การลดเกลือในไข่ขาวเค็มและการประยุกต์ใช้ในโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

กชกร กันหาเรียง

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การลดเกลือในไข่ขาวเค็มและการประยุกต์ใช้ในโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

กชกร กันหาเรียง

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การลดเกลือในไข่ขาวเค็มและการประยุกต์ใช้ในโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว"

ของ กชกร กันหาเรียง

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร คลังเพชร อุเอโนะ)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุดารัตน์ เจียมยั่งยืน)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทิพวรรณ ทองสุข)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิวิมล จิตรากร)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน

(ดร.เสาวลักษณ์ รุ่งแจ้ง)

อนุมัติ

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง การลดเกลือในไข่ขาวเค็มและการประยุกต์ใช้ในโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

ผู้วิจัย กชกร กันหาเรียง

ประธานที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุดารัตน์ เจียมยั่งยืน

กรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ทิพวรรณ ทองสุข

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิวิมล จิตรากร

ประเภทสารนิพนธ์ วิทยานิพนธ์ วท.ม. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566

คำสำคัญ ไข่ขาว โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ข้าวไรซ์เบอร์รี่, โปรตีน, คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส

บทคัดย่อ

ไข่ขาวเค็มเป็นผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการทำไข่แดงเค็ม โดยนำมาเพิ่มมูลค่าด้วยการผลิตเป็นโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว เนื่องจากไข่ขาวเค็มมีรสเค็มจัดเกินไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของไข่ขาวเค็มลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรนและใช้เมมเบรน 2) เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณข้าวและปริมาณไข่ขาวต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ และ 3) เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว จากการศึกษาผลของไข่ขาวเค็มลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรนและใช้เมมเบรน พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการลดเกลือของการใช้เมมเบรน โดยวิธีไดอะไลซีส ด้วยเมมเบรนที่มี molecular weight cut off 3.5 kDa ที่ 6 ชั่วโมง สามารถกำจัดเกลือได้ร้อยละ 95.28 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 66.00 และปริมาณผลผลิตร้อยละ 86.77 ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในการลดเกลือของวิธีไม่ใช้เมมเบรน พบว่า จำนวนรอบการต้ม 5 รอบ สามารถกำจัดเกลือได้ร้อยละ 96.78 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 97.93 และปริมาณผลผลิตร้อยละ 95.02 ไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยวิธีไม่ใช้เมมเบรนเหมาะสมต่อการนำไปผลิตเป็นโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวเนื่องจากมีประสิทธิภาพการลดเกลือ และมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าวิธีใช้เมมเบรน การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณข้าวและปริมาณไข่ขาวต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่มีสัดส่วนไข่ขาวแตกต่างกัน 5 ระดับ โดยการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ค่า a_w ปริมาณโปรตีน ปริมาณเกลือ ค่าแตกต่างสีโดยรวม ค่าดัชนีการละลายน้ำ ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ และความหนืด ผลการทดลองพบว่า ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้ง 5 ตัวอย่าง มีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 และมีค่า a_w ต่ำกว่าร้อยละ 0.27 ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวเมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวมากขึ้นทำให้ปริมาณโปรตีน ปริมาณ

เกลือ ค่าแตกต่างสีโดยรวม และค่าดัชนีการละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าดัชนีการดูดซับน้ำลดลง ส่วนโจ๊กคืนรูปมีค่าแตกต่างสีโดยรวมเพิ่มขึ้น และค่าความหนืดลดลง การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวโดยมีตัวอย่างโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่มีสัดส่วนของไข่ขาวที่แตกต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 0 20 40 60 และ 80 ของปริมาณข้าวและไข่ขาวในสูตร การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้สเกลการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale) สเกลวัดความพอดี (Just about right, JAR) และคะแนนความเข้มด้านกลิ่นคาว ผลการทดลอง พบว่า สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ยกเว้นสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคะแนนความเข้มด้านกลิ่นคาว พบว่า สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0 20 40 และ 60 อยู่ในระดับไม่มีกลิ่นคาว ในขณะที่สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 80 มีกลิ่นคาวเล็กน้อย ผลการวิเคราะห์ค่าพีนอลตี (Penalty analysis) พบว่า คุณลักษณะด้านสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไปและเนื้อสัมผัสของโจ๊กที่หยาบเกินไป มีผลต่อการยอมรับรวม จึงควรปรับปรุงให้ได้โจ๊กที่มีสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เข้มขึ้นและปรับเนื้อสัมผัสของโจ๊กให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น

Title DESALINATION OF SALTED EGG WHITE AND APPLICATION IN INSTANT PORRIDGE FORTIFIED WITH EGG WHITE PROTEIN

Author Kochakorn Kanhariang

Advisor Associate Professor Sudarat Jiamyangyuen, Ph.D.

Co-Advisor Associate Professor Tipawan Thongsook, Ph.D.

Assistant Professor Sasivimon Chittrakorn, Ph.D.

Academic Paper M.S. Thesis in Food Science and Technology - (Type A 2), Naresuan University, 2023

Keywords salted egg white, instant porridge, rice berry, protein, sensory characteristics

ABSTRACT

Salted egg whites are by-products from the salted egg yolk process However, with excessive saltiness, it is necessary to reduce salt content by different methods. This research was conducted to evaluate 1) the effect of desalination using membrane compared to without membrane 2) the optimal ratio of rice and desalted egg white content incorporated in the instant porridge formulation and 3) the chemical, physical properties, and the consumer acceptance of instant porridge fortified with egg white product. For non-membrane desalination, boiling by 5 cycles of salted egg white can remove 96.78% salt from the salted egg white with 97.93% protein content and 95.02% yield, respectively. For desalination using membrane by dialysis method, it was found that 3.5 kDa molecular weight cut-off membrane using 6 hours could remove 95.28% salt. The 66.00% protein content was detected, and yield was 86.77%. Due to higher protein and yield obtained by non-membrane (boiling), this method was then selected for desalination purpose in this study.

The optimum ratio of rice content and egg white content to physicochemical properties of instant porridge powder fortified with 5 different ratio of desalted egg white added (0, 20, 40, 60, and 80%) was investigated by analyzing moisture content, aw value, protein content, salt content, total color difference (ΔE),

water solubility index, water absorption index and viscosity. It was found that the instant porridge fortified with egg white protein samples had moisture contents less than 7%. The water activities were less than 0.27. Instant porridges with more desalted egg white added exhibited higher protein content, total color difference (ΔE) and water solubility index while lower water absorption index. Sensory evaluation was conducted using 9-point hedonic scale, just about right test (JAR), and penalty analysis. It was found that 40% desalted egg white added porridge obtained the highest score and suitable for further development for higher intense color and softer texture in order to increase the overall acceptability scores. The porridge with 80% desalted add was reported to have the highest score of eggy-odor compared to other formula. The result from the penalty analysis indicated that the attributes of the too-soft endpoints of the purple color of rice berry rice and too-rough endpoints of the texture of the porridge had a significant effect on total acceptance. Therefore, it was recommended to improve quality of instant porridge fortified with egg white protein by adjusting to darker purple color of rice berry and softer texture of the product.

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ ดร.สุดารัตน์ เจียมยั่งยืน ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาให้คำปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาทั้งในด้านการเรียนและทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการวิทยานิพนธ์อันประกอบไปด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.ทิพวรรณ ทองสุข และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิวิมล จิตรากร ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร. เสาวลักษณ์ รุ่งแจ้ง กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะและปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่มีส่วนในการช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ คำปรึกษา ตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ เหนือสิ่งอื่นใดขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา

สุดท้ายนี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

กชกร กันหาเรียง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

ประกาศคุณูปการ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

จุดมุ่งหมายของการวิจัย 3

ขอบเขตการวิจัย 3

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 4

สมมุติฐานของการวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

ไข่เค็ม 5

1. การทำไข่เค็ม 6

2. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของไข่เค็มในระหว่างกระบวนการดองเกลือ 9

3. คุณค่าทางโภชนาการของไข่เค็ม 9

ไข่ขาว 11

1. สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไข่ 12
2. การตลาดของไข่ขาว 12
บทบาทของเกลือในการผลิตไข่เค็ม 13
1. ขั้นการแทรกซึมของเกลือเข้าไปในอาหาร 14
2. ปัจจัยที่มีผลต่อการแทรกซึมของเกลือ 14
3. เกลือกับการเปลี่ยนแปลงของอาหาร 15
วิธีการลดเกลือในไข่ขาวเค็ม 15
1. วิธีไดอะไลซีส 15
2. เทคนิคการกรองด้วย Ultrafiltration 16
3. ผสมเจล 16
4. วิธีใช้ไฮโดรเจล (hydrogel) 16
5. วิธี electrodialysis 16
ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Rice berry) 18
โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป 21
1. ความหมายของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป 21
2. ตลาดของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป 21
วิธีการผลิตโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป 22
1. ปลายข้าว (brokens) 22
2. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป 25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 27
วัตถุดิบ 27
อุปกรณ์และเครื่องมือ 27

วิธีการดำเนินงานวิจัย 28
ตอนที่ 1 การลดปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็ม 30
ตอนที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 35
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ ของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 37
การเก็บรวบรวมข้อมูล 41
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 41
บทที่ 4 ผลการวิจัย 42
ตอนที่ 1 การลดปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็ม 42
1. ผลการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรน 42
2. การลดเกลือโดยใช้เมมเบรน 45
ตอนที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 48
ตอนที่ 3 การวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีน 52
1. สมบัติด้านเคมีและกายภาพ 52
2. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส 58
บทที่ 5 บทสรุป 67
ข้อเสนอแนะ 68
บรรณานุกรม 69
ภาคผนวก 71
ประวัติผู้วิจัย 84

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 คุณลักษณะที่ต้องการของไข่เค็ม....8

ตาราง 2 คุณค่าทางโภชนการของไข่เค็ม 100 กรัม....10

ตาราง 3 สัดส่วนของไข่ชนิดต่าง ๆ....11

ตาราง 4 สารประกอบในไข่แดง ไข่ขาว เปลือกไข่และไข่ทั้งเปลือก....12

ตาราง 5 รายละเอียดของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์....13

ตาราง 6 โปรตีนที่พบในไข่ขาว....17

ตาราง 7 ปริมาณสารอาหารในข้าวไรซ์เบอร์รี่....18

ตาราง 8 สูตรโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว (กรัม)....35

ตาราง 9 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีกายภาพ....37

ตาราง 10 ความหมายของค่าเฉลี่ยที่ลดลงและค่าพีนอลตีทั้งหมด....40

ตาราง 11 ความชื้น,ปริมาณโปรตีนและผลผลิตของไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรน....43

ตาราง 12 ปริมาณเกลือและประสิทธิภาพการลดเกลือของไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยไม่ใช้ เมมเบรน....44

ตาราง 13 ความชื้น, ปริมาณโปรตีนและผลผลิตของไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยใช้เมมเบรน....46

ตาราง 14 ปริมาณเกลือก่อนและหลังไดอะไลซีส และประสิทธิภาพการลดเกลือของไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยใช้เมมเบรน....47

ตาราง 15 ลักษณะปรากฏของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 5 ตัวอย่าง....49

ตาราง 16 ลักษณะปรากฏและข้อคิดเห็นของผู้ทดสอบต่อโจ๊กคืนรูป....51

ตาราง 17 ค่าสีของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่มีสัดส่วนของไข่ขาวที่แตกต่างกัน 5 ระดับ.....56

ตาราง 18 ความหนืด,ดัชนีการดูดซับน้ำและดัชนีการละลายน้ำของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปมีสัดส่วนของ ไข่ขาวที่แตกต่างกัน 5 ระดับ 58

ตาราง 19 คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวโดยวิธี 9-point hedonic scale 59

ตาราง 20 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale และวิธีการทดสอบความพอดีของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่เสริมโปรตีนไข่ขาวของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0.....60

ตาราง 21 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale และวิธีการทดสอบความพอดีของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่เสริมโปรตีนไข่ขาวของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40.....61

ตาราง 22 คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินความเข้มด้านกลิ่นคาวโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 5 ตัวอย่าง.....62

ตาราง 23 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยที่ลดลงและค่าพีนอลตีทั้งหมดของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่เติมไข่ขาวร้อยละ 40 65

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 ไข่เค็มดองน้ำเกลือ 5

ภาพ 2 ไข่เค็มพอกดิน 6

ภาพ 3 โครงสร้างและองค์ประกอบของไข่ไก่ 11

ภาพ 4 ข้าวไรซ์เบอร์รี่ 19

ภาพ 5 ขั้นตอนการสีข้าว 23

ภาพ 6 ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดลดพลังงานจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ 24

ภาพ 7 ขั้นตอนการผลิตผงข้าวไรซ์เบอร์รี่หัก 25

ภาพ 8 แผนการดำเนินงาน 29

ภาพ 9 กระบวนการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรน 32

ภาพ 10 กระบวนการลดเกลือโดยใช้เมมเบรน 34

ภาพ 11 กระบวนการผลิตโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 36

ภาพ 12 กระบวนการทำแห้งโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง 48

ภาพ 13 ผักอบแห้งที่ใช้ในการทดลอง (A แคร์รอตอบแห้ง, B ข้าวโพดหวานอบแห้ง, C ต้นหอมอบแห้ง และD ขิงอบแห้ง) 50

ภาพ 14 ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่เติมไข่ขาวหลังผสมกับผักอบแห้ง และเครื่องปรุงรส 50

ภาพ 15 ปริมาณความชื้นของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้ง 5 ตัวอย่าง 52

ภาพ 16 ปริมาณโปรตีนของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้ง 5 ตัวอย่าง 53

ภาพ 17 ค่า water activity ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้ง 5 ตัวอย่าง 54

ภาพ 18 ปริมาณเกลือของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้ง 5 ตัวอย่าง.....55

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไข่เป็ดเค็มเป็นผลิตภัณฑ์ไข่ดองที่บริโภคกันอย่างแพร่หลายและมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนาน ส่วนใหญ่จะนำไข่แดงไปบริโภค ส่วนไข่ขาวเค็มจะถูกทิ้งเป็นของเสีย ประเทศไต้หวันมีปริมาณไข่ขาวเค็มที่ถูกทิ้งประมาณ 3,260 ตันต่อปี ส่งผลทำให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไข่ขาวเค็มมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์สูง ต้องใช้ต้นทุนสูงในการกำจัดเนื่องจากไม่มีสถานที่กำจัดอย่างเหมาะสม และส่งกลิ่นไม่พึงประสงค์ ไข่ขาวเค็มจึงเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม (Thammasena, & Liu, 2020) ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคไข่แดงเค็มเพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้องสูญเสียไข่ขาวเค็มที่มีโปรตีนคุณภาพสูง ดังนั้นการแปรรูปไข่ขาวเค็มที่เป็นของเสียให้เป็นส่วนผสมที่มีประโยชน์จะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์อาหารและลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม (Du et al., 2022) ไข่ขาวเค็มเมื่อนำมาอบแห้งจะมีโปรตีนร้อยละ 58 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 6 ไขมันร้อยละ 0.5 เกลือร้อยละ 28 และมีกรดอะมิโนสำคัญต่อร่างกาย (สุภาพร อภิรัตนานุสรณ์ และคณะ, 2563) อย่างไรก็ตาม ผงไข่ขาวเค็มนอกจากจะมีปริมาณเกลือสูงแล้ว การนำไข่ขาวเค็มมาใช้ประโยชน์จะ ทำให้เพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคไต โรคความดันโลหิตสูง โรคหลอดเลือดและโรคหัวใจขาดเลือด (Thammasena & Liu, 2020) การนำไข่ขาวเค็มมาลดปริมาณเกลือให้น้อยลงจะได้โปรตีนไข่ขาวที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อเพิ่มทางเลือกในการรับประทานอาหารจากไข่ขาวได้มากขึ้น วิธีการลดปริมาณเกลือสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีต้ม การใช้ถุงไดอะไลซีส (dialysis) เทคนิคอัลตราฟิลเตรชัน (ultrafiltration) และไดอะฟิลเตรชันเป็นต้น (Dai et al., 2022)

โปรตีนในไข่ขาวมีหลายชนิด ไข่ขาวจัดว่าเป็นโปรตีนที่มีความบริสุทธิ์และเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย ไข่ขาวมีปริมาณโปรตีนชนิดอัลบูมินซึ่งเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพ มีไขมันต่ำ และมีประสิทธิภาพการดูดซึมสูงสุดที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ทันที โดยในเลือดจะมีปริมาณโปรตีนอัลบูมินอยู่ที่ 3.2-5.0 กรัมต่อเดซิลิตร (สุภาวดี นาคบรรพ์, 2563) หากในเลือดมีค่าอัลบูมินต่ำจะทำให้ร่างกายขาดภูมิต้านทานโรคและทำให้ติดเชื้อได้ง่าย มีการนำไข่ขาวไปใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมและเป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยในโรงพยาบาล (อรัชพร ดีประเสริฐ, 2561) ผู้ป่วยที่เป็นโรคเรื้อรังต้องจำกัดการรับประทานอาหารกลุ่มโปรตีน เนื่องจากเมื่อโปรตีนในร่างกายถูกเผาผลาญ

จะถูกกำจัดทางไต ทำให้ไตทำงานหนัก ดังนั้นการรับประทานอาหารที่มีโปรตีนคุณภาพจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับผู้ป่วย (สุภาวดี นาคบรรพ์, 2563)

ปัจจุบันอาหารกึ่งสำเร็จรูปได้รับความนิยมมากขึ้น ผู้บริโภคเลือกที่จะบริโภคอาหารกึ่งสำเร็จรูป เนื่องจากสะดวกสบาย และรวดเร็ว โดยผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมามุ่งเน้นในเรื่องคุณภาพและใส่ใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น โดยอาหารกึ่งสำเร็จรูปมีให้เลือกมากมาย เช่น บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป อาหารกึ่งสำเร็จรูปแช่แข็ง เป็นต้น (พรพิไล นิยมเวช และคณะ, 2561) ซึ่งปัจจุบันตลาดโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป เป็นตลาดที่มีศักยภาพการขยายตัวในการตลาดสูง ดังนั้น จึงทำให้ตลาดโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป มีบทบาทและขยายตัวได้อย่างรวดเร็ว (กฤติยา เขื่อนเพชร และคณะ, 2562)

ผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเป็นอาหารที่ทำมาจากธัญพืช เช่นข้าวสาลี ข้าวไรซ์เบอร์รี่และข้าวกล้อง โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปยังเป็นที่นิยมมากในเอเชียและในประเทศไทย เนื่องจากสะดวกต่อการรับประทาน หาซื้อได้ง่าย มีราคาถูก และมีอายุการเก็บรักษาที่นาน (กฤติยา เขื่อนเพชร และคณะ, 2562)) ทำให้ตลาดโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปมียอดขายเติบโตมากขึ้น โดยในปี 2560 ตลาดโจ๊กและข้าวต้มกึ่งสำเร็จรูปในประเทศมีมูลค่าทางการตลาด 2 พันล้านบาท และตลาดโจ๊ก และข้าวต้มกึ่งสำเร็จรูป มีการเติมโตเพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 44 (อรัชพร ดีประเสริฐ, 2561) โจ๊กจัดเป็นอาหารที่คนไทยคุ้นเคยสำหรับบริโภคเป็นอาหารเช้าและนิยมบริโภคเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ อาหารสำหรับผู้สูงอายุและผู้ป่วยพักฟื้น เนื่องจากย่อยง่ายและอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ในปัจจุบันมีการพัฒนาโจ๊กที่เพิ่มสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย อาทิเช่น โจ๊กผสมถั่วและลูกเดือย โจ๊กข้าวโอ๊ต โจ๊กข้าวหอมมะลิ และโจ๊กผสมโปรตีนและหางนม (อรัชพร ดีประเสริฐ, 2561) ผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ใช้ข้าวหอมมะลิเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งในข้าวหอมมะลิเมื่อผ่านความร้อนจะเกิดเจลาติไนซ์อย่างสมบูรณ์และโครงสร้างโมเลกุลเปลี่ยนแปลง ทำให้ช่วยเพิ่มการย่อยเป็นผลให้ค่าดัชนีน้ำตาลในเลือดสูง (Srikaeo, & Sopade, 2010)

ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวที่เกิดจากการผสมข้ามสายพันธุ์ระหว่างข้าวเจ้าหอมนิล (พันธุ์พ่อ) และข้าวขาวดอกมะลิ 105 (พันธุ์แม่) ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นวัตถุดิบอย่างหนึ่งที่เริ่มถูกนำมาใช้ในการผลิตโจ๊ก โดยข้าวไรซ์เบอร์รี่มีรงควัตถุหรือสารสีม่วงแดงที่เรียกว่าแอนโทไซยานิน ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ยังมีสารอาหารมากมายหลายชนิดได้แก่ เบต้าแคโรทีนแกมมาโอ-ไรซานอล โอเมก้า 3 ธาตุเหล็ก มีดัชนีน้ำตาลต่ำ-ปานกลางและมีใยอาหารสูงที่อยู่ในรำข้าว จึงช่วยชะลอการดูดซึมน้ำตาล ทำให้เกิดการดูดซึมช้ากว่าข้าวขาวขัดสีหรือข้าวกล้อง ดังนั้นเซลล์ในร่างกายจะรับน้ำตาลในเลือดไปใช้เป็นพลังงานได้มากขึ้น ระดับน้ำตาลในเลือดจึงต่ำลง ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เต็มเมล็ดมีราคาค่อนข้างสูง แต่ระหว่างกระบวนการสีข้าวจะมีข้าวที่เกิดจากการแตกหักเรียกว่าปลายข้าวหรือข้าวหัก ซึ่งจะเป็นส่วนที่เล็กกว่า 2.5 ส่วนจาก 10 ส่วน จัดเป็นข้าวที่ไม่ตรงตามเกณฑ์มาตรฐาน (นฤมล ธรรมทันตาและบรรณสรณ์ วิภูษิตวรกุล, 2559) ปลายข้าว จึงมีราคาขายต่ำ

เฉลี่ย กิโลกรัมละ 15-20 บาท ต่ำกว่าราคาข้าวสารปกติประมาณ 2-3 เท่า (ไผ่แดง ขวัญใจ, และสุวลี ฟองอินทร์, 2564) ปัจจุบันเริ่มมีการใช้ประโยชน์จากปลายข้าวนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด ได้แก่ การใช้ประโยชน์จากปลายข้าวเพื่อผลิตข้าวแตน (นรินทร์ เจริญพันธ์, 2563) การพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมแป้งเกาลัดเสริมคุณประโยชน์ของไลโคปีนจากมะละกอสุก (นาฏกาญจน์ จักรานุวัฒน์และพัชรี คุณจันทร์สมบัต, 2564) การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดลดพลังงานจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ (นฤมล ธรรมทันตาและบรรณสรณ์ วิภูษิตวรกุล , 2559) เป็นต้น เนื่องจากปลายข้าวหรือข้าวหักยังคงมีสารอาหารที่มีประโยชน์ การนำปลายข้าวหรือข้าวหักมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับปลายข้าวหรือข้าวหัก ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ยังคงคุณค่าทางโภชนาการ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ปลูกข้าว (นรินทร์ เจริญพันธ์, 2563)

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้ จึงมีแนวคิดที่จะนำไข่ขาวเค็มที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอาหารมาใช้ประโยชน์ โดยมีขั้นตอนการศึกษาผลของการลดเกลือในไข่ขาวเค็มโดยไม่ใช้เมมเบรนและใช้เมมเบรน และศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของปริมาณข้าวและปริมาณไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือต่อสมบัติทางเคมีกายภาพ พร้อมทั้งศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว เพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคในการรับประทานอาหารจากไข่ขาว

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการลดเกลือในไข่ขาวเค็มโดยไม่ใช้เมมเบรนและใช้เมมเบรน
2. เพื่อศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้ปริมาณข้าวและปริมาณไข่ขาวลดเกลือต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

ขอบเขตการวิจัย

1. วัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ไข่ขาวเค็ม ที่ได้รับความอนุเคราะห์จาก โรงงานไข่เค็ม จังหวัดลพบุรี
2. งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

2.1 การเตรียมตัวอย่างไข่ขาวเค็มลดเกลือ โดยศึกษาการลดเกลือ 2 วิธี ได้แก่ วิธีต้มและวิธีไดอะไลซีส

2.2 พัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้งหมด 5 สูตร โดยมีส่วนผสมหลัก คือ ไข่ขาวเค็มลดเกลือ ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ ผักอบแห้ง พริกไทย น้ำตาลทรายขาว และกัวร์กัม

2.3 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว และประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เพิ่มมูลค่าให้กับไข่ขาวเค็ม
2. ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมของการลดปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็ม
3. ทราบถึงปริมาณที่เหมาะสมของปลายข้าวและไข่ขาวเค็มในสูตรโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

สมมุติฐานของการวิจัย

1. การไม่ใช้เมมเบรนและใช้เมมเบรนสามารถลดปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็มได้ต่างกัน
2. การเพิ่มไข่ขาวในโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว ทำให้เพิ่มปริมาณโปรตีนในโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวได้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำไข่เค็มเป็นการถนอมอาหารโดยใช้เกลือเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาไข่ได้นานขึ้น ไข่เค็มเป็นอาหารที่คนไทยนิยมรับประทานและใช้ประกอบอาหาร เช่น นำไปทำไส้ขนมเปี๊ยะ ไส้ขนมไหว้พระจันทร์ ทำอาหารคาว เป็นต้น การทำไข่เค็มมักใช้ไข่เป็ดในการดองมากกว่าไข่ชนิดอื่น เนื่องจากไข่เป็ดจะมีไข่แดงสีเข้มสวย มีเปลือกที่หนาไม่แตกร้าวหรือบุบได้ง่าย และมีจำนวนรูบนเปลือกไข่มาก (ชมภู่ ยิ้มโต และคณะ, 2555)

ไข่เค็ม

ไข่เค็มเป็นผลิตภัณฑ์ไข่ดองที่ได้จากการถนอมอาหารโดยใช้เกลือ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาไข่ไว้ได้นานขึ้น (ฉัตรชัย นิยะบุญ, 2556) โดยวิธีการทำไข่เค็มจะใช้ไข่ทั้งฟองที่ผ่านการคัดเลือกและทำความสะอาดแล้ว เช่น ไข่เป็ด นำมาดองเค็มด้วยวิธีการดองเปียกหรือการดองแห้งในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม ซึ่งมีการจำหน่ายในลักษณะของไข่เค็มดิบหรือ ไข่ต้มสุก ไข่เค็ม ไข่เค็มสามารถแบ่งตามกรรมวิธีการผลิตออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ไข่เค็มดองน้ำเกลือ เป็นวิธีการดองเปียกโดยจะแช่ไข่ในน้ำเกลือให้ไข่จมอยู่ใต้น้ำเกลือ

ภาพ 1 ไข่เค็มดองน้ำเกลือ

ที่มา: ฉัตรชัย นิยะบุญ, 2556

2. ไข่เค็มพอก เป็นวิธีการดองแห้งโดยจะพอกไข่ด้วยเกลือซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักและมีส่วนประกอบในการพอก เช่น ดินสอพอง น้ำ และแกลบ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม, 2546)

ภาพ 2 ไข่เค็มพอกดิน

ที่มา: Benjakul, & Kaewmanee, 2017

1. การทำไข่เค็ม

ไข่เค็มสามารถผลิตได้ด้วยการดองแบบพอกดิน การดองแห้งด้วยการพอกเกลือ และการดองในน้ำเกลือซึ่งแต่ละวิธีส่งผลให้องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ลักษณะเนื้อสัมผัสของไข่แดงและไข่ขาวเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งวิธีการผลิตที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อระยะเวลา และคุณภาพด้านต่าง ๆ ของไข่เค็มที่แตกต่างกัน ปัจจุบันไข่เค็มสามารถผลิตได้หลายจังหวัดในประเทศไทย โดยไข่เค็มที่มีชื่อเสียงมากที่สุด คือ ไข่เค็มไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งแต่ละแห่งจะมีกรรมวิธีการผลิตใกล้เคียงกัน แต่ต่างกันที่เทคนิคในการผลิตเพื่อให้ได้ไข่เค็มที่มีคุณภาพและวัตถุดิบที่ใช้ พอกไข่ ไข่เค็มไชยาและไข่เค็มปักธงชัยใช้ดินจอมปลวกในการพอกไข่ ส่วนที่จังหวัดลพบุรีจะใช้ดินสอพอง (ฉัตรชัย นิยะบุญ, 2556)

ไข่เค็มพอกเป็นวิธีดั้งเดิมของจีนและมีหลายวิธี 1. ใช้ดินเหนียวผสมกับน้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 25-30 นำไปพอกไข่เป็นเวลา 10-15 วัน 2. ใช้เกลือ ดินเหนียว และแกลบ ในอัตราส่วน 1:3:5 จากนั้นนำไปพอกไข่และเก็บรักษาไว้ 1 เดือน เรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่าไข่ฮูลิดาล (hulidan) 3. ใช้ข้าวสุกผสมเกลือแล้วนำไปพอกไข่ ซึ่งวิธีนี้จะทำให้เปลือกไข่อ่อนตัวลง เยื่อเปลือกไข่หนาขึ้น ไข่จะข้นเป็นลิ่มๆมีกลิ่นคล้ายไวน์ และเก็บรักษาไว้ได้ 6 เดือน เรียกผลิตภัณฑ์นี้ว่าไข่แซนแดน (ระภีพร ใบโคกสูง, 2556)

1. ไข่เค็มไชยา “ไชยา” เป็นชื่อเรียกไข่เค็ม ซึ่งเรียกตามสถานที่ที่ผลิตเป็นแห่งแรก คือ อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี วิธีดั้งเดิมเริ่มจากการดองในน้ำเกลือ พบว่า ไข่ที่ดองจะเก็บไว้ได้ไม่นาน ไข่จะเน่าในระหว่างการดอง ต่อมาได้ใช้ดินเหนียวพอก เมื่อพอกไปแล้วดินจะแห้งแข็ง ตกสะเก็ด ไม่จับตัวกัน และร่วงออกมาหมด ต่อมาชาวจีนที่เข้ามาอาศัยอยู่ที่อำเภอไชยา ได้นำดินจอมปลวกมาพอกแทนดินเหนียว พบว่าไข่เค็มที่ได้มีคุณภาพดี ตั้งแต่นั้นมาจึงใช้ดินจอมปลวกพอกไข่มาจนทุกวันนี้ ในการผลิตจะใช้อัตราส่วนดินจอมปลวกต่อเกลือเป็น 4:1 หรือ 5:2 ผสมให้เข้ากัน นำส่วนผสมที่ผสมได้มาพอกไข่ ให้ดินพอกทั่วทั้งฟองและหนาพอสมควร จึงนำไข่ไปพอกทับด้วยขี้เถ้าแกลบ แล้วทิ้งไว้สักพัก โดยใช้พลาสติกคลุมเพื่อลดอัตราการระเหยน้ำหลังจากนั้นนำมาบรรจุลงในถุงพลาสติก นำใส่กล่องกระดาษ ซึ่งมี 2 ขนาด คือ ขนาด 12 ฟอง และ 25 ฟอง ราคากล่องละ 34 บาท และ 70 บาท ตามลำดับ ติดฉลากบนกล่อง เพื่อระบุวันที่จะนำไปทอดไข่ดาวและวันที่ต้มเป็นไข่เค็มได้ (ชมภู่ ยิ้มโต, 2555)

2. ไข่เค็มดินสอพอง เริ่มผลิตเมื่อปี2534 โดยกลุ่มแม่บ้านกำลังพล พัน. ปจว.ค่ายสมเด็จพระนารายณ์มหาราช จังหวัดลพบุรี เป็นไข่เค็มที่พอกด้วยดินสอพอง ใช้อัตราส่วนระหว่างดินสอพองต่อเกลือ 3:1 (โดยน้ำหนัก) ลักษณะของไข่เค็มที่ได้ ไข่ขาวจะนิ่ม ไข่แดงแข็ง การจำหน่ายจะบรรจุในกล่องกระดาษ กล่องละ 10 ฟอง และ 20 ฟอง ราคากล่องละ 30 บาท และ 55 บาท ตามลำดับ (ชมภู่ ยิ้มโต, 2555)

3. ไข่เค็มปักธงชัย ผลิตโดยกลุ่มแม่บ้านเกษตรโคกศิลา อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ได้รวมตัวกันเป็นกลุ่มแม่บ้านเกษตรกรเพื่อผลิตไข่เค็มในปี 2531 การผลิตใช้ดินจอมปลวกที่นำมาจากท้องไร่ท้องนา ใช้อัตราส่วนระหว่าง ดินจอมปลวก 3 ส่วน ต่อเกลือสมุทร 1 ส่วน นำส่วนผสมมาพอกไข่และพอกทับด้วยขี้เถ้าแกลบอีกครั้ง ไข่เค็มที่พอกได้นำมาบรรจุใส่ในถุงพลาสติกชนิดร้อน ถุงละ 1 ฟอง และนำมาบรรจุลงในกล่องกระดาษ กล่องละ 10 ฟอง จำหน่ายราคากล่องละ 35 บาท (ชมภู่ ยิ้มโต, 2555)

ไข่เค็มที่ผ่านการดองเค็มแล้ว ต้องมีคุณลักษณะตามที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม, 2546) กำหนดไว้ ดังตาราง 1 ดังนี้

ตาราง 1 คุณลักษณะที่ต้องการของไข่เค็ม

คุณลักษณะ	สมบัติที่ต้องการ	ไข่เค็มดิบ	ไข่เค็มต้มสุก
1. ลักษณะทั่วไป	ลักษณะภายนอก	ไข่เค็มดองน้ำเกลือ เปลือกไข่ต้องสะอาด ไม่แตกร้าวหรือบุบ ไข่เค็มพอก เมื่อนำสิ่งที่พอกออกแล้วทำความสะอาด เปลือกไข่ต้องไม่แตกร้าวหรือบุบ	เปลือกไข่ต้องสะอาด ไม่แตกร้าวหรือบุบ
	ลักษณะภายใน	- ต้องไม่มีสีผิดปกติในไข่แดงและไข่ขาวแยกกันเห็นได้ชัดเจน - ไข่ขาวส่วนที่ติดไข่แดงมีสีขาวข้น ใส ไม่มีสิ่งผิดปกติปรากฏอยู่ - ไข่แดงมีสีเข้ม เป็นทรงกลม มีความมัน	- ต้องไม่มีสิ่งผิดปกติในไข่แดงและไข่ขาวแยกกันเห็นได้ชัดเจน - ไข่ขาวมีสีขาว เนื้อเรียบ นิ่ม - ไข่แดงมีสีเข้ม มีลักษณะเป็นมัน มองเห็นได้ชัดเจน
	รส	เมื่อทำให้สุก ไข่ขาวมีรสเค็ม ไข่แดงมีรสมันและเค็มพอเหมาะ	ไข่ขาวมีรสเค็ม ไข่แดงมีรสมันและเค็มพอเหมาะ
2. จุลินทรีย์	- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม - ซาลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม - คลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม - สตาฟิโลค็อกคัส ออเรียส ต้องไม่พบในตัวอย่าง 0.1 กรัม - ต้องไม่มีราปรากฏให้เห็นได้อย่างชัดเจน		
3. สารปนเปื้อน	- ตะกั่ว ต้องไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม - ปรอท ต้องไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม		

ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม, 2546

2. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของไข่เค็มในระหว่างกระบวนการดองเกลือ

การเปลี่ยนแปลงของความชื้นและปริมาณเกลือของไข่เป็ดที่ได้จากกระบวนการดองเกลือแบบต่าง ๆ ระหว่างกระบวนการ 7 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณความชื้นลดลงเมื่อปริมาณเกลือเพิ่มขึ้นในไข่ขาวและไข่แดง เมื่อเวลาดองเกลือเพิ่มขึ้นความชื้นของไข่ขาวก็ค่อยๆ ลดลง ซึ่งความชื้นของไข่ขาวจากวิธีการแช่จะต่ำกว่าวิธีการพอกด้วยดินผสมเกลือเล็กน้อยเนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำจากไข่ขาวไปยังน้ำเกลือด้วยวิธีออสโมซิส การกำจัดน้ำ (dehydration) พบมากที่ไข่แดงด้านนอกเมื่อเทียบกับ ไข่แดงด้านในไม่มีความแตกต่างของความชื้นของไข่แดงด้านนอกระหว่างการพอกดินเหนียวกับวิธี การแช่ในน้ำเกลือ อย่างไรก็ตามไข่แดงด้านในจากวิธีการแช่น้ำเกลือมีความชื้นต่ำกว่าวิธีการพอกด้วยดินหลังการดอง 4 สัปดาห์ ปริมาณเกลือของไข่ขาวจากวิธีการดองเกลือด้วยวิธีแช่ในน้ำเกลือและการพอกดินเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเกลือที่เพิ่มขึ้นหลังจากดองเกลือ หลังการดองเกลือเป็นเวลา 2 สัปดาห์ปริมาณเกลือที่สูงขึ้นสังเกตได้จากไข่ขาวที่ได้จากวิธีการแช่น้ำเกลือ ในขณะที่การดองเกลือที่สัปดาห์ที่ 7 ไข่ขาวจากการแช่น้ำเกลือและการพอกเกลือมีปริมาณเกลือร้อยละ 9.98 และร้อยละ 6.90 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของปริมาณเกลือระหว่างส่วนด้านในและด้านนอกของ ไข่แดง ปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นในไข่ขาวเร็วกว่าและสูงกว่าที่พบในไข่แดง ผลลัพธ์นี้บ่งชี้ว่าการดึง น้ำออกของ ไข่แดงที่อาศัยกระบวนการออสโมติกควบคู่ไปกับการเพิ่มปริมาณเกลือในไข่ขาว การลดความชื้นของไข่แดงในระหว่างการดองเกลือส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของไข่ ปริมาณเกลือที่สูงขึ้นในไข่ขาวอาจทำให้น้ำย้ายจากไข่แดงไปยังไข่ขาวได้ และน้ำจะย้ายไปยังสิ่งแวดล้อม นอกเปลือก (ศุภัคษร มาแสวง และคณะ, 2565)

3. คุณค่าทางโภชนาการของไข่เค็ม

ไข่ที่ผ่านการแปรรูปเป็นไข่เค็มแล้วยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการเช่นเดิม ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนและจัดว่าเป็นแหล่งโปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วน ซึ่งไข่เค็ม 100 กรัม มีสารอาหารมากมาย ดังแสดงในตาราง 2

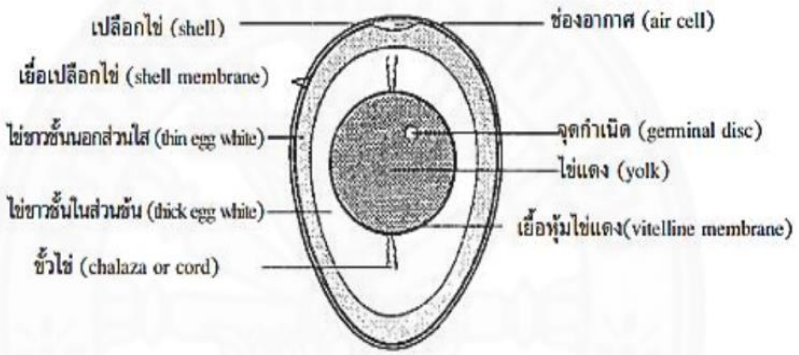
ตาราง 2 คุณค่าทางโภชนการของไข่เค็ม 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ
ความชื้น (กรัม)	62.2
โปรตีน (กรัม)	14.6
ไขมัน (กรัม)	15.5
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	น้อยมาก
พลังงาน (แคลอรี่)	198.0
กรดไขมันชนิดอิ่มตัว (Saturated) (กรัม)	3.8
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (monounsaturated) (กรัม)	6.4
กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (polyunsaturated) (กรัม)	2.7
โคเลสเตอรอล (มิลลิกรัม)	890.0
เกลือแร่	
โซเดียม (มิลลิกรัม)	1,690.0
โปแตสเซียม (มิลลิกรัม)	800.0
แคลเซียม มิลลิกรัม)	99.0
แมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	13.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	270.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	3.2
ทองแดง (มิลลิกรัม)	0.5
สังกะสี (มิลลิกรัม)	3.5
คลอไรด์ (มิลลิกรัม)	2,920.0
แมงกานีส (มิลลิกรัม)	0.1
วิตามิน	
เรตินอล (ไมโครกรัม)	85.0
ไธอะมีน (มิลลิกรัม)	0.16
ไรโบเฟลวิน (มิลลิกรัม)	0.52
ไนอะซิน (มิลลิกรัม)	0.10
วิตามินบีสิบสอง (ไมโครกรัม)	3.5
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	0.0

ที่มา: ชมภู่ ยิ้มโต และคณะ, 2555

ไข่ขาว

ไข่ขาวเป็นส่วนประกอบของไข่ทั้งฟองประมาณร้อยละ 58 ของน้ำหนักไข่ คือไข่ขาวชั้นนอกจะเป็นส่วนใส มีลักษณะเหลวใสและโปร่งแสงล้อมรอบไข่ขาวอยู่ชั้นในส่วนข้น (แสดงดังภาพ 3) ส่วนประกอบหลักของไข่ขาวคือ น้ำ ซึ่งมีความชื้นร้อยละ 87-89 ในไข่ขาวมีโปรตีนคุณภาพดี มีกรดอะมิโนจำเป็นทุกชนิดและมีไขมันต่ำเมื่อเทียบกับไข่แดง (อรัชพร ดีระเสริฐ, 2561)



ภาพ 3 โครงสร้างและองค์ประกอบของไข่ไก่

ที่มา: อรัชพร ดีประเสริฐ, 2561

ในประเทศไทย ไข่ที่มีการบริโภคมากคือ ไข่ไก่ ไข่เป็ด ไข่ห่านและไข่นกกระทา ไข่แต่ละชนิดมีสัดส่วนและสารประกอบแตกต่างกัน และโครงสร้างของไข่ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ เปลือกไข่ร้อยละ 11 ไข่ขาวร้อยละ 58 และไข่แดงร้อยละ 31 ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 สัดส่วนของไข่ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของไข่	น้ำหนักต่อฟอง(กรัม)	ไข่แดง (ร้อยละ)	ไข่ขาว (ร้อยละ)	เปลือก (ร้อยละ)
ไข่เป็ด	80	35.4	52.6	12.0
ไข่ไก่	58	31.9	55.8	12.3
ไข่ห่าน	200	35.1	52.5	12.4
ไข่นกกระทา	12	30.0	50.0	20.0

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2559

ไข่ในแต่ละส่วนมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน โปรตีนเป็นสารอาหารที่มีทั้งในไข่ขาวและไข่แดง ในไข่แดงมีไขมัน ซึ่งประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์ร้อยละ 65.5 ฟอสโฟลิพิดร้อยละ 28.3 และคลอเลสเตอรอลร้อยละ 5.2 ส่วนคาร์โบไฮเดรตมีเพียงเล็กน้อยได้แก่ น้ำตาลกลูโคสและไกลโคโปรตีน แร่ธาตุที่สำคัญในไข่ได้แก่ โปแตสเซียม โซเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียมและเหล็ก น้ำมีอยู่ทุกส่วนของไข่ในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งในไข่ขาวมีน้ำมากกว่าไข่แดง องค์ประกอบทางเคมีของไข่แสดงในตาราง 4

ตาราง 4 สารประกอบในไข่แดง ไข่ขาว เปลือกไข่และไข่ทั้งเปลือก

ส่วนของไข่	แต่ละส่วน (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละ)	ไขมัน (ร้อยละ)	คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	เถ้า (ร้อยละ)	น้ำ (ร้อยละ)
ไข่ขาว	58.0	9.7-10.6	0.3	0.4-0.9	0.5-0.6	88.0
ไข่แดง	31.0	15.7-16.6	31.8-35.5	0.2-1.0	1.1-2.0	48.0
เปลือก	11.0	1.0	-	-	99.0	1.0
ไข่ทั้งเปลือก	100.0	12.8-13.4	10.5-11.8	0.3-1.0	11.7	65.5-75.0

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2559

1. สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไข่

โปรตีนในไข่ขาวและไข่แดง มีสมบัติเชิงหน้าที่ (functional properties of protein) ในอาหารต่างกันคือ โปรตีนในไข่ขาวมีหน้าที่ให้เกิดฟอง ขณะที่โปรตีนในไข่แดงให้สมบัติการเกิดอิมัลชัน

สมบัติเชิงหน้าที่ของในการเกิดโฟม (foaming agent) โปรตีนไข่ขาว มีบทบาทสำคัญในผลิตภัณฑ์เบเกอรี (bakery) การตีไข่ขาว ทำให้โปรตีนไข่ขาวสูญเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) เพราะแรงกล ทำให้โปรตีนคลายตัว และกักอากาศไว้ภายใน มีลักษณะเป็นโฟมโปร่งฟู ไข่ขาวใสตีได้ปริมาตรมากกว่าไข่ขาวข้น การผสมครีมออฟทาร์ทาร์ (Cream of Tartar) จะช่วยให้โฟมไข่ที่ขึ้นฟูอยู่ตัวและมีปริมาณมากขึ้น (บุหลัน ดุสิต, 2561)

2. การตลาดของไข่ขาว

ปัจจุบัน ไข่ขาวเหลวถูกนำไปพาสเจอร์ไรซ์ เพื่อนำไปผลิตเป็นอาหารต่าง ๆ ที่มีส่วนประกอบหลักจากไข่ขาว เช่น เต้าหู้ไข่ขาว ไส้กรอกไข่ขาว สแน็คจากไข่ขาว และเส้นไข่ขาว

(ณิชมาศ ปรารัตน์, 2566) โดยในตลาดมีไข่ขาวเหลวพาสเจอร์ไรซ์หลายยี่ห้อ โดยรายละเอียดแสดงดังตาราง 5

ตาราง 5 รายละเอียดของไข่ขาวพาสเจอร์ไรซ์

ชื่อสินค้า	ยี่ห้อ	ราคาและขนาด
ไข่ขาวเหลวพาสเจอร์ไรซ์	เอโร่	169 บาท ปริมาณ 2 ลิตร
ไข่ขาวเหลวพาสเจอร์ไรซ์	ซีพี	179 บาท ปริมาณ 2 ลิตร
ไข่ขาวเหลวพาสเจอร์ไรซ์ขึ้นฟู	โอวีเอฟ	215 บาท ปริมาณ 2 ลิตร

ที่มา: แม็คโครโปรพอยท์, 2566

บทบาทของเกลือในการผลิตไข่เค็ม

เกลือ เป็นสารที่ประกอบด้วยโซเดียม (Na) ร้อยละ 39.39 และคลอไรด์ (Cl) ร้อยละ 60.61 มีรูปร่างเป็นผลึกรูปลูกบาศก์สีขาว ละลายน้ำได้ประมาณร้อยละ 26.4 โดยน้ำหนัก เมื่อละลายน้ำจะมีรสขมเล็กน้อย มีปฏิกิริยาเป็นกลาง ดูดความชื้นได้ประมาณร้อยละ 1.5 ที่อุณหภูมิ 30 อาศาเซลเซียส มีจุดหลอมเหลวที่ 77.7 องศาเซลเซียส (ฉัตรชัย นิยะบุญ, 2556)

เกลือ (โซเดียมคลอไรด์) เป็นองค์ประกอบหลักในการผลิตไข่เค็ม ไข่เค็มสามารถใช้เกลือสมุทรที่ได้จากสูบน้ำทะเลเข้ามาขังไว้ในนาและผึ่งแดดกลายเป็นไอ ทำให้น้ำทะเลตกผลึกเป็นเกลือแกง หรือเกลือสินเธาว์ที่ได้จากดินเค็ม ลักษณะของเกลือ มี 2 ชนิด คือ เกลือเม็ดและเกลือป่น (ชมภู่ ยิ้มโต และคณะ, 2555) ในการผลิตไข่เค็มสารละลายเกลือจะค่อย ๆ ซึมและกระจายตัวเข้าไปด้านในโดยผ่านรูพรุนและเยื่อหุ้มของเปลือกไข่ เรียกหลักการนี้ว่า ออสโมซิส (osmosis) คือ การแพร่ผ่านของสารละลายที่มีความเข้มข้นมากไปหาความเข้มข้นน้อย เมื่อเกลือแทรกเข้าไปในไข่ สารละลายเกลือจะดูดความชื้นจากไข่แดงทำให้ความชื้นของไข่แดงเคลื่อนที่ย้ายไปสู่ไข่ขาว เมื่อเวลาผ่านไปไข่แดงมีความชื้นลดลงและมีปริมาณเกลือสูงขึ้น ส่งผลให้ไข่แดงแข็งตัว มีรูปร่างเกาะแน่นเป็นทรงกลม (Ai et al., 2018)

เกลือไม่เพียงแต่มีประโยชน์สำหรับปรับเปลี่ยนลักษณะของไข่ แต่ยังลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมสภาพ โดยการเติมแกลือลงไปจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์อยู่ภายใต้แรงดันออสโมติก (osmotic shock) เนื่องจากการสูญเสียน้ำภายในเซลล์และ

เซลล์ของจุลินทรีย์เกิดลักษณะเหี่ยว (plasmolysis) ดังนั้นจึงช่วยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์และอาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์ตายได้ (ศุภัคษร มาแสวง และคณะ, 2565)

1. ขั้นการแทรกซึมของเกลือเข้าไปในอาหาร

ฉัตรชัย นิยะบุญ, (2556) ได้กล่าวถึง กระบวนการหมักด้วยเกลือ มีขั้นตอน 3 ขั้น ดังนี้

1. การเกิดแรงดันออสโมติค (osmotic stage) เมื่อนำอาหารไปแช่ในสารละลายเกลือ ความเข้มข้นของเกลือในอาหารจะน้อยกว่าความเข้มข้นของเกลือในสารละลายเกลือทำให้น้ำในอาหารถูกดึงออกสู่สารละลายเกลือ เนื่องจากเกิดแรงดันออสโมติค จะทำให้น้ำหนักของอาหารลดลง โปรตีนจะละลายปนกับน้ำออกจากเซลล์ของอาหารด้วย

2. การเปลี่ยนคุณสมบัติของโปรตีน (Protein denaturation) ในขณะที่น้ำออกมานอกเซลล์อาหารเกลือจะซึมเข้าไปแทนที่ จนกระทั่งความเข้มข้นของเกลือในอาหารสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดหนึ่งโปรตีนในอาหารจะหยุดละลายและเสียรูปไป ช่องว่างภายในเซลล์อาหารจะถูกแทนที่ด้วยเกลือ ทำให้อาหารมีสีขุ่น

3. ขั้นสมดุล (Equilibrium stage) เกลือจะซึมเข้าไปในอาหารจนถึงจุดสมดุล คือ ความเข้มข้นของเกลือในอาหารจะเท่ากับความเข้มข้นของเกลือในสารละลายเกลือ น้ำหนักของอาหารจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำหนักของเกลือที่เข้าไปแทนอยู่ในอาหาร

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการแทรกซึมของเกลือ

ระภีพร ใบโคกสูง, (2556) ได้กล่าวไว้ว่า เกลือจะแทรกซึมได้ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

1. ชนิดของอาหาร อาหารต่างชนิดกันมีปริมาณความชื้นต่างกัน ซึ่งความชื้นของอาหารมีผลต่อการเกิดกระบวนการออสโมซีส ส่วนอาหารที่มีเปลือกหนา มีสารเคลือบผิว จะทำให้เกลือซึมเข้าไปได้ยาก

2. ระยะเวลา ยิ่งใช้เวลาในการหมักอาหารด้วยเกลือนานขึ้นเท่าไร เกลือจะแทรกซึมเข้าไปในอาหารได้มากขึ้น

3. อุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเกลือจะแทรกซึมเข้าสู่กล้ามเนื้อสัตว์ได้เร็วขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้อากาศที่อยู่ภายในช่องว่างของเซลล์แพร่ออกมานอกเซลล์ได้เร็วขึ้น ทำให้เกลือแทรกซึมเข้าไปแทนที่ได้เร็วขึ้น

4. ความเข้มข้นของเกลือ ถ้าใช้เกลือที่มีความเข้มขึ้นสูง การแทรกซึมของเกลือเข้าไปในอาหารจะมากขึ้น เนื่องจากเกลือที่มีความเข้มข้นสูงจะทำให้เกิดกระบวนการออสโมซิสและกำจัดน้ำออกจากเนื้อสัตว์ได้เร็ว

5. ความบริสุทธิ์ของเกลือ อัตราการแทรกซึมของเกลือเข้าไปในเนื้อปลาขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของเกลือที่ใช้ เกลือที่มีแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ปนอยู่ด้วยจะลดอัตราการแทรก

ซึมของเกลืออย่างชัดเจน เช่น แคลเซียมคลอไรด์เข้มข้นร้อยละ 0.4 ที่มีอยู่ในเกลือจะไปขัดขวางการแทรกซึมของเกลือที่เข้าไปในเนื้อแซลมอล แต่ถ้าใช้เกลือป่นที่มีความบริสุทธิ์มากจะช่วยให้อัตราการแทรกซึมของเกลือเข้าไปในเนื้อปลาได้เร็วยิ่งขึ้น

3. เกลือกับการเปลี่ยนแปลงของอาหาร

เกลือมีผลช่วยให้ไข่เกิดเจลได้ดีขึ้น และมีผลทำให้โมเลกุลของโปรตีนเปลี่ยนคุณสมบัติไป (denaturation) โดยจะเปลี่ยนคุณสมบัติจากการละลายน้ำได้ เป็นไม่ละลายน้ำและตกตะกอนแข็ง ในการทำผักดองที่แช่น้ำเกลือ หรือใส่เกลือเป็นเม็ดลงไปในผัก เกลือจะดูดน้ำออกจากเซลล์ผักได้เป็นน้ำเกลือ ช่วยทำให้ผักกรอบและมีเนื้อแน่นขึ้น นอกจากนี้เกลือยังมีผลต่อลักษณะเนื้อที่หุงต้มด้วย คือ จะทำให้เนื้อนุ่มขึ้น ให้รสชาติที่ดี การใช้เกลือในการทำไข่เค็มนั้น เกลือจะช่วยให้เนื้อสัมผัส สีของไข่เป็ดดีขึ้น เนื้อสัมผัสของไข่เป็ดสดต้มจะมีลักษณะยืดหยุ่น (rubbery) และแข็ง มีสีขาวเหลือง เมื่อเป็นไข่เค็ม เนื้อสัมผัสจะนุ่มขึ้น มีสีขาวขุ่น นอกจากนี้เกลือยังช่วยปรับปรุงให้ไข่เค็มมีรสชาติดีขึ้น มีกลิ่นเค็มของเกลือด้วย (ระภีพร ใบโคกสูง, 2556)

วิธีการลดเกลือในไข่ขาวเค็ม

มีงานวิจัยที่พัฒนาผลิตภัณฑ์จากไข่ขาวมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่มากมาย อาทิเช่น นักวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2557) มีการนำไข่ขาวเค็มไปผสมกับกุนเชียง ทำให้กุนเชียงมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทั้งคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ไม่มีโคเลสเตอรอล ให้รสสัมผัสและรสชาติของกุนเชียงดีขึ้น ภัควัฒน์ เดชชีวะ และอรอนงค์ นัยวิกุล (2559) ได้นำไข่ขาวผงผสมแป้งข้าวโม่แห้งทำการขึ้นรูปให้เป็นเส้นสปาเกตตี ทำให้ผลิตภัณฑ์สปาเกตตีมีปริมาณกลูเทนน้อยกว่าเดิม 1 พีพีเอ็มและสามารถปรับปรุงเนื้อสัมผัส ช่วยลดเวลาในการคืนรูปและได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีกว่าสปาเกตตีจากแป้งข้าวอื่น และสุภาวดี นาคบรรพ์ (2563) ได้นำไข่ขาวทดแทนเนื้อไก่ในไส้ของกะหรี่ปั๊บเพื่อผู้สูงอายุ พบว่าสีและเนื้อสัมผัสไม่เปลี่ยนแปลงแต่มีปริมาณโปรตีนและค่าพลังงานลดลง

ไข่ขาวเค็มมีปริมาณเกลือสูง ซึ่งทำให้ถูกจำกัดการใช้งานอย่างมาก หากนำไข่ขาวเค็มไปลดปริมาณเกลือ จะสามารถนำไข่ขาวเค็มไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย วิธีการลดเกลือทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. วิธีไดอะไลซีส

สุภาพร อภิรัตนานุสรณ์ และคณะ, (2563) ที่ได้ศึกษาผลของคาร์ราจีแนนที่มีผลต่อไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยวิธีไดอะไลซีส อบแห้ง บดให้เป็นผงแล้วนำไปทำเมอร์แรงค์ พบว่า การเติมคาร์ราจีแนนร้อยละ 0.4 ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าความสามารถในการเกิดโฟมสูงกว่าและมีความเสถียร

มากกว่าผงไข่ขาวอื่น แต่เมื่อเก็บไว้ 12 สัปดาห์ ค่าความสามารถในการเกิดโฟมและความเสถียรมีแนวโน้มลดลง

2. เทคนิคการกรองด้วย Ultrafiltration

วิธีการในการลดปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็มมีการใช้เทคนิคการกรองด้วย Ultrafiltration โดยใช้น้ำหนักโมเลกุลซึ่งมีจุดคัดเลือก (molecular weight cut off) ที่ 100 kDa เพื่อลดปริมาณเกลือ พบว่า เทคนิคนี้สามารถกำจัดเกลือ (ร้อยละ 92.93) ออกจากไข่ขาวเค็ม โดยมีปริมาณเกลือเริ่มต้น ร้อยละ 9.2 กำจัดเกลือเหลือร้อยละ 0.65 ไข่ขาวเค็มแบบเป็นของเหลวและแบบผงที่ผ่านการลดปริมาณเกลือมีความสามารถในการทำอิมัลชันและความสามารถในการทำให้เกิดฟองได้ดี ใช้เป็นส่วนผสมที่ดีของผลิตภัณฑ์ขนมที่ต้องการการเกิดฟองได้ เช่น meringues, angel cake และ puffy omelets (Thammasena et al., 2019)

3. ผสมเจล

Dai et al. (2022) ได้ใช้ไข่ขาวเค็มผสมกับเจลที่เปลี่ยนกลับเป็นของเหลวได้ (reversible gel) เมื่อได้รับความร้อน พบว่า ใช้ไข่ขาวเค็มผสมเจล แช่ในน้ำ 6 ชั่วโมง ทำให้ประสิทธิภาพในการลดเกลือจากร้อยละ 92.85 เพิ่มเป็นร้อยละ 95.75 และอัตราการสูญเสียโปรตีนประมาณร้อยละ 0.197-0.366 มีความคงตัวของฟองและการเกิดฟองสูง Zhou et al (2015) ได้ศึกษาผลของการใช้อัลตราซาวน์และการใช้ไมโครเวฟเพื่อลดปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็มด้วยเครื่อง Vacuum ultra-filtration พบว่า การใช้อัลตราซาวน์สามารถลดปริมาณเกลือได้ประมาณร้อยละ 10 และการใช้ไมโครเวฟ สามารถลดปริมาณเกลือได้ร้อยละ 3 และการใช้อัลตราซาวด์ให้ความสามารถในการเกิดฟอง การเกิดอิมัลชัน ความคงตัวของโฟม และความแข็งแรงของเจลของโปรตีนไข่ขาวเค็มดีกว่าใช้ไมโครเวฟ

4. วิธีใช้ไฮโดรเจล (hydrogel)

Du et al. (2022) ได้ศึกษาการแยกเกลือออกจากโปรตีนโดยการนำไข่ขาวเค็มเหลวใส่ในไฮโดรเจล (hydrogel) จากนั้นนำใส่ในไมโครเวฟที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส กำลังไฟ 500 วัตต์ เป็นเวลา 12 นาที นำไปแช่แข็งและละลายซ้ำ ๆ พบว่าวิธีนี้ทำให้เพิ่มขนาดรูพรุนของไฮโดรเจลและสามารถเร่งการเคลื่อนย้ายของเกลือออกสู่ภายนอก จึงมีประสิทธิภาพการแยกเกลือร้อยละ 100 ซึ่งเป็นวิธีที่แปลกใหม่และมีประสิทธิภาพ

5. วิธี electrodialysis

Huang et al. (1999) ได้ศึกษาระยะเวลาในการดองไข่เค็มและผลของการแยกเกลือด้วยวิธี electrodialysis ต่อคุณสมบัติการเกิดฟอง การทำให้เป็นอิมัลชันและการเกิดเจล พบว่าไข่ขาวเค็ม ที่ดองเป็นเวลา 8 สัปดาห์มีค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณเกลือเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 0.49 เป็น

ร้อยละ 7.32 แต่เมื่อนำมาแยกเกลือด้วยวิธี electrodialysis พบว่าปริมาณเกลือลดลงเหลือร้อยละ 0.23 ซึ่งมีประสิทธิภาพการลดเกลือร้อยละ 95

ไข่ขาวมีโปรตีนหลายชนิด แต่ละชนิดมีสัดส่วน จุดไอโซ-อิเล็กทริก น้ำหนักโมเลกุลและคุณสมบัติแตกต่างกัน (แสดงในตาราง 6) ในการเลือกใช้การลดเกลือโดยวิธีไดอะไลซีส (Dialysis) จำเป็นต้องศึกษาน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนแต่ละชนิดเพื่อกักเก็บโปรตีนไว้ เมื่อศึกษาน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนแล้วจึงเลือกใช้ถุง Cellulose Tube สำหรับไดอะไลซีส (Dialysis) เพื่อแยกระหว่างโปรตีนและเกลือได้ โดยน้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนที่มากที่สุดคือคอนแอลบิวมิน (Conalbumin) มีน้ำหนักโมเลกุล 80,000 Da ส่วนโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลเล็กที่สุดคือไลโซไซม์ (Lysozyme) มีน้ำหนักโมเลกุล 14,000 Da ในการเลือกใช้ถุง Cellulose Tube จึงต้องใช้ถุงที่มีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 14,000 Da จึงจะสามารถกักเก็บโปรตีนไว้ได้

ตาราง 6 โปรตีนที่พบในไข่ขาว

ชนิดของโปรตีน	สัดส่วนของโปรตีนในไข่ขาว (ร้อยละ)	จุดไอโซ-อิเล็กทริกของโปรตีน	น้ำหนักโมเลกุล (kDa)	คุณสมบัติเฉพาะ	อุณหภูมิที่เสียสภาพ (องศาเซลเซียส)
โอวัลบิวมิน (Ovalbumin)	54	4.6	45	เป็นฟอสฟอไกลโคโปรตีนซึ่งใน 1 โมเลกุล มี 4 (SH) และ2 (S-S)	84
คอนแอลบิวมิน (Conalbumin)	13	6.6	80	ชอบจับกับไอออนของโลหะ เช่น Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}	61
โอโวมิวคอยด์ (Ovomucoid)	11	3.9-4.3	28	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทริปซิน	77
ไลโซไซม์ (Lysozyme)	3.5	10.7	14.6	ย่อยแบคทีเรียบางชนิดได้	75
โอโวมิวซิน (Ovomucin)	1.5	NR	NR	ยับยั้งการทำงานของไวรัสที่ทำให้เกิดการแข็งตัวของเม็ดเลือด ทำให้การขึ้นฟูของไข่ขาวคงตัว	-
ฟลาโวโปรตีน (Flavoprotein)	0.8	4.1	35	จับตัวกับไรโบเฟลวิน	-

ชนิดของโปรตีน	สัดส่วนของโปรตีนในไข่ขาว (ร้อยละ)	จุดไอโซ-อิเล็กทริกของโปรตีน	น้ำหนักโมเลกุล (kDa)	คุณสมบัติเฉพาะ	อุณหภูมิที่เสียสภาพ (องศาเซลเซียส)
โอโวอินฮิบิเตอร์ (Ovoinhibitor)	0.1	5.2	44	ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โปรติเอส	-
อะวิดิน (Avidin)	0.05	9.5	53	ชอบจับกับไบโอทิน	-
โกลบูลิน G_2	4	5.5	49	-	92.5

หมายเหตุ: NR = ไม่มีรายงานที่แน่นอน

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2559

ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Rice berry)

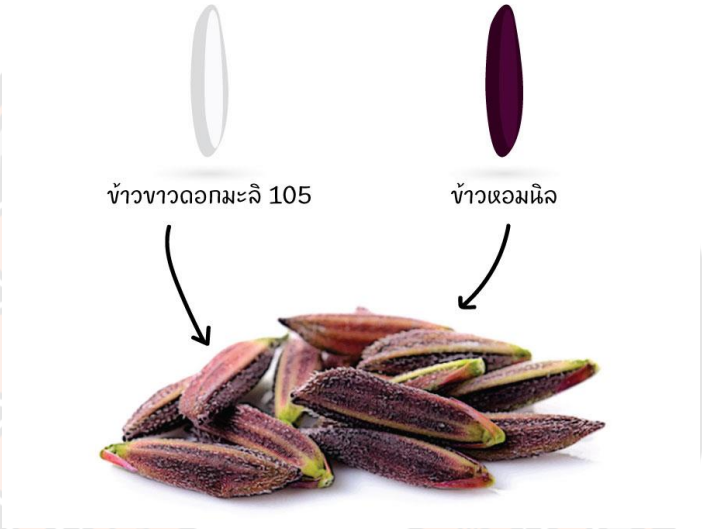
ข้าวไรซ์เบอร์รี่เป็นข้าวผสมเลียนแบบธรรมชาติระหว่างข้าวเจ้าหอมนิลและข้าวขาว ดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าสีม่วงเข้ม เมล็ดเรียวยาว ผิวมันวาว (ภาพ 4) และถ้าหากเป็นข้าวกล้องจะมีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์ ข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารอาหารมากมาย เช่น เบต้า-แคโรทีน แกมมา-โอไรซานอล วิตามินอี แทนนิน สังกะสี มีดัชนีน้ำตาลต่ำ-ปานกลาง และมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ดี (นฤมล ธรรมทันตา, และบรรณสรณ์ วิภูษิตวรกุล, 2559) ปริมาณสารอาหารในข้าวไรซ์เบอร์รี่ แสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ปริมาณสารอาหารในข้าวไรซ์เบอร์รี่

สารอาหาร	ปริมาณ
เหล็ก (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	13-18
สังกะสี (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	31.9
โอเมกา-3 (มิลลิกรัม/100กรัม)	25.51
วิตามิน อี (ไมโครกรัม/100กรัม)	678
โฟเลต (ไมโครกรัม/100กรัม)	48.1
เบต้าแคโรทีน (ไมโครกรัม/100กรัม)	63

สารอาหาร	ปริมาณ
โพลีฟีนอล (มิลลิกรัม/100กรัม)	113.5
แทนนิน (มิลลิกรัม/100กรัม)	89.33
แกมมา-โอไรซานอล (ไมโครกรัม/100กรัม)	462

ที่มา: นฤมล ธรรมทันตา, และบรรณสรณ์ วิภูษิตวรกุล, 2559



ภาพ 4 ข้าวไรซ์เบอร์รี่

ที่มา: ผลิตภัณฑ์ข้าวหงษ์ทองไลฟ์, 2560

มีงานวิจัยที่นำข้าวไรซ์เบอร์รี่ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป อาทิเช่น

จินตนา บุญนาค และคณะ (2562) ได้ศึกษากระบวนการผลิตโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่พร้อมรับประทานบรรจุกระป๋อง โดยศึกษาคุณภาพและการยอมรับโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่พร้อมรับประทานบรรจุกระป๋องหลังการผลิต ผลการทดลองพบว่า จากการใช้เทคโนโลยีความร้อนในการผลิตโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่บรรจุกระป๋องสภาพกระป๋องทั้งภายในและภายนอกของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีสภาพปกติ ไม่บวม ไม่มีสนิม และตะเข็บไม่ปริแตก มีปริมาณเยื่อใยร้อยละ 1.49 และปริมาณเถ้าอยู่ที่ร้อยละ 1.70 ซึ่งมีปริมาณมากกว่าข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมข้าวหอมมะลิพร้อมบริโภคที่ขายตามท้องตลาดทั่วไป ส่วนการยอมรับโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่พร้อมรับประทานบรรจุกระป๋องหลังการผลิต พบว่า สูตรที่ผู้บริโภคโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่บรรจุกระป๋อง สูตรที่ 3 (อัตราส่วน 1:25) ได้รับคะแนนด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะที่ปรากฏและความชอบโดยรวม มีคะแนนเฉลี่ย คือ 3.5 ได้รับการยอมรับมากที่สุด และถ้ามีการทำโจ๊กจากข้าวไรซ์เบอร์รี่จะซื้อรับประทาน เพราะทราบว่าข้าวไรซ์เบอรี่มีประโยชน์

พรพิไล นิยมเวช และคณะ (2561) ได้ศึกษากระบวนการผลิตโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป โดยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งคู่ จากการศึกษาพบว่าอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำที่เหมาะสม คือ 1:11 และสภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 129 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งที่ 1 รอบต่อนาที และระยะห่างลูกกลิ้ง 0.01 นิ้ว โดยสิ่งทดลองที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด มีส่วนผสม ดังนี้ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ เนื้ออกไก่ แครอท ข้าวโพดหวาน ต้นหอม ขิง ผงปรุงรสไก่ เกลือ น้ำตาลทราย และพริกไทย ร้อยละ 70, 15, 5, 5, 0.5, 0.5, 4, 2.5, 2 และ 0.5 ตามลำดับ โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบระดับปานกลาง โดยคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า เส้นใย คาร์โบไฮเดรต และพลังงานเท่ากับ ร้อยละ 4.61, 2.17, 13.53, 2.83, 7.54, 69.32 และ 394 กิโลแคลอรี ตามลำดับ

โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

1. ความหมายของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปตามคำจำกัดความของ มผช. 689/2562 หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าว เช่น ข้าวหอมมะลิ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ข้าวกล้อง ที่ผ่านการทำให้สุกและแห้งแล้ว นำมาปรุงแต่งกลิ่นรสด้วยเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น เกลือ พริกไทย อาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ที่ทำให้สุกและแห้งแล้ว ก่อนบริโภคต้องเติมน้ำร้อนแล้วคนให้เข้ากัน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2562)

2. ตลาดของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

ปัจจุบัน ตลาดโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปในประเทศไทยมีมูลค่าประมาณ 2,000 ล้านบาท เช่น โจ๊กตราเกษตร โจ๊กโอ้โห โจ๊กเต็มคำของตราอายิโนะโมะโต๊ะ และโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปตรามาม่า แต่ผู้บุกเบิกตลาดโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปของเมืองไทยและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค คือ โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ตราคนอร์ จากผู้ผลิตบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย เทรดดิ้ง จำกัด (นิตยสาร Positioning, 2560) ตลาดโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น เป็นตลาดที่มีศักยภาพการขยายตัวที่สูงมาก มีอัตราการขยายตัวร้อยละ 25 ต่อปี เนื่องจากผู้คนในปัจจุบันมีการดำเนินชีวิตที่เริ่มเปลี่ยนไป ต้องการความรวดเร็วในการปรุงอาหาร โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปสามารถรับประทานได้ตลอดเวลา สะดวกและรวดเร็วเพียงแค่เทน้ำร้อนและปิดฝาก็สามารถรับประทานได้ทันที มีจำหน่ายหลากหลายรสชาติ ทำให้ผู้บริโภคได้มีโอกาสเลือก ส่งผลให้ตลาดของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปขยายตัวอย่างรวดเร็ว (จรัสพรรณ ตันหยง, 2544)

คุณลักษณะที่ดีของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป (มผช. 689/2562)

1. ลักษณะทั่วไป: ต้องเป็นผง เกล็ดหรือเม็ดเล็ก ๆ ที่แห้งไม่จับตัวเป็นก้อน อาจมีชิ้นเนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ปนอยู่
2. สี: ต้องมีที่ดีตามธรรมชาติของโจ๊ก
3. กลิ่น: มีกลิ่นตามธรรมชาติของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ไม่มีกลิ่นอับ กลิ่นหืน
4. กลิ่นรส: มีกลิ่นรสตามธรรมชาติของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป ไม่มีกลิ่นรสเปรี้ยวบูด
5. สิ่งแปลกปลอม: ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอม เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด
6. ความชื้น: ต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 โดยน้ำหนัก
7. อะฟลาทอกซิน: ต้องไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม
8. วัตถุเจือปนอาหาร:
   - ห้ามใช้สีสังเคราะห์และวัตถุกันเสียทุกชนิด
   - ห้ามมีการใช้สารกันหืน ให้ใช้ตามชนิดและปริมาณที่กฎหมายกำหนด
9. จุลินทรีย์:
   - จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องไม่เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

- แซลโมเนลลา ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม
- สแตฟิโลค็อกคัสออเรียส ต้องน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- บาซิลลัส ซีเรียส ต้องไม่เกิน 200 ในตัวอย่าง 1 กรัม
- คลอสทริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ ต้องไม่เกิน 100 ในตัวอย่าง 1 กรัม
- เอสเชอริเชียโคไล โดยวิธีเอ็มพีเอ็น ต้องน้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
- รา ต้องไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

วิธีการผลิตโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

การผลิตโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปต้องผ่านกระบวนการทำแห้งซึ่งมีหลายวิธี ดังนี้

กฤติยา เขื่อนเพชร และคณะ (2562) ได้ศึกษาการทำแห้งโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมแก่นตะวันด้วยวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมทที่อาศัยหลักการตีอาหารเหลว ซึ่งให้เกิดโฟม แล้วจึงนำไปอบแห้ง จากผลการทดลองพบว่าทำให้โครงสร้างของโฟมที่ได้เกิดรูพรุนจึงทำให้ใช้เวลาในการอบน้อยลง นอกจากนั้นยังสามารถรักษาสี กลิ่นของผลิตภัณฑ์ได้ดีและใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ

การทำแห้งแบบลูกกลิ้งซึ่งเป็นการทำแห้งอย่างหนึ่งที่ใช้ในการผลิตอาหารกึ่งสำเร็จรูป โดยเปลี่ยนอาหารที่ข้นหนืดไปเป็นผง ระบบของการทำแห้งจะอาศัยหลักการนำความร้อนของลูกกลิ้งถ่ายเทความร้อนไปที่อาหาร น้ำในอาหารจะระเหยอย่างรวดเร็ว และใช้เวลาสั้นเนื่องจากใช้อุณหภูมิสูง อาหารสัมผัสกับลูกกลิ้งโดยตรง ทำให้อาหารแห้งมีลักษณะเป็นแผ่นและแตกหักง่าย (สุมาลี มุสิกา และคณะ, 2563) อาหารที่นิยมนำมาผลิตอาหารกึ่งสำเร็จรูป เช่น โจ๊ก ผลไม้บด เป็นต้น งานวิจัยที่พัฒนาโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปโดยใช้วิธีทำแห้งแบบลูกกลิ้ง อาทิเช่น

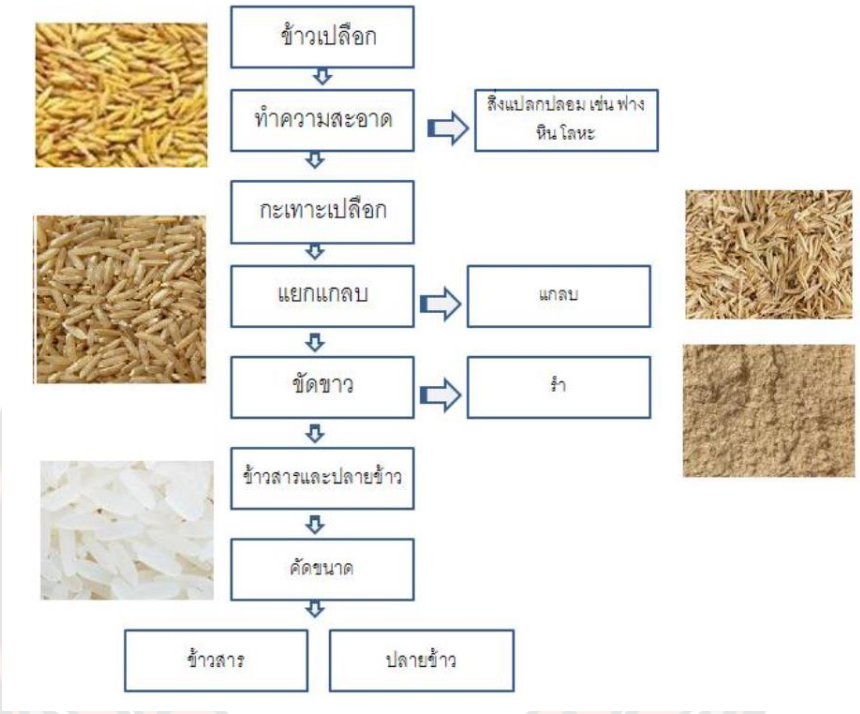
เบญจวรรณ วานมนตรี และคณะ (2556) ได้ประเมินสมรรถนะการอบแห้งโจ๊กข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้งหมุนชนิดลูกกลิ้งคู่ โดยศึกษาที่อุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง 120 และ 140 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง 0.5 และ 0.7 rpm และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.15 0.2 และ 0.25 มิลลิเมตร พบว่าทุกสภาวะการอบแห้ง ไม่เกิดปัญหาการจับตัวของผลิตภัณฑ์บนผิวลูกกลิ้ง

เมื่อได้โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปแล้ว สามารถเติมเครื่องปรุงแต่งกลิ่นรสต่าง ๆ ผสมเนื้อสัตว์หรือผักที่ทำให้สุกและแห้งเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและปรุงรส (Gao et al., 2022)

1. ปลายข้าว (brokens)

ปลายข้าวชีวัน (small brokens C1) หมายถึง เมล็ดข้าวหักขนาดเล็กที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 7 (sieve) ผ่าศูนย์กลางรู 1.75 มิลลิเมตร หนา 0.79 มิลลิเมตร (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2560) ปลายข้าวประกอบด้วยเศษข้าวที่หักและส่วนของจมูกข้าว ปลายข้าวมี 3 ขนาด ได้แก่ ขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่หรือข้าวท่อน (นรินทร์ เจริญพันธ์,

2563) ปลายข้าวทั่วไปมีโปรตีนอยู่ร้อยละ 8 มีไขมันและเยื่อใยต่ำ ขั้นตอนการสีข้าวเพื่อแปรรูปข้าวเปลือกให้เป็นข้าวสารต้องลดความชื้นให้ได้ความชื้นร้อยละ 13-15 (นฤมล ธรรมทันตา, และบรรณสรณ์ วิภูษิตวรกุล, 2559) ขั้นตอนการสีข้าวแสดงดังภาพ 5



ภาพ 5 ขั้นตอนการสีข้าว

ที่มา: นฤมล ธรรมทันตา, และบรรณสรณ์ วิภูษิตวรกุล, 2559

ในปัจจุบันมีการนำปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อาทิเช่น นฤมล ธรรมทันตา และบรรณสรณ์ วิภูษิตวรกุล (2559) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดลดพลังงานจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่ โดยใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลทราย พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่มีค่าการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์น้ำสลัดจากข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ใช้น้ำตาลร้อยละ 100 ผลิตภัณฑ์มีสีม่วงอ่อนอมน้ำตาลเล็กน้อย

ภาพ 6 ผลิตภัณฑ์น้ำสลัดลดพลังงานจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่

ที่มา: นฤมล ธรรมทันตา และบรรณสรณ์ วิภูษิตวรกุล, 2559

กฤติยา เขื่อนเพชร และคณะ (2562) ได้พัฒนาสูตรและวิธีการทำแห้งโจ๊กข้าวกึ่งสำเร็จรูปเสริมใยอาหารจากแก่นตะวันและศึกษาชนิดของข้าวที่เหมาะสมเพื่อผลิตเป็นโจ๊กข้าวกึ่งสำเร็จรูป โดยคัดเลือกปลายข้าวทั้งหมด 3 ชนิดได้แก่ ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ปลายข้าวหอมมะลิและปลายข้าวเหนียว จากผลการทดลอง พบว่า โจ๊กข้าวกึ่งสำเร็จรูปสูตรที่ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ร้อยละ 100 มีค่าดัชนีการละลายน้ำและค่าความหนืดสูงที่สุด และได้รับคะแนนความชอบด้านสี และความชอบโดยรวมสูงสุดในระดับชอบเล็กน้อย และเติมปริมาณแก่นตะวันเพิ่มขึ้น พบว่าตัวอย่างมีค่าดัชนีการละลายเพิ่มขึ้นและดัชนีการดูดซับน้ำลดลง

Rittisak et al (2022) ได้ศึกษาการผลิตผงข้าวไรซ์เบอร์รี่หัก โดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งประกอบด้วยลูกกลิ้งทรงกระบอก 2 ลูก และนำไปพัฒนาเป็นเครื่องดื่มสำเร็จรูป พบว่าสภาวะการทำแห้งที่อุณหภูมิ 125 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 1 รอบต่อนาที ผงข้าวไรซ์เบอร์รี่หักมีความชื้นร้อยละ 5.81 ค่า a_w 0.494 ดัชนีการละลายน้ำร้อยละ 52.33 และดัชนีการดูดซับน้ำ 10.52 ส่วนเครื่องดื่มมีความชื้นร้อยละ 4.28 โปรตีนร้อยละ 13.89 ไขมันร้อยละ 12.42 เส้นใยร้อยละ 4.23 และเถ้าร้อยละ 2.23 มีคะแนนความชอบโดยรวมคือชอบปานกลาง จากการศึกษานี้ พบว่าผงข้าวไรซ์เบอร์รี่หักมีคุณภาพดีและมีศักยภาพในการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม

ภาพ 7 ขั้นตอนการผลิตผงข้าวไรซ์เบอร์รี่หัก

ที่มา: Rittisak et al, 2022

นาฏกาญจน์ จักรานุวัฒน์ และพัชรี คุณจันทร์สมบัติ (2564) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ปราศจากกลูเตน โดยใช้แป้งปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมแป้งเกาลัด และนำผลิตภัณฑ์ไปเสริมคุณประโยชน์ไลโคปีนจากมะละกอสุก โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างแป้งปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อแป้งเกาลัด จากนั้นนำตัวอย่างเสริมคุณประโยชน์ไลโคปีน ให้ความร้อนด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 4 ระดับ เป็นระยะเวลา 5 ดับ ผลการทดลอง พบว่า ขนมขบเคี้ยวที่ผลิตจากแป้งปลายข้าวและแป้งเกาลัด ที่อัตราส่วนเท่ากับ 70:30 มีการขยายตัวเชิงปริมาตรสูงที่สุด ค่าความแข็งเท่ากับ 27.25±1.29 นิวตัน ผลิตภัณฑ์ไม่มีรอยแตกหัก และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุดจากผู้บริโภค ส่วนตัวอย่างเมื่อนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที สามารถรักษาปริมาณไลโคปีนในขนมได้สูงที่สุดเท่ากับ 3.08±0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

2. การทดสอบทางประสาทสัมผัสของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

การทดสอบทางประสาทสัมผัส คือวิธีทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางอาหาร ด้านสี กลิ่น, เนื้อสัมผัส, รสชาติ และความชอบโดยรวมที่ผู้บริโภคมีต่อผลิตภัณฑ์

กฤติยา เขื่อนเพชร และคณะ (2562) ได้พัฒนาสูตรและวิธีการทำแห้งโจ๊กข้าวกึ่งสำเร็จรูปเสริมใยอาหารจากแก่นตะวัน ศึกษาชนิดของข้าวที่เหมาะสมเพื่อผลิตเป็นโจ๊กข้าวกึ่งสำเร็จรูป โดยคัดเลือกจากปลายข้าว 3 ชนิด คือ ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ (RBR) ปลายข้าวหอมมะลิ (JBR) และปลายข้าวเหนียว (SBR) ผลิตเป็นโจ๊กข้าว 4 สูตร ทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบต่อลักษณะด้านสี ความเรียบเนียน ความข้นหนืด กลิ่นรสข้าว และความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point hedonic scale test โดยผู้ทดสอบชิมทั่วไป 60 คน ผลการทดลองพบว่า โจ๊กข้าวกึ่งสำเร็จรูปสูตรที่

ใช้ปลายข้าวไรซ์เบอร์รีร้อยละ 100 ได้รับคะแนนความชอบจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีและความชอบโดยรวมสูงสุดอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย

พรพิไล นิยมเวช และคณะ (2561) ได้พัฒนาสูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปปรุงรสให้ได้สูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ผง มาผสมกับวัตถุดิบที่ผ่านการทำแห้ง เติมเกลือ พริกไทย น้ำตาล และวัตถุปรุงแต่งรสอาหาร (รสไก่) นำผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยศึกษารสชาติที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุด โดยใช้สูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปสูตรที่ 1, 2 และ 3 ด้วยวิธีการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน ที่ชื่นชอบการรับประทานโจ๊ก ทำการทดสอบคุณลักษณะได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นข้าวไรซ์เบอร์รี่ รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ผลการทดลองพบว่า สูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด มีส่วนผสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ เนื้ออกไก่ แครอท ข้าวโพดหวาน ต้นหอม ขิง ผงปรุงรสไก่ เกลือ น้ำตาลทราย และพริกไทย ร้อยละ 70, 15, 5, 5, 0.5, 0.5, 4, 2.5, 2 และ 0.5 ตามลำดับ โดยผู้บริโภคให้คะแนนความชอบระดับปานกลาง เท่ากับ 7.70 คะแนน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ

1. ไข่ขาวเค็มเหลว จากโรงงานไข่เค็ม จังหวัดลพบุรี บรรจุในถุงพลาสติก 2 ชั้น จัดเก็บที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียสก่อนนำมาทำวิจัย และเมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการ จัดเก็บในตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส

2. ปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ แพ็คสุญญากาศ ซื้อมาจากบริษัทรุ่งนที ดีไรซ์ จำกัด จังหวัดพิษณุโลก ประเทศไทย เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน 2565 มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน

3. ข้าวโพดหวานแบบกระป๋อง แคร์รอตสด ต้นหอมสด และขิงสดจากร้านค้า จังหวัดพิษณุโลก

4. พริกไทยขาวป่น ตราไร่ทิพย์

5. น้ำตาลทรายขาว ตราลิน

6. กัวร์กัม ซื้อมาจากบริษัท เมอร์ค เคจี เอเอ จำกัด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง ยี่ห้อ JOHN-MILLDER รุ่น JM-T (Johnson boiler Co., Ltd. Japan)

2. เครื่องอบแห้งแบบ Tray หรือ Cabin ยี่ห้อ SEMCO รุ่น KPO-7

3. เตาแม่เหล็กไฟฟ้า ยี่ห้อ Electrolux รุ่น ETD29kc กำลังไฟฟ้า 2,000 วัตต์ ประเทศไทย

4. เครื่องปั่น ยี่ห้อ Panasonic รุ่น mx-900m ประเทศไทย

5. เครื่องวัดปริมาณน้ำ water activity ยี่ห้อ NOVASINA รุ่น AW-CENTER (Novasina, Axair Ltd., Pfaffikon, Switzerland)

6. เครื่องปั่นตะกอนและแยกองค์ประกอบสารตัวอย่างภายใต้อุณหภูมิต่ำ ยี่ห้อ Hitachi รุ่น CR22N (Hitachi Koki Co., Ltd. Japan)

7. เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Sartorius รุ่น ED2243 (Sartorius AG, Goettingen, Germany)

8. เครื่องวัดสี ยี่ห้อ Hunter Lab รุ่น DP 9000 (Hunter Associates Laboratory Inc., VA, USA)

9. ตู้อบลมร้อน ยี่ห้อ Shellab รุ่น 1375 FX (Sheldon Manufzcturing, Inc., Cornelius, Oregon)

10. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer) ยี่ห้อ VISCOMETER รุ่น RVDV2T (Brookfield Engineering Labs, Stoughton, MA, USA)

11. เครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจนโปรตีนอัตโนมัติ (Automatic Nitrogen protein analyser) (ยี่ห้อ Leco รุ่น TruMac N, U.S.A)

12. Regenerated cellulose tubular membrane รุ่น CelluSep T Series Molecular weight cut-off 3.5 kDa (Membrane Filtration Products, Inc., USA)

13. อุปกรณ์งานครัว ได้แก่ หม้อ ทัพพี ไม้พาย ช้อน จาน ชาม มีด ถุงร้อนแบบใส (Polypropylene)

14. อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ถาด ถ้วยชิม แก้วน้ำ ทิชชู แบบทดสอบ ปากกา

15. เครื่องแก้วและอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ บีกเกอร์ บิวเรท ปิเปตต์ ถาดอลูมิเนียม

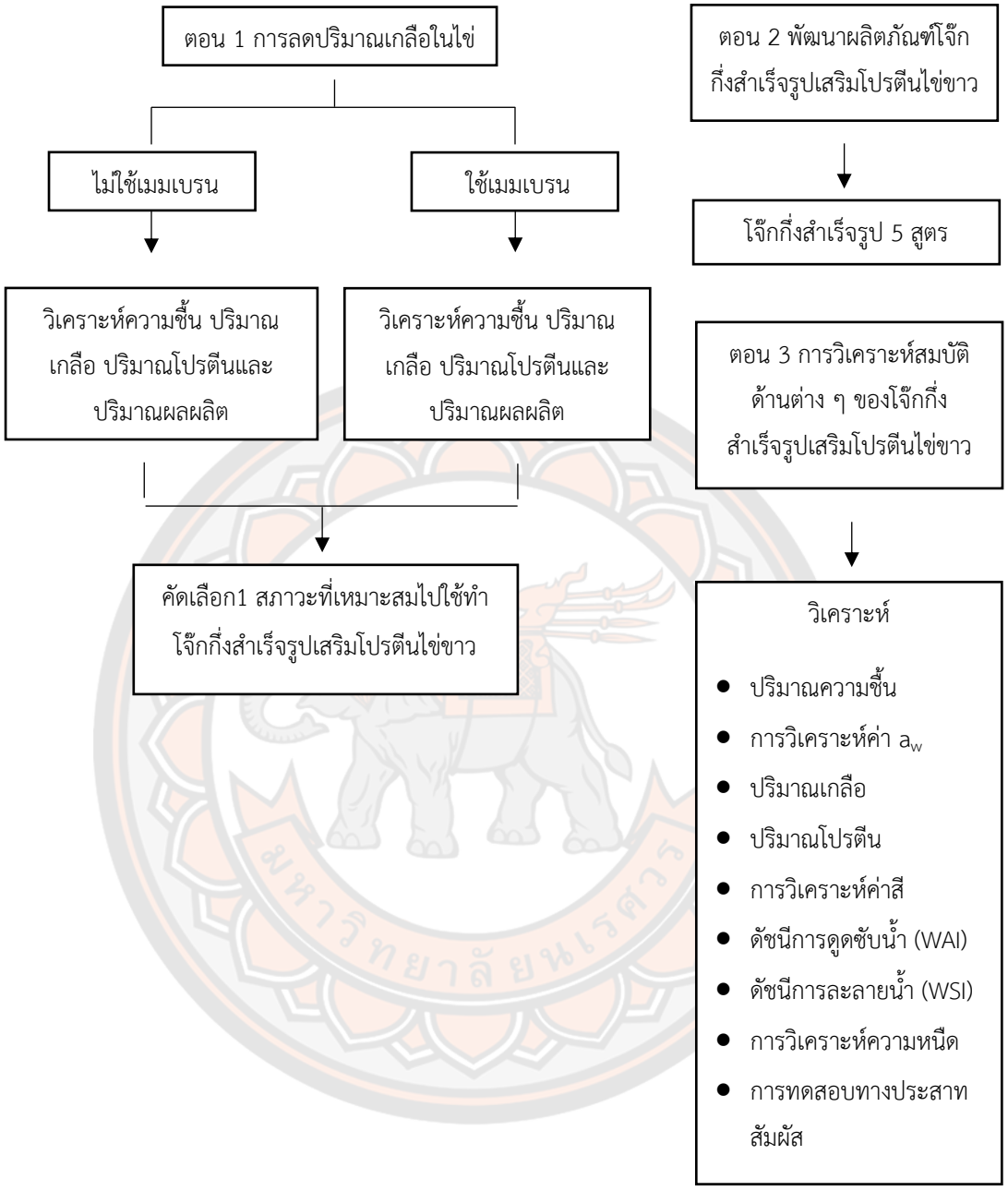
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน แสดงดังภาพ 8 ดังนี้

ตอนที่ 1 การลดเกลือในไข่ขาวเค็ม

ตอนที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ ของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว



ภาพ 8 แผนการดำเนินงาน

ตอนที่ 1 การลดปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็ม

1. การเตรียมตัวอย่างไข่ขาวเค็มลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรน

นำไข่ขาวเค็มที่ได้จากโรงงานมาแยกใส่ถุงร้อนแบบใส (Polypropylene) และชั่งน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นนำไปต้มให้ไข่ขาวเซทตัวในสัดส่วนไข่ขาวต่อน้ำ 1:2 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที นำออกจากถุงมาลดขนาด ชั่งน้ำหนัก แบ่งไปวิเคราะห์ปริมาณเกลือ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ประสิทธิภาพการลดเกลือ และปริมาณผลผลิต นำตัวอย่างที่เหลือไปต้มในน้ำในสัดส่วนไข่ขาวต่อน้ำคือ 1:2 อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ใช้ไม้พายกดเอาน้ำออกผ่านตะแกรง 10 ครั้ง ชั่งน้ำหนัก แบ่งไปวิเคราะห์ปริมาณเกลือ ความชื้น ปริมาณโปรตีน ประสิทธิภาพการลดเกลือ และปริมาณผลผลิต จากนั้นนำตัวอย่างที่เหลือไปต้มต่อจำนวน 6 รอบโดยใช้วิธีการเดิม (ดัดแปลงจากวิธีของ Omoniyi, & Abba, 2018)

1.1 การวิเคราะห์ความชื้น

การวิเคราะห์ความชื้น ใช้วิธีการของ AOAC (2000) ทำโดยชั่งตัวอย่าง 3 กรัม ลงในถ้วยอลูมิเนียม นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ทำซ้ำ 3 ซ้ำ คำนวณหาค่าปริมาณความชื้น จากสมการ

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{w1 - w2 \times 100}{w1}$$

โดย w1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)
w2 คือ น้ำหนักของตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจน โปรตีนอัตโนมัติ (Automatic Nitrogen protein analyser) ใช้วิธีการของ AOAC Official Method 990.03: Combustion Method การวิเคราะห์เริ่มจากชั่งน้ำหนักตัวอย่าง ใส่ภาชนะที่ปราศจากไนโตรเจน จากนั้นนำตัวอย่างไปเผาในเตาเผา (Combustion tube) ที่อุณหภูมิ 1100 องศาเซลเซียส ภายใต้ออกซิเจนที่มีความบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 99.97 % ประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์แสดงผลเป็นปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและสามารถคำนวณเป็นปริมาณโปรตีนโดยคูณด้วยแฟกเตอร์ 6.25

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณเกลือ

การวิเคราะห์ปริมาณเกลือตามวิธีของ AOAC (1990) โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นที่ต้มจนเดือดปริมาตร 100 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้และคนเป็นครั้งคราว จนอุณหภูมิลดลงถึงประมาณ 50-55 องศาเซลเซียส เติม

สารละลาย K_2CrO_4 ปริมาตร 2 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทกับสารละลาย $AgNO_3$ ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน จนถึงจุดยุติ สีน้ำตาลส้มคงอยู่อย่างน้อย 30 วินาที

การคำนวณปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) (%) = $AgNO_3$ (มิลลิลิตร) x 0.585/ ตัวอย่าง (กรัม)

1.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการลดเกลือ

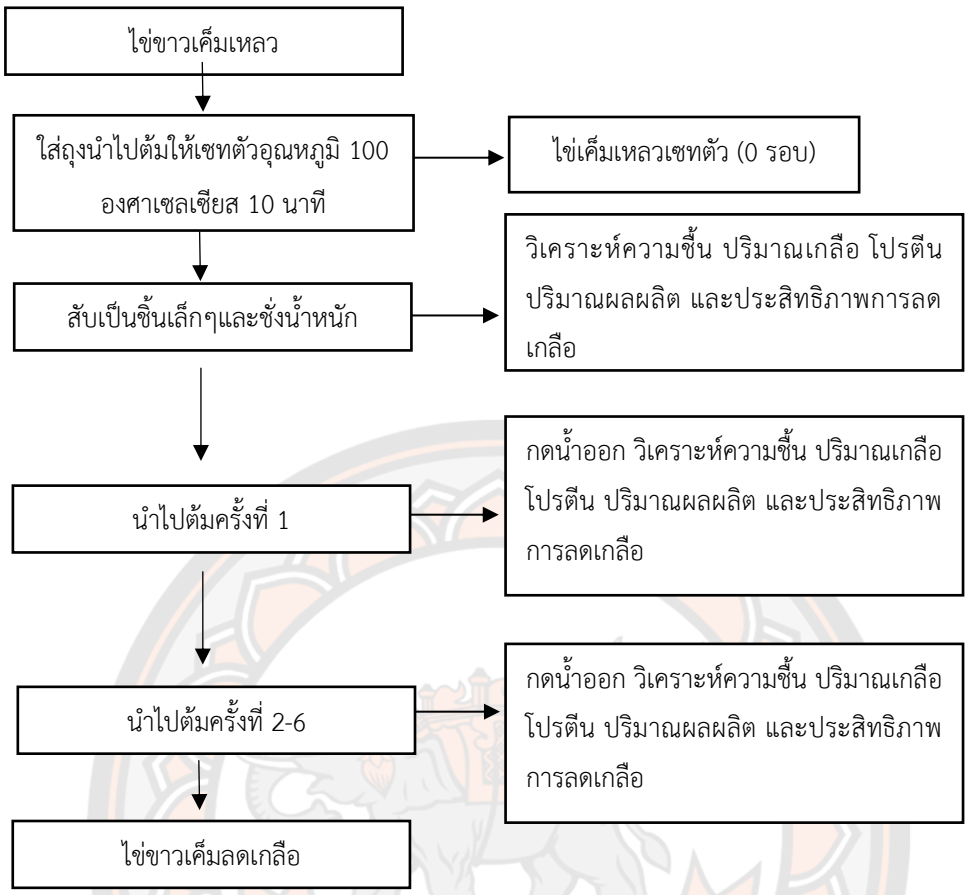
คำนวณหาประสิทธิภาพการลดเกลือตามวิธีของ Thammasena et al, 2019 จากสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพการลดเกลือ} = \frac{(\text{ปริมาณเกลือเริ่มต้น} - \text{ปริมาณเกลือสุดท้าย}) * 100}{\text{ปริมาณเกลือเริ่มต้น}}$$

1.5 การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต

คำนวณหาค่าร้อยละปริมาณผลผลิต (% yield) จากสมการ

$$\% \text{ yield} = \text{ปริมาณผลผลิตสุดท้าย}/\text{ปริมาณผลผลิตเริ่มต้น} * 100$$



ภาพ 9 กระบวนการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรน

2. การลดเกลือโดยใช้เมมเบรน

นำไข่ขาวเค็มจากโรงงาน เทใส่ถาดอลูมิเนียม 100 กรัม ไปอบที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที ให้ได้ไข่ขาวลดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนัก และนำไข่ขาวลดความชื้นไปวิเคราะห์ปริมาณเกลือและโปรตีน จากนั้นชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 9 กรัม นำไปใส่ถุง cellulose tube สำหรับไดอะไลซีส (dialysis) ที่มี molecular weight cut off 3.5 kDa จากนั้นนำไปศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการลดเกลือด้วยวิธีไดอะไลซีส (dialysis) โดยแช่ในน้ำกลั่น 1000 มิลิลิตร แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 5-10 องศาเซลเซียส ทำการศึกษาเวลาในการลดเกลือ คือ 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง (ดัดแปลงจากวิธีของสุภาพร อภิรัตนานุสรณ์ และคณะ, 2563) จากนั้นนำไข่ขาวเค็มหลังไดอะไลซีส ไปวิเคราะห์ ปริมาณความชื้น ปริมาณเกลือ ปริมาณโปรตีน ประสิทธิภาพการลดเกลือ และปริมาณผลผลิต

2.1 การวิเคราะห์ความชื้น

ทำการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการทดลอง 1.1

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ทำการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการทดลอง 1.2

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณเกลือ

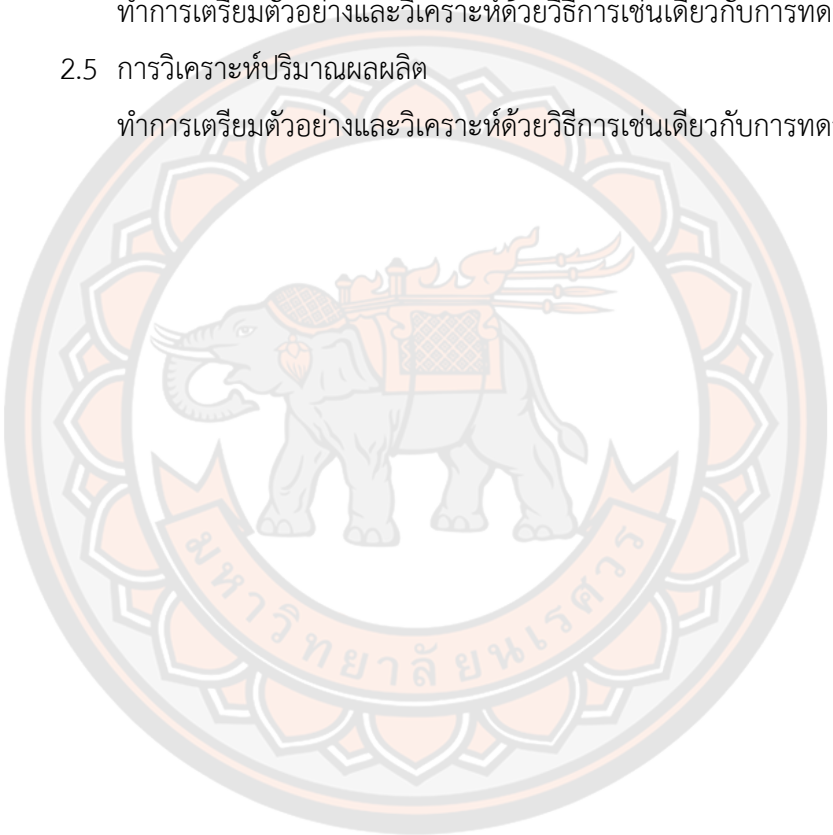
ทำการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการทดลอง 1.3

2.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการลดเกลือ

ทำการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการทดลอง 1.4

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิต

ทำการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการทดลอง 1.5



ภาพ 10 กระบวนการลดเกลือโดยใช้เมมเบรน

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ปริมาณเกลือ และปริมาณโปรตีนของทั้ง 2 วิธี แล้วทำการคัดเลือกไข่ขาวเค็มลดเกลือ 1 สภาวะไปใช้ทำโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป โดยคัดเลือกจากปริมาณผลผลิต ประสิทธิภาพการลดเกลือ และปริมาณโปรตีน

ตอนที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

1. การเตรียมข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่คัดแยกสิ่งเจือปนและล้างทำความสะอาด จากนั้นนำไปต้มกับน้ำในสัดส่วนของปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อน้ำคือ 1: 6 โดยน้ำหนัก ให้ความร้อนด้วยเตาแม่เหล็กไฟฟ้าอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 45 นาที กวนผสมอย่างต่อเนื่อง พักปลายข้าวต้มให้เย็นลงจนอุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส ได้เป็นข้าวไรซ์เบอร์รี่ข้นเพื่อนำมาใช้ในการผลิตโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ข้นที่ได้ผสมกับไข่ขาวลดเกลือในอัตราส่วนในตารางที่ 8 และนำไปปั่น จากนั้นนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้งที่สภาวะอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส แรงดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความเร็วรอบ 10 รอบต่อนาที ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้ง 0.5 มิลลิเมตร นำแผ่นโจ๊กที่ได้มาบดด้วยเครื่องปั่นได้เป็นผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว (ดัดแปลงจากวิธีของสุมาลี มุสิกา และคณะ, 2563)

ตาราง 8 สูตรโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว (กรัม)

วัตถุดิบ	ร้อยละ				
	0	20	40	60	80
ข้าวไรซ์เบอร์รี่ข้น	100.00	80.00	60.00	40.00	20.00
ไข่ขาวเค็มลดเกลือ	-	20.00	40.00	60.00	80.00

เรียกชื่อสูตรตามอัตราส่วนของไข่ขาวหรือสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0, 20, 40, 60 และ 80 ตามลำดับ

2. การเตรียมผักอบแห้งเพื่อผสมกับผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

การทำแห้งผักอบแห้งสำหรับทำผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

แคร์รอตหั่นเป็นลูกเต๋าขนาด 0.5 x 0.5 x 0.5 เซนติเมตร นำไปต้ม 10 นาที

ข้าวโพดหวานหั่นขนาด 0.5 x 0.5 x 0.8 เซนติเมตร นำไปต้ม 10 นาที

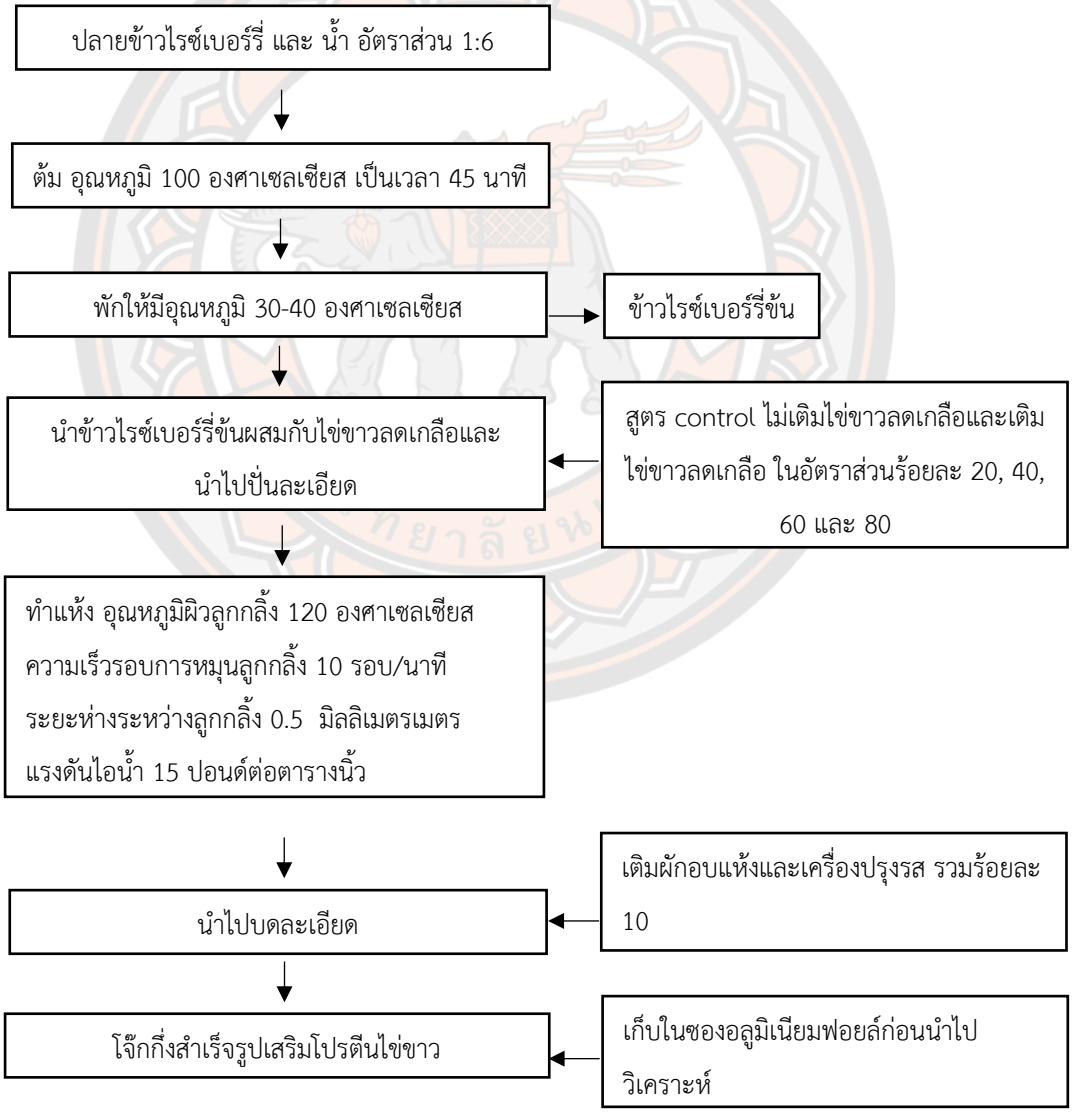
ต้นหอม หั่นขนาด 0.3 x 0.3 x 0.5 เซนติเมตร

ขิงหั่นเป็นเส้นขนาด 0.2 x 1 x 0.2 เซนติเมตร

จากนั้นนำวัตถุดิบทั้งหมดที่เตรียมไว้ทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบ Tray ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งมีปริมาณความชื้นไม่เกินร้อยละ 7 (ดัดแปลงจากวิธีของพรพิไล นิยมเวช และคณะ, 2561)

3. การเตรียมผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

นำผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวร้อยละ 90 ผสมกับผักอบแห้งและเครื่องปรุงรส ได้แก่ แคร์รอต ข้าวโพดหวาน ต้นหอม และขิง อย่างละร้อยละ 1.5 น้ำตาลทรายขาวร้อยละ 2.5 พริกไทยขาวป่นร้อยละ 1 และกัวร์กัมร้อยละ 0.5 (น้ำหนักรวมของผักอบแห้งและเครื่องปรุงรสรวมร้อยละ 10 ของน้ำหนักโจ๊กทั้งหมด) บรรจุผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว ในซองอลูมิเนียมฟอยล์ขนาดเล็กปิดสนิท ปริมาณซองละ 5 กรัม เก็บในโถดูดความชื้นเป็นเวลา 2 วัน (ดัดแปลงจาก พรพิไล นิยมเวช และคณะ (2561) จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ และวิเคราะห์คุณภาพด้านประสาทสัมผัส ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว แสดงดัง ภาพ 11



ภาพ 11 กระบวนการผลิตโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ ของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

นำผลิตภัณฑ์ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปและโจ๊กคืนรูปที่ได้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ แสดงดังตาราง 9

ตาราง 9 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีกายภาพ

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพ	ผงโจ๊ก	โจ๊กคืนรูป
1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น	✓	
2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน	✓	
3. การวิเคราะห์ปริมาณเกลือ	✓	
4. การวิเคราะห์ค่า a_w	✓	
5. การวิเคราะห์ค่าสี	✓	
6. การวิเคราะห์ดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI)	✓	
7. การวิเคราะห์ดัชนีการละลายน้ำ (WSI)	✓	
8. การวิเคราะห์ค่าความหนืด		✓
9. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส		✓

1. การวิเคราะห์สมบัติด้านเคมีและกายภาพ

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

ทำการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการทดลอง 1.1

1.2 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

ทำการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการทดลอง 1.2

1.3 การวิเคราะห์ปริมาณเกลือ

ทำการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับการทดลอง 1.3

1.4 การวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอคทีวิตี้

ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม นำไปใส่ในภาชนะสำหรับบรรจุตัวอย่าง จากนั้นนำไปวัดค่า a_w ทำการทดสอบโดยใช้เครื่อง Water Activity, a_w ยี่ห้อ Aqua Lab, model: Series 4TE,U.S.A ทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำและบันทึกการทดลอง

1.5 การวิเคราะห์ค่าสี

ใช้ตัวอย่างผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวปริมาณ 25-30 กรัม อุณหภูมิตัวอย่างที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25 องศาเซลเซียส) วิเคราะห์ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี Hunter Lab, Color Flex EZ,UK มีค่ามาตรฐาน white plate คือ ค่าความสว่าง (L*) เท่ากับ 94.16 ค่าสีแดง (a*)

เท่ากับ -0.81 และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 1.46 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รายงานผลค่าความสว่าง (L*) ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) จากนั้นคำนวณค่าความแตกต่างสีโดยรวม (ΔE) จากสมการ

$$\triangle E = \sqrt{(L^*_0 - L^*)^2 + (a^*_0 - a^*)^2 + (b^*_0 - b^*)^2}$$

L*, a* และb* คือ ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและสีเขียว และค่าสีเหลืองและสีน้ำเงินของตัวอย่างเติม ไข่ขาวร้อยละ 20, 40, 60 และ80

L_0^*, a_0^* และ b_0^* คือ ค่าความสว่าง ค่าสีแดงและสีเขียว และค่าสีเหลืองและสีน้ำเงินของตัวอย่างเติมไข่ขาวร้อยละ 0

1.6 การวิเคราะห์ความหนืด

วิเคราะห์ค่าความหนืดโดยชั่งตัวอย่างผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 35 กรัม เติมน้ำร้อน 250 มิลลิลิตร (ปริมาณน้ำร้อนเท่ากันทุกตัวอย่าง) อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิตัวอย่างลดลงถึง 60-65 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer ใช้หัววัด R7 (ตัวอย่างโจ๊กคืนรูปเติมไข่ขาวร้อยละ 0 และ20) ใช้หัววัด R5 (ตัวอย่างโจ๊กคืนรูปเติมไข่ขาวร้อยละ 40) ใช้หัววัด R2 (ตัวอย่างโจ๊กคืนรูปเติมไข่ขาวร้อยละ 60 และ80) โดยอธิบายค่าความหนืดที่ความเร็วรอบ 40 รอบ/นาที

1.7 การวิเคราะห์ดัชนีการดูดซับน้ำ (Water Absorption Index, WAI)

การวัดดัชนีการดูดซับน้ำวิเคราะห์ตามวิธีของ Anderson et al. (1969) ทำโดยชั่งผงโจ๊ก กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว ปริมาณ 2.5 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 มิลลิลิตร จากนั้นทำการคนทุก ๆ 5 นาที เป็นเวลา 30 นาที นำส่วนที่ติดกับแท่งแก้วมาล้างด้วยน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แยกน้ำส่วนใสด้านบนออก และนำหลอดหมุนเหวี่ยงพร้อมส่วนที่เหลือไปชั่งน้ำหนักคำนวณค่าดัชนีการดูดซับน้ำ ดังสมการ

$$WAI = \frac{\text{น้ำหนักหลอดหมุนเหวี่ยงพร้อมตะกอน} - \text{น้ำหนักหลอดหมุนเหวี่ยง}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

1.8 การวิเคราะห์ดัชนีการละลายน้ำ (Water Soluble Index, WSI)

การวัดดัชนีการละลายน้ำวิเคราะห์ตามวิธีของ Anderson et al. (1969) ทำโดยชั่งผง โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว ปริมาณ 2.5 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 30 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เทส่วนใสลงในถ้วยอลูมิเนียม นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักเพื่อคำนวณ จากสมการ

$$WSI = \frac{\text{น้ำหนักส่วนที่ละลายน้ำได้}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

2. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

โครงการวิจัยผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวรเอกสารเลขที่ COA No. 469/2022 โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน เป็นผู้ที่มีอายุ 20 ปีบริบูรณ์ขึ้นไป จำนวน 30 คน มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เตรียมตัวอย่างผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 5 กรัม เติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ปริมาณ 36 (ปริมาณน้ำร้อนอ้างอิงจากคนอร์โจ๊กซอง), 35, 30, 25 และ20 มิลลิลิตร ในตัวอย่างที่เติมไข่ขาวร้อยละ 0, 20, 40, 60 และ80 ตามลำดับ เสิร์ฟในถ้วยพลาสติกทนร้อนขนาด 2 ออนซ์ พร้อมน้ำเปล่า ใส่รหัสตัวอย่างโดยใช้เลขสุ่ม 3 หลัก ทำการเสิร์ฟตัวอย่างให้ผู้ทดสอบขณะที่โจ๊กมีอุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบโดยใช้ 3 วิธี ดังนี้

2.1 สเกล 9-point hedonic scale

วิธีการทดสอบโดยใช้สเกล 9-point hedonic scale โดยให้คะแนน 9 = ชอบมากที่สุด, 8 = ชอบมาก, 7 = ชอบปานกลาง, 6 = ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 2 = ไม่ชอบมาก และ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด ประเมินในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม

2.2 สเกลวัดความพอดี (Just about right, JAR scale)

วิธีการทดสอบโดยใช้สเกลวัดความพอดี (Just about right, JAR scale) 5 ระดับ ทำการทดสอบคุณลักษณะ ได้แก่ สีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่ รสเค็มของโจ๊ก ความข้นหนืดของโจ๊กและเนื้อสัมผัสของโจ๊ก โดยเกณฑ์การพิจารณาค่าความถี่ที่อยู่ในระดับพอดีมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 65 ไม่ต้องทำการปรับปรุงลักษณะ (จารุวรรณ สุพรรณพยัคฆ์ และคณะ, 2563) แต่หากมีค่าไม่ถึงให้พิจารณาค่า net effect ซึ่งค่า net effect หรือค่า net scores แสดงถึงขนาดและทิศทางของความแตกต่างระหว่างตัวอย่าง ซึ่งคำนวณได้จากร้อยละของคำตอบที่ระบุว่า “เข้มไป” ลบด้วยร้อยละของคำตอบที่ระบุว่า “อ่อนไป” หากค่า net effect มีความแตกต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 20 ไม่ต้องทำการปรับปรุงในคุณลักษณะนั้นๆ แต่หากมีค่ามากกว่าร้อยละ 20 ให้พิจารณาปรับตามทิศทางที่มากกว่า (โสมศิริ สมถวิล และสุจินดา ศรีวัฒนะ, 2555)

2.3 สเกลความเข้ม (intensity

วิธีการทดสอบโดยใช้สเกลความเข้ม 5 ระดับ โดยทำการประเมินด้านกลิ่นไข่ขาวของผลิตภัณฑ์ 1=ไม่มีกลิ่นคาว 2=กลิ่นคาวเล็กน้อย 3=กลิ่นคาวปานกลาง 4=กลิ่นคาวมาก 5=กลิ่นคาวมากไป

2.4 การวิเคราะห์แบบพีนอลตี (ค่าเฉลี่ยที่ลดลง)

จากนั้น คัดเลือกสูตรโจ๊กคืนรูปที่มีคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด นำไปประเมินแนวทางในการตัดสินใจเกี่ยวกับการปรับปรุงลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น โดยใช้การวิเคราะห์แบบพีนอลตี (ค่าเฉลี่ยที่ลดลง) หรือ Penalty (mean drop) analysis การวิเคราะห์แบบพีนอลตีเป็นวิธีคำนวณเพื่อใช้ประเมินความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูลที่ได้จากวิธีการทดสอบโดยใช้สเกลวัดความพอดี (Just about right, JAR scale) และข้อมูลการยอมรับรวมที่ได้จากสเกลความชอบ 9 จุด (9-point hedonic scale) (วิวัฒน์ หวังเจริญ, 2556) การคำนวณวิเคราะห์แบบ พีนอลตี ดังสมการ

Mean Drop = ค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมของระดับที่ไม่พอดี–ค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมของระดับพอดี

Total Penalty = Mean Drop × ร้อยละของคำตอบของระดับที่ไม่พอดี

ตาราง 10 ความหมายของค่าเฉลี่ยที่ลดลงและค่าพีนอลตีทั้งหมด

ผลลัพธ์	ความหมาย
ค่าเฉลี่ยที่ลดลง	
0.0 ถึง -0.99	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อยมาก
-1.0 ถึง -1.49	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อย
-1.5 ถึง -1.99	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์ตอการยอมรับรวมปานกลาง
-2.0 ขึ้นไป	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีความสัมพันธ์ตอการยอมรับรวมมาก
ค่าพีนอลตีทั้งหมด	
> | 0.25 |	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีผลตอการยอมรับรวม
> | 0.5 |	ความเข้มของลักษณะที่สนใจมีผลตอการยอมรับรวมอย่างมาก

ที่มา: วิวัฒน์ หวังเจริญ, 2556

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการเก็บรวบข้อมูลจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง คือ

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) เป็นแหล่งข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่าง โดยเมื่อได้รับแบบสอบถามคืน ผู้วิจัยดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของแบบสอบถามที่ได้รับคืนมาเพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่รวบรวมจากหนังสือ เอกสาร บทความทางวิชาการ รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต (แคสรียา สุขไพศาล, 2554)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) สำหรับวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีทดลอง 3 ซ้ำ และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design) สำหรับการประเมินทางประสาทสัมผัส วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยธี Duncan’s new multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากแผนการวิจัยในบทที่ 3 ทำการได้เปรียบเทียบวิธีการลดเกลือ 2 วิธี ได้แก่ การลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรนและใช้เมมเบรน จากนั้นต้องการคัดเลือกไข่ขาวเค็มลดเกลือ 1 สภาวะที่เหมาะสม โดยคัดเลือกจากปริมาณผลผลิต ประสิทธิภาพการลดเกลือ และปริมาณโปรตีน เพื่อนำไปใช้ผลิตโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ตอนที่ 1 การลดปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็ม

1. ผลการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรน

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

จากการศึกษาผลการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรน แสดงดังตาราง 11 พบว่า ไข่ขาวเค็มเหลวมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 84.58 ซึ่งใกล้เคียงกับผลของ Zhao et al., (2014) ที่ได้รายงานว่า ไข่ขาวเป็นหนึ่งในองค์ประกอบหลักของไข่ทั้งฟอง มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 84-89 เมื่อนำไข่ขาวเค็มไปลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรน พบว่า ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นเป็นผลมาจาก ไข่ขาวเมื่อผ่านความร้อนจะเสียสภาพธรรมชาติ ทำให้เกิดเจล (Zhao et al., 2014) การเกิดเจลของโปรตีนทำให้เกิดโครงสร้างตาข่าย (mesh structure) ซึ่งมีลักษณะเหนียวและเพิ่มการยึดเกาะ โดยโครงสร้างตาข่ายมีรูพรุนขนาดเล็กสามารถกักเก็บความชื้นได้ เมื่อไข่ขาวผ่านความร้อนปริมาณความชื้นจึงเพิ่มขึ้น (Liu et al., 2020)

1.2 ปริมาณโปรตีน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของไข่ขาวเค็ม พบว่า ไข่ขาวเค็มเหลวมีปริมาณโปรตีนเริ่มต้นร้อยละ 72.28 เมื่อเพิ่มจำนวนรอบในการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรน ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นในรอบที่ 5, 6, และ 7 (ตาราง 11)

ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก เมื่อไข่ขาวได้รับความร้อน กรดอะมิโนที่อยู่ในโปรตีน ทรงกลม (globular proteins) จะเกิดการคลายออก (unfolding) ทำให้โครงสร้างเปลี่ยนแปลงหรือโปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ โดยเกิดการ cross-linking ระหว่างพันธะ sulfur atoms ทำให้ ไข่ขาวอยู่ในสถานะไม่ละลายน้ำ แต่ยังมีโปรตีนบางชนิดที่สามารถทนความร้อนได้จะไม่สูญเสียแม้ว่าผ่านความร้อนสูง เช่น โปรตีนโอวัลบูมิน (Ovalbumin), คอนแอลบิวมิน

(Conalbumin), โอโวมิวคอยด์ (Ovomucoid), ไลโซไซม์ (Lisozime), และโกลบูลิน G_2 (Globulin G_2) ที่สามารถทนความร้อนได้ที่ 84, 61, 77, 75, และ 92.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

การเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน ทำให้โมเลกุลของโปรตีนเกิดการแตกตัวและรวมตัวกันเป็นกลุ่มก้อนทำให้ไข่ขาวเกิดเป็นเจลหรือโครงสร้างแบบโครงข่าย (network structure) (Alleoni, 2006) ปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความร้อน สอดคล้องกับผลการทดลองของ Omoniyi, (2017) พบว่าเมื่อให้ความร้อนแก่ ไข่โรดไอส์แลนด์ (Rhod island red egg) 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 15, และ 30 นาที ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 12.40 เป็นร้อยละ 12.71, 12.90, และ 13.39 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตที่ได้จากวิธีการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรนจำนวน 7 รอบ แสดงดังตาราง 11 พบว่า ปริมาณผลผลิตของไข่ขาวลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรนจำนวน 7 รอบ อยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 93.72-99.49 ซึ่งปริมาณผลผลิตของไข่ขาวลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรนจำนวน 7 รอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตาราง 11 ความชื้น,ปริมาณโปรตีนและผลผลิตของไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรน

จำนวนรอบ	ความชื้น (ร้อยละ)	โปรตีน (ร้อยละฐานแห้ง)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)^{ns}
ไข่ขาวเค็มเหลว	84.58 ± 0.86^{de}	72.48 ± 6.37^{bc}	-
0	83.27 ± 0.60^{e}	69.10 ± 4.26^{bc}	-
1	84.12 ± 0.20^{de}	76.09 ± 5.91^{b}	99.49 ± 0.01
2	84.82 ± 0.55^{cd}	73.09 ± 3.86^{bc}	95.83 ± 6.21
3	84.15 ± 0.04^{de}	63.93 ± 3.57^{c}	99.42 ± 0.06
4	85.87 ± 0.38^{bc}	79.09 ± 1.55^{b}	95.86 ± 5.99
5	86.50 ± 0.72^{ab}	97.93 ± 1.78^{a}	95.02 ± 7.24
6	86.89 ± 0.22^{ab}	94.01 ± 3.51^{a}	94.14 ± 8.43
7	87.70 ± 1.53^{a}	91.22 ± 7.82^{a}	93.72 ± 8.79

หมายเหตุ: $^{a-e}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

คำนวณหาค่าร้อยละปริมาณผลผลิต = น้ำหนักไข่ขาวหลังต้มลดเกลือ/น้ำหนักไข่ขาวก่อนต้มลดเกลือ * 100

1.3 ปริมาณเกลือ

เมื่อพิจารณาปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็ม (ตาราง 12) พบว่าปริมาณเกลือเริ่มต้นและปริมาณเกลือของไข่ขาวเค็มต้มเซทตัว (0 รอบ) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อนำไปลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรนจำนวน 7 รอบ พบว่าปริมาณเกลือลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการลดเกลือของไข่ขาวเค็ม พบว่าจำนวนรอบของการลดเกลือที่ 3, 4, 5, 6, และ 7 รอบ มีประสิทธิภาพการลดเกลือไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้ปริมาณเกลือที่ลดลงเป็นผลมาจาก เกิดการแพร่ผ่านของเกลือ โดยเกลือจะแพร่จากตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูงไปยังน้ำซึ่งมีความเข้มข้นของเกลือต่ำกว่า โมเลกุลของน้ำมีขนาดเล็กและมีความเป็นขั้วสูง โมเลกุลของน้ำจะจับกับโมเลกุลของเกลือ ส่งผลทำให้ปริมาณเกลือในไข่ขาวลดลง (ชัยวัฒน์ วามวรรัตน์, 2564)

ตาราง 12 ปริมาณเกลือและประสิทธิภาพการลดเกลือของไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรน

จำนวนรอบ	ปริมาณเกลือ (ร้อยละฐานแห้ง)	ประสิทธิภาพการลดเกลือ (ร้อยละ)
ไข่ขาวเค็มเหลว	36.96 ± 1.56^{a}	-
0	35.53 ± 0.30^{a}	-
1	11.60 ± 1.31^{b}	68.61 ± 3.55^{c}
2	5.29 ± 0.57^{c}	85.69 ± 1.53^{b}
3	1.66 ± 0.24^{d}	95.51 ± 0.65^{a}
4	1.11 ± 0.23^{d}	97.00 ± 0.62^{a}
5	0.99 ± 0.24^{d}	97.32 ± 0.64^{a}
6	1.25 ± 0.42^{d}	96.62 ± 1.14^{a}
7	1.06 ± 0.28^{d}	97.13 ± 0.76^{a}

หมายเหตุ: $^{a-d}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ประสิทธิภาพการลดเกลือ = (ปริมาณเกลือเริ่มต้น – ปริมาณเกลือสุดท้าย) *100/ปริมาณเกลือเริ่มต้น

2. การลดเกลือโดยใช้เมมเบรน

2.1 ปริมาณความชื้น

จากการศึกษาผลการลดเกลือโดยใช้เมมเบรน แสดงดังตาราง 13 พบว่า ไข่ขาวเค็มเหลวมีปริมาณความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 84.58 เมื่อนำไข่ขาวไปลดความชื้นเหลือร้อยละ 62.03 การนำไข่ขาวไปลดความชื้น เนื่องจาก ไข่ขาวมีปริมาณน้ำมาก มีความเข้มข้นของเกลือน้อยและต้องใช้ ถุงไดอะไลซีสจำนวนมากในกระบวนการลดเกลือ ดังนั้นจึงนำไข่ขาวไปลดความชื้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการลดเกลือ หลังจากกระบวนการไดอะไลซีสปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากน้ำสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ถุงไดอะไลซีสได้โดยแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น (Thammasena et al., 2019) ปริมาณความชื้นที่แตกต่างกัน เนื่องจาก อัตราการสูญเสียน้ำของไข่ขาวเค็มระหว่างกระบวนการลดความชื้นแตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าความชื้นของตัวอย่างก่อนและหลังไดอะไลซีสแตกต่างกัน

2.2 ปริมาณโปรตีนและปริมาณผลิต

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนของไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยใช้เมมเบรนเป็นเวลา 6, 12, 18, และ 24 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณโปรตีนหลังไดอะไลซีสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากตารางที่ 13 พบว่า จำนวนชั่วโมงในการไดอะซีสที่ 12 ชั่วโมง มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด คือ ร้อยละ 77.74 รองลงมา คือ 6, 24, และ 18 ชั่วโมง โดยมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 66.00, 55.02, และ 44.62 ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนที่ลดลงเป็นผลมาจากเกิดการสูญเสียโปรตีนบางชนิดที่มีน้ำหนัก MWCO น้อยกว่า 3.5 kDa โดยโปรตีนที่มีน้ำหนัก MWCO น้อยกว่า 3.5 kDa สามารถเคลื่อนที่ออกจากตัวอย่างผ่านถุงเมมเบรนไปยังบริเวณนอกถุงเมมเบรนได้ เป็นผลทำให้ปริมาณโปรตีนลดลง (Sattayasai, 2012)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตที่ได้หลังจากการลดเกลือโดยใช้เมมเบรน พบว่า ปริมาณผลผลิตของไข่ขาวลดเกลือโดยใช้เมมเบรนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากตารางที่ 13 พบว่า จำนวนชั่วโมงในการไดอะซีสที่ 12 ชั่วโมง มีปริมาณผลผลิตสูงที่สุด คือร้อยละ 134.07 รองลงมา คือ 24, 6, และ 18 ชั่วโมง โดยมีปริมาณผลผลิตร้อยละ 122.12, 118.37, และ 113.22ตามลำดับ ปริมาณผลผลิตที่แตกต่างกัน เป็นผลมาจาก ตัวอย่างมาจากคนละถาดเมื่อนำไปอบลดความชื้นทำให้มีความเข้มข้นต่างกัน เมื่อนำตัวอย่างไปทำไดอะไลซีส ตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง จะทำให้น้ำผ่านเข้าไปในถุงในตอนแรกอย่างมากก่อนที่เกลือจะเคลื่อนที่ออกจากถุง ทำให้ปริมาณน้ำภายในถุงเพิ่มขึ้น ปริมาณผลผลิตจึงเพิ่มขึ้น (ชัยวัฒน์ วามวรรัตน์, 2564)

ตาราง 13 ความชื้น, ปริมาณโปรตีนและผลผลิตของไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยใช้เมมเบรน

ตัวอย่าง	ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณโปรตีน (ร้อยละฐานแห้ง)	ปริมาณผลผลิต (ร้อยละ)
ไข่ขาวเค็มเหลว	84.58 ± 0.86[a]	72.49 ± 6.35[a]	-
ไข่ขาวลดความชื้น	62.03 ± 1.44[c]	77.24 ± 2.87[a]	-
dialysis 6 ชั่วโมง	73.43 ± 8.31[b]	66.00 ± 7.76[ab]	118.37 ± 13.39[ab]
dialysis 12 ชั่วโมง	83.16 ± 0.25[a]	77.74 ± 0.70[a]	134.07 ± 06.70[a]
dialysis 18 ชั่วโมง	70.23 ± 3.76[bc]	44.62 ± 7.48[b]	113.22 ± 07.44[b]
dialysis 24 ชั่วโมง	75.75 ± 0.77[ab]	55.02 ± 0.95[ab]	122.12 ± 11.15[ab]

หมายเหตุ: [a-c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ไข่ขาวลดความชื้น หมายถึง ไข่ขาวเค็มเหลวนำไปอบลดความชื้น

คำนวณหาค่าร้อยละปริมาณผลผลิต = น้ำหนักไข่ขาวลดความชื้นหลังไดอะไลซีส/น้ำหนักไข่ขาวลดความชื้นก่อนไดอะไลซีส * 100

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณเกลือ

ปริมาณเกลือของไข่ขาวเค็ม แสดงดังตาราง 14 พบว่า เมื่อนำไข่ขาวเค็มเหลวไปลดความชื้นมีปริมาณเกลือเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 36.96 เป็นร้อยละ 46.55 ซึ่งปริมาณเกลือที่สูงเป็นผลมาจากความชื้นของไข่ขาวเค็มเหลวลดลง ทำให้ไข่ขาวเค็มเหลวมีความเข้มข้นมากขึ้นปริมาณเกลือจึงสูงขึ้น (เรียกตัวอย่างนี้ว่า ไข่ขาวลดความชื้น) เมื่อนำไข่ขาวลดความชื้นไปลดเกลือโดยใช้เมมเบรนเป็นเวลา 6, 12, 18, และ 24 ชั่วโมง พบว่าปริมาณเกลือหลังไดอะไลซีสทุกตัวอย่างไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการลดเกลือโดยใช้เมมเบรนพบว่า ไข่ขาวลดความชื้นมีประสิทธิภาพการลดเกลือร้อยละ 95.28 – 95.86 และมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยค่าที่ได้ใกล้เคียงกับรายงานของ Thammasena et al (2019) ได้รายงานผลการทดลองว่า วิธีการลดเกลือโดยใช้กระบวนการอัลตราฟิลเตรชัน (ultrafiltration) molecular weight cut 100 kDa มีประสิทธิภาพการลดเกลือร้อยละ 92.93 อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการทดลองของสุภาพร อภิรัตนานุสรณ์ และคณะ (2563) ได้ศึกษาผลของการลดเกลือในไข่ขาวเค็มโดยใช้ถุงไดอะไลซีส molecular weight cut 12,600 Da แล้วนำไปอบแห้งให้ได้ผงไข่ขาวเค็ม พบว่าผงไข่ขาวเค็มก่อนลดปริมาณเกลือ มีปริมาณเกลือร้อยละ 31.32 เมื่อนำไปลดเกลือเหลือร้อยละ 3.51 มีประสิทธิภาพการลดเกลือร้อยละ 88.79

ตาราง 14 ปริมาณเกลือก่อนและหลังไดอะไลซีส และประสิทธิภาพการลดเกลือของไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยใช้เมมเบรน

ตัวอย่าง	ปริมาณเกลือ ก่อนไดอะไลซีส (ร้อยละฐานแห้ง)	ปริมาณเกลือ หลังไดอะไลซีส (ร้อยละฐานแห้ง)^{ns}	ประสิทธิภาพการลดเกลือ (ร้อยละ)^{ns}
ไข่ขาวเค็มเหลว	36.96 ± 1.56^{b}	-	-
ไข่ขาวลดความชื้น	46.55 ± 0.87^{a}	-	-
dialysis 6 ชั่วโมง	46.65 ± 1.29^{a}	2.20 ± 0.12	95.28 ± 0.20
dialysis 12 ชั่วโมง	47.39 ± 1.41^{a}	2.19 ± 0.23	95.38 ± 0.37
dialysis 18 ชั่วโมง	45.64 ± 0.90^{a}	1.89 ± 0.05	95.86 ± 0.18
dialysis 24 ชั่วโมง	46.90 ± 2.62^{a}	2.11 ± 0.19	95.51 ± 0.31

หมายเหตุ: $^{a-b}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ประสิทธิภาพการลดเกลือ = (ปริมาณเกลือเริ่มต้น – ปริมาณเกลือสุดท้าย) *100/ปริมาณเกลือเริ่มต้น

เมื่อเปรียบเทียบผลการลดปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็มของวิธีการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรนและใช้เมมเบรน พบว่าวิธีการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรนมีประสิทธิภาพการลดเกลือและปริมาณโปรตีนมากกว่าวิธีการลดเกลือโดยใช้เมมเบรน แม้ว่าการใช้เมมเบรนในการลดเกลือเป็นวิธีที่ได้ปริมาณผลผลิตมากกว่าและใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่การใช้เมมเบรนในการลดเกลือเป็นวิธีที่ซับซ้อน ใช้เวลานานและมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรนไปใช้ทำโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวในตอนที่ 2 โดยเลือกการลดเกลือโดยไม่ใช้เมมเบรนที่จำนวนการต้ม 5 รอบ เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างจากรอบที่ 6 และ 7

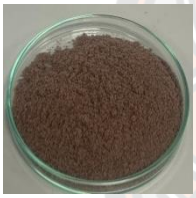
ตอนที่ 2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว

การพัฒนาโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว โดยนำไข่ขาวที่ผ่านการลดเกลือไปปั่นผสมกับข้าวไรซ์เบอร์รี่ข้น จากนั้นทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง แสดงดังภาพ 12

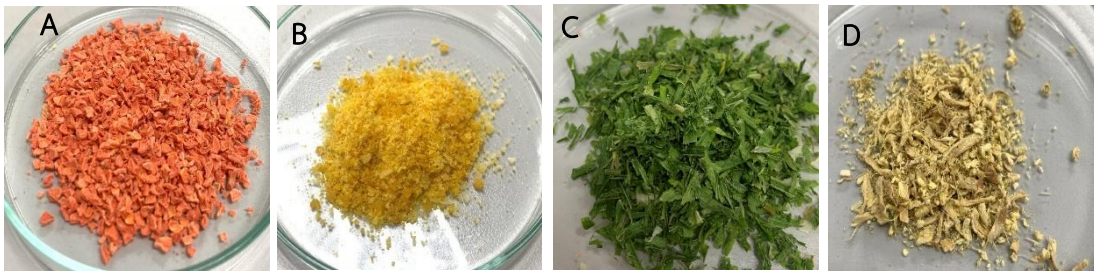
ภาพ 12 กระบวนการทำแห้งโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวโดยใช้เครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง

จากการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่อไข่ขาวลดเกลือทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่ สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0, 20, 40, 60 และ 80 ได้ผลการทดลองแสดงดังตาราง 15

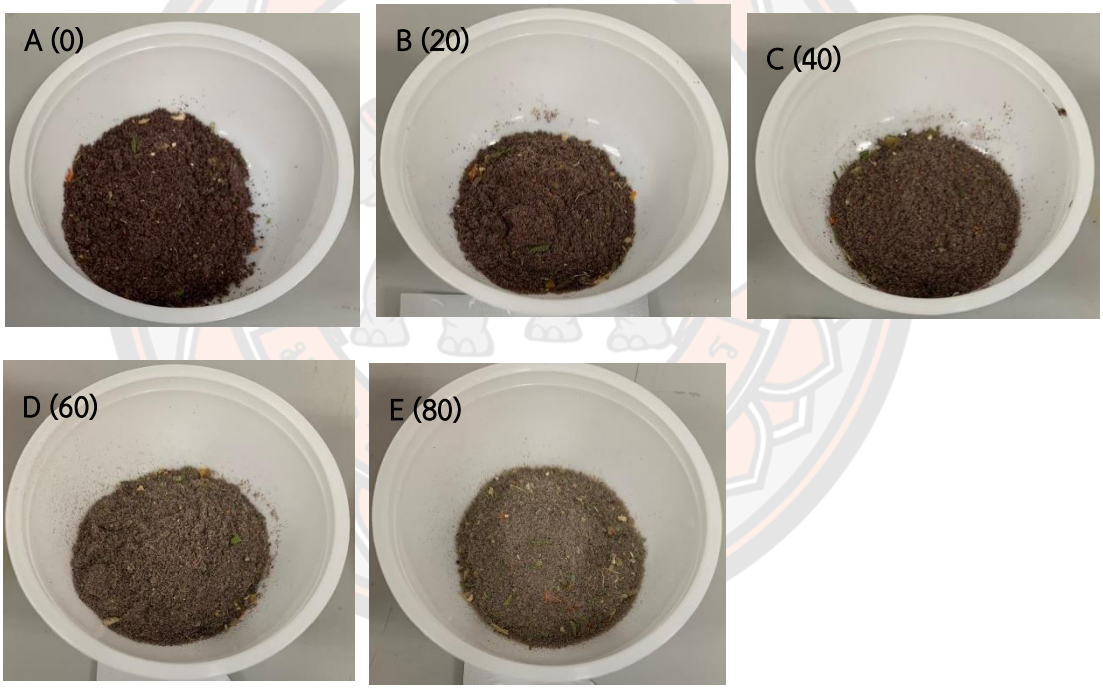
ตาราง 15 ลักษณะปรากฏของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 5 ตัวอย่าง

	สูตร	ลักษณะปรากฏของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว
	0	มีสีม่วงเข้ม
	20	มีสีม่วงเข้ม
	40	มีสีม่วงอ่อนกว่าสูตร 0 และ 20
	60	มีสีม่วงอ่อนกว่าสูตร 0, 20 และ 40
	80	มีสีม่วงอ่อน

เมื่อผลิตผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่มีไข่ขาวแตกต่างกัน 5 ระดับแล้ว จึงนำไปผสมกับผักอบแห้งและเครื่องปรุงรส (ภาพ 13) ได้แก่ แคร์รอต ข้าวโพดหวาน ต้นหอม ขิง น้ำตาล ทรายขาวพริกไทยขาวป่น และกัวร์กัม ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวหลังผสมกับผักอบแห้งและเครื่องปรุงรส แสดงดังภาพ 14



ภาพ 13 ผักอบแห้งที่ใช้ในการทดลอง
(A แคร์รอตอบแห้ง, B ข้าวโพดหวานอบแห้ง, C ต้นหอมอบแห้ง และD ขิงอบแห้ง)



ภาพ 14 ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่เติมไข่ขาวหลังผสมกับผักอบแห้ง และเครื่องปรุงรส

ตาราง 16 ลักษณะปรากฏและข้อคิดเห็นของผู้ทดสอบต่อโจ๊กคืนรูป

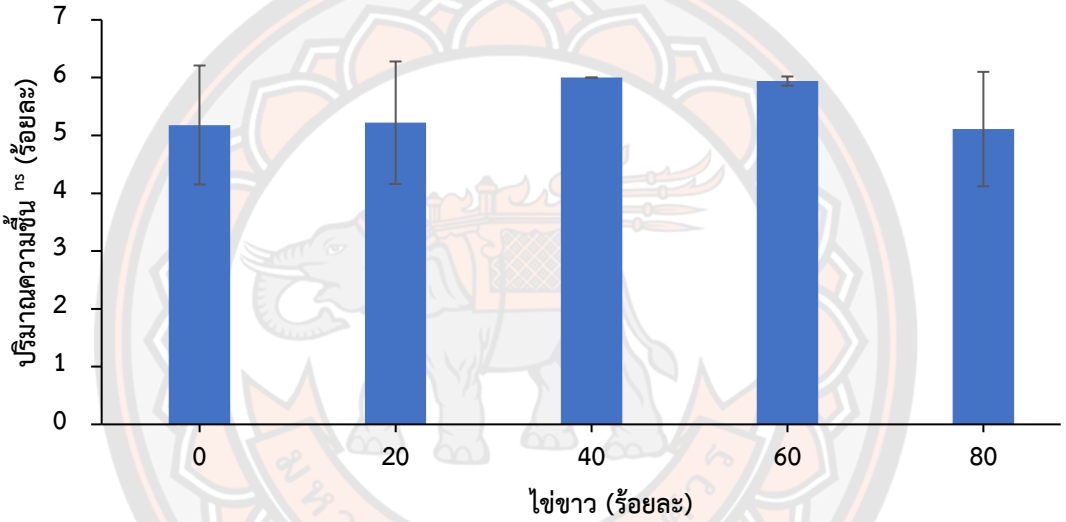
สูตร	ลักษณะปรากฏ	ข้อคิดเห็นจากผู้ทดสอบชิม
	0 **มีสีม่วงเข้ม มีความข้นหนืด เนื้อสัมผัสเนียน**	รสชาติหวานนำ
	20 **มีสีม่วง มีความข้นหนืด เนื้อสัมผัสเนียนละเอียด**	รสชาติหวานนำ
	40 **มีสีม่วง มีความข้นหนืด เนื้อสัมผัสเนียน**	รสชาติจืด
	60 **มีสีม่วงอ่อน มีความข้นหนืดน้อยกว่าสูตร 0, 20 และ 40 เนื้อสัมผัสค่อนข้างหยาบ**	รสชาติจืด
	80 **มีสีเทาอมม่วงอ่อน มีความข้นหนืดน้อยที่สุด เนื้อสัมผัสหยาบ**	รสชาติเค็มเล็กน้อย

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีน

1. สมบัติด้านเคมีและกายภาพ

1.1 ปริมาณความชื้น

จากผลการทดลองพบว่า ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทุกตัวอย่าง (ภาพ 15) มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 5.11-6.00 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป (มอก.) ที่กำหนดไว้ว่า ต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 7

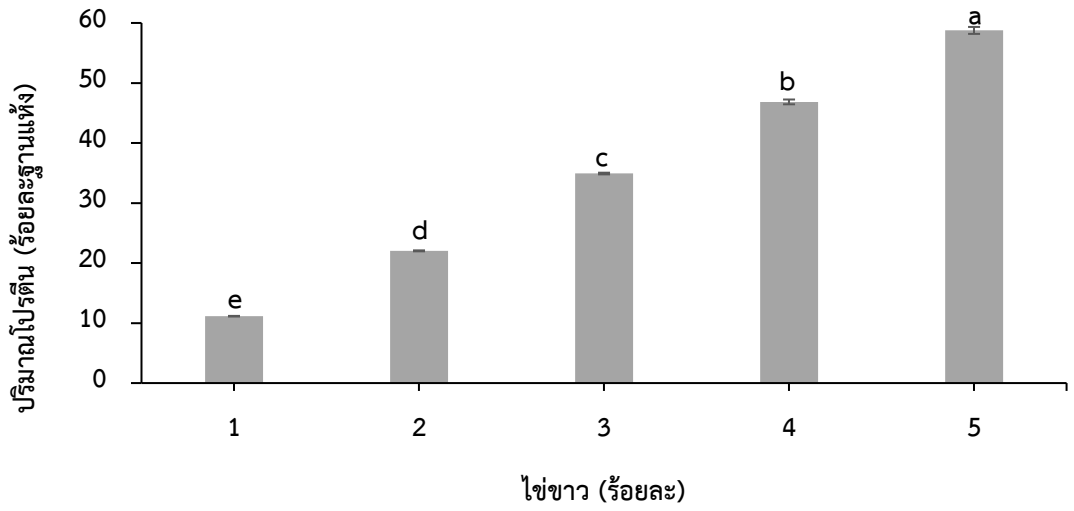


ภาพ 15 ปริมาณความชื้นของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้ง 5 ตัวอย่าง

หมายเหตุ: ns ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

1.2 ปริมาณโปรตีน

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีน (ภาพ 16) พบว่าตัวอย่างที่เติมไข่ขาวร้อยละ 0 มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 11.14 ซึ่งใกล้เคียงกับผลของ กฤติยา เขื่อนเพชร และคณะ (2562) รายงานว่าโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 11.48 และเมื่อเติมไข่ขาวลงไป โดยในไข่ขาวมีโปรตีนร้อยละ 9.7-10.6 (อรัชพร ดีประเสริฐ, 2561) ทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ปริมาณโปรตีนของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทุกตัวอย่าง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่กำหนดให้โปรตีนต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 8 โดยน้ำหนัก

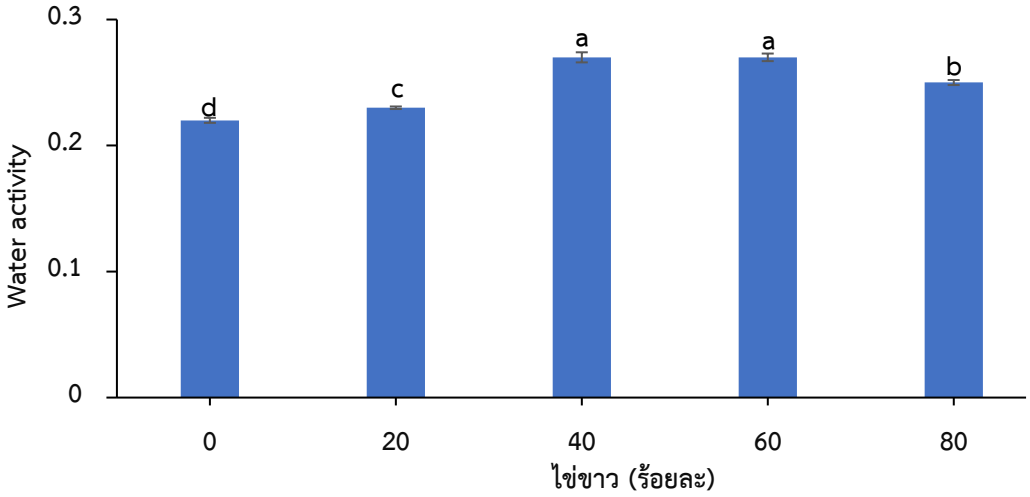


ภาพ 16 ปริมาณโปรตีนของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้ง 5 ตัวอย่าง

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

1.3 ค่า water activity

เมื่อพิจารณาค่า aw ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว แสดงใน ภาพ 17 พบว่าผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทุกตัวอย่างมีค่าน้อยกว่า 0.6 เมื่อค่า a_w ต่ำกว่า 0.6 ทำให้มีสภาวะไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ส่งผลให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ได้นาน (กฤติยา เขื่อนเพชร และคณะ, 2562) และเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป (มผช.) ที่กำหนดไว้ว่ามีปริมาณน้ำอิสระ (a_w) ไม่เกิน 0.6 โดยน้ำหนัก

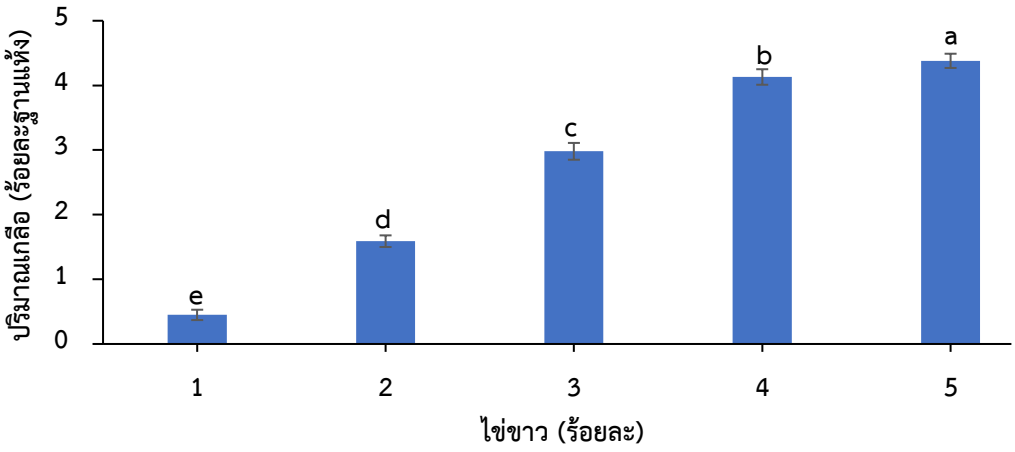


ภาพ 17 ค่า water activity ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้ง 5 ตัวอย่าง

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

1.4 ปริมาณเกลือ

จากการทดลองการวิเคราะห์ปริมาณเกลือของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่มีสัดส่วนของไข่ขาวที่แตกต่างกัน 5 ระดับ (ภาพ 18) พบว่า ตัวอย่างที่เติมไข่ขาวร้อยละ 80 มีปริมาณเกลือสูงกว่าปริมาณเกลือของตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากการเพิ่มอัตราส่วนไข่ขาวเค็มส่งผลให้ปริมาณเกลือในตัวอย่างโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเพิ่มขึ้น



ภาพ 18 ปริมาณเกลือของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้ง 5 ตัวอย่าง

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

1.5 ค่าสี

เมื่อพิจารณาค่าสี (L*, a* และ b*) ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว (ตาราง 17) พบว่าเมื่อเติมไข่ขาวมากขึ้น ทำให้ค่าความสว่าง (L*) ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวและโจ๊กคืนรูปมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสีม่วงเข้มเมื่อเติมไข่ขาวส่งผลทำให้มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีแดง (a*) ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบซึ่งเป็นรงควัตถุหรือสารสีแดงถึงม่วง เมื่อเติมไข่ขาวที่มีสีขาวลงไปจึงส่งผลทำให้ค่า a* ลดลง ค่าสีเหลือง (b*) ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้ความร้อนในการทำแห้งของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปทำให้เกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ที่มีในข้าวไรซ์เบอร์รี่กับโปรตีนที่มีในไข่ ทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้นในผลิตภัณฑ์ (อรัชพร ดีประเสริฐ, 2561) ดังนั้น เมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวผลิตภัณฑ์จึงมีค่า b* เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าความแตกต่างสีโดยรวม ($\triangle E$) ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว พบว่า เมื่อปริมาณไข่ขาวมากขึ้นค่าความแตกต่างสีโดยรวมจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่เสริมโปรตีนไข่ขาว

ตาราง 17 ค่าสีของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่มีสัดส่วนของไข่ขาวที่แตกต่างกัน 5 ระดับ

ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว	ค่าสี			
	L*	a*	b*	△E
0	40.88 ± 0.01^{e}	8.08 ± 0.01^{a}	6.50 ± 0.01^{e}	-
20	43.62 ± 0.00^{d}	7.85 ± 0.01^{b}	7.23 ± 0.02^{d}	2.84 ± 0.01^{d}
40	47.33 ± 0.01^{c}	6.58 ± 0.01^{c}	7.82 ± 0.01^{c}	6.75 ± 0.01^{c}
60	48.74 ± 0.01^{b}	5.95 ± 0.01^{d}	7.90 ± 0.01^{b}	8.26 ± 0.00^{b}
80	52.74 ± 0.00^{a}	4.53 ± 0.02^{e}	8.12 ± 0.00 ^{a}	12.49 ± 0.01^{a}

หมายเหตุ: $^{a-e}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

1.6 ความหนืด

เมื่อพิจารณาค่าความหนืดของโจ๊กคืนรูปที่มีสัดส่วนของไข่ขาวที่แตกต่างกัน 5 ระดับ (ตาราง 18) พบว่า ตัวอย่างเติมไข่ขาวร้อยละ 0 มีค่าความหนืดสูงสุด คือ 18466.67 cp รองลงมา คือตัวอย่างไข่ขาวร้อยละ 20, 40, 60 และ 80 มีค่าความหนืด 10333.33, 1553.33, 575.67 และ117.67 cp ตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงความหนืดของโจ๊กคืนรูปขึ้นอยู่กับปริมาณและขนาดของอะมิโลสและอะมิโลเพคตินที่มีในข้าวไรซ์เบอร์รี่ (กฤติยา เขื่อนเพชร และคณะ, 2562) เมื่อปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดลง ทำให้ค่าความหนืดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อปริมาณไข่ขาวเพิ่มขึ้น ทำให้โจ๊กคืนรูปมีความหนืดน้อยลง เนื่องจาก โปรตีนในไข่ขาวเมื่อผ่านความร้อนสูงจะทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (denaturation) และเกิดการรวมตัวกันทำให้โปรตีนตกตะกอน (aggregation) (Akkouche, 2012) ส่งผลทำให้เมื่อปริมาณไข่ขาวเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์จึงมีความหนืดน้อยลง ($p<0.05$)

1.7 การวิเคราะห์ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI)

ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว (ตาราง 18) เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการดูดซับน้ำของสตาร์ช (กฤติยา เขื่อนเพชร และคณะ, 2562) จากผลการทดลองพบว่า ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) ของตัวอย่างเติมไข่ขาวร้อยละ 0 มีค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) สูงสุด คือ 647.15 รองลงมาคือ ตัวอย่างเติมไข่ขาวร้อยละ 20, 40, 60 และ 80 มีค่าดัชนี

การดูดซับน้ำ 547.81, 439.97, 443.38 และ 419.73 ตามลำดับ ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) ของตัวอย่างเติมไข่ขาวร้อยละ 0 มีค่าสูงสุด เนื่องจากในข้าวไรซ์เบอร์รี่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบ เมื่อผ่านความร้อนที่อุณหภูมิสูง ความร้อนจะไปทำลายพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแป้ง ส่งผลทำให้ข้าวไรซ์เบอร์รี่สามารถดูดซับน้ำได้ดีกว่าตัวอย่างอื่นๆ เมื่อปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่ลดลง ทำให้ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรพิไล นิยมเวช และคณะ (2561) ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนาสูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป โดยศึกษาผลของอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง ผลของความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้ง และผลของปัจจัยร่วมระหว่างอุณหภูมิผิวลูกกลิ้ง และความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าดัชนีการดูดซับน้ำ จากการทดลอง พบว่า ค่าดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI) ของผงข้าวไรซ์เบอร์รี่มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วรอบการหมุนของลูกกลิ้งและอุณหภูมิผิวลูกกลิ้งสูงขึ้น เนื่องจาก เมื่อผงข้าวไรซ์เบอร์รี่ผ่านความร้อนสูง พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของแป้งถูกทำลาย ส่งผลทำให้แป้งโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่สามารถดักจับน้ำและดูดซับน้ำได้มากขึ้น ดังนั้น ตัวอย่างเติมไข่ขาวร้อยละ 0 จึงมีค่าดัชนีการดูดซับน้ำสูงกว่าตัวอย่างที่เติมไข่ขาวร้อยละ 20, 40, 60 และ 80

1.8 การวิเคราะห์ค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI)

ค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) ของผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว (ตาราง 18) เป็นค่า ที่แสดงถึงปริมาณโพลีแซ็กคาไรด์ในอาหารที่ละลายน้ำได้ โดยจะถูกปล่อยจากองค์ประกอบของแป้งหลังกระบวนการผลิตและขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่ละลายน้ำได้ (กฤติยา เขื่อนเพชร และคณะ, 2562) จากผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างที่เติมไข่ขาวร้อยละ 40, 60 และ 80 มีค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) สูงกว่าตัวอย่างที่เติมไข่ขาวร้อยละ 0 และ 20 โดยมีค่าค่าดัชนีการละลายน้ำ 7.26, 6.93, 6.63, 4.62 และ 4.25 ตามลำดับ เป็นผลมาจาก ความร้อนสูงส่งผล ทำให้โครงสร้างของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ มีลักษณะเป็นเกล็ดสี่เหลี่ยม พื้นผิวของอนุภาคบางส่วนมีลักษณะเรียบและบางส่วนมีลักษณะเป็นหลุม ส่วนโครงสร้างของไข่ขาวจะมีขนาดและพื้นผิวของอนุภาคที่เล็กและเรียบ เมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวมากขึ้น ค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) จึงมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vargas-del-Río et al. (2022) ได้ผลิตผงไข่ไก่และศึกษาอัตราส่วนของไข่แดงต่อไข่ขาว การเติมน้ำตาลซูโครสต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพและคุณสมบัติทางโภชนาการและกรดอะมิโนของผงไข่ไก่ พบว่า ค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) ของผงไข่ไก่ทั้งฟอง, ผงไข่ขาว และผงไข่แดงผสมไข่ขาวในอัตราส่วน 1:3 ทุกตัวอย่างมีค่าสูงกว่าร้อยละ 80 เนื่องจากผลของอุณหภูมิในการทำแห้ง, การละลายน้ำของตัวอย่างที่เป็นของเหลว และขนาดอนุภาค ส่งผลทำให้อนุภาคของตัวอย่างเล็กลงและเพิ่มพื้นที่ผิวของตัวอย่าง ตัวอย่างจึงมีพื้นที่สัมผัสน้ำมากขึ้น การละลายน้ำจึงมีค่าสูงขึ้น ดังนั้น เมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวในตัวอย่างมากขึ้น จึงทำให้ค่าดัชนีการละลายน้ำ (WSI) มีค่าสูงขึ้น

ตาราง 18 ความหนืด,ดัชนีการดูดซับน้ำและดัชนีการละลายน้ำของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปมีสัดส่วนของไข่ขาวที่แตกต่างกัน 5 ระดับ

โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว	ความหนืด (cp)	ดัชนีการดูดซับน้ำ (WAI)	ดัชนีการละลายน้ำ (WSI)
0	18466.67 ± 305.51[a]	647.15 ± 19.28[a]	4.25 ± 0.13[b]
20	10333.33 ± 57.74[b]	547.81 ± 10.11[b]	4.62 ± 0.22[b]
40	1553.33 ± 20.82[c]	439.97 ± 8.91[cd]	6.63 ± 0.20[a]
60	575.67 ± 4.16[d]	443.38 ± 6.46[c]	6.93 ± 0.68[a]
80	117.67 ± 15.5[e]	419.73 ± 5.58[d]	7.26 ± 0.10[a]

หมายเหตุ: [a-e] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ค่าความหนืดโดยเตรียมผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวต่อน้ำ คือ 35(กรัม): 250(มิลลิลิตร)

2. การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.1 การใช้สเกล 9-point hedonic scale, สเกลวัดความพอดี (Just about right, JAR scale) และสเกลความเข้ม (intensity)

2.1.1 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 30 คน ที่มีต่อตัวอย่างโจ๊กคืนรูปที่มีสัดส่วนของไข่ขาวที่แตกต่างกัน 5 ระดับ (ตาราง 19) พบว่า คะแนนความชอบโดยรวมของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 สูงกว่าคะแนนความชอบโดยรวมของสูตรอื่น ๆ ยกเว้น สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านคุณลักษณะต่าง ๆ พบว่า คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี และเนื้อสัมผัสของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 และ 40 ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 สูงกว่าคะแนนของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตาราง 19 คะแนนเฉลี่ยคุณภาพทางประสาทสัมผัสของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวโดยวิธี 9-point hedonic scale

โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0	5.10±1.69^{b}	5.47±1.91^{ab}	5.17±1.21^{b}	4.00±1.70^{c}	5.20±2.12^{ab}	5.27±1.68^{b}
20	6.20±1.19^{a}	5.77±1.77^{a}	5.27±1.20^{b}	4.80±1.37^{bc}	5.67±2.09^{a}	5.73±1.31^{ab}
40	6.00±1.55^{a}	5.70±1.53^{a}	6.40±1.38^{a}	5.70±1.90^{a}	5.67±1.67^{a}	6.37±1.45^{a}
60	5.30±1.37^{b}	5.33±1.29^{ab}	5.67±1.79^{b}	5.30±1.72^{ab}	4.90±1.75^{ab}	5.57±1.48^{b}
80	5.17±1.46^{b}	4.93±1.44^{b}	5.10±1.69^{b}	5.47±1.94^{ab}	4.57±1.87^{b}	5.23±1.48^{b}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* ตัวอย่างผงโจ๊ก 5 กรัมทุกสูตร ต่อน้ำร้อนปริมาณ 36, 35, 30, 25 และ 20 มิลลิลิตร ในตัวอย่างที่เติมไข่ขาวร้อยละ 0, 20, 40, 60 และ 80 ตามลำดับ

2.1.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีวัดความพอดี

การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีวัดความพอดี เลือกทดสอบด้วยตัวอย่าง 2 ตัวอย่าง ได้แก่ โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่เติมไข่ขาวร้อยละ 0 และ 40 เนื่องจาก เพื่อเปรียบเทียบโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่ไม่เติมไข่ขาวและเติมไข่ขาว ส่วนโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่เติมไข่ขาวร้อยละ 40 นำไปพิจารณาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีวัดความพอดี เนื่องจาก ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมของสูตรอื่น ๆ ยกเว้น สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 แต่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติ สูงกว่าคะแนนของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 (ตาราง 19)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale ร่วมกับวิธี วัดความพอดี(5-point just about right) จากผลการทดสอบความชอบและความพอดีของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่เสริมโปรตีนไข่ขาวของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0 แสดงดังตาราง 20 พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่ อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย มีคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.14 ด้านรสเค็มของโจ๊ก อยู่ในระดับเฉย ๆ มีคะแนนความชอบเฉลี่ย 5.33 ด้านความข้นหนืดของโจ๊ก อยู่ในระดับชอบเล็กน้อย มีคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.25 และด้นเนื้อสัมผัสของโจ๊ก อยู่ในระดับเฉย ๆ ถึงชอบเล็กน้อย โดยมีคะแนนความชอบเฉลี่ย 5.94

ผลการทดสอบความพอดี พบว่า คุณลักษณะของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่เสริมโปรตีนไข่ขาวของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0 ในทุกด้าน อยู่ในระดับไม่พอดี เนื่องจาก ความถี่ของผู้บริโภคมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 65 เมื่อพิจารณาค่า net effect พบว่ามีค่ามากกว่าร้อยละ 20 ดังนั้น ควรปรับปรุงคุณลักษณะโดย ลดสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่ให้อ่อนลง เพิ่มรสเค็มของโจ๊ก ลดความข้นหนืดของโจ๊ก และเพิ่มเนื้อสัมผัสของโจ๊ก

ตาราง 20 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale และวิธีการทดสอบความพอดีของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่เสริมโปรตีนไข่ขาวของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ทิศทางการปรับปรุง					
		ลดลงมาก	**ลดลงเล็กน้อย**	**พอดี**	**เพิ่มขึ้นเล็กน้อย**	**เพิ่มขึ้นมาก**	**Net effect**
สีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่	**6.14 ± 0.90**	**30.00**	**46.67**	**23.33**	**0.00**	**0.00**	**76.67**
รสเค็มของโจ๊ก	**5.33 ± 1.53**	**0.00**	**3.33**	**10.00**	**36.67**	**50.00**	**83.34**
ความข้นหนืดของโจ๊ก	**6.25 ± 1.49**	**33.33**	**33.33**	**26.67**	**6.67**	**0.00**	**59.99**
เนื้อสัมผัสของโจ๊ก	**5.94 ±1.39**	**0.00**	**6.67**	**56.67**	**20.00**	**16.66**	**29.99**

หมายเหตุ: คะแนนความชอบเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณมาจากคะแนนความชอบโดยรวมจากวิธี 9-point hedonic scale และวิธีการทดสอบความพอดี

ผลการทดสอบความชอบและความพอดีของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่เสริมโปรตีนไข่ขาวของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 แสดงดังตาราง 21 พบวา ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบเฉลี่ยด้านสีของม่วงข้าวไรซ์เบอร์รี่ อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง มีคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.88 ด้านรสเค็มของโจ๊ก อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง มีคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.81 ด้านความข้นหนืดของโจ๊ก อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง มีคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.52 และด้านเนื้อสัมผัสของโจ๊ก อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง มีคะแนนความชอบเฉลี่ย 6.94

ผลการทดสอบความพอดี พบว่า คุณลักษณะของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่เสริมโปรตีนไข่ขาวของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 ด้านความข้นหนืดของโจ๊ก อยู่ในระดับพอดี ในขณะที่ด้านสีม่วงของ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ด้านรสเค็มของโจ๊ก และเนื้อสัมผัสของโจ๊ก อยู่ในระดับไม่พอดี เนื่องจาก ความถี่ของผู้บริโภคมี ค่าน้อยกว่าร้อยละ 65 เมื่อพิจารณาค่า net effect พบว่า ด้านเนื้อ

สัมผัสของโจ๊ก มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 20 จึงไม่ต้องปรับปรุงคุณลักษณะนี้ ส่วนด้านสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่และรสเค็ม ของโจ๊ก มีค่า net effect มากกว่าร้อยละ 20 ดังนั้น ควรปรับปรุงคุณลักษณะโดยเพิ่มสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่และเพิ่มรสเค็มของโจ๊ก

ตาราง 21 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธี 9-point hedonic scale และวิธีการทดสอบความพอดีของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่เสริมโปรตีนไข่ขาวของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ทิศทางการปรับปรุง					
		ลดลงมาก	ลดลงเล็กน้อย	พอดี	เพิ่มขึ้นเล็กน้อย	เพิ่มขึ้นมาก	Net effect
สีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่	6.88 ± 1.26	0.00	6.67	53.33	40.00	0.00	33.33
รสเค็มของโจ๊ก	6.81 ± 1.38	0.00	3.33	53.34	40.00	3.33	40.00
ความข้นหนืดของโจ๊ก	6.52 ± 1.36	0.00	6.67	83.33	10.00	0.00	-
เนื้อสัมผัสของโจ๊ก	6.94 ± 1.34	6.67	23.33	53.33	16.67	0.00	13.33

หมายเหตุ: คะแนนความชอบเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณมาจากคะแนนความชอบโดยรวมจากวิธี 9-point hedonic scale และวิธีการทดสอบความพอดี

2.1.3 ความเข้มด้านกลิ่นคาว

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคะแนนความเข้มด้านกลิ่นคาว (ตาราง 22) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0, 20, 40 และ 60 อยู่ในระดับไม่มีกลิ่นคาว มีเพียงสูตรเติมไข่ขาว ร้อยละ 80 มีคะแนนความเข้มด้านกลิ่นคาวสูงกว่าสูตรอื่นๆโดยอยู่ในระดับมีกลิ่นคาวเล็กน้อย

ตาราง 22 คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินความเข้มด้านกลิ่นคาวโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว 5 ตัวอย่าง

โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว	คะแนนความเข้มด้านกลิ่นคาว
0	1.27 ± 0.64^{bc}
20	1.33 ± 0.55^{bc}
40	1.20 ± 0.41^{c}
60	1.67 ± 0.96^{b}
80	2.17 ± 1.02^{a}

หมายเหตุ: $^{a-c}$ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สูตรเติมไข่ร้อยละ 60 และ 80 ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณโปรตีนสูงแต่มีคะแนนความชอบรวมน้อยกว่าสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 และ 40 ทั้งนี้เนื่องจาก การเติมไข่ขาวปริมาณมากมีผลต่อลักษณะปรากฏ กลิ่นรส และเนื้อสัมผัสของโจ๊กคืนรูป ดังนั้น การคัดเลือกสูตรโจ๊กคืนรูปที่เหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อ ได้แก่ สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 เพราะนอกจากมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นและรสชาติสูงกว่าสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 แล้วยังเป็นสูตรที่มีปริมาณโปรตีนสูงกว่าสูตรเติมไข่ขาว ร้อยละ 20

2.2 การวิเคราะห์แบบพีนอลตี (ค่าเฉลี่ยที่ลดลง) หรือ Penalty (mean drop) analysis

เนื่องจากสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 มีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง จึงใช้การวิเคราะห์แบบพีนอลตีเพื่อสรุปแนวทางที่ควรตัดสินใจปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ได้รับคะแนนความชอบสูงขึ้น โดยนำผลการทดสอบจากมาตราความชอบ 9 จุด (9-point hedonic scale) และการประเมินโดยใช้มาตราพอดี (Just about right scale, JAR) มาคำนวณค่าเฉลี่ยที่ลดลง (Mean drop value) และ ค่าพีนอลตีทั้งหมด (Total penalty value) แสดงดังตาราง 23

ด้านสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ อยู่ในระดับไม่พอดี เนื่องจากความถี่ของผู้บริโภคเท่ากับร้อยละ 53.33 และให้คะแนนความชอบเท่ากับ 6.88 สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ -0.71 ค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.0 ถึง -0.99 แสดงว่า สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อยมาก (Very slightly concerning) และสีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เข้มเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ -1.88 ค่าที่ได้อยู่ในช่วง -1.5 ถึง -1.99 แสดงว่า สีของข้าวไรซ์

เบอร์รี่ที่เข้มเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมปานกลาง (concerning) เมื่อพิจารณาค่าพีนอลตีทั้งหมด พบว่า สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไป มีค่าพีนอลตีทั้งหมดเท่ากับ 0.2840 ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่า สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไป มีผลต่อการยอมรับรวม (Noteworthy) ในขณะที่ สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เข้มเกินไป มีค่าพีนอลตีทั้งหมดเท่ากับ 0.1254 และไม่มีผลต่อการยอมรับรวม (No effect)

ด้านเนื้อสัมผัสของโจ๊ก อยู่ในระดับไม่พอดี เนื่องจากความถี่ของผู้บริโภคเท่ากับร้อยละ 53.33 และให้คะแนนความชอบเท่ากับ 6.94 เนื้อสัมผัสของโจ๊กที่เละเกินไปและหยาบเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ -1.14 และ-1.08 ตามลำดับ ค่าที่ได้อยู่ในช่วง -1.0 ถึง -1.49 แสดงว่า เนื้อสัมผัสของโจ๊กที่เละเกินไปและหยาบเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อย (slightly concerning) เมื่อพิจารณาค่าพีนอลตีทั้งหมด พบว่า เนื้อสัมผัสของโจ๊กที่เละเกินไป มีค่าพีนอลตีทั้งหมดเท่ากับ 0.1900 ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่า เนื้อสัมผัสของโจ๊กที่เละเกินไป ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม (No effect) ในขณะที่ เนื้อสัมผัสของโจ๊กที่หยาบเกินไป ค่าพีนอลตีทั้งหมดเท่ากับ 0.3240 และมีผลต่อการยอมรับรวม (Noteworthy)

ด้านรสเค็มของโจ๊ก อยู่ในระดับไม่พอดี เนื่องจากความถี่ของผู้บริโภคเท่ากับร้อยละ 53.33 และให้คะแนนความชอบเท่ากับ 6.81 รสเค็มของโจ๊กที่อ่อนเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ -0.56 ค่าที่ได้อยู่ในช่วง 0.0 ถึง -0.99 แสดงว่า รสเค็มของโจ๊กที่อ่อนเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อยมาก (Very slightly concerning) และรสเค็มของโจ๊กที่เค็มเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ -1.81 ค่าที่ได้อยู่ในช่วง -1.5 ถึง -1.99 แสดงว่า รสเค็มของโจ๊กที่เค็มเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมปานกลาง (concerning) เมื่อพิจารณาค่าพีนอลตีทั้งหมด พบว่า รสเค็มของโจ๊กที่อ่อนเกินไปและเค็มเกินไป มีค่าพีนอลตีทั้งหมดเท่ากับ 0.2426 และ 0.0603 ตามลำดับ ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่า รสเค็มของโจ๊กที่อ่อนเกินไปและเค็มเกินไป ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม (No effect)

ด้านความข้นหนืดของโจ๊กคืนรูป อยู่ในระดับพอดี และให้คะแนนความชอบเท่ากับ 6.52 (ความถี่ที่ระดับพอดีมีร้อยละ 83.33) ความข้นหนืดของโจ๊กคืนรูปที่น้อยเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ 0.15 แสดงว่า ความข้นหนืดของโจ๊กคืนรูปที่น้อยเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อยมาก (Very slightly concerning) และความข้นหนืดของโจ๊กคืนรูปที่ข้นเกินไป มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงเท่ากับ -1.02 ค่าที่ได้อยู่ในช่วง -1.0 ถึง -1.49 แสดงว่า ความข้นหนืดของโจ๊กคืนรูปที่ข้นเกินไป มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อย (slightly concerning) เมื่อพิจารณาค่าพีนอลตีทั้งหมด พบว่า ความข้นหนืดของโจ๊กคืนรูปที่น้อยเกินไปและข้นเกินไป มีค่าพีนอลตีทั้งหมดเท่ากับ 0.0150 และ 0.0680 ตามลำดับ ค่าที่ได้แสดงให้เห็นว่า ความข้นหนืดของโจ๊กคืนรูปที่น้อยเกินไปและข้นเกินไป ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม (No effect)

การที่สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่อ่อนเกินไปและเนื้อสัมผัสของโจ๊กที่หยาบเกินไป อยู่ในระดับไม่พอดี ส่งผลต่อการยอมรับรวม ดังนั้น แนวทางในการพัฒนาสูตรที่เติมไข่ขาวร้อยละ 40 ให้ได้รับคะแนนความชอบเพิ่มขึ้น จึงควรปรับปรุงสูตรให้ได้โจ๊กที่มีสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เข้มขึ้น โดยการเพิ่มปริมาณปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ และเนื้อสัมผัสของโจ๊กควรปรับให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น

ตาราง 23 ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยวิธีวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยที่ลดลงและค่าพีนอลตีทั้งหมดของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่เติมไข่ขาวร้อยละ 40

คุณลักษณะ	ลักษณะที่สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบจากมาตราความพอดี#	คะแนนความชอบเฉลี่ยจากมาตราความชอบ 9 จุด*	ค่าเฉลี่ยที่ลดลง	ความหมาย	ค่าพีนอลตีทั้งหมด	ความหมาย
สีของข้าวไรซ์เบอร์รี่	อ่อนเกินไป	40	6.17	-0.71	มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อยมาก	0.2840	มีผลต่อการยอมรับรวม
	พอดี	53.33	6.88				
	เข้มเกินไป	6.67	5.00	-1.88	มีความสัมพันธ์กับการยอมรับปานกลาง	0.1254	ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม
เนื้อสัมผัสของโจ๊ก	อ่อนเกินไป	16.67	5.80	-1.14	มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อย	0.1900	ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม
	พอดี	53.33	6.94				
	หยาบเกินไป	30	5.86	-1.08	มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อย	0.3240	มีผลต่อการยอมรับรวม
รสเค็มของโจ๊ก	อ่อนเกินไป	43.33	6.25	-0.56	มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อยมาก	0.2426	ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม
	พอดี	53.33	6.81				
	เค็มเกินไป	3.33	5.00	-1.81	มีความสัมพันธ์กับการยอมรับปานกลาง	0.0603	ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม

คุณลักษณะ	ลักษณะที่สนใจ	สัดส่วนของผู้ทดสอบจากมาตราความพอดี#	คะแนนความชอบเฉลี่ยจากมาตราความชอบ 9 จุด*	ค่าเฉลี่ยที่ลดลง	ความหมาย	ค่าพีนอลตีทั้งหมด	ความหมาย
ความข้นหนืดของโจ๊ก	อ่อนเกินไป	10	6.67	0.15	มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อยมาก	0.0150	ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม
	พอดี	83.33	6.52				
	ข้นหนืดเกินไป	6.67	5.50	-1.02	มีความสัมพันธ์กับการยอมรับรวมน้อย	0.0780	ไม่ผลต่อการยอมรับรวม

หมายเหตุ: < 0.25 = ไม่มีผลต่อการยอมรับรวม, > 0.25 = มีผลต่อการยอมรับรวม, > 0.50 = มีผลต่อการยอมรับรวมอย่างมาก

ร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่พบว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสจากคะแนน JAR ลดลงมาก + ลดลงเล็กน้อย และเพิ่มขึ้นเล็กน้อย + เพิ่มขึ้นอย่างมาก (ตาราง 21)

* 9-point hedonic scale เป็นค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบโดยรวมจากการทดสอบ 9-point hedonic test ของผู้ตอบที่พบว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสจาก JAR score
ลดลงมาก + ลดลงเล็กน้อย และเพิ่มขึ้นเล็กน้อย + เพิ่มขึ้นมาก (ตาราง 21)

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของกระบวนการลดเกลือในไข่ขาวเค็ม ซึ่งเป็นวัตถุดิบพลอยได้จากอุตสาหกรรม โดยเปรียบเทียบวิธีลดเกลือ 2 วิธี ได้แก่ วิธีไม่ใช้เมมเบรนและใช้เมมเบรน พบว่าวิธีการลดเกลือและสภาวะที่เหมาะสม ในการนำไปผลิตโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว คือไข่ขาวเค็มที่ผ่านการลดเกลือโดยวิธีไม่ใช้เมมเบรนที่จำนวนรอบการต้ม 5 รอบ ซึ่งวิธีการลดเกลือโดยไม่ใช่ เมมเบรนที่จำนวนรอบการต้ม 5 รอบ เป็นวิธีลดเกลือที่มีค่าใช้จ่ายต่ำ มีประสิทธิภาพและสามารถกำจัดเกลือออกจากไข่ขาวเค็มได้ร้อยละ 96.78 อีกทั้งยังมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 97.93 และปริมาณผลผลิตร้อยละ 95.02 จึงมีความเหมาะสมสามารถนำไปผลิตเป็นโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวได้

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของผงโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่มีสัดส่วนไข่ขาวแตกต่างกัน 5 ระดับ พบว่า ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวทั้ง 5 ตัวอย่าง มีปริมาณความชื้นไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ คือต่ำกว่าร้อยละ 7 มีค่า a_w ที่ต่ำ ผงโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวเมื่อเพิ่มปริมาณไข่ขาวมากขึ้นทำให้ปริมาณโปรตีน, ค่าแตกต่างสีโดยรวมและค่าดัชนีการละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าดัชนีการดูดซับน้ำลดลง ส่วนโจ๊กคืนรูปมีค่าแตกต่างสีโดยรวมเพิ่มขึ้นและค่าความหนืดลดลง

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค ได้แก่ สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่าสูตรอื่น ๆ ยกเว้นสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 20 นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคะแนนความเข้มด้านกลิ่นคาว พบว่า สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0, 20, 40, และ 60 อยู่ในระดับไม่มีกลิ่นคาว ในขณะที่สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 80 มีกลิ่นคาวเล็กน้อย ดังนั้น สูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40 ที่มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 34.91 อีกทั้งยังมีคะแนนรวมด้านกลิ่นสูงกว่าสูตรอื่น ๆ จึงเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาต่อ โดยมีแนวทางในการปรับปรุงสูตร ผงโจ๊กข้าว ไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่เติมไข่ขาวร้อยละ 40 คือ ควรปรับปรุงให้ได้โจ๊กที่มีสีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่เข้มขึ้นและปรับเนื้อสัมผัสของโจ๊กให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงสูตรโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวที่เติมไข่ขาวร้อยละ 40 ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากขึ้น

2. ควรทดลองปรับปรุงสูตรโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวโดยเติมไข่ขาวร้อยละ 30

3. ควรพัฒนาอาหารชนิดอื่น ๆ ที่มีโปรตีนไข่ขาว เพื่อให้ผู้บริโภคมีทางเลือก ในการรับประทานอาหารจากไข่ขาวได้หลากหลายขึ้น

4. ควรนำโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวไปศึกษาอายุการเก็บรักษา เพื่อให้โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาวเก็บได้นานขึ้น

5. ควรนำไปวิเคราะห์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ของโจ๊กกึ่งสำเร็จรูป

6. ควรนำไปวิเคราะห์เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ กุลยะณี, และพนารัตน์ สังข์อินทร์. (2562). ผลของกัวร์กัมต่อคุณภาพของวาฟเฟิลชนิดกรอบปราศจากกลูเตนจากแป้งมันเทศสีม่วง. *วารสารวิทยาลัยดุสิตธานี, 13*(1), 315-329.

กฤติยา เขื่อนเพชร, รวิพร พลพืช, กนกพร ลีวาณิชยกูล, และศิริยา กาวีเขียว. (2562). ผลของชนิดข้าวและวิธีการทำแห้งต่อคุณภาพของโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูปผสมแก่นตะวัน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 28*(10), 1813-1833.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. (2559). *วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร เล่ม 2.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คนอร์โจ๊กซอง. (2022). *โจ๊กซองรสปลา ไซส์ 35 กรัม.* สืบค้น 26 กันยายน 2565, จาก https://www.knorr.com/th/knorr-products/instant-porridge/fish-jok-sachet.html

แคสรียา สุขไพศาล. (2554). *การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาเศรษกิจชุมชน* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

จรัสพรรณ ตันหยง. (2544). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวกล้องผสมกึ่งสำเร็จรูป* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จารุวรรณ สุพรรณพยัคฆ์, ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์, และทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ. (2563). ผลของเวลาในการอบพองด้วยไมโครเวฟต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของข้าวเกรียบสาหร่ายผักกาดทะเล. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 58* (น.643-652). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จินตนา บุนนาค, ปานจิต ป้อมอาสา, และตรัส เคแสง. เทคโนโลยีการใช้ความร้อนในการผลิตโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่ด้วยวิธีการบรรจุกระป๋อง. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 18*(3), 194-202.

ฉัตรชัย นิยะบุญ. (2556). *การส่งเสริมการผลิตไข่เค็มเป็นอาชีพเสริม เพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้า ตำบลสามบันฑิต อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา* (รายงานผลการวิจัย). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

ณิชมาศ ปรารัตน์. (2566). *แผนธุรกิจเส้นโปรตีนไข่ขาวภายใต้แบรนด์ “Yummie”* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล.

ชมภู่ ยิ้มโต, สุวรรณี อาจหาญณรงค์, พงศักดิ์ ทรงพระนาม, และอรอุมา คำแดง. (2555). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่เค็ม.* ปทุมธานี: สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ชัยวัฒน์ วามวรรัตน์. (2564). *การทดลองที่ 7 เจลฟิลเตรชันและไดอะไลซิส.* สืบค้น 9 กรกฎาคม 2566, จากhttp://biochem.flas.kps.ku.ac.th/01402312/01402312lab07 geldialysis156.pdf

นรินทร์ เจริญพันธ์. (2563). การใช้ประโยชน์จากปลายข้าวเพื่อผลิตข้าวแตน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 28(12), 2150-2163.

นฤมล ธรรมทันตา, และบรรณสรณ์ วิภูษิตวรกุล. (2559). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสลัดลดพลังงานจากข้าวหักไรซ์เบอร์รี่* (วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

นาฏกาญจน์ จักรานุวัฒน์, และพัชรี คุณจันทร์สมบัติ. (2564). การพัฒนาขนมขบเคี้ยวจากแป้งปลายข้าวไรซ์เบอร์รี่ผสมแป้งเกาลัดเสริมคุณประโยชน์ของไลโคปีนจากมะละกอสุก. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการ มหาวิทยาลัยราชฏยะลา, 6*(2), 145-153.

นิตยสาร Positioning. (2560). “มาม่า” ท้าชิงคนอร์ ลุยตลาดโจ๊ก 2000 ล้าน. สืบค้น 29 กรกฎาคม 2565, จาก https://positioningmag.com/1143956.

เบญจรรณ วานมนตรี, เทวรัตน์ตรีอำนรรค, ภัทรา จิตกุศล, และวุฒิธนา สิงห์คง. (2556). *การศึกษาการอบแห้งโจ๊กข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปด้วยเครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง.* นครราชสีมา: สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

บุหลัน ดุสิต. (2561). การพัฒนาตำรับอาหารจากพาสต้าผสมแก่นตะวัน. งานวิจัยงบประมาณรายได้มหาวิทยาลัย ปีงบประมาณ 2559, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 182. (2541). *เรื่อง ฉลากโภชนาการ.* กรุงเทพฯ: กรมอนามัย.

ผลิตภัณฑ์ข้าวหงส์ทองไลฟ์. (2060). *ข้าวไรซ์เบอร์รี่ (Riceberry): ข้าวมากประโยชน์ เพื่อสุขภาพควบคุมน้ำหนัก.* สืบค้น 8 เมษายน 2566, จากhttps://www.hongthongrice.com/life/ข้าวเพื่อสุขภาพ /riceberry-01/

ไผ่แดง ขวัญใจ, และ สุวลี ฟองอินทร์. (2564). ผลของการใช้ความร้อนกับแป้งปลายข้าวที่ใช้ทดแทนแป้งสาลีบางส่วนต่อคุณภาพของขนมปัง. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 27*(1), 171-187.

พรพิไล นิยมเวช ปฐมพร สรรพสิทธิ์ อติกานต์ วารี และ เพ็ญศิริ คงสิทธิ์. (2561). การพัฒนาสูตรโจ๊กข้าวไรซ์เบอร์รี่กึ่งสำเร็จรูป. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 23*(3), 1638-1654.

ภัควัฒน์ เดชชีวะ, และอรอนงค์ นัยวิกุล. (2559). ผลของโปรตีนไข่ขาวผงต่อสมบัติทางเนื้อสัมผัส คุณภาพการหุงต้มและการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสปาเกตตีแป้งข้าวปราศจากกลูเทน. *วารสาวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์, 11*(2), 37-46.

ภัทรานิษฐ์ เหมาะทอง, วนิดา ทองโคตร, และสุพรรณี อึ้งปัญสัตวงศ. (2560). *ชื่อเรื่อง การกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร Yamane*. สืบค้น 11 กรกฎาคม 2566, จาก http://sc2.kku.ac.th/stat/statweb/images/Eventpic/60/Seminar/01_9_Yamane.pdf

เมธาพร ขจรจรัสกุล, ขนิษฐา หาญวจนวงศ์, วิศัลย์ศยา ศรีทองหลาง, กอบเกียรติ สอนใจ, และกมลทิพย์ เสรีนนท์ชัย. (2561). การวิเคราะห์ปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ในผลิตภัณฑ์น้ำปลาไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ, 28*(2), 208-218.

แม็คโครโปรพอยท์, (2566). *ไข่ขาว.* สืบค้น 9 กรกฎาคม 2566, จาก https://www.makro.pro/c/search?q=ไข่ขาว

ระภีพร ใบโคกสูง. (2556). *การทำขนมปังขาไก่เสริมไข่ขาวเค็มดิบ.* กรุงเทพฯ: สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ (บัณฑิตศึกษา) คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

วิวัฒน์ หวังเจริญ. (2556). การวิเคราะห์แบบพีนอลตี (ค่าเฉลี่ยที่ลดลง) ในการประเมินด้านประสาทสัมผัสอาหาร. *วารสารอาหาร, 43*(4), 20-23.

ศุภัคษร มาแสวง, กุลพร พงษ์ไพร, และอัมพวัน สุขนิล. (2565). กระบวนการผลิตและการพัฒนากระบวนการผลิตภัณฑ์ไข่เค็ม. *วารสารเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 4*(1), 93-105.

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2557). *กุนเชียงไข่ขาวเค็มโดยคุณวิรัตน์ สุมน.* สืบค้น 29 กรกฎาคม 2565, จาก https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=12250.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2546). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ไข่เค็ม มผช. 27/2546.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2562). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง ข้าวผงชงดื่ม มผช. 1068/2562.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2562). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง โจ๊กกึ่งสำเร็จรูป มผช. 689/2562.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2560). มาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ, 4004-2560) ข้าว (Rice).

สุภาพร อภิรัตนานุสรณ์, อุราภรณ์ เรืองวัชรินทร์, และสุกัญญา ไหมเครือแก้ว. (2563). ผลของคาร์ราจีแนนต่อสมบัติของผงไข่ขาวจากวัสดุเศษเหลือของไข่เค็ม. *วารสารเกษตร, 36*(2), 269-278.

สุภาวดี นาคบรรพ์. (2563). การใช้ไข่ขาวทดแทนเนื้อไก่ในไส้ของกะหรี่ปั๊บเพื่อผู้สูงอายุ. *วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์, 15*(1), 37-45.

สุมาลี มุสิกา, ชมภูนุช ฆ้องลา, จิรายุส วรรัตน์โภคา, พิมพา สร้อยสูงเนิน, วรพงษ์ บัวเงิน, อาทิตย์ อัศวสุขี, เพลงพิณ เพียรภูมิพงศ์, และดุษฎี เทียมเทศ บุญมาสูงทรง. (2563). การศึกษาคุณสมบัติผลิตภัณฑ์โจ๊กข้าวหอมมะลิอินทรีย์กึ่งสำเร็จรูป. *วารสาร มทร.อีสาน ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 13*(3), 88-105.

โสมศิริ สมถวิล, และสุจินดา ศรีวัฒนะ. (2555). การใช้สเกลความพอดีในการปรับสูตรไส้อั่ว. ใน *การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร* (น. 167-174). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรัชพร ดีประเสริฐ. (2561). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์โจ๊กไข่ขาวสำเร็จรูป* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

A.O.A.C. (1990). *Official Methods of Analysis* (15th ed.). Washington DC: Association of Official Analytical Chemist.

A.O.A.C. (2000). *Official Methods of Analysis* (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Chemists.

Ai, M.M., Guo, S.G., Zhou, Q., Liang, W., & Jiang, A. (2018). The investigation of the changes in physicochemical, texture and rheological characteristics of salted duck egg yolk during salting. *Food Science and Technology, 88,* 119-125.

Akkouche, Z., Aissat, L. & Madani, K. (2014). Effect of heat on egg white proteins. In *International Conference on Applied Life Sciences* (pp. 407-413). N.P.: n.p.

Alleoni, A. C. C. (2006). Albumen protein and functional properties of gelation and foaming. *Sci. Agric, 63*(3), 291-298.

Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F., & Griffin, E. L. (1969). Gelatinization of Corn Grits by Roll and Extrusion Cooking. *Cereal Science Today, 14*(1), 4-11.

AOAC Official Method 990.03. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC international* (18th ed.). Gaithersburg, MD.: AOAC international.

Benjakul, S. & Kaewmanee, T. (2017). *Chapter 39: Sodium chloride preservation in duck eggs. in: patricia hester, editors: Egg innovation and strategies for improvement.* Oxford: Academic Press,

Dai, Y., Zhao, J., Liang, H., Deng, Q., Wan, C., Li, B., & Zhou, B. (2022). Desalination of salted duck egg white assisted by gelatin: Foaming and interface properties of the mixed system. *Food Hydrocolloids, 124*, 107260.

Desert, C., Guerin-Dubiard, C., Nau, F., Jan, G., Val, F., & Mallard, J. (2001). Comparison of Different Electrophoretic Separations of Hen Egg White Proteins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry, 49,* 4553-4561.

Du, M., Sun, Zh., Liu, Z., Yang, Y., Liu, Zi., Wang, Y., Jiang, B., Feng, Z., & Liu, C. (2022). High efficiency desalination of wasted salted duck egg white and processing into food-grade pickering emulsion stabilizer. *Food Science and Technology, 161,* 113337.

Gao, J., Shi, Q., Ye, Y., Wu, Y., Chen, H., & Tong, P. (2022). Effects of guar gum or xanthan gum addition in conjunction with pasteurization on liquid egg white. *Food Chemistry, 383,* 132378.

Huang, J. J., Tsai, J. S., & Pan, B. S. (1999). Pickling time and electrodialysis affects functional properties of salted duck egg white. *Journal of Food Biochemistry, 23,* 607–618.

Liu, X., Wang, J., Huang, Q., Cheng, L., Gan, R., Liu, L., Wu, D., Li, H., Peng, L. & Geng, F. (2020). Underlying mechanism for the differences in heat-induced gel properties between thick egg whites and thin egg whites: Gel properties, structure and quantitative proteome analysis. *Food Hydrocolloids, 106*(105873), 1-8.

Monge-Morera, M., Lambrecht, M.A., Deleu, L.J., Gallardo, R., Louros, N.N., Vleeschouwer, M.D., Rousseau, F., Schymkowitz, J., & Delcour, J.A. (2020). Processing induced changes in food proteins: amyloid formation during boiling of henegg white. *Biomacromolecules 2020, 21,* 2218–2228.

Omoniyi, K. I., & Abba, H. (2018). Determination of the proximate composition of Japanese quail egg and rhode Island red egg at various heating periods. *Nigerian Research Journal of Chemical Sciences, 4,* 178-188.

Omoniyi, K.I. & Okunola, O.J. (2017). Evaluation of the effect of boiling time on the nutritional value of Rhode Island red egg and white Leghorn egg. *Sav. J. Agric, 12*(2), 112-118.

Rittisak, S., Charoen, R., & Savedboworn, W. (2022). Broken riceberry (BR) powder production using a double drum dryer and its utilization in the development of instant beverages. *processes 2022, 10,* 341.

Srikaeo, K., & Sopade, P.A. (2010). Functional properties and starch digestibility of instant Jasmine rice porridges. *Carbohydrate Polymers, 82,* 952-957.

Thammasena, R., & Liu, D.C. (2020). Antioxidant and antimicrobial activities of different enzymatic hydrolysates from desalted duck egg white. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 33*(9), 1487-1496.

Thammasena, R., Fu, Ch., Liu, J., & Liu, D. (2019). Evaluation of nutrient content, physicochemical and functional properties of desalted duck egg white by ultrafiltration as desalination. *Animal Science Journal, 91*(1), 13339.

Vargas-del-Río, L. M., García-Figueroa, A. & Fernández-Quintero, A. (2022). Spray-drying hen eggs: effects of the egg yolk to egg white ratio and sucrose addition on the physicochemical, functional, and nutritional properties of dried products and on their amino acid profiles. *Appl Sci., 12,* 4516.

Zhoa, Y., Tu, Y., Xu, M., Li, J., & Du, H. (2014). Physicochemical and nutritional characteristics of preserved duck egg white. *Poultry Science, 93,* 3130-3137.

Zhou, B., Zhang, M., Fang, Z., & Liu, Y. (2015). Effects of ultrasound and microwave pretreatments on the ultrafiltration desalination of salted duck egg white protein. *Food and Bioproducts Processing, 96,* 306-313.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย (Questionnaire)
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้สเกลวัดความพอดี (Just about right, JAR) ของผลิตภัณฑ์ "โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว"

รหัสตัวอย่าง..... วันที่.....

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างทีละตัวอย่างตามลำดับจากซ้ายไปขวาจนครบทุกตัวอย่าง กรุณาดื่มน้ำระหว่างตัวอย่างและให้คะแนนตามความพอดีโดยใส่เครื่องหมาย P ในช่องตามความรู้สึกของท่าน

1. สีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่

☐	☐	☐	☐	☐
สีม่วงอ่อนเกินไป	สีม่วงอ่อนไป	พอดี	สีม่วงเข้มไป	สีม่วงเข้มมากไป

2. รสเค็มของโจ๊ก

☐	☐	☐	☐	☐
รสอ่อนไปมาก	รสอ่อนไป	พอดี	รสเค็มไป	รสเค็มมากไป

3. ความข้นหนืดของโจ๊ก

☐	☐	☐	☐	☐
น้อยไปมาก	น้อยไป	พอดี	มากไป	มากไปมาก

4. เนื้อสัมผัสของโจ๊ก

☐	☐	☐	☐	☐
เละไปมาก	เละไป	พอดี	หยาบไป	หยาบมากไป

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

แบบทดสอบการให้คะแนนความเข้มในด้านกลิ่นไข่ขาวของผลิตภัณฑ์

คำแนะนำ: กรุณาประเมิน <u>กลิ่นไข่ขาว</u> ของผลิตภัณฑ์

☐ ☐ ☐ ☐ ☐

ไม่มีกลิ่นคาว กลิ่นคาวเล็กน้อย กลิ่นคาวปานกลาง กลิ่นคาวมาก กลิ่นคาวมากที่สุด

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินความชอบ

ผลิตภัณฑ์ “โจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว”

รหัสอาสาสมัคร.....วันที่..... .....

คำแนะนำ: กรุณาชิมตัวอย่างทีละตัวอย่าง กรุณาดื่มน้ำระหว่างตัวอย่างและให้คะแนนตามความรู้สึกที่ตรงกับใจท่านที่สุด

กำหนดให้: 9= ชอบมากที่สุด 8= ชอบมาก 7= ชอบปานกลาง

6= ชอบเล็กน้อย 5= เฉย ๆ 4= ไม่ชอบเล็กน้อย

3= ไม่ชอบปานกลาง 2= ไม่ชอบมาก 1= ไม่ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะ	รหัส				
	417	921	863	532	790
ลักษณะปรากฏ					
สี					
กลิ่น					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบโดยรวม					

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

คะแนนความชอบเฉลี่ยของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 0

สีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่	คะแนนความชอบ																	จำนวนคน	ค่าเฉลี่ย
สีม่วงอ่อนเกินไป																			
สีม่วงอ่อนไป																			
พอดี	7	7	5	5	6	6	7											7	6.14
สีม่วงเข้มไป	5	7	4	7	4	4	5	5	9	6	6	4	5	5				14	5.43
สีม่วงเข้มมากไป	3	6	4	5	1	5	3	3	5									9	3.89
รสเค็มของโจ๊ก																			
รสอ่อนไปมาก	5	7	4	4	3	5	5	5	5	1	6	3	6	3	5			15	4.47
รสอ่อนไป	4	7	7	6	5	5	9	6	4	5	5							11	5.73
พอดี	7	4	5															3	5.33
รสเค็มไป	6																	1	6.00
รสเค็มมากไป																			
ความข้นหนืดของโจ๊ก																			
น้อยไปมาก																			
น้อยไป	3	5																2	4.00
พอดี	4	7	6	5	6	9	6	7										8	6.25
มากไป	7	5	7	5	5	5	6	4	5	5								10	5.40
มากไปมาก	5	4	7	4	3	5	4	1	6	3								10	4.20
เนื้อสัมผัสของโจ๊ก																			
เละมากไป	5	4	1	5	3													5	3.60
เละไป	5	4	5	4	5	5												6	4.67
พอดี	7	7	4	5	5	7	7	6	5	6	9	6	6	6	7	3	5	17	5.94
หยาบไป	4	3																2	3.50
หยาบมากไป																			

คะแนนความชอบเฉลี่ยของสูตรเติมไข่ขาวร้อยละ 40

สีม่วงของข้าวไรซ์เบอร์รี่	คะแนนความชอบ																									จำนวนคน	ค่าเฉลี่ย
สีม่วงอ่อนเกินไป																											
สีม่วงอ่อนไป	9	5	5	6	6	5	6	6	5	7	8	6														12	6.17
พอดี	8	9	8	5	7	5	8	8	5	6	7	7	8	7	6	6										16	6.88
สีม่วงเข้มไป	5	5																								2	5.00
สีม่วงเข้มมากไป																											
รสเค็มของโจ๊ก																											
รสอ่อนไปมาก	5																									1	5.00
รสอ่อนไป	7	6	5	8	8	5	6	5	7	7	5	6														12	6.25
พอดี	9	8	9	8	5	5	5	6	6	6	8	7	6	8	7	6										16	6.81
รสเค็มไป	5																									1	5.00
รสเค็มมากไป																											
ความข้นหนืดของโจ๊ก																											
น้อยไปมาก																											
น้อยไป	6	8	6																							3	6.67
พอดี	9	8	9	8	5	7	5	6	5	5	5	6	8	8	5	5	6	6	5	7	7	7	6	8	7	25	6.52
มากไป	5	6																								2	5.50
มากไปมาก																											
เนื้อสัมผัสของโจ๊ก																											
เละมากไป																											
เละไป	5	5	7	6	6																					5	5.80
พอดี	9	8	9	8	7	6	5	8	5	6	6	7	7	8	7	5										16	6.94
หยาบไป	5	5	5	6	6	8	6																			7	5.86
หยาบมากไป	5	8																								2	6.5

ภาคผนวก ข เอกสารรับรองโครงการวิจัยในมนุษย์

COA No. 469/2022
IRB No. P1-0148/2565

AF 08-09/5.0

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 เบอร์โทรศัพท์ 05596 8752

เอกสารรับรองโครงการวิจัย

คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ดำเนินการให้การรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นมาตรฐานสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, The Belmont Report, CIOMS Guideline และ International Conference on Harmonization in Good Clinical Practice หรือ ICH-GCP

ชื่อโครงการ : การลดเกลือในไข่ขาวเค็มและการประยุกต์ใช้ในโจ๊กกึ่งสำเร็จรูปเสริมโปรตีนไข่ขาว
ผู้วิจัยหลัก : นางสาวกชกร คับหาเรือง
สังกัดหน่วยงาน : คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม
วิธีทบทวน : แบบเร่งรัด
รายงานความก้าวหน้า : ส่งรายงานความก้าวหน้าอย่างน้อย 1 ครั้ง/ปี
เอกสารรับรอง

1. IF 01 Research Ethical Application for Intervention Study เวอร์ชั่น 3.0 วันที่ 23 พฤศจิกายน 2565
2. IF 02 Conflict of Interest and Funding Form เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 26 ตุลาคม 2565
3. IF 03 สำหรับอาสาสมัครอายุ 20 ปีขึ้นไป เวอร์ชั่น 3.0 วันที่ 23 พฤศจิกายน 2565
4. IF 04 สำหรับอาสาสมัครอายุ 20 ปีขึ้นไป เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 26 ตุลาคม 2565
5. IF 05 CV Investigator เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 26 ตุลาคม 2565
6. IF 06 Budget เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 26 ตุลาคม 2565
7. Full Protocol เวอร์ชั่น 1.0 วันที่ 26 ตุลาคม 2565
8. เครื่องมือวิจัย เวอร์ชั่น 2.0 วันที่ 21 พฤศจิกายน 2565

ลงนาม
(นายแพทย์สมบูรณ์ พันลุภสวัสดิกุล)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันที่รับรอง : 25 พฤศจิกายน 2565
วันหมดอายุ : 25 พฤศจิกายน 2566
ทั้งนี้ การรับรองนี้มีเงื่อนไขดังที่ระบุไว้ด้านหลังทุกข้อ (ดูด้านหลังของเอกสารรับรองโครงการวิจัย)