovation

7 มิถุนายน 2562
ณ อาคารพิมเนศ มหาวิทยาลัยรังสิต จ.ปทุมธานี



[AS-P02] ผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ**Effect of Sodium Chloride and Sucrose on Foaming and Emulsifying Properties
of Hom Mali Rice Bran Protein**

อารีรัตน์ หนูวัฒนา, ธนาภรณ์ วงศ์สาแก้ว, ขวัญฤทัย กิวไธสง และ จิรนารถ บุญคง*

Areerat Nuwatthanan, Tanaporn Wongsakaew, Khwuanruethai Kiwthaisong and Jiranart Boonkong*

ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

*ผู้ประสานงานหลัก อีเมล: jiranart.boon@siam.edu

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อการเกิดอิมัลชันและการเกิดโฟมของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ โดยทำการสกัดโปรตีนจากรำข้าวเจ้า สายพันธุ์ดอกมะลิ 105 จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี-กายภาพ ได้แก่ ปริมาณโปรตีน ปริมาณความชื้น ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าพีเอช และร้อยละผลผลิต และศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อสมบัติเชิงหน้าที่ด้านการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชัน โดยแปรผันความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ ร้อยละ 0-2.5 และความเข้มข้นของซูโครสที่ระดับ ร้อยละ 0-15 ผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์และซูโครส โปรตีนรำข้าวหอมมะลิ จะมีความสามารถในการเกิดโฟม ความคงตัวของโฟม ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และความคงตัวของอิมัลชันสูงขึ้น และมีค่าสูงกว่าตัวอย่างควบคุม โดยความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ที่เหมาะสม อยู่ระหว่างร้อยละ 0.5-1.5 และความเข้มข้นของซูโครสที่เหมาะสม อยู่ที่ระดับร้อยละ 10 แต่อย่างไรก็ตาม ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ มากกว่าร้อยละ 1.5 และ ความเข้มข้นของซูโครสมากกว่าร้อยละ 10 จะแสดงสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นทำการศึกษาผลของตัวละลายสองชนิดต่อการทำงาน พบว่าโปรตีนรำข้าวทำงานได้ดีในสภาวะที่มีตัวละลายสองชนิดมากกว่าตัวละลายชนิดเดียว

คำสำคัญ: โปรตีนรำข้าวหอมมะลิ, การเกิดโฟม, การเกิดอิมัลชัน

Abstract

The effects of sodium chloride and sucrose on emulsifying and foaming properties of Hom Mali rice bran protein (RBPH) were studied. The extraction of protein from Khao Dawk Mali (KDML) 105 variety rice bran and physico-chemical properties analysis were done, including protein content, moisture content, water activity, pH and percent yield. The effect of sodium chloride and sucrose concentration (0-2.5% and 0-15%, respectively) on functional properties in term of foaming and emulsifying properties were evaluated. The addition of sodium chloride and sucrose affected on the emulsifying and foaming properties, the foaming capacity, foaming stability, emulsifying activity index and emulsifying stability index significantly increased (higher than control) with the increase of sodium chloride and sucrose concentration. The optimal concentration range of sodium chloride and sucrose were 0.5-1.5% and 10%, respectively. However, application of sodium chloride and sucrose more than 1.5% and 10%, the functional properties of protein were statistically significant decreased. Then, the effects of two types of solute on the functional properties were investigated. The results showed that the highest values of all properties of RBPH were in two solutes more than one solute.

Keywords: Hom Mali rice bran protein, foaming, emulsifying

บทนำ

รำข้าว คือ เยื่อหุ้มเมล็ดของข้าว ที่ได้มาจากกระบวนการสีข้าวในขั้นตอนการขัดขาวและขัดมัน (whitening and polishing) โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รำหยาบ ซึ่งได้จากการขัดผิวเมล็ดข้าวกล้อง และรำละเอียด ได้จากการขัดขาวและขัดมัน รำข้าวมีคุณค่าทางอาหารประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน โยอาหาร เถ้า วิตามิน และเกลือแร่ต่าง ๆ ปัจจุบันอุตสาหกรรม การแปรรูปรำข้าวที่สำคัญ คือ อุตสาหกรรมน้ำมันรำข้าว ซึ่งจัดเป็นน้ำมันบริโภคที่มีคุณภาพ มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง มีกรดไขมันที่จำเป็นสูง เป็นแหล่งของวิตามินอี มีสมบัติเป็นสารกันหืน ช่วยเร่งการเจริญเติบโตรวมทั้งช่วยให้ระบบการหมุนเวียนของเลือดดีขึ้น นอกจากนี้ไขมันที่เป็นส่วนประกอบหลักในรำข้าวแล้ว ยังมีโปรตีนคุณภาพดีอีกด้วย ซึ่งพบว่าปริมาณโปรตีนในรำข้าวนี้มีค่าประมาณร้อยละ 10-16⁽¹⁾ ซึ่งถือว่ามากเป็นอันดับ 2 รองจากไขมัน โดยทั่วไปรำข้าวมีราคาประมาณ 4-5 บาทต่อกิโลกรัม หากผู้ผลิตสามารถนำรำข้าวมาผลิตเป็นโปรตีนสกัดจากรำข้าวได้ก็จะสามารถสร้างมูลค่าให้กับรำข้าวสูงถึงกว่ากิโลกรัมละ 1,700 บาท ซึ่งถือเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับรำข้าวได้เป็นอย่างดี โปรตีนจากรำข้าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้หลายชนิด เช่น ขนมปัง⁽²⁾ อาหารทารกหรืออาหารเด็กเล็ก เนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นที่เด็กต้องการและไม่ทำให้เกิดอาการแพ้⁽³⁾ อาหารเข้าธัญพืช อาหารเสริมโปรตีน เครื่องดื่ม และใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เนื้อและไส้กรอก อีกทั้งยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และต้านมะเร็งได้อีกด้วย นอกจากนี้ มีรายงานการใช้โปรตีนรำข้าวสกัดเป็นสารเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายประเภท เช่น สมบัติเชิงหน้าที่ด้านความสามารถในการละลาย ความสามารถในการเกิดเจล ความสามารถในการจับน้ำ ความสามารถในการเกิดโฟมหรือฟอง รวมไปถึงความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ด้วยคุณค่าที่หลากหลายของรำข้าวจึงเป็นที่สนใจของนักวิจัย โดยจะเห็นได้จากมีผลงานวิจัยเกี่ยวกับรำข้าวเกิดขึ้นมากมาย ซึ่งส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นไปที่การใช้ประโยชน์ในแง่โภชนาการ การใช้เป็นสารเชิงหน้าที่ในอาหารและการเพิ่มมูลค่าให้กับรำข้าว

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของโปรตีน ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณและความเข้มข้นของโปรตีน ตลอดจนสารเจือปนที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เกลือ น้ำตาล วัตถุเจือปนอาหาร เป็นต้น มีรายงานวิจัยศึกษาผลของน้ำตาลซูโครส เกลือโซเดียมคลอไรด์ อุณหภูมิในการให้ความร้อน และเวลาในการตีผสม ต่อการเกิดโฟมของโปรตีนไข่ขาว^(4,5) ซึ่งพบว่าปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าว มีผลต่อการเกิดโฟมของโปรตีนไข่ขาวอย่างมีนัยสำคัญ การเพิ่มปริมาณเกลือ อุณหภูมิในการให้ความร้อน และเวลาในการตีผสม จะเพิ่มความสามารถในการเกิดโฟมของโปรตีนไข่ขาว ในขณะที่การเพิ่มปริมาณน้ำตาลในระดับสูง และระยะเวลาในการตีผสมที่นานเกินไป จะทำให้การขยายตัวเชิงปริมาตรของโฟมลดลง นอกจากนี้ Andualet และ Gessesse⁽⁶⁾ ได้ศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนจากเมล็ด *Brebra (Milletia ferruginea)* สกัดไขมัน พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ การละลายของโปรตีนจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับร้อยละ 0.5 จะเพิ่มความสามารถในการเกิดอิมัลชัน และความคงตัวของอิมัลชันอย่างมีนัยสำคัญ ความสามารถในการเกิดโฟมสูงสุด ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 ความตึงตัวของโฟมที่มีการเติมโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1-2 ไม่น้อยกว่า 120 นาที Chandhi และ Sogi⁽⁴⁾ ได้ศึกษาผลของเกลือและน้ำตาลต่อการเกิดอิมัลชันและการเกิดโฟมของโปรตีนรำข้าว สายพันธุ์ Basmati 370 พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาล การเกิดโฟมมีค่าลดลง แต่โฟมมีความคงตัวมากขึ้น ส่วนอิมัลชันมีความคงตัวภายใต้ความแตกต่างของค่าพีเอช ความเข้มข้นของเกลือและน้ำตาล และโปรตีนเข้มข้นจากรำข้าวมีสมบัติเชิงหน้าที่เทียบเคียงกับเคซีนได้

รายงานวิจัยก่อนหน้าของ พัชรพร และคณะ⁽⁷⁾ ได้ทำการสกัดโปรตีนจากรำข้าวหอมมะลิ ซึ่งโปรตีนที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นบาง สีน้ำตาลอ่อน สามารถเป็นผงละเอียดได้ มีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 8.03 ± 0.11 มีปริมาณโปรตีนและความชื้น ร้อยละ 40.99 ± 0.01 และ 5.45 ± 0.06 และมีปริมาณน้ำอิสระ 0.28 ± 0.02 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาผลของกรด-ด่างต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิที่สกัดได้ โดยแปรผันค่าพีเอช ที่ระดับ 4, 7 และ 9 พบว่า ปริมาณโปรตีนที่ละลายน้ำได้ ความสามารถในการจับน้ำ ความสามารถในการเกิดโฟม และความสามารถในการเกิดอิมัลชันสูงสุดที่ค่าพีเอช 9 มีความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมใกล้เคียงกับโปรตีนอัลบูมินไข่ขาว มีความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันใกล้เคียง

กับโปรตีนถั่วเหลือง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการทำงานของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิในสภาวะแวดล้อมที่มีสารเจือปนที่เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร โดยการศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครส และผลของโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับซูโครส ต่อสมบัติเชิงหน้าที่ด้านการเกิดโฟมและการเป็นอิมัลซิไฟเออร์ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ เพื่อสามารถนำโปรตีนรำข้าวหอมมะลิไปใช้เป็นสารเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารในสภาวะที่เหมาะสมได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การสกัดโปรตีนจากรำข้าวหอมมะลิ⁽⁸⁾

การสกัดโปรตีนจากรำข้าวหอมมะลิ นำรำข้าวเจ้า สายพันธุ์ตอกมะลิ 105 จากโครงการโรงสีข้าว สำนักกิจการพิเศษ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต จังหวัดปราจีนบุรี ที่ผ่านการสกัดไขมันออกแล้วมาผสมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:4 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปรับค่าพีเอชของสารผสมให้เป็น 9 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 โมลาร์ กวนผสมเป็นเวลา 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกตะกอนรำข้าวออกจากส่วนใส จากนั้นนำส่วนใสไปปรับค่าพีเอชด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 4 โมลาร์ ให้ได้พีเอช 4.5 ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงแยกตะกอนโปรตีน ที่ความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ล้างตะกอนโปรตีนที่ได้ด้วยน้ำกลั่น 2 รอบ นำตะกอนโปรตีนรำข้าวที่ได้ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 และเก็บที่ภาชนะปิดสนิทที่อุณหภูมิห้อง

การศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ และน้ำตาลซูโครสต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

เตรียมสารละลายโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ในบัฟเฟอร์พีเอช 7 ที่มีปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่ระดับ ร้อยละ 0-2.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) และมีปริมาณน้ำตาลซูโครส ที่ระดับร้อยละ 0-15 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปั่นด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็วรอบ 16,000 รอบต่อนาที นาน 2 นาที จากนั้นศึกษาความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม ตามวิธีของ Kato และคณะ⁽⁹⁾ และเตรียมสารละลายโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ในน้ำกลั่นต่อน้ำมันถั่วเหลือง (อัตราส่วน 80:20) ปั่นด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็วรอบ 20,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที และศึกษาความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน ตามวิธีของ Pearce และ Kinsella⁽¹⁰⁾ จากนั้น คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมข้างต้น เพื่อศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับและซูโครสต่อการทำงานของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการสกัดโปรตีนจากรำข้าวหอมมะลิ

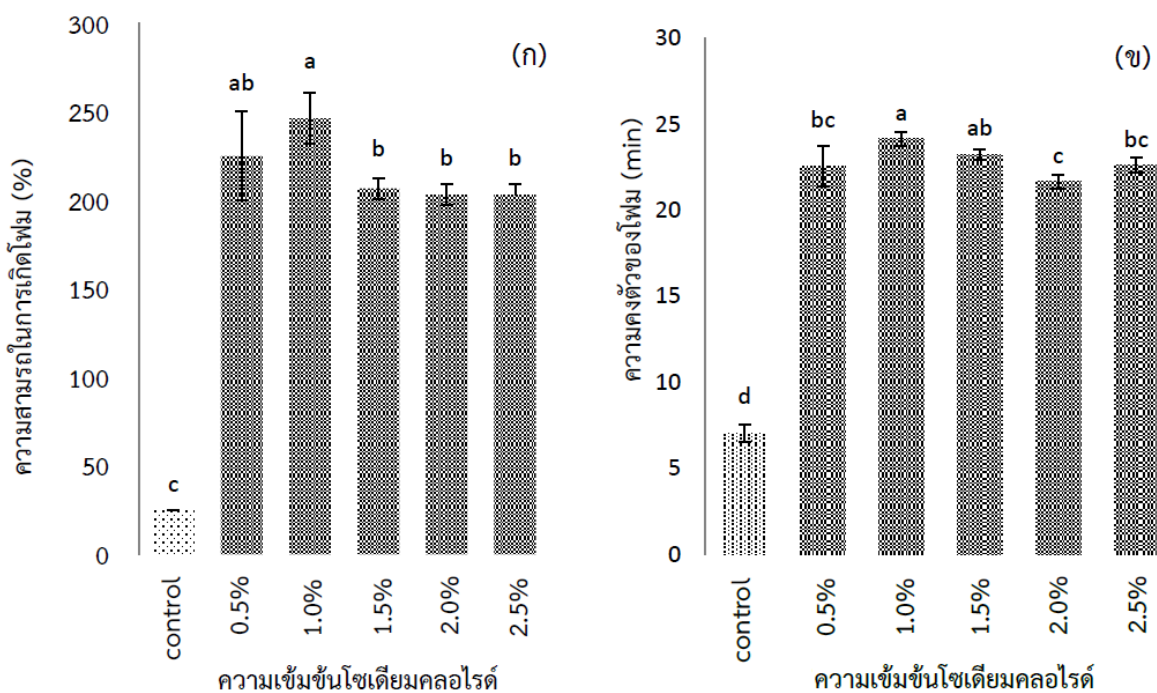
โปรตีนรำข้าวหอมมะลิ มีลักษณะเป็นแผ่นบางสีน้ำตาลอ่อนสามารถบดเป็นผงละเอียดได้ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 46.18 ± 0.12 ปริมาณความชื้นร้อยละ 2.45 ± 0.11 ค่าปริมาณน้ำอิสระ 0.23 ± 0.06 ค่าพีเอช 7.41 ± 0.11 และมีร้อยละผลผลิตเท่ากับ 5.73 ± 0.09 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานวิจัยของ พัชรพร และคณะ (2018)⁽⁷⁾

ผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

ผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อสมบัติด้านการเกิดโฟม และสมบัติด้านการเกิดอิมัลชัน จากการศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ ร้อยละ 0-2.5 ต่อสมบัติการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม ผลการทดลอง (ภาพที่ 1) พบว่าความสามารถในการเกิดโฟมที่มีปริมาณเกลือร้อยละ 0.5-1 มีค่าสูงสุดและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาความคงตัวของโฟม พบว่าทุกทริทเม้นต์มีค่าความคงตัวของโฟมมากกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ระดับปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 1 มีค่าสูงสุด แต่ไม่แตกต่างจากที่ระดับปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1.5 อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้จะเห็นว่าความสามารถในการเกิดโฟม (ร้อยละ) มีค่ามากกว่า ร้อยละ 100 เพราะปริมาตรโฟมที่เกิดขึ้นหลังจากการโฮโมจิไนซ์มีค่ามากกว่าสารละลายเริ่มต้น โดยมีปริมาตรมากกว่าสองเท่า เมื่อนำค่าปริมาตรโฟมสุดท้ายไปคำนวณ จึงทำให้ความสามารถในการเกิดโฟมสูง

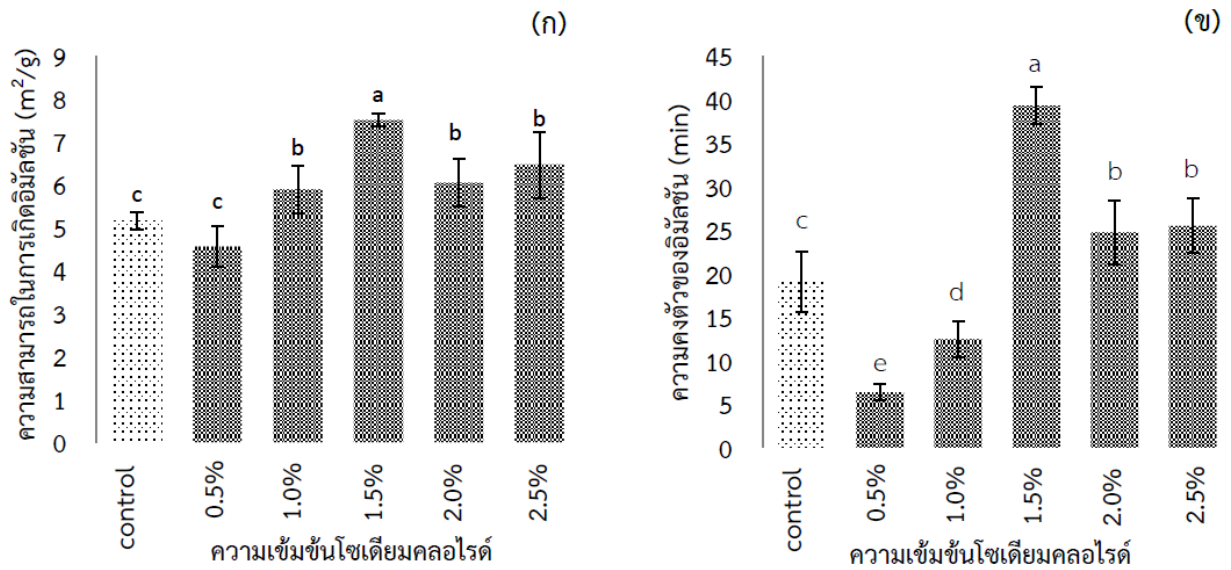
กว่าร้อยละ 100 และจากการทดลองจะเห็นได้ว่าโซเดียมคลอไรด์จะช่วยให้โปรตีนรำข้าวหอมมะลิมีสมบัติเชิงหน้าที่ในด้านการเกิดโฟมดีขึ้น เนื่องจากเกลือแตกตัวเป็นประจุบวกและประจุลบและรวมตัวกับโปรตีน การเติมเกลือในปริมาณน้อย ๆ ทำให้โปรตีนละลายได้มากขึ้นหรือจับกับน้ำได้ดีขึ้น (salting in) ซึ่งเป็นผลจากความแรงของไอออนของเกลือ และการเพิ่มประจุของโมเลกุลโปรตีน^(11, 6) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มปริมาณหรือความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์มากขึ้น จะไม่ทำให้โปรตีนละลายมากขึ้น เนื่องจากเกลือจะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำ และมีผลให้โปรตีนจับกันและเกิดอันตรกิริยาระหว่างโปรตีน (protein interaction) และไม่ละลายน้ำ (salting out) จึงส่งผลให้การเกิดฟองมีค่าลดลง อีกทั้งการรวมกันของโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำจะส่งเสริมให้ฟองอากาศที่อยู่ติดกันเกิดการรวมตัวกัน (collapse) จึงมีผลต่อการคงตัวของโฟม ผลการทดลองดังกล่าว สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Raikos, และคณะ⁽⁵⁾ ที่ทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการเกิดโฟมของโปรตีนไข่ขาว ซึ่งพบว่า การเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ในระดับหนึ่งจะช่วยเพิ่มการขยายตัวเชิงปริมาตรของโฟม

จากการศึกษาผลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ ร้อยละ 0-2.5 ต่อสมบัติการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 2 ซึ่งพบว่าเมื่อแปรผันปริมาณโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 ขึ้นไป มีค่าการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันเพิ่มขึ้นและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ปริมาณเกลือร้อยละ 1.5 มีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันสูงสุด เนื่องจากการเติมโซเดียมคลอไรด์ซึ่งเพิ่มความแรงของไอออน ทำให้โปรตีนละลายได้ดีขึ้น (salting in) เมื่อโปรตีนละลายได้ดี มีการคลายตัวทำให้มีโอกาสจับกับน้ำและน้ำมันได้ดี ส่งผลให้ความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับมากกว่าร้อยละ 1.5 จะมีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Andualem และ Gessesse⁽⁶⁾ ที่พบว่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนถั่วเหลืองจะค่อยๆ สูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมคลอไรด์จนถึงระดับที่เหมาะสม และจะลดลงเมื่อปริมาณโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้น



ภาพที่ 1 ผลของโซเดียมคลอไรด์ต่อความสามารถในการเกิดโฟม (ก) และความคงตัวของโฟม (ข) ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

หมายเหตุ Error Bars หมายถึง Standard Deviation (SD), ตัวอักษร a, b, c ในกราฟ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 2 ผลของไซโตสแตมคอลลอยด์ต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (ก) และความคงตัวของอิมัลชัน (ข) ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

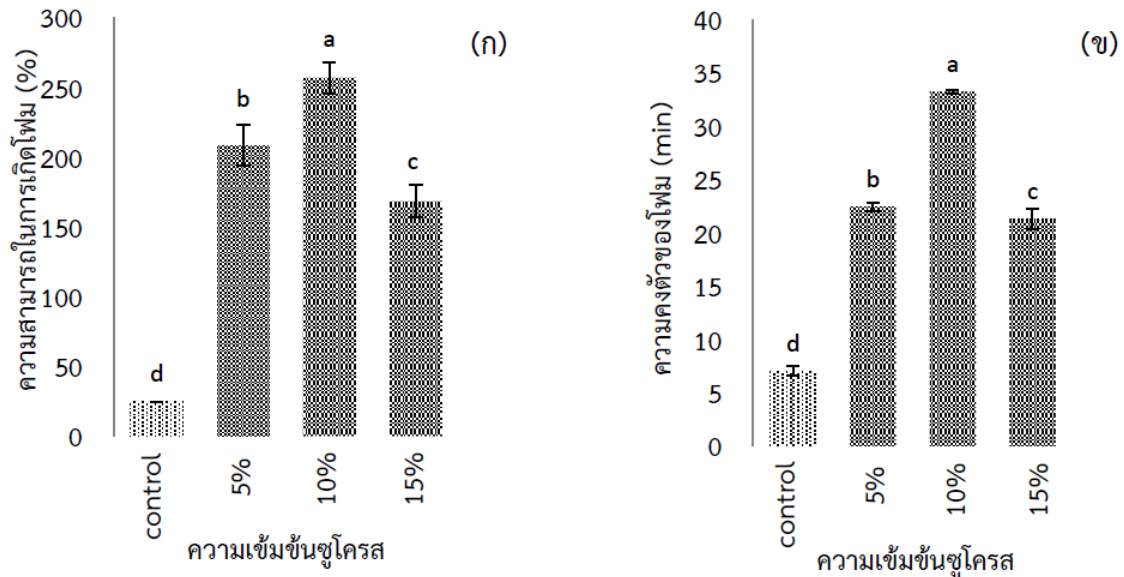
หมายเหตุ Error Bars หมายถึง Standard Deviation (SD), ตัวอักษร a, b, c ในกราฟ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลของซูโครสต่อสมบัติด้านการเกิดโฟม และสมบัติด้านการเกิดอิมัลชัน

จากการศึกษาผลของซูโครสที่ระดับ ร้อยละ 0-15 ต่อการเกิดโฟมของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณซูโครส ทุกทริทเม้นต์มีความสามารถในการเกิดโฟมสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ปริมาณซูโครสร้อยละ 10 มีค่าสูงสุดและแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อเพิ่มปริมาณซูโครสเป็นร้อยละ 15 ทำให้การความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมลดลง (ภาพที่ 3) จากผลการทดลอง จะเห็นว่าเมื่อเติมน้ำตาลในปริมาณต่ำ จะช่วยเพิ่มการละลายของโปรตีน นอกจากนี้ น้ำตาลที่ละลายอยู่ในไข่ขาวจะช่วยเพิ่มความคงตัวให้แก่ฟองไข่ขาวแต่จะทำให้เกิดฟองข้างล่างกว่าปกติ เพราะน้ำตาลจะไปช่วยลดความเป็นของเหลวในไข่ขาว ซึ่งจะทำให้ความคงตัวของฟองดีขึ้น เมื่อเพิ่มการตีไข่ให้มากและแรงขึ้น ฟองที่เกิดขึ้นจะมีความละเอียดและมีเซลล์อากาศสม่ำเสมอ⁽¹²⁾ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อแปรผันน้ำตาลในระดับที่มากขึ้น ความสามารถในการเกิดโฟมของโปรตีน จะมีค่าลดลง เนื่องจากการเติมน้ำตาลซูโครสในปริมาณมาก จะทำให้ความหนืดของของเหลวเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการรวมตัวของอากาศ เกิดการกระจายตัวที่รวดเร็วและการคลายตัวของโปรตีนที่ระหว่างผิวหน้า (air-water interface) ที่ลดลง อีกทั้งการเพิ่มปริมาณน้ำตาลที่มากเกินไปจะเพิ่มความมีขี้ขี้ (hydrophilicity) และส่งผลต่อการลดกิจกรรมของโปรตีน⁽⁵⁾

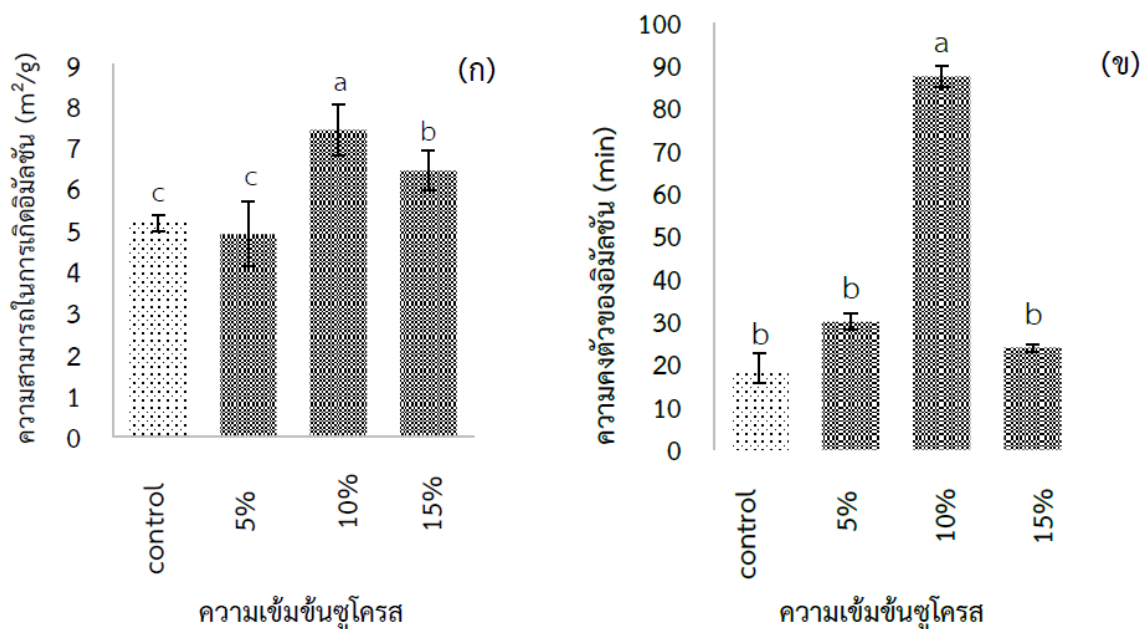
ศึกษาผลของน้ำตาลซูโครสที่ระดับ ร้อยละ 0-15 ต่อสมบัติการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 4 การศึกษาผลของน้ำตาลต่อการเกิดอิมัลชันและการคงตัวของอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ พบว่าเมื่อแปรผันปริมาณน้ำตาลที่ระดับร้อยละ 5 มีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำตาลมากขึ้นที่ระดับร้อยละ 10 ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันสูงขึ้นและสูงสุดเมื่อเทียบกับทริทเม้นต์อื่น ๆ และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลที่ระดับสูงกว่าร้อยละ 10 ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันมีค่าลดลง จะเห็นว่าเมื่อเติมน้ำตาลในระดับต่ำจะช่วยส่งเสริมการทำงานของโปรตีน ช่วยในการละลายได้ดีจึงทำให้ความสามารถการเกิดและการคงตัวของอิมัลชันได้ดี จากการทดลองพบว่าน้ำตาลมีผลช่วยส่งเสริมการทำงานของโปรตีนรำข้าว โดยมีระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ณ ความเข้มข้นหนึ่ง แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นมากขึ้น จะส่งผลในทางตรงกันข้าม เพราะการเติมน้ำตาลในปริมาณมากมีผลต่อการเพิ่มความหนืดของของเหลว โปรตีนอาจจะละลายได้ยากขึ้น⁽¹³⁾ และอาจส่งผลต่อการคลายตัวของโปรตีนลดลง จึงมีโอกาที่จะหันโครงสร้างด้านที่มีขี้ขี้ไปจับกับน้ำ และหันด้านที่ไม่มีขี้ขี้ไปจับกับน้ำมันน้อยลง และส่งผลต่อการทำงานของโปรตีน

จากผลการทดลองศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อสมบัติเชิงหน้าที่ในการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชัน พบว่าระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม ได้แก่ โซเดียมคลอไรด์ที่ระดับร้อยละ 0.5-1.5 และน้ำตาลที่ระดับร้อยละ 10 จึงทำการศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสร่วมกันต่อการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชัน ซึ่งผลการทดลองแสดงในข้อที่ 2.3



ภาพที่ 3 ผลของซูโครสต่อความสามารถในการเกิดโฟม (ก) และความคงตัวของโฟม (ข) ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

หมายเหตุ Error Bars หมายถึง Standard Deviation (SD), ตัวอักษร a, b, c ในกราฟ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4 ผลของซูโครสต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (ก) และความคงตัวของอิมัลชัน (ข) ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

หมายเหตุ Error Bars หมายถึง Standard Deviation (SD), ตัวอักษร a, b, c ในกราฟ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลของโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับซูโครสต่อการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม การเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน

จากการศึกษาผลของตัวละลายสองชนิด ได้แก่ น้ำตาลซูโครสที่ระดับ ร้อยละ 10 และเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับ ร้อยละ 0-1.5 ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการทำงานของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ในผลการทดลองที่ 2.1-2.2 ต่อสมบัติการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม และการเกิดอิมัลชันและการคงตัวของอิมัลชัน ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1-2

การศึกษาผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟม พบว่าทุกทรีทเม้นต์มีค่ามากกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ซูโครสร้อยละ 10 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 1 มีความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมสูงสุด การเกิดโฟมมีค่ามากกว่าร้อยละ 100 (ปริมาตรโฟมมากกว่าปริมาตรสารละลายเริ่มต้น) โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 286.67 และ 28.66 นาที ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

จะเห็นว่าการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ร่วมกับน้ำตาลซูโครสจะช่วยส่งเสริมการทำงานของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ โดยมีผลให้สมบัติการเกิดโฟมดีขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างควบคุม แต่เมื่อเพิ่มปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับร้อยละ 1.5 มีผลให้การเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมลดลงเล็กน้อย ซึ่งอธิบายปรากฏการณ์ได้เช่นเดียวกับที่กล่าวมาข้างต้น

ตารางที่ 1 ผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

ปริมาณซูโครส (%)	ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (%)	ความสามารถในการเกิดโฟม (%)	ความคงตัวของโฟม (min)
0	0	25.00±0.00 ^d	7.05±0.50 ^d
10	0.5	176.67±5.77 ^c	20.92±0.22 ^c
10	1.0	286.67±11.55 ^a	28.66±0.33 ^a
10	1.5	230.00±20.00 ^b	21.88±0.42 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 ผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ

ปริมาณซูโครส (%)	ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (%)	ความสามารถในการเกิดอิมัลชัน (m^2/g)	ความคงตัวของอิมัลชัน (min)
0	0	5.16±0.20 ^d	19.06±3.52 ^b
10	0.5	19.46±0.78 ^a	76.67±14.09 ^a
10	1.0	13.15±0.80 ^c	30.76±5.35 ^b
0	1.5	15.39±0.72 ^b	29.53±0.63 ^b

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 2 ผลของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสต่อความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน พบว่าทุกทรีทเม้นต์มีค่ามากกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ซูโครสร้อยละ 10 และโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 มีความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันสูงสุด เท่ากับ 19.46 m^2/g และ 76.67 นาที ตามลำดับ จากการศึกษาค่าความสามารถในการเกิดโฟมและอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิที่อยู่ในสภาวะตัวละลายชนิดเดียว (ค่าสูงสุดจากผลการทดลองที่ 2.1-2.2) และตัวละลายสองชนิด (ค่าสูงสุดจากผลการทดลองที่ 2.3) โดยเมื่อเปรียบเทียบกับวิเคราะห์สมบัติเชิงหน้าที่ทั้ง 4 ค่า ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ ในสภาวะที่มีตัวละลายชนิดเดียวตัวละลายสองชนิด

ตัวละลาย/ความเข้มข้น	ความสามารถ ในการเกิดโฟม (%)	ความคงตัว ของโฟม (min)	ความสามารถ ในการเกิด อิมัลชัน (m ² /g)	ความคงตัว ของอิมัลชัน (min)
โซเดียมคลอไรด์ (1%)	243.33±14.43 ^b	24.14±0.39 ^c	-	-
โซเดียมคลอไรด์ (1.5%)			7.62±0.15 ^b	33.29±2.09 ^b
ซูโครส (10%)	256.67±11.55 ^b	33.24±0.16 ^a	7.42±0.62 ^c	87.36±2.45 ^a
ซูโครส (10%) และโซเดียมคลอไรด์ (1%)	286.67±11.55 ^a	28.66±0.33 ^b	-	-
ซูโครส (10%) และโซเดียมคลอไรด์ (0.5%)	-	-	19.46 ± 0.78 ^a	76.67±14.09 ^a

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่าความสามารถในการเกิดโฟมและความสามารถในการเกิดอิมัลชันของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิจะมีค่ามากกว่าเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีตัวละลายสองชนิด ถึงแม้ว่าค่าความคงตัวของโฟมสูงสุดเมื่อละลายอยู่ในซูโครสร้อยละ 10 ส่วนค่าความคงตัวของอิมัลชันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยที่ศึกษาผลของตัวละลายสองชนิด ได้แก่ เกลือโซเดียมคลอไรด์และน้ำตาลซูโครสต่อการเกิดโฟมของโปรตีนไข่ขาว โดยให้ผลการทดลองในลักษณะเดียวกัน⁽⁵⁾ จากผลการทดลองข้างต้นพบว่าวัตถุดิบปรุงแต่งในอาหาร ได้แก่ เกลือโซเดียมคลอไรด์ และน้ำตาลซูโครส มีผลต่อการทำงานของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิทั้งในด้านการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชัน ดังนั้นจึงใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกใช้โปรตีนรำข้าวเป็นสารเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์อาหารได้อย่างเหมาะสม

สรุป

ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์และซูโครสมีผลต่อการทำงานของโปรตีนรำข้าวหอมมะลิ โดยที่ระดับความเข้มข้นของเกลือระดับต่ำ (ร้อยละ 0.5-1.5) และความเข้มข้นของน้ำตาลระดับต่ำ (ร้อยละ 5-10) มีค่าความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมสูง เกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 มีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันสูงสุด แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือมากกว่าร้อยละ 1.5 จะมีค่าวิเคราะห์ดังกล่าวลดลง และน้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 มีค่าความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันสูงสุด แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์และน้ำตาลซูโครสมากขึ้น ความสามารถในการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชันลดลง จากการศึกษาผลของตัวละลายสองชนิด (เกลือโซเดียมคลอไรด์และน้ำตาลซูโครส) ต่อสมบัติเชิงหน้าที่ดังกล่าว พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของซูโครส ร้อยละ 10 และความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 1 มีค่าความสามารถในการเกิดโฟมและความคงตัวของโฟมสูงสุด ในส่วนสมบัติการเกิดอิมัลชันและความคงตัวของอิมัลชัน พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของซูโครส ร้อยละ 10 และความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 0.5 ให้ค่าสูงสุด และเมื่อพิจารณาผลของตัวละลายต่อสมบัติเชิงหน้าที่ พบว่าเมื่อโปรตีนรำข้าวอยู่ในสภาวะที่มีตัวละลายสองชนิด จะแสดงสมบัติเชิงหน้าที่ด้านการเกิดโฟมและการเกิดอิมัลชันได้ดีกว่าอยู่ในสภาวะที่มีตัวละลายเพียงชนิดเดียว

เอกสารอ้างอิง

1. Saunders RM. The properties of rice bran as a food stuff. Cereal Food World. 1990; 35(7): 632-62.
2. Jiamyangyuen S, Srijesdaruk V, Harper JW. Extraction of rice bran protein concentrate and its application in bread. SJSJ. 2005; 27(1): 55-62.
3. Shih FF. An update on the processing of high-protein rice products. Nahrung, 2003; 47(6): 420-24.
4. Chandi GK, Sogi DS. Functional properties of rice bran protein concentrates. J Food Eng. 2007; 79: 592-97

5. Raikos, V., Campbell, L. and Euston, S. Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins. *Food Res Int.* 2007; 40: 347–355
6. Andualem, B. and Gessesse, A. Effects of salt (NaCl) concentrations on the functional properties of defatted Brebra (*Milletia ferruginea*). *J Sci Res.* 2013; 13 (7): 889-897.
7. พัชรพร พัฒนสัตยวงค์ จิรนาถ บุญคง ภิญโญ แซ่เฮ้ง และ นัชชา หงษ์สา. ผลของสภาวะกรดและด่างต่อสมบัติทางเคมี-กายภาพ และสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนรำข้าว ใน: รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน. ครั้งที่ 6 วันที่ 6 มิถุนายน 2561. มหาวิทยาลัยหัวเฉียวพระเจดิมพระเกียรติ. สมุทรปราการ; 2561. หน้า 234-240.
8. Wang M, Hettiarachchy NS, Qi M, Burks W, Sieben MT. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. *J Agricult Food Chem.* 1999; 47(2): 411-16.
9. Kato H, Uno I, Ishikawa T, Takenawa T. Activation of phosphatidylinositol kinase and phosphatidyl inositol-4-phosphate kinase by cAMP in *Saccharomyces cerevisiae*. *J Biol Chem.* 1989; 264(6): 3116-21.
10. Pearce KN, Kinsella JE. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. *J Agricult Food Chem.* 1978; 26: 716-23.
11. พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีน. [อินเทอร์เน็ต]. 2556. [เข้าถึงเมื่อ 22 กรกฎาคม 2560] เข้าถึงได้จาก <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1276-functional-properties-of-protein>.
12. จิตรณา แจ่มเมฆ และอรอนงค์ นัยวิกุล. ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ผงฟู เบเกอรี่เทคโนโลยีเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ; สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2556. หน้า 134-149.
13. Hao, Y., Wang, F., Huang, W., Tang, X, Zou, Q., Li, Z. and Ogawa, A. Sucrose substitution by polyols in sponge cake and their effects on the foaming and thermal properties of egg protein. *Food Hydrocolloid,* 2016; 57: 153-159.