ผลของคาร์ราจีแนนต่อสมบัติของผงไข่ขาวจากวัสดุเศษเหลือของไข่เค็ม

Effects of Carrageenan on Properties of Egg White Powder from By-product Salted Egg

สุภาพร อภิรัตนานุสรณ์* อุราภรณ์ เรืองวัชรินทร์ และ สุกัญญา ไหมเครือแก้ว

Supaporn Apirattananusorn*, Uraporn Rueangwatcharin and Sukanya Maicaurkaew

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี จ. สุราษฎร์ธานี 84100

Food Science and Technology Program, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University, Surat Thani 84100, Thailand

**Corresponding author: Email: supapornapi@yahoo.com*

(Received: 12 June 2019; Accepted: 20 November 2019)

Abstract: The purpose of this research was to study the effect of carrageenan (0 , 0 .4 and 0 .8 %, w/w) on desalted egg white powder by dialysis. Egg white powder with carrageenan 0 .4 % showed the higher foam capacity, the lower foam density and the longer foam stability than the others. It contained 7 6 .0 3 % protein, 4 .7 0 % moisture, 1 .0 7 % crude fiber, 0.12% ash, and 4.47% salt, and none of lipid was detected. The colors explained as L*, a* and b* were 91.88, 0.27 and 9.95, respectively. The pH and Aw values were 7.20 and 0.52. The foam capacity, the foam density and the foam stability were likely to decrease where as moisture and Aw were likely to increase for 12 week-storage at room temperature. In addition, the number of total microorganisms in the egg white powder was increased to 3.45 $\times 10^5$ CFU/g and no *Salmonella* spp. was detected, not over the standard regulation. Meringue from egg white powder (0.4% carrageenan) was not significantly different by sensory evaluation when compared with meringue from commercial meringue powder.

Keywords: Desalted egg white, egg white powder, carrageenan, meringue

Copyright @ Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All rights reserved.

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของคาร์ราจีแนนที่มีผลต่อไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดปริมาณเกลือโดยวิธีการไดอะไลซีสโดยผสมกับคาร์ราจีแนนร้อยละ 0, 0.4 และ 0.8 (w/w) จากนั้นอบให้แห้งแล้วบดให้เป็นผง พบว่าผงไข่ขาวที่เติมคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.4 ให้โฟมที่มีค่าความสามารถในการเกิดโฟมสูงกว่า ค่าความหนาแน่นต่ำกว่า และมีความเสถียรมากกว่าผงไข่ขาวอื่น โดยมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 76.03 ความชื้นร้อยละ 4.70 ใยอาหารหยาบร้อยละ 1.07 เถ้าร้อยละ 0.12 และเกลือร้อยละ 4.47 โดยไม่พบไขมัน มีค่าสี L*, a* และ b* เท่ากับ 91.88, 0.27 และ 9.95 ตามลำดับ มีค่า pH และ Aw เท่ากับ 7.20 และ 0.52 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าความสามารถในการเกิดโฟม ความหนาแน่นของโฟมและความเสถียรของโฟมของผงไข่ขาวมีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าความชื้น และ Aw มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น รวมถึงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผงไข่ขาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยมีค่า 3.45×10^5 CFU/g และตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด เมอแรงค์ที่ทำจากผงไข่ขาวไม่มีความแตกต่างทางด้านการประเมินค่าทางประสาทสัมผัสเมื่อเปรียบเทียบกับเมอแรงค์ที่ทำจากผงเมอร์แรงค์ทางการค้า

คำสำคัญ: ไข่ขาวลดปริมาณเกลือ ผงไข่ขาว คาร์ราจีแนน เมอแรงค์

คำนำ

ไข่เค็มไชยา ได้มีการรับรองขึ้นทะเบียน GI โดยผลิตจากไข่เป็ดที่ได้จากการเลี้ยงเป็ดในพื้นที่อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี สังเกตจากกล่องหรือฉลากบรรจุที่ได้เครื่องหมายรับรอง มีวิธีการผลิตที่มาจากภูมิปัญญาของคนไชยา คือนำไข่เป็ดมาพอกดินจอมปลวกที่คลุกเคล้าด้วยเกลือและน้ำในอัตราส่วนที่พอเหมาะ บรรจุลงในกล่องที่มีการระบุช่วงเวลาที่เหมาะสมในการนำไปประกอบเป็นอาหาร ได้แก่ ช่วงเวลาที่เหมาะสำหรับการทอดเป็นไข่ดาวและการต้มเป็นไข่ต้ม หากเลยระยะเวลาการทำเป็นไข่ต้มจะทำให้ไข่มีรสชาติเค็มจัดเกินไป ถ้าผู้ประกอบการขายไข่เค็มไม่หมดและครบระยะเวลาที่ระบุไว้บนฉลาก ก็จะนำไข่มาต้มเป็นไข่เค็มต้มสุกขาย หรือแยกเอาเฉพาะไข่แดงมาขายต่อให้กับลูกค้าที่ต้องการ และจะทิ้งส่วนของไข่ขาวไป ไข่ขาวเค็มนั้นประกอบด้วยโปรตีนที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย Puechkamut and Changnoi (2004) รายงานว่าไข่ขาวเค็มอบแห้งมีโปรตีนร้อยละ 58 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 6 ไขมันร้อยละ 0.5 และเกลือร้อยละ 28 ไข่ขาวเค็มจึงมีโปรตีนอยู่จำนวนมาก นอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีนในไข่ขาวเค็มไม่มีการเปลี่ยนแปลงจึงมียังคงมีกรดอะมิโนที่สำคัญต่อร่างกายไม่แตกต่างจากไข่สด (Dong *et al*., 2013; Kaewmanee *et al*., 2009) หากนำไข่ขาวเค็มที่เป็นวัสดุเศษเหลือมาทำเป็นผงไข่ขาวโดยลดปริมาณเกลือให้ลดน้อยลงจะได้โปรตีนไข่ขาวที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ไข่ขาวเป็นโปรตีนที่ย่อยง่าย มีปริมาณไขมันต่ำและไม่มีคอเลสเตอรอล (Siple, 2005) จึงควรนำไข่ขาวเค็มมาใช้โดยไม่ทิ้งไปอย่างไร้ประโยชน์ คาร์ราจีแนนเป็นกัมที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง วงศ์Rhodophyceae เช่น *Chondrus crispus*, *Eucheuma cottonii* และ *Eucheuma spinosum* เป็นต้น สามารถเพิ่มความข้นหนืดให้กับอาหารเหลว หรือทำให้เกิดเจลในอาหาร รวมทั้งให้ความคงตัวกับอาหาร และสามารถนำมาใช้เพื่อช่วยให้ไข่ขาวขึ้นฟูได้ด้วย (Puechkamut and Changnoi, 2004; Rumbaoa *et al*., 1998)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดนำไข่ขาวเค็มซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือมาใช้ประโยชน์ โดยศึกษาถึงผลของการใช้คาร์ราจีแนนต่อสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดปริมาณเกลือ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมไข่ขาวเค็ม

นำไข่ขาวเค็มดิบของไข่เป็ดขนาด 55-65 g ที่พ้นกำหนดระยะเวลาการพอกดินสำหรับการต้มเป็นไข่ต้มมาแล้วประมาณ 2 เดือน นำมาแยกเอาเฉพาะไข่ขาว

การผลิตผงไข่ขาว

ผงไข่ขาวเค็มอบแห้ง

เทเกลี่ยตัวอย่างไข่ขาวเค็มดิบลงในถาดให้มีความหนาประมาณ 2 mm แล้วนำตัวอย่างไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

ผงไข่ขาวเค็มลดปริมาณเกลือ โดยใช้วิธีการไดอะไลซีส

นำไข่ขาวเค็มดิบใส่ลงในถุงไดอะไลซีส (MW cut-off 12,600) แช่ในน้ำสะอาดแล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เติมคาร์ราจีแนนจำนวนร้อยละ 0, 0.4 และ 0.8 (w/w) ลงในไข่ขาว กวนให้เข้ากันนาน 30 นาที ระวังอย่าให้เกิดฟองในระหว่างการกวน เทเกลี่ยลงในถาดให้มีความหนาประมาณ 2 mm แล้วนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 35 mesh บรรจุใส่ถุงพลาสติก เก็บรักษาในตู้ดูดความชื้นเพื่อรอการวิเคราะห์

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของผงไข่ขาว

ความสามารถในการเกิดโฟม (Foam capacity) และความเสถียรของโฟม (Foam stability) วัดความสามารถในการเกิดโฟม และความเสถียรของโฟมดัดแปลงจากวิธีของ Mounir and Allaf (2018) โดยชั่งผงไข่ 4 g ละลายในน้ำกลั่น 200 mL นำไปใส่ในโถปั่นแล้วตีปั่นด้วยเครื่องผสมอาหาร (ยี่ห้อ KitchenAid รุ่น 5K5SSWH) จนเกิดฟองขึ้น (ใช้ความเร็วรอบระดับ 6 เป็นเวลา 3 นาที) นำมาคำนวณจากสูตรดังนี้

ความสามารถในการเกิดโฟม

$$\text{ความสามารถในการเกิดโฟม (\%)} = \frac{\text{ปริมาณของโฟม}}{\text{ปริมาตรของเหลวเริ่มต้น}} \times 100$$

ความเสถียรของโฟม

นำโฟมมาบรรจุใส่ในกรวยกรองพลาสติกที่ทราบปริมาตร ใช้กระบอกตวงรองรับของเหลวที่หยดลงมาใต้กรวยอ่านปริมาตรของเหลวที่รองรับได้ทุก ๆ 15 นาที เป็นเวลา 60 นาที นำมาคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{ความสามารถในการเกิดโฟม (\%)} = \frac{\text{ปริมาณของเหลว} - \text{ปริมาณของแหลงที่หยดลงมา}}{\text{ปริมาตรของเหลวเริ่มต้น}} \times 100$$

ความหนาแน่นของโฟม (Foam density)

หาค่าความหนาแน่นของโฟมดัดแปลงจากวิธีของ Sadahira *et al*. (2016) โดยการตักโฟมบรรจุในถ้วยที่ทราบปริมาตรแน่นอน นำไปหาค่าจากสูตร ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นของโฟม (g/mL)} = \frac{\text{น้ำหนักของโฟม (g)}}{\text{ปริมาตรของถ้วย (mL)}} \times 100$$

การทดสอบสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีและค่าสีของผงไข่ขาว

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (ค่า pH) โดยใช้เครื่อง pH meter (ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น FE20-LE407) ค่า Aw โดยใช้เครื่องวัด Aw (ยี่ห้อ Rotronic รุ่น HygroLab C1) ปริมาณเกลือ โปรตีน ความชื้น เถ้า ไขมัน และใยอาหารหยาบโดยใช้วิธี AOAC (2005) และวัดค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (ยี่ห้อ Minolta รุ่น CR-400)

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงไข่ขาวระหว่างการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

นำผงไข่ขาวอบแห้งจำนวน 50 g มาบรรจุลงในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท แล้วนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) วัดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงไข่ขาวทุก ๆ 2 สัปดาห์

การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา 12 สัปดาห์

ตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2001) และ *Salmonella* spp. (BAM, 2014) ทุก ๆ 2 สัปดาห์

การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์เมอแรงค์จากผงไข่ขาว

ทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เมอแรงค์ (ใช้ผงไข่ขาวและผงเมอแรงค์) โดยทดสอบด้านความชอบ ได้แก่ สี ความกรอบ ความเค็ม ความหวาน

และความชอบโดยรวม ด้วยแบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส โดยใช้วิธี hedonic scale 9 points (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) กับผู้ทดสอบชิมที่คุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ประเภทขนมอบกรอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (completely randomized design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P<0.05) โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Pair sample t-test เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (P<0.05) ด้วยโปรแกรมสถิติ SPSS version 21

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของผงไข่ขาว

ผลการศึกษาสมบัติของผงไข่ขาวเค็มอบแห้งก่อนและหลังลดปริมาณเกลือโดยการไดอะไลซีสแล้วผสมคาร์ราจีแนน (CG) ในปริมาณต่าง ๆ (0, 0.4 และ 0.8%) ดังแสดงใน Table 1 พบว่าผงไข่ขาวทั้ง 4 ชนิด ก่อนและหลังลดปริมาณเกลือ เมื่อนำมาตีเป็นโฟมมีความสามารถในการเกิดโฟมได้ดี โดยสามารถเกิดโฟมเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า ของปริมาตรเดิม ผงไข่ขาวเค็มก่อนลดปริมาณเกลือมีปริมาณเกลือสูงคือร้อยละ 31.32 ใกล้เคียงกับรายงานของ Puechkamut and Changnoi (2004) และ Mmadi *et al*. (2014) ที่พบว่าไข่ขาวเค็มมีเกลืออยู่ร้อยละ 28.31 และ 30.0 ตามลำดับ ผงไข่ขาวเค็มก่อนลดปริมาณเกลือในการทดลองเกิดโฟมได้ดี เช่นเดียวกับการรายงานของ Mmadi *et al*. (2014) โดยมีค่าความสามารถในการเกิดโฟมร้อยละ 182.0 ซึ่งน้อยกว่าผงไข่ขาวเค็มที่ลดปริมาณเกลือ (0% CG) ที่มีเกลือร้อยละ 3.51 และมีค่าความสามารถในการเกิดโฟมร้อยละ 191.0 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≥0.05) แสดงว่าปริมาณเกลือไม่มีผลต่อความสามารถในการเกิดโฟมของไข่ขาว เกลือที่มีอยู่ในไข่ขาวสามารถลดการจับตัวกันของโปรตีน (Protein-protein interactions) ทำให้โปรตีนเกิดการคลี่คลายตัวออกม้วนพับห่อหุ้มฟองอากาศในขณะที่ตีอากาศเข้าไป อย่างไรก็ตาม Ercelebi and Ibanoglu (2009) รายงานว่าการเติมเกลือความเข้มข้น 0-30 mM มีผลเพิ่มความสามารถในการเกิดโฟมของไข่ขาวเนื่องจากเกลือมีส่วนช่วยทำให้โปรตีนในไข่ขาวละลายน้ำได้ดีขึ้น แต่ที่ความเข้มข้นเกลือสูงกว่า 30 mM มีผลทำให้ความสามารถในการเกิดโฟมลดลงเพราะทำให้การละลายของโปรตีนลดลงได้ จากการทดลองเบื้องต้นเมื่อนำผงไข่ขาวเค็ม (มีเกลือ 31.32%) ไปตีผสมเป็นโฟมเมอแรงค์ พบว่ามีการขึ้นฟูดีและอบเป็นขนมเมอแรงค์ได้ แต่ผลิตภัณฑ์มีความเค็มมากเกินไป ผงไข่ขาวเค็มจึงมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ขนมอบจากการที่ทำให้รสชาติของผลิตภัณฑ์เปลี่ยน

การลดปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็มแล้วผสมคาร์ราจีแนน 3 ระดับคือร้อยละ 0 (ไม่ผสม), 0.4 และ 0.8 พบว่าการผสมคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.4 ทำให้ไข่ขาวมีความสามารถในการเกิดโฟมมากที่สุด คือมีความสามารถในการเกิดโฟมร้อยละ 220.3 สอดคล้องกับค่าความหนาแน่นที่มีค่าต่ำลงโดยวัดค่าได้ 0.13 g/mL เมื่อเปรียบเทียบกับไข่ขาวเค็มลดปริมาณเกลือที่ผสมกับคาร์ราจีแนนร้อยละ 0 และ 0.8

Table 1. Physical properties and %salt of egg white power before and after desalting

Properties	Before desalting	After desalting		
		0% CG	0.4% CG	0.8% CG
Foam capacity (%)	182.0 ± 13.1^{b}	191.0 ± 14.7^{b}	220.3 ± 13.3^{a}	171.7 ± 15.5^{b}
Foam density (g/mL)	0.14 ± 0.01^{ab}	0.15 ± 0.02^{ab}	0.13 ± 0.02^{b}	0.17 ± 0.02^{a}
Salt (%)	31.32 ± 0.03^{a}	3.51 ± 0.08^{b}	3.59 ± 0.04^{b}	3.63 ± 0.01^{b}

Mean values with different $^{a-b}$ in the same row are significantly different (P<0.05); CG = Carrageenan

จากการทดลองพบว่าความเสถียรของโฟมมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อตั้งทิ้งไว้ในช่วงแรกเป็นระยะเวลา 15 นาที เนื่องจากแรงตึงผิวของน้ำทำให้น้ำเกิดการรวมตัวกันหยดเป็นของเหลวไหลรวมออกมา (Figure 1) จากนั้นความเสถียรของโฟมจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ โดยสังเกตได้ว่าไข่ขาวเค็มก่อนลดปริมาณเกลือ (salted egg white) มีแนวโน้มลดต่ำลงมากกว่าไข่ขาวเค็มที่ลดปริมาณเกลือ (0% CG) เนื่องจากเกลือเป็นสารที่ทำให้โปรตีนในไข่ขาวบางชนิดละลายน้ำได้ดีขึ้น แต่ปริมาณเกลือที่มากเกินไปทำให้ประจุของเกลือไปรวมตัวกับประจุของโปรตีนไข่ ดังนั้นแรงผลักกันระหว่างประจุของโปรตีนไข่ที่หุ้มฟองอากาศจึงลดลง ทำให้ฟองโปรตีนเกิดการรวมตัวกันและยุบตัวลงได้ (Raikos *et al*., 2007) คาร์ราจีแนนเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีประจุลบ (anionic polysaccharide) และมีหมู่ซัลเฟต สามารถเกิดอันตรกริยากับโปรตีนในไข่ขาวเกิดโครงสร้างตาข่ายของพอลิเมอร์ที่มีความแข็งแรงและคงตัวห่อหุ้มฟองอากาศได้ดี ไม่เกิดการยุบตัวลง เมื่อทดสอบความสามารถในการเกิดโฟมและความเสถียรของโฟม จะเห็นว่าไข่ขาวผสมคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.4 เกิดโฟมไข่ขาวมากกว่าและให้โฟมไข่ขาวที่มีความเสถียรมากกว่าไข่ขาวที่ไม่ผสมคาร์ราจีแนนเมื่อระยะเวลาผ่านไป 90 นาที สอดคล้องกับการทดสอบการเกิดโฟมและความเสถียรของโฟมเมอแรงค์ที่ได้มีการศึกษาก่อนหน้านี้ (Apirattananusorn *et al*., 2019) อย่างไรก็ตามการผสมคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.8 จะทำให้ความหนืดของโปรตีนไข่ขาวเพิ่มขึ้น ความสามารถในการเกิดโฟมลดลงเนื่องจากความหนืดจะไปขัดขวางการคลี่คลายตัวของโปรตีนที่หุ้มฟองอากาศจึงทำให้โปรตีนห่อหุ้มอากาศได้น้อยลง (Lau and Dickinson, 2005) ดังนั้นในขั้นตอนการทดลองถัดไปจะเลือกใช้การเติมคาร์ราจีแนนระดับร้อยละ 0.4 เพื่อศึกษาต่อไป

การศึกษาสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีและค่าสีของผงไข่ขาว

ผลการศึกษาสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของผงไข่ขาวลดปริมาณเกลือผสมคาร์ราจีแนน (CG) ร้อยละ 0.4 เปรียบเทียบกับผงเมอแรงค์ทางการค้า (Table 2) พบว่า ผงไข่ขาวมีค่า pH เท่ากับ 7.20 ต่ำกว่าผงเมอแรงค์ทางการค้าซึ่งมีค่า 7.35 ส่วนค่า Aw มีค่า 0.52 และมีความชื้น เถ้า และเกลือร้อยละ 4.70, 0.12 และ 3.57 ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าผงเมอแรงค์ทางการค้าที่มีค่า Aw เท่ากับ 0.48 มีความชื้น เถ้า และเกลือร้อยละ 3.10, 0.06 และ 1.10 ตามลำดับ ปริมาณความชื้นร้อยละ 4.70 ในผงไข่ขาวมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Ndife *et al*. (2010) ที่พบว่าผงไข่ขาวที่อบด้วยตู้อบลมร้อนมีค่าความชื้นร้อยละ 4.32 ปริมาณเถ้าที่มีค่าสูงเนื่องจากผงไข่ขาวมีเกลือปะปนอยู่สูงกว่าผงเมอแรงค์ทางการค้า อย่างไรก็ตามพบว่าผงเมอแรงค์ทางการค้ามีโปรตีนอยู่เพียงร้อยละ 18.50 น้อยกว่า

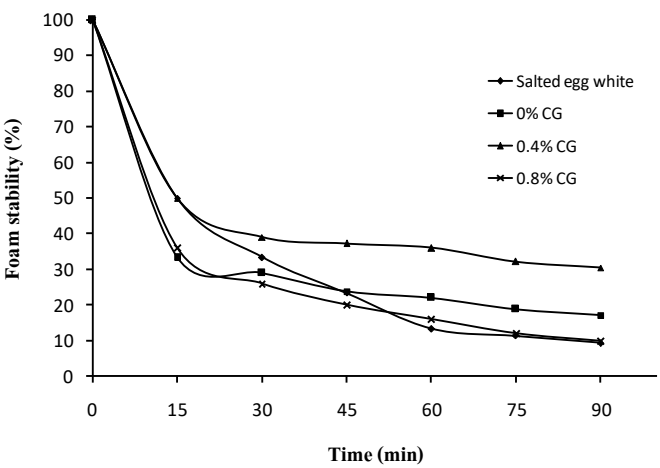

Figure 1. Foam stability of egg white powder

CG = Carrageenan

Table 2. Properties, chemical composition and color values of desalted egg white powder (0.4% CG) and commercial meringue powder

Values	Desalted egg white powder (0.4% CG)	Commercial meringue powder
pH	7.20 ± 0.04[b]	7.35 ± 0.00[a]
A_w	0.52 ± 0.00[a]	0.48 ± 0.0[b]
Moisture (%)	4.70 ± 0.42[a]	3.10 ± 0.43[b]
Ash (%)	0.12 ± 0.0[a]	0.06 ± 0.0[b]
Salt (%)	3.57 ± 0.71[a]	1.10 ± 0.35[b]
Protein (%)	76.03 ± 0.86[a]	18.50 ± 0.03[b]
Fat (%)	Not found	Not found
Crude fiber (%)	1.07 ± 0.02	Not found
Color		
L*	91.88 ± 0.58[b]	97.58 ± 1.21[a]
a*	0.27 ± 0.10[a]	-1.55 ± 0.22[b]
b*[ns]	9.95 ± 0.55	10.90 ± 0.16

Mean values with different [a-b] in the same row are significantly different (P<0.05)

Mean values with [ns] in the same row are not significantly different (P≥0.05)

CG = Carrageenan

ผงไข่ขาวซึ่งมีโปรตีนร้อยละ 76.03 และไม่พบไขมันในตัวอย่างทั้ง 2 ชนิด ค่าสีของผงไข่ขาวมีค่าความสว่าง (L*) 91.88 น้อยกว่าผงเมอแรงค์ทางการค้าที่มีค่า 97.58 และมีค่าสีแดง (a*) 0.27 มีค่ามากกว่าผงเมอแรงค์ทางการค้าที่มีค่า -1.55 ส่วนค่าสีเหลือง (b*) มีค่าไม่แตกต่างกัน (P ≥0.05) โดยผงไข่ขาวและผงเมอแรงค์ทางการค้ามีค่า 9.95 และ 10.50 ตามลำดับ ผงไข่ขาวมีค่าความสว่างที่น้อยกว่าและค่าสีแดงที่มากกว่าผงเมอแรงค์ทางการค้าอาจเกิดจากสภาพไข่เค็มที่เก็บรักษาจนพ้นระยะเวลาการต้มทำให้ไข่ขาวเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดที่เกิดขึ้นจากกลูโคสและกรดอะมิโนที่มีในไข่ขาว จึงมีสีที่เข้มขึ้น (Quan and Benjakul, 2019)

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงไข่ขาว

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของผงไข่ขาวลดปริมาณเกลือ (0.4% CG) โดยวัดค่าทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่าความสามารถในการเกิดโฟม ความหนาแน่นของโฟมและความเสถียรของโฟมของผงไข่ขาวมีแนวโน้มลดลง (Table 3) โดยเริ่มต้นสัปดาห์ที่ 0 มีค่า 217.2 และมีค่า 185.7 ในสัปดาห์ที่ 12 ส่วนค่าสี ได้แก่ ค่า L* มีค่าอยู่ในช่วง 91.32-91.88 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน (P≥0.05) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ส่วนค่า a* มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ความชื้นและ Aw มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Table 4) ส่วนค่า pH มีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกัน (P≥0.05) ความสามารถในการเกิดโฟม ความหนาแน่นของโฟมและความเสถียรของโฟมของผงไข่ขาวมีแนวโน้มลดลงอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่น การรวมตัวกันของโปรตีน(Protein aggregation) ทำให้ละลายน้ำได้น้อยลง การเกิดสีน้ำตาลจากปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Katekhong and Charoenrein, 2017) และจำนวนจุลินทรีย์ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไปดังแสดงใน Table 5

การเปลี่ยนแปลงทางจุลินทรีย์ของผงไข่ขาวในระหว่างการเก็บรักษาดังแสดงใน Table 5 พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่เกินจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ระบุไว้ว่าผงไข่ขาวต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบไม่เกิน 1×10^6 CFU/g และ

Table 3. Changes in physical properties of desalted egg white powder (0.4% CG) during storage

Week	Physical properties					
	Foam capacity	Foam density^{ns}	Foam stability[1]	Color		
	(%)	(g/mL)	(%)	L*^{ns}	a*	b*
0	217.2±14.2^{a}	0.13±0.01	38.7±6.2^{a}	91.83±0.85	0.28±0.03^{a}	10.13±0.51^{d}
2	220.1±16.7^{a}	0.13±0.02	38.7±9.1^{a}	91.32±1.07	0.26±0.05^{a}	11.23±0.43^{c}
4	217.4±11.7^{a}	0.13±0.01	38.6±6.6^{a}	91.88±0.58	0.21±0.08^{ab}	13.95±0.55^{b}
6	214.2±15.0^{a}	0.13±0.01	38.5±9.0^{a}	91.62±1.05	0.19±0.07^{abc}	14.35±0.59^{b}
8	202.5±12.0^{ab}	0.12±0.01	30.7±9.5^{ab}	91.46±0.58	0.12±0.08^{bc}	14.30±0.34^{b}
10	198.8±18.5^{b}	0.12±0.02	25.5±6.8^{ab}	91.88±0.16	0.10±0.04^{c}	14.39±0.41^{b}
12	185.7±11.2^{b}	0.12±0.01	22.4±4.4^{b}	91.85±0.17	0.09±0.04^{c}	15.38±0.42^{a}

[1]Determined after 45 minutes

Mean values with different $^{a-d}$ in the same column are significantly different ($P<0.05$)

Mean values with ^{ns} in the same column are not significantly different ($P\geq0.05$)

CG = Carrageenan

Table 4. Changes in chemical properties of desalted egg white powder (0.4% CG) during storage

Week	Chemical properties		
	Moisture(%)^{ns}	Aw^{ns}	pH^{ns}
0	4.72±0.32	0.52±0.00	7.10±0.04
2	4.75±0.37	0.53±0.49	7.12±0.05
4	4.67±0.36	0.53±0.03	7.13±0.04
6	4.69±0.29	0.53±0.03	7.12±0.07
8	4.79±0.17	0.54±0.01	7.11±0.05
10	4.78±0.57	0.54±0.02	7.10±0.08
12	4.78±0.44	0.54±0.01	7.09±0.10

Mean values with ^{ns} in the same column are not significantly different ($P\geq0.05$)

CG = Carrageenan

Table 5. Number of CFU of desalted egg white powder (0.4% CG) during storage

Week	Number of CFU	
	Total microbial count (CFU/g)	*Salmonella* spp. (CFU/25 g)
0	1.20×10^{2}	Not found
2	1.48×10^{2}	Not found
4	5.20×10^{2}	Not found
6	5.35×10^{3}	Not found
8	4.59×10^{4}	Not found
10	7.52×10^{4}	Not found
12	3.45×10^{5}	Not found

CG = Carrageenan

จะต้องไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 g (Department of Livestock Development, 2000) โดยตรวจพบในผงไข่ขาวในสัปดาห์ที่ 12 จำนวน 3.45×10^5 CFU/g และตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 g แสดงว่าผงไข่ขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีความปลอดภัยและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

การทดสอบความชอบผลิตภัณฑ์เมอแรงค์จากผงไข่ขาว

การทดสอบความชอบโดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบชิมที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน (Table 6) พบว่าเมอแรงค์ที่ทำจากผงไข่ขาวลดปริมาณเกลือ (0.4% CG) ไม่มีความแตกต่างของความชอบทางด้านความกรอบ ความเค็ม ความหวาน และความชอบโดยรวม เมื่อเปรียบเทียบกับผงเมอแรงค์ทางการค้ายกเว้นสีของเมอแรงค์ที่ทำจากผงเมอแรงค์ทางการค้าที่ผู้ทดสอบชิมมีความชอบมากกว่าเนื่องจากลักษณะเป็นสีขาวมากกว่าเมอแรงค์ที่ทำจากผงไข่ขาว โดยมีความชอบด้านต่าง ๆ ในระดับชอบปลางกลางถึงชอบมาก (ได้คะแนน 7.07-7.90) ผลการทดสอบความชอบแสดงให้เห็นว่าการใช้ผงไข่ขาวลดปริมาณเกลือ (0.4% CG) สามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เมอแรงค์ที่ให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่เป็นที่ยอมรับได้

สรุป

ผงไข่ขาวลดปริมาณเกลือเติมคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.4 มีความเหมาะสมทางด้านกายภาพและเคมี สามารถนำมาผลิตเป็นขนมเมอแรงค์ได้ ผงไข่ขาวมีความสามารถในการเกิดโฟม ความหนาแน่นของโฟม และความเสถียรของโฟมลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ส่วนค่าสี ได้แก่ ค่า L* มีค่าไม่แตกต่างกัน ค่า a* มีแนวโน้มลดลง และค่า b* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ความชื้นและ Aw มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่า pH มีแนวโน้มลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกัน ($P\geq0.05$) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^6 CFU/g และตรวจไม่พบ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง 25 g อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด อย่างไรก็ตามการลดปริมาณเกลือโดยวิธีการไดอะไลซีสยังเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูง จึงควรหาวิธีการอื่นที่สามารถลดค่าใช้จ่ายและนำไปใช้ได้อย่างเหมาะสม

Table 6. Hedonic scales of sensory evaluation of meringue products

Sensory characteristics	Desalted egg white powder (0.4% CG)	Commercial meringue powder
Color	7.10±1.12[b]	7.70±0.99[a]
Crispiness[ns]	7.53±0.94	7.43±0.86
Saltiness[ns]	7.07±1.57	7.07±1.55
Sweetness[ns]	7.57±1.14	7.53±1.28
Overall liking[ns]	7.70±0.70	7.90±0.92

Mean values with different [a-b] in the same row are significantly different ($P<0.05$)

Mean values with [ns] in the same row are not significantly different ($P\geq0.05$)

CG = Carrageenan

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่และนักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยมาโดยตลอด และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานีที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, Gaithersburg, Maryland. 2200 p.

Apirattananusorn, S., U. Rueangwatcharin, S. Maicaurkaew, S. Songtong and S. Thonginkhai. 2019. Meringue product from by-product salted egg white, Chaiya district, Suratthani province. The Golden Teak: Science and Technology Journal 6(1): 53-61. (in Thai)

BAM, 2001. Bacteriological analytical manual. (Online). Available: http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006 949.htm (April 25, 2018).

BAM, 2014. Bacteriological analytical manual. (Online). Available: http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm2006 949.htm (April 25, 2018).

Department of Livestock Development. 2000. Announcement of the Department of Livestock Development on microbiological standards for livestock products. Department of Livestock Development, Bangkok. (in Thai)

Dong, H.W., H. He, B.Y. Chen, N.N. Zhao and Z.Z. Wang. 2013. Effect of electrodialysis desalination on physicochemical properties of salted duck egg white. Food Science 34(7): 129-134.

Ercelebi, E.A. and E. Ibanoglu. 2009. Effects of ionic strength on the foaming properties of whey protein isolate and egg white in the presence of polysaccharides. Journal of Food Processing and Preservation 33(4): 513-526.

Kaewmanee, T., S. Benjakul and W. Visessanguan. 2009. Changes in chemical composition, physical properties and microstructure of duck egg as influence by salting. Food Chemistry 112(3): 560-569.

Katekhong, W. and S. Charoenrein. 2017. Color and gelling properties of dried egg white: Effect of drying methods and storage conditions. International Journal of Food Properties 20(9): 2157-2168.

Lau, C.K. and E. Dickinson. 2005. Instability and structural change in an aerated system containing egg albumen and invert sugar. Food Hydrocolloids 19(1): 111-121.

Mmadi, M., T. Amza, Y.C. Wang and M. Zhang. 2014. Effect of desalination on physicochemical and functional properties of duck (*Anas plotyrhyncus*) egg whites. Advance Journal of Food Science and Technology 6(6): 784-791.

Mounir, S. and K. Allaf. 2018. Response surface methodology (RSM) as relevant way to study and optimize texturing by instant controlled pressure drop DIC in innovative manufacturing of egg white and yolk powders. Drying Technology 36(8): 990-1005.

Ndife, J., Udobi, C. Ejikeme and N. Amaechi. 2010. Effect of oven drying on the functional and nutritional properties of whole egg and its

components. African Journal of Food Science 4(5): 254-257.

Puechkamut, Y. and W. Changnoi. 2004. Salted egg white powder production by foam-mat drying and its utilization. Research report. Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok. 84 p. (in Thai)

Quan, T.H. and S. Benjakul. 2019. Duck egg albumen: physicochemical and functional properties as affected by storage and processing. Journal of Food Science and Technology 56(3): 1104-1115.

Raikos, V., L. Campbell and S.R. Euston. 2007. Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins. Food Research International 40(3): 347-355.

Rumbaoa, R.G.O., N.E. Montanao and M.M. Loquias. 1998. Carrageenan-egg albumen interaction: application in a meringue formulation. (Online). Available:http://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=PH2001101223 (May 9, 2019).

Sadahira, M.S., M.I. Rodrigues, M. Akhtar, B.S. Murray and F.M. Netto. 2016. Effect of egg white protein-pectin electrostatic interactions in a high sugar content system on foaming and foam rheological properties. Food Hydrocolloids 58:1-10.

Siple, M. 2005. Low-Cholesterol Cookbook for Dummies. Wiley Publishing, Inc., Hoboken. 752 p.