รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตไข่ขาวเค็มผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท และการนำไปใช้ประโยชน์

SALTED EGG WHITE POWDER PRODUCTION BY FOAM-MAT DRYING AND ITS UTILIZATION

ชื่อผู้วิจัย ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร

นางวันทนีย์ ช้างน้อย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย

จากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตไข่ขาวเค็มผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท และการนำไปใช้ประโยชน์

SALTED EGG WHITE POWDER PRODUCTION BY FOAM-MAT DRYING AND ITS UTILIZATION

ชื่อผู้วิจัย ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร

นางวันทนีย์ ช้างน้อย

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัย

จากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การผลิตไข่ขาวเค็มผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมทและการนำไปใช้ประโยชน์

แหล่งเงิน งบรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2557 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 60,000 บาท

ระยะเวลาการทำวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2556 ถึง กันยายน 2557

หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร คณะอุตสาหกรรมเกษตร

ผู้ร่วมโครงการ นางวันทนีย์ ช้างน้อย คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง : kcyuporn@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการนำไข่ขาวเค็มดิบ ซึ่งเป็นของเหลือจากการนำไข่แดงเค็มดิบไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร มาแปรรูปเป็นไข่ขาวเค็มผง เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร โดยเริ่มต้นจากการดองไข่เป็ดในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 และมีการเปลี่ยนน้ำเกลือทุกๆ 2 วัน พบว่าไข่แดงจะแข็งตัวเป็นก้อนแน่นในวันที่ 12 ของการดอง และปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็มต้มสุกเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5.56 เมื่อนำไข่ขาวเค็มดิบที่ได้จากการดองไข่เป็ดเป็นเวลา 12 วัน ไปตีปั่นเป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที พบว่า การตีปั่นเป็นเวลา 3 และ 5 นาที ทำให้กำลังการขึ้นฟูและความคงตัวของโฟมไข่ขาวเค็มดิบดีกว่าการตีปั่นเป็นเวลา 1 นาที ผลของการใช้ไฮโดรคลอลอยด์ต่อประสิทธิภาพการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ พบว่าการเติมคาราจีแนน ร้อยละ 0.4 ก่อนการตีปั่นจะทำให้กำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เป็นผลทำให้การระเหยของน้ำในระหว่างการทำแห้งแบบโฟมแมทดีขึ้น และเมื่อนำไข่ขาวเค็มดิบที่เติมคาราจีแนน ร้อยละ 0.4 ไปตีปั่นเป็นเวลา 3 นาที ก่อนนำไปทำแห้ง ด้วยวิธีทำแห้งแบบถาด พบว่าไข่ขาวเค็มผงที่ผลิตได้มีลักษณะเป็นผงละเอียด มีค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 88.37±0.14 ค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ 5.58±0.07 ค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 17.88±0.32 มีค่าการละลายร้อยละ 80.61 และมีค่าความหนาแน่น เท่ากับ 0.16 กรัมต่อมิลลิลิตร ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มผง พบว่าประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า และความชื้น เท่ากับร้อยละ 58.57, 6.07, 0.48, 31.08 และ 3.96 โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และประกอบด้วย เกลือร้อยละ 28.31

ผลการใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือทั้งหมดในผงปรุงรสหมู พบว่าคะแนนความชอบโดยรวมของน้ำซุปที่เตรียมจากผงปรุงรสหมูสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงมีค่าสูงกว่าน้ำซุปที่ทำจากผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐานที่ใช้เกลือ โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบมาก และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวผัดที่ใช้ผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐาน และผงปรุงรสหมูที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือ พบว่าคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และเมื่อนำไข่ขาวเค็มผงที่ผลิตได้มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 56-60 พบว่าความสามารถในการละลายของไข่ขาวเค็มผงที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 15 วัน ไม่แตกต่างจากไข่ขาวเค็มผงที่ผลิตเสร็จ ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ แสดงให้เห็นว่าไข่ขาวเค็มผงที่ เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 เดือน มีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบต้องไม่เกิน 10^4 โคโลนีต่อกรัม และต้องไม่พบเชื้อซัลโมเนลลาในตัวอย่าง 25 กรัม) ผลงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าไข่ขาวเค็มผงที่เตรียมจากกระบวนการทำแห้งแบบโฟมแมทสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์อาหาร

คำสำคัญ : ไข่ขาวเค็ม คาราจีแนน ผงปรุงรส

Research Title Salted egg white powder production by foam-mat drying and its utilization.

Researcher Asst. Prof. Dr. Yuporn Puechkamut and Ms. Wantanee Changnoi

Faculty Agroindustry

ABSTRACT

This research focuses on using raw salted egg whites, which are leftovers from the raw salted egg yolk, in food products. In this study, duck eggs were brined in 25 % NaCl and the brine was changed every two days. Salted egg yolks were coagulated and hardened in 12 days of brining, and salt content in cook salted egg white increased to 5.56 % after brining for 12 days. The raw salted egg white that were brined for 12 days will then be blended for 1, 3 and 5 min with hand-mixer. The result shows that blending for 3 and 5 min made foam capacity and foam stability of raw salted egg white better than those of 1 min ($p \leq 0.05$). The effect of using hydrocolloid on foam capacity of raw salted egg white was done. The addition of carrageenan 0.4 % before blending makes the foam capacity of raw salted egg white rise. The result is that the evaporation of water was better during drying. The raw salted egg white with 0.4 % carrageenan was blended for 3 min and then later the foam under goes the process of drying by tray-dryer. The resultant egg will be in the form of fine powder. The measured color of the powder is as follows: lightness (L^*) 88.37, red color (a^*) 5.58 and yellow (b^*) 17.88. The salted egg white powder had the solubility of 80.61 % and bulk density of 0.16 g/ml. The chemical composition of salted egg white powder was determined. Protein, carbohydrate, fat, ash moisture and salt (chloride ion) contents were 58.57, 6.07, 0.48, 31.08, 3.96 and 28.31 % (dry basis) respectively

The experiment then focused on substituting all salts in flavorful pork seasoning with salted egg white powder. The seasoning was then used in cooking soup and fried rice. The overall acceptability result of the soup seasoned with the substituted flavorful seasoning was higher than soup made from the usual seasoning. However, the sensory evaluation of the fried rice with usual seasoning and the modified seasoning had not statistical differences ($p > 0.05$). The salted egg white

powder was then stored at 30°c with relative humidity 56-60 %. The result is that the solubility of salted egg white powder stored for 15 days did not differ from fresh salted egg white powder. The result of the microbiological quality of the salted egg white power stored for a period of three months fits the microbiological standard. This research shows that salted egg white powder prepared from foam-mat drying can be applied as a component of food products.

Keyword : Salted egg white, Seasoning, Carrageenan

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย เรื่องการผลิตไข่ขาวเค็มผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมทและการนำไปใช้ประโยชน์ ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะวิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้คำปรึกษา ความรู้ แนวคิดและข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัยช่วยชี้แนะแก้ไขปัญหาต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือต่างๆ รวมถึงเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกตลอดการปฏิบัติงานครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ นักศึกษาคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ ทั้งกำลังกาย และกำลังใจตลอดการปฏิบัติงานเสมอมา จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้ลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะวิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง “การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน งบรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2557”

ยุพร พืชกมุทร

วันทนีย์ ช้างน้อย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ไข่เป็ด.....	3
2.2 องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาว.....	3
2.3 ไข่เค็ม.....	6
2.4 เกลือ.....	8
2.5 การทำแห้ง.....	11
2.6 สารก่อโฟม.....	13
2.7 ผงปรุงรส.....	17
2.8 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับอาหาร.....	18
2.9 เชื้อซัลโมเนลลา.....	21
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง.....	27
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	27
3.2 สารเคมี.....	29
3.3 เครื่องมือวิเคราะห์.....	30
3.4 บรรจุภัณฑ์.....	31
3.5 วิธีการดำเนินการ.....	31

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 39
4.1 การเปลี่ยนแปลงของไข่แดงเค็มและไข่เค็มต้มสุกในระหว่างการดอง..... 39
4.2 ผลการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ..... 43
4.3 ผลของวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมทต่อคุณภาพของไข่ขาวเค็มผง..... 49
4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มผง..... 52
4.5 ผลการศึกษาการใช้ไข่ขาวเค็มผงในการผลิตผงปรุงรส..... 53
4.6 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวเค็มผง..... 56
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 58
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย..... 59

บรรณานุกรม..... 60

ภาคผนวก..... 66
ภาคผนวก ก แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส..... 66
ภาคผนวก ข ผลของกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ..... 68
แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย..... 69
ผลผลิตงานวิจัย..... 70

ประวัตินักวิจัย..... 79

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 องค์ประกอบทางเคมีของไข่..... 4
2.2 กรดอะมิโนที่พบในไข่ขาว (กรัมต่อร้อยกรัมน้ำหนักสด)..... 4
2.3 แร่ธาตุและวิตามินที่พบในไข่ขาว (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)..... 5
2.4 แสดงค่าต่ำสุด ค่าเหมาะสม ค่าสูงสุดของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง 23
และวอเตอร์แอคติวิตี้ต่อการเจริญของเชื้อซัลโมเนลลา
3.1 สูตรพื้นฐานผงปรุงรสหมู..... 36
4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของไข่ขาวเค็มต้มสุกในระหว่างการดอง 12 วัน..... 41
4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของไข่แดงเค็มดิบในระหว่างการดอง 12 วัน..... 42
4.3 ผลของระยะเวลาการตีปั่นต่อกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ..... 44
4.4 ผลของระยะเวลาการตีปั่นต่อปริมาณของเหลวที่แยกออกจากโฟม..... 45
ไข่ขาวเค็มดิบเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ
4.5 ผลของเมทโทเซลต่อกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ..... 47
4.6 ผลของเมทโทเซลต่อปริมาณของเหลวที่แยกออกจากโฟม..... 47
ไข่ขาวเค็มดิบเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ
4.7 ผลของคาราจีแนนต่อกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ..... 48
4.8 ผลของคาราจีแนนต่อปริมาณของเหลวที่แยกออกจากโฟม..... 48
ไข่ขาวเค็มดิบเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ
4.9 ความชื้นของไข่ขาวเค็มผงที่เติมคาราจีแนน และไข่ขาวเค็มผง..... 49
ที่ไม่มีการเติมคาราจีแนนเมื่ออบแห้งที่เวลาต่างๆ
4.10 ค่าสีของไข่ขาวเค็มผงเมื่อมีการเติมและไม่เติมคาราจีแนน..... 51
4.11 คุณภาพของไข่ขาวเค็มผงเมื่อมีการเติมและไม่เติมคาราจีแนน..... 52
4.12 องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มผง..... 53
4.13 รายละเอียดส่วนประกอบของผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐานและ..... 54
สูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือ
4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำซุปที่เตรียมจากผงปรุงรสหมู..... 55
สูตรพื้นฐานและสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือ

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวผัดที่ใช้ผงปรุงรสหมู..... 56
สูตรพื้นฐานและสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือ
4.16 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวเค็มผงเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 เดือน..... 56

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ไข่เค็มแบบดองน้ำเกลือ.....	7
2.2	ไข่เค็มแบบพอก.....	7
2.3	โครงสร้างแคปปาคาราจีแนน.....	14
2.4	โครงสร้างไอออตาคาราจีแนน.....	15
2.5	โครงสร้างแลมดาคาราจีแนน.....	15
3.1	กระบวนการผลิตไข่ขาวเค็มผงด้วยการทำแห้งแบบโฟมแมท.....	34
4.1	ลักษณะปรากฏของไข่เค็มในระหว่างการดอง 12 วัน..... ด้านบน : ไข่แดงเค็ม ; ด้านล่าง : ไข่เค็มต้มสุก	39
4.2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือของไข่ขาวเค็มในระหว่างการดอง 12 วัน.....	43
4.3	การตีปั่นไข่ขาวเค็มดิบ.....	44
4.4	โฟมไข่ขาวเค็ดิบ.....	44
4.5	ลักษณะปรากฏของไข่ขาวเค็มผงจากการทำแห้งแบบโฟมแมท.....	50

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ไข่เค็มเป็นผลิตภัณฑ์พื้นบ้านของประเทศไทยและในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้เกลือแกงเป็นสารช่วยถนอมอาหารและแปรรูปไข่สด นิยมทำจากไข่เป็ด ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บไว้รับประทานได้เป็นเวลานาน โดยยังคงลักษณะภายนอกของฟองไข่ในสภาพเดิม แต่ส่วนของไข่ขาวและไข่แดงจะมีรสชาติเค็ม การบริโภคไข่เค็มได้รับความนิยมมากสำหรับคนไทยทุกชนชั้น เพราะสามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาถูกและบริโภคได้ทันที โดยใช้รับประทานเป็นกับข้าวในมื้ออาหาร หรือในกรณีของไข่เค็มดิบแยกเฉพาะส่วนของไข่แดงมาใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารชนิดต่างๆ เช่น บะจ่าง ขนมไหว้พระจันทร์ ขนมเปี๊ยะ ขนมโมจิและซาลาเปา เป็นต้น ทำให้ส่วนของไข่ขาวเค็มถูกแยกทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์ อีกทั้งยังก่อให้เกิดมลภาวะขึ้นจากของเหลือทิ้งนี้ เช่น ทำให้ดินเค็ม เป็นต้น

ไข่ขาว (egg white) เป็นส่วนประกอบภายในไข่ มีอยู่ประมาณร้อยละ 58 ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง ประกอบด้วยโปรตีนที่คุณภาพดี มีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential fatty acid) ครบทุกชนิด ในปริมาณร้อยละ 10-12 และมีไขมันต่ำเพียงร้อยละ 0.2 (ยุพร, 2555b) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาความเป็นไปได้ของการนำไข่ขาวเค็มดิบซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากการแยกส่วนของไข่แดงจากไข่เค็มดิบไปใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร โดยจะนำมาแปรรูปเป็นไข่ขาวเค็มผง ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเริ่มต้นจากการดองไข่เค็ม เพื่อต้องการควบคุมปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็มให้เท่ากันในแต่ละการทดลอง และเพื่อต้องการควบคุมความสะอาดทางด้านเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นของไข่ขาวเค็ม และเนื่องจากโปรตีนในไข่ขาวมีสมบัติในการเกิดโฟมได้ดี ประกอบกับการทำแห้งโดยใช้ลมร้อนเป็นกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการดำเนินการต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการทำแห้งแบบลูกกลิ้ง พ่นฝอย ตู้อบสุญญากาศหรือแบบแช่แข็ง ผู้วิจัยจึงสนใจทดลองการทำแห้งแบบโฟม (Foam-mat drying) เนื่องจากโครงสร้างที่เป็นรูพรุนของโฟมจะช่วยทำให้เกิดการระเหยน้ำได้อย่างรวดเร็ว สามารถใช้ความร้อนสูงได้โดยไม่ทำลายกลิ่นรสและสี รวมทั้งผลิตภัณฑ์ผงที่ได้ยังสามารถนำมาคืนรูปได้ง่ายอีกด้วย เพื่อปรับปรุงการเกิดโฟมของไข่ขาวเค็มเนื่องจากโปรตีนของไข่ขาวเกิดการเสียสภาพไปบางส่วน ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของค่าไอออนิคที่มาจากเกลือ (Kaewmanee และคณะ, 2009) โดยจากการทดลองเบื้องต้น พบว่าความหนาแน่นของโฟมไข่ขาวเค็มดิบน้อยกว่าโฟมไข่ขาว จึงทำการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการ

เกิดโฟมและการทำแห้งเพื่อผลิตไข่ขาวเค็มผงที่สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร และเนื่องจากปัจจุบันตลาดของผงปรุงรสที่ใช้ในการประกอบอาหารมีการเติบโตและการแข่งขันที่สูงขึ้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำไข่ขาวเค็มผงซึ่งมีส่วนประกอบของเกลือไปใช้ทดแทนเกลือในผงปรุงรส เพื่อพัฒนาผงปรุงรสที่มีคุณค่าอาหารเพิ่มขึ้นเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภค งานวิจัยนี้เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับไข่ขาวเค็มดิบ อีกทั้งยังใช้ประโยชน์จากโปรตีนในไข่ขาวเค็มดิบได้คุ้มค่ามากขึ้น ทั้งยังช่วยลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม กรณีที่ไข่ขาวเค็มดิบถูกแยกทิ้งไป และเกลือแกงละลายออกไปกับน้ำ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

1.2.2 ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมทต่อคุณภาพของไข่ขาวเค็มผง

1.2.3 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มผง

1.2.4 ศึกษาการใช้ไข่ขาวเค็มผงในการผลิตผงปรุงรสในการประกอบอาหาร

1.2.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวเค็มผงที่ผลิตได้ในระหว่างการเก็บรักษา

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบที่ได้จากการดอง และศึกษาผลของวิธีการอบแห้งแบบโฟมแมทต่อคุณภาพของไข่ขาวเค็มผง จากนั้นนำไข่ขาวเค็มผงที่ได้มาทดแทนเกลือในผงปรุงรส และในผลิตภัณฑ์ มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ 7-point hedonic scale เพื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรมาตราฐานกับสูตรไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือ ซึ่งไข่ขาวเค็มผงที่ผลิตได้จะถูกนำไปเก็บรักษา เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษา และตรวจสอบทางด้านกายภาพและเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ขาวเค็มผง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

จากการศึกษางานวิจัยฉบับนี้คาดหวังว่าจะได้ความรู้ในเรื่องการเพิ่มการขึ้นฟูของไข่ขาวเค็มดิบ อุณหภูมิในการอบแห้งที่เหมาะสม ความรู้ในการใช้สารไฮโดรคลอลอยด์กับไข่ขาวมากขึ้น และทราบถึงระยะเวลาการเก็บรักษาไข่ขาวเค็มผง จากงานวิจัยฉบับนี้หวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในอนาคต

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไข่เป็ด (มกอช. 6703-2548)

ไข่เป็ด (duck egg) หมายถึง ไข่ทั้งฟองรวมทั้งเปลือกไข่ที่ค่อนข้างหนา มีสีขาวขุ่นถึงสีขาวอมเขียวตามลักษณะพันธุ์สามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้คุณลักษณะของไข่เป็ดมีดังนี้

2.1.1 รูปทรงปกติ เป็นวงรี ด้านหนึ่งมีลักษณะป้านและอีกด้านหนึ่งมีลักษณะแหลมมน

2.1.2 เปลือก มีสีตามลักษณะพันธุ์ สะอาด ผิวเปลือกเรียบ สม่ำเสมอทั้งฟอง

2.1.3 กลิ่น ไม่มีกลิ่นผิดปกติ เน่าเสีย หรือกลิ่นไม่พึงประสงค์

2.1.4 ช่องอากาศภายในไข่ มีขนาดเล็ก

2.1.5 ไข่แดง นูนเด่นอยู่กลางไข่ขาว ไม่ติดเปลือก ไม่แตก และต้องไม่มีเชื้อลูกเป็ดที่เจริญจนถึงระดับเป็นเส้นเลือด หรือ วงเลือด

2.1.6 ไข่ขาวส่วนข้น โอบล้อมไข่แดง

ไข่เป็ดเป็นอาหารที่มีค่าทางอาหารสูงเป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพดี เนื่องจากโปรตีนไข่มีกรดอะมิโนชนิดจำเป็นต่อร่างกายของมนุษย์ครบทุกชนิด โดยไข่สามารถบริโภคในชีวิตประจำวันได้หลายรูปแบบ และยังเป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูปอาหาร และการถนอมอาหารเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้หลากหลาย เช่น ไข่เค็ม ไข่เยี่ยวม้า ไข่ผง และใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ เบเกอรี่ (bakery) ขนมไทยหลายชนิด

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาว พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา (2554)

ไข่ขาว (egg white) เป็น ส่วนประกอบภายในไข่ มีอยู่ประมาณร้อยละ 58 ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง (ตารางที่ 2.1) ไข่ขาวเป็นส่วนของเหลวข้นหนืด (firm) ล้อมรอบไข่แดง ไข่ขาวชั้นนอกส่วนใส (thin egg white) เป็นไข่ขาวที่เป็นของเหลวใส (clear) โปร่งแสง (transparent) ล้อมรอบไข่ขาวชั้นนอกส่วนข้น (thick egg white) ส่วนของเหลว ข้นหนืดอีกชั้นหนึ่ง ไข่ขาวมีไขมันน้อยมาก ลักษณะที่เป็นเมือกของไข่ขาวข้น เกิดจากคาร์โบไฮเดรทโมเลกุลใหญ่

ไข่ขาวมีส่วนประกอบหลักคือ น้ำ ไข่ขาวมีความชื้นร้อยละ 87-89 และ มีโปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนคุณภาพดี มีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential fatty acid) ครบทุกชนิด (ตารางที่ 2.2) รวมทั้ง แร่ธาตุ เช่น เซเลเมียม และไรโบฟลาวิน (ตารางที่ 2.3) และมีไขมันต่ำมากเมื่อเทียบกับไข่แดง (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของไข่

ส่วนประกอบของไข่	ปริมาณองค์ประกอบ (ร้อยละ)				
	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	เถ้า	ความชื้น
ไข่ขาว(ไข่ไก่)	9.7-10.6	0.03	0.4-0.9	0.5-0.6	87.87-89.37
ไข่แดง(ไข่ไก่)	15.7-16.6	31.8-35.5	0.2-1.0	0.94	45.96-51.36
ไข่ทั้งฟอง(ไข่ไก่)	12.49	10.02	1.22	0.94	75.33
ไข่ทั้งฟอง(ไข่เป็ด)	12.81	13.77	1.45	1.14	70.78

ที่มา : Stadelman และ Cotterill (1995)

ตารางที่ 2.2 กรดอะมิโนที่พบในไข่ขาว (กรัมต่อร้อยกรัมน้ำหนักสด)

กรดอะมิโน	ปริมาณ
ทริปโตเฟน	0.125
ทริโอนีน	0.449
ไอโซลิวซีน	0.661
ลิวซีน	1.016
ไลซีน	0.806
เมทิโอนีน	0.399
ซีสทีน	0.287
เฟนีลอะลานีน	0.686
ไทโรซีน	0.457
วาลีน	0.809

ที่มา **:** Nation Agricultural Library (2010)

ตารางที่ 2.3 แร่ธาตุและวิตามินที่พบในไข่ขาว (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด)

ชนิด	ปริมาณ
แร่ธาตุ	
โซเดียม	166
โพแทสเซียม	163
ฟอสฟอรัส	15
แมคนีเซียม	11
แคลเซียม	7
เหล็ก	0.08
เซเลเนียม	20
วิตามิน	
วิตามินบี 1	0.004
ไรโบฟลาวิน	0.0439
ไนอะซิน	0.105
วิตามินบี 6	0.005
โฟเลต	4
วิตามินบี 12	0.09

ที่มา **:** Nation Agricultural Library (2010)

โปรตีนในไข่ขาวประกอบด้วยเส้นใยโอโวมิวซิน อยู่ในสารละลายเอเควียสของโกลบูลาร์โปรตีนหลายชนิด ส่วนประกอบของโปรตีนในชั้นไข่ขาวใสและไข่ขาวข้นต่างกันเฉพาะที่ปริมาณของโอโวมิวซิน (รัชนี, 2532) ไข่ขาวมีปริมาณโปรตีนอยู่ร้อยละ 9.7-12 ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนอัลบูมิน (albumin) หลายชนิด คือ

- โอวัลบูมิน (ovalbumin) เป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในไข่ขาว มีอยู่ประมาณร้อยละ 54 ของน้ำหนักโปรตีนในไข่ขาว จัดเป็น ฟอสโฟไกลโคโปรตีน (phospoglycoprotein) มีโครงสร้างเป็นสายโพลีเปปไทด์ ที่มีหมู่ฟอสเฟต และคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบ มีจุดไอโซอิเลคทริค (isoelectric point) ที่ pH 4.6 และจะตกตะกอนที่ pH 4.6-4.8 ทนความร้อนได้ดี
- โคแนลบลูมิน (conalbumin) มีประมาณร้อยละ 13 ของโปรตีนในไข่ขาว มีจุดไอโซอิเลคทริคที่ pH 6.6 เป็นโปรตีนที่ทนความร้อนได้น้อยกว่าโอวัลบูมิน แต่สูญเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) ได้ดีกว่าโอวัลบูมิน

- โอโวมิวคอยด์ (ovomucoid) พบประมาณร้อยละ 1.2 ของโปรตีนในไข่ขาว มีจุดไอโซอิเลคทริค ที่ pH 3.9-4.3 ในสภาวะที่เป็นกรดจะทนความร้อนได้ดีแต่ จะสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนอย่างรวดเร็ว ถ้าอยู่ในสารละลายด่าง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นไกลโคโปรตีนที่มีความเฉพาะเจาะจงกับเอนไซม์ทริปซิน สามารถยับยั้งเอนไซม์ทริปซิน (trypsin inhibitor) ซึ่งเป็นเอนไซม์โปรติเอส (protease) มีหน้าที่ย่อยโปรตีน
- ไลโซโซม (lysosome) พบประมาณ ร้อยละ 3.5 ของโปรตีนในไข่ขาว มีจุดไอโซอิเลค ทริค ที่ pH 10.7 เป็นเอนไซม์สามารถทำลายผนังเซลของแบคทีเรียที่มีการปนเปื้อนเข้ามาในฟองไข่ได้ มีสมบัติเป็นสารกันเสีย (preservative) แต่จะถูกทำลายได้ด้วยความร้อนจากการหุงต้ม หรือ การพาสเจอไรซ์ ที่อุณหภูมิ 63.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที
- โอโวอินฮิบิเตอร์ (ovoinhibitor) มีความเฉพาะเจาะจงกับเอนไซม์ทริปซิน ไคโมทริปซิน ซับทิลิซิน และเอนไซม์โปรตีเอสจาก *Aspergillus oryzae*
- ซิสตาติน (cystatin) หรือสารยับยั้งเอนไซม์ปาเปน มีความเฉพาะเจาะจงต่อเอนไซม์ปาเปน และ ฟีซิน

2.3 ไข่เค็ม (มผช. 27/2546)

ไข่เค็ม หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไข่ทั้งฟองที่ผ่านการคัดเลือกและทำความสะอาดแล้ว นำมาดองเค็มด้วยการดองในน้ำเกลือ หรือการพอกเค็ม ในระยะเวลาที่เหมาะสม แล้วอาจต้มสุกหรือไม่ก็ได้ ไข่เค็มเป็นผลิตภัณฑ์จากไข่ที่รู้จักกันมาตั้งแต่สมัยโบราณ เป็นผลิตภัณฑ์พื้นเมืองของประเทศแถบเอเชียตะวันออก และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

2.3.1 กระบวนการผลิตไข่เค็ม

โดยทั่วไปสามารถผลิตได้ 2 วิธี ดังนี้ (วรรณวิบูลย์, 2543; Chi และ Tseng, 1998)

ก. ไข่เค็มดองน้ำเกลือ หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไข่เค็มที่ได้จากการดองในน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมโดยให้ไข่จมอยู่ภายใต้ระดับน้ำเกลือ ในระยะเวลาที่เหมาะสม อาจเติมไอโอดีนหรือสมุนไพรในน้ำเกลือที่ใช้ดอง แล้วต้มให้สุกหลังการดอง

ภาพที่ 2.1 ไข่เค็มแบบดองน้ำเกลือ

ที่มา **:** สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ (2556)

ข. ไข่เค็มพอก หมายถึง ผลิตภัณฑ์ไข่เค็มที่ได้จากการดองแบบพอกเค็ม ในระยะเวลาที่เหมาะสม อาจต้มสุกหลังการดอง ส่วนผสมที่ใช้พอกไข่ประกอบด้วย เกลือ น้ำ และดิน เช่น ดินสอพอง ดินจอมปลวก ในอัตราส่วนที่เหมาะสม อาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น ใบเตย ขี้เถ้าแกลบ

ภาพที่ 2.2 ไข่เค็มแบบพอก

ที่มา **:** ธานี (2555)

การพอกดิน เป็นการพอกไข่ด้วยส่วนผสมของดินเหนียว ขี้เถ้าแกลบ และเกลือ เป็นเวลา 4-6 สัปดาห์ ในประเทศไทยมีไข่เค็มไชยาจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี และไข่เค็มลพบุรีจากจังหวัดลพบุรี เป็นไข่เค็มที่มีชื่อเสียง ซึ่งทำการผลิตไข่เค็มโดยใช้วิธีนี้เช่นกัน โดยใช้ดินจอมปลวกผสมเกลือ และดินสอพองผสมเกลือ ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ตามท้องถิ่นในการผลิตไข่เค็ม

เสาวภา, (2538) ได้ศึกษาการพัฒนาดินสำเร็จรูปในการผลิตไข่เค็ม พบว่าดินที่ใช้ในการพอกไข่เค็ม ควรเป็นดินเนื้อละเอียด คลุกเคล้าเข้ากับเกลือได้ดี มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงเพื่อให้เกลือ

ซึมเข้าไข่ได้ดีตลอดระยะเวลาการพอก ลักษณะภายใน และภายนอกของไข่เค็มมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค โดยลักษณะที่ผู้บริโภคยอมรับขึ้นอยู่กับวัฒนธรรมการบริโภคไข่เค็มในแต่ละพื้นที่ ลักษณะภายนอกและลักษณะภายในของไข่เค็มที่ดี ควรมีลักษณะดังนี้

ลักษณะภายนอก ไข่เค็มจะมีลักษณะภายนอกเหมือนไข่สด คือเปลือกไข่มีสีขาวขุ่น ไม่มีรอยแตกร้าว เห็นเป็นเงากลมสีดำบนเปลือกไข่ซึ่งเป็นส่วนของไข่แดง แต่ถ้าเป็นไข่เค็มที่ต้มในน้ำที่ใส่สารส้มเล็กน้อยบนเปลือกไข่จะสากและมีผงคล้ายแป้งมีสีขาวนวลเคลือบอยู่ ลักษณะภายนอกของไข่เค็มที่ดี เปลือกต้องไม่มีการเน่าเสียหรือแตกร้าว ในกรณีของไข่เค็มพอกดิบ ต้องถูกพอกทั่วทั้งฟองอย่างสม่ำเสมอ เมื่อนำสิ่งที่พอกออก เปลือกไข่ต้องไม่แตกร้าว หรือบุบ

ลักษณะภายใน เมื่อเป็นไข่ดิบ ไข่ขาวจะเหลวและมีสีขาวขุ่น ส่วนไข่แดงจะเป็นก้อนกลมแข็ง มีสีแดง และมีกลิ่นเค็มของเกลือ เนื่องจากเกลือที่ซึมเข้าไปไปดึงน้ำออกจากโปรตีนไข่ขาว ทำให้โปรตีนไข่ขาวเกิดการเสียสภาพเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ไข่ขาวจึงมีความหนืดลดลง (เสาวภา, 2538) ส่วนไข่แดงมีลักษณะเป็นก้อนกลมแข็ง มีความหนืดสูง มีสีส้มแดงเข้ม เมื่อผ่านการให้ความร้อน ไข่ขาวมีสีขาวทึบแสงและมีเนื้อนุ่ม ในขณะที่ส่วนไข่แดงมีเนื้อสัมผัสที่คงตัวและมีเนื้อหยาบ มีส่วนของน้ำมันเยิ้มออกมา ไข่เค็มที่ดีนั้นไข่ขาวจะมีเนื้อละเอียด มีรสเค็มปานกลาง ส่วนไข่แดงมีสีแดงเข้ม เป็นน้ำมันเยิ้มและมีรสเค็มเล็กน้อย เปรียบเทียบลักษณะของไข่ไก่และไข่เป็ดเค็ม พบว่า ไข่เค็มจากไข่เป็ดจะให้ลักษณะตามที่ต้องการมากที่สุด คือ มีสีส้ม เป็นมันเยิ้ม และมีเนื้อสัมผัสหยาบ (Chi และ Tseng, 1998) ในขณะที่ไข่ไก่เค็มมีสีส้มอ่อนกว่า และไม่เกิดลักษณะการเป็นมันเยิ้มเหมือนในไข่เป็ด อีกทั้งมีแนวโน้มในการเกิดวงซัลไฟด์สีดำมากกว่า จึงเป็นเหตุผลให้ไข่เป็ดเค็มได้รับความนิยมมากกว่าไข่ไก่เค็ม (ชมภู่, 2543)

2.4 เกลือ

เกลือเป็นสารที่ประกอบด้วยโซเดียมร้อยละ 39.39 และ คลอไรด์ร้อยละ 60.61 มีรูปร่างเป็นผลึกรูปลูกบาศก์สีขาว มีความถ่วงจำเพาะ 2.164 มีความแข็ง 2.5 ดัชนีหักเห 1.544 จุดเดือด 1,413 องศาเซลเซียส ดูดความชื้นจากอากาศได้ประมาณร้อยละ 1.5 เกลือละลายน้ำได้เพียง 26.4 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร สารละลายที่มีตัวถูกละลายอยู่มากที่สุดจนไม่สามารถละลายได้อีก ณ อุณหภูมิที่กำหนดให้เรียกว่า สารละลายอิ่มตัว โดยความเค็มของน้ำเกลือ มีค่าร้อยละ 100 เมื่อเทียบเป็นสาร ละลายเกลืออิ่มตัว (ดรัลรัตน์ และคณะ, 2553)

เกลือที่นิยมนำมาทำไข่เค็ม คือ โซเดียมคลอไรด์ (เกลือสมุทร) เป็นเกลือที่ได้จากการทำนาเกลือโดยใช้น้ำทะเลเป็นวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งทำการผลิตกันมากแถบจังหวัดเพชรบุรี สมุทรสงคราม สมุทรปราการ สมุทรสาคร และชลบุรี การทำนาเกลือเป็นอุตสาหกรรมทางเกษตรอย่างหนึ่งที่ใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ (กรมเศรษฐกิจพาณิชย์, 2541)

2.4.1 การแพร่ของเกลือเข้าไปในอาหาร

การแพร่ (diffusion) ของโมเลกุลของสารเป็นการเคลื่อนที่จากจุดที่มีความเข้มข้นสูงกว่าไปยังจุดที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า การเคลื่อนที่นี้เป็นไปในลักษณะทุกทิศทุกทาง โดยไม่มีทิศทางที่แน่นอนผลจากการเคลื่อนที่อันนี้จะทำให้ความเข้มข้นของโมเลกุลของสารในภาชนะที่มีเนื้อที่จำกัดนั้นมีความเข้มข้นเท่ากันหมด โดยการแพร่ของเกลือเข้าไปในอาหารมี 3 ขั้นตอนดังนี้ (เสาวภา, 2538)

1) สภาวะออสโมติก เมื่ออาหารถูกแช่อยู่ในสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นของเกลือภายนอกมากกว่า เป็นสาเหตุให้เกิดแรงดันออสโมติกดึงน้ำออกจากอาหาร ในขั้นนี้อาหารมีน้ำหนักลดลง เช่น ในการผลิตเนยแข็ง เมื่อแช่เนยแข็งลงในน้ำเกลือส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของโซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) จากน้ำเกลือเข้าสู่เนยแข็ง เนื่องจากเกิดความแตกต่างของความดันออสโมติก ระหว่างส่วนสารละลายในเนยแข็งกับในน้ำเกลือ น้ำในเนยแข็งแพร่ออกจากเนยแข็งเพื่อรักษาสมดุลออสโมติก Thanh (1998) รายงานว่า ในการผลิตไข่แดงเค็มโดยดองไข่แดงในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 10, 15 และ 20 น้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าในช่วง 8 ชั่วโมงแรกของการดอง ไข่แดงมีปริมาณเกลือเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการแพร่ ซึ่งมีสาเหตุมาจากความเข้มข้นของเกลือระหว่างไข่แดงกับน้ำเกลือมีความแตกต่างกันมากในช่วงแรกของกระบวนการผลิต

2) การเปลี่ยนสมบัติของโปรตีน ขณะที่น้ำแพร่ออกจากอาหารเป็นสาเหตุให้เกลือซึมเข้าไปในอาหารเรื่อยๆ จนกระทั่งความเข้มข้นของเกลือถึงจุดๆ หนึ่งที่ทำให้เกิดการเสียสภาพ และตกตะกอนของโปรตีน ทำให้อาหารเริ่มเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ (อาทิเช่น การเปลี่ยนสีของอาหารเนื่องจากการจับตัวกันของโปรตีน เป็นต้น)

3) สภาวะสมดุล เมื่อความเข้มข้นของเกลือในอาหารเท่ากับในน้ำเกลือ อาหารอาจจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำหนักของเกลือเข้าไปแทนที่น้ำในอาหาร การแพร่ของเกลือในเนื้อปลาเป็นตัวอย่างที่ดีในการแสดงให้เห็นถึงการแพร่ของเกลือในวัสดุอาหารโดยที่กระบวนการแพร่สามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือระยะที่ 1 ความดันออสโมติกในน้ำเกลือสูงกว่าในเนื้อปลามาก ทำให้เกลือแพร่เข้าเนื้อปลาอย่างรวดเร็ว พร้อมๆ กับการแพร่ของน้ำออกจากเนื้อปลาซึ่งเกิดขึ้นด้วยอัตราเร็วที่สูงกว่า ทำ

ให้ปลามีน้ำหนักลดลง ในระยะที่ 2 ของการแพร่ เป็นระยะที่อัตราการแพร่ของเกลือเท่ากับอัตราการแพร่ออกของน้ำจากเนื้อปลา ความเข้มข้นของเกลือที่บริเวณชั้นนอกของเนื้อปลาเท่ากับในน้ำเกลือ การแพร่ของเกลือและน้ำจึงยุติลง แต่เกิดการแพร่ของเกลือจากบริเวณ ชั้นนอกเข้าสู่ชั้นของเนื้อปลาแทน จนกระทั่งความเข้มข้นของเกลือบริเวณชั้นนอกของเนื้อปลาลดลง จึงเกิดการแพร่ของเกลือจากน้ำเกลืออีกครั้งหนึ่ง ในระยะที่ 3 ปลากลับมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอีกครั้งเนื่องจากปลามีความเข้มข้นของเกลือเท่ากันทุกส่วน และเท่ากับในน้ำเกลือ ปลาเกิดการหดตัว ทึบแสง และมีรสเค็มจัด ถ้ามีการหมักปลาต่อไปอีก เนื้อปลาเกิดการพองตัวทำให้เกลือจากน้ำเกลือสามารถแพร่เข้าเนื้อปลาได้อีก ซึ่งอาจเป็นผลจากการเปลี่ยนสภาพของน้ำไม่อิสระเป็นน้ำอิสระ หรือ อาจเกิดจากการจับของเกลือกับโปรตีน ทำให้ความเข้มข้นของเกลือในเนื้อปลาลดลง จึงเกิดการแพร่ของเกลือเข้าเนื้อปลาโดยไม่มีการสูญเสียน้ำ

2.4.2 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการแพร่ของเกลือในอาหาร

การแพร่ของเกลือในอาหารมีอัตราการแพร่มากน้อย มีปัจจัยเกี่ยวข้องดังนี้

1) ชนิดของอาหาร อาหารแต่ละชนิดมีส่วนองค์ประกอบแตกต่างกัน เช่น ความชื้น และโครงสร้าง เช่น ความหนาของเปลือก ความพรุน และสารเคลือบผิว เป็นต้น จึงมีผลต่อความยากง่ายในการซึมเข้าไปในอาหารของเกลือ

2) ขนาดและรูปร่างของชิ้นอาหาร ในชนิดอาหารที่มีพื้นที่ผิวมาก เกลือจะมีอัตราการแพร่เกิดขึ้นมากกว่าอาหารที่มีพื้นที่ผิวน้อย

3) อุณหภูมิ อุณหภูมิเป็นตัวกำหนดอัตราการแพร่ของเกลือ เมื่ออุณหภูมิสูงเกลือสามารถแพร่เข้าไปในกล้ามเนื้อสัตว์ได้เร็ว เนื่องจากอุณหภูมิช่วยเร่งปฏิกิริยา ทำให้อากาศที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์แพร่ออกมานอกเซลล์ได้รวดเร็ว เกลือจึงแพร่เข้าไปแทนที่ได้รวดเร็วขึ้น (เสาวภา, 2538) ในการผลิตไข่แดงเค็มในช่วงอุณหภูมิสูง (40-60 องศาเซลเซียส) อัตราการแพร่ของเกลือเข้า สู่ไข่แดงเกิดขึ้นเร็วกว่าการผลิตไข่แดงเค็มในช่วงอุณหภูมิต่ำ (0-10 องศาเซลเซียส) และเกิดการเปลี่ยนแปลงของไข่แดงเร็วกว่าด้วยเช่นกัน (Thanh, 1998)

4) ความเข้มข้นของเกลือ ในอาหารที่ใช้เกลือความเข้มข้นสูง การแพร่ของเกลือมีอัตราสูงเนื่องจากเกิดกระบวนการออสโมไลซิส และการสูญเสียน้ำได้อย่างรวดเร็ว (เสาวภา, 2538) ในการผลิตไข่แดงเค็มด้วยน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 10, 15 และ 20 น้ำหนักต่อปริมาตร พบว่าการดองไข่แดงเค็มในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 น้ำหนักต่อปริมาตร มีอัตราการแพร่ของเกลือเร็วกว่าการดองในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 15 และ 10 น้ำหนักต่อปริมาตร ตามลำดับ (Thanh, 1998)

5) ความบริสุทธิ์ของเกลือ เกลือที่มีความบริสุทธิ์สูงมีอัตราการแพร่สูงกว่าเกลือที่มีแร่ธาตุอื่นปนอยู่ เสาวภา (2538) พบว่า การผลิตไข่เค็มโดยใช้เกลือทะเลซึ่งมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์สูงใช้ระยะเวลาในการผลิตสั้นกว่าการผลิตไข่เค็มโดยใช้เกลือสินเธาว์

6) การกวน การกวนช่วยเพิ่มอัตราการแพร่ของเกลือได้ โดยช่วยลดหรือกำจัดชั้นของ เหลวบริเวณผิวหน้าของอาหาร ซึ่งอาจมีความเข้มข้นของเกลือต่ำกว่าตำแหน่งอื่นๆ

7) อัตราส่วนระหว่างของแข็งกับสารละลาย ในระหว่างการแช่น้ำเกลือ น้ำเกลือมีความเข้มข้นลดลง เป็นสาเหตุให้อัตราการแพร่ของเกลือและน้ำลดลง ดังนั้นควรใช้อัตราส่วนระหว่างของแข็งกับสารละลายที่มากเกินพอ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของน้ำเกลือ หรือเกิดน้อยที่สุด

2.5 การทำแห้ง (ยุพร, 2555a)

การทำแห้งโดยทั่วไป หมายถึง วิธีการถนอมอาหารโดยการลดปริมาณน้ำในอาหารเพื่อทำให้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของอาหารลดลง จนสามารถยับยั้งหรือชะลอกิจกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเจริญเติบโตการแบ่งเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคและทำให้อาหารเน่าเสีย รวมทั้งลดโอกาสการเกิดปฏิกิริยาเคมีการทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่ไม่ต้องการซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสารอาหารอันเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสียคุณภาพ โดยอาหารที่ผ่านการทำแห้งอาจนำมาบริโภคได้ทันที เช่น ผักผลไม้แห้ง กุ้งแห้ง ปลาแห้ง บางชนิดอาจต้องนำมาคืนสภาพโดยการเติมน้ำกลับเข้าในอาหารก่อนการบริโภค เช่น นมผง กาแฟ หรือบางชนิดต้องนำไปทอดก่อนรับประทาน เช่น หมูแดดเดียว

ในกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นกระบวนการทำแห้งที่นิยมใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมอาหารอาศัยหลักการให้ความร้อนทำให้น้ำระเหยออกจากอาหารโดยความร้อนอาจได้จากพลังงานไฟฟ้า ไอน้ำ หรือเชื้อเพลิง เมื่อให้ความร้อนกับอาหารสด เช่น นำไปตากแดดหรืออบในตู้อบลมร้อน สิ่งที่เกิดขึ้นคือความร้อนจะส่งผ่านเข้าไปในชิ้นอาหาร จนเท่ากับความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ จะทำให้น้ำที่ผิวอาหารระเหยออกไป และน้ำจากภายในชิ้นอาหารจะเคลื่อนมาที่ผิวก่อนระเหยออกไปจนกระทั่งอาหารแห้ง

2.5.1 การทำแห้งแบบโฟมแมท (Foam - mat drying) (กิตติพงษ์, 2536)

การทำแห้งแบบโฟมแมท เป็นกระบวนการทำแห้งที่ต้องทำให้อาหารเหลวที่ต้องการทำให้แห้ง มีลักษณะเป็นโฟมที่คงตัวในระหว่างการทำแห้ง กระบวนการทำให้เกิดโฟมทำได้โดยนำ

อาหารเหลวมาทำให้เข้มข้น อาจจะเติมสารช่วยให้เกิดฟอง (foaming agent) ลงไปแล้วตีหรืออัดอากาศหรือก๊าซเฉื่อยลงไป จนเกิดลักษณะเป็นฟองโปร่ง จากนั้นจึงนำฟองที่ได้มาเกลี่ยให้เป็นแผ่นแล้วอบแห้งโดยใช้อากาศร้อนด้วยเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์แบบต่อเนื่อง เมื่อแห้งอาหารจะมีลักษณะโปร่ง และเปราะสามารถทำให้แตกเป็นแผ่นบางเล็ก (flake) ได้ โครงสร้างของชิ้นอาหารเล็กๆนี้มีรูพรุนเล็กๆอยู่ทั่วไป ทำให้นำมาคืนรูปได้ง่าย

ข้อดีของการทำให้อาหารเป็นโฟม คือ เพิ่มอัตราการทำแห้งของอาหาร เพราะโครงสร้างของโฟมซึ่งมี รูพรุน ทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งส่งผลให้น้ำระเหยได้ง่ายและเร็วขึ้น อาหารสัมผัสกับความร้อนในระยะเวลาสั้น ช่วยลดการสูญเสียคุณภาพอาหาร โดยเฉพาะกลิ่น รสของอาหาร

อาหารที่เป็นของเหลวหรืออาหารกึ่งแข็งกึ่งเหลวที่จะทำแห้งด้วยกระบวนการทำแห้งแบบโฟมแมท ควรมีความเข้มข้นและความหนืดเหมาะสมที่จะเตรียมให้เป็นโฟมที่มีฟองละเอียดและมีความคงตัวในระหว่างการทำแห้ง ดังนั้นในการเตรียมอาหารที่ต้องการทำแห้งด้วยวิธีการนี้อาจมีการเติมสารเพิ่มความหนืด เช่น สารในกลุ่มไฮโดรคลอลอยด์ พวกเมทิลเซลลูโลส หรืออาจมีการเติมสารที่ช่วยลดแรงตึงผิวเพื่อทำให้เกิดฟิล์มบางๆได้ดี เช่น โปรตีนถั่วเหลือง ไข่ขาว หรือ อีมัลซิฟายเออร์พวกโมโนกลีเซอไรด์ (ยุพร, 2555)

Karim และ Wai (1999) ได้ทำการทดลองทำมะเฟืองผงโดยวิธีอบแห้งแบบโฟมแมท โดยเตรียมโฟมจากเนื้อมะเฟืองสด และใช้เมทโธเซล 65 เอชจี (Methocel 65 HG) เป็นสารก่อโฟมที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1-0.4 โดยน้ำหนัก พบว่าที่ความเข้มข้นของเมทโธเซล 65 เอชจี ร้อยละ 0.4 โดยน้ำหนัก ค่า overrun และความคงตัวของโฟมมีค่าสูงสุด ซึ่งทั้ง 2 ค่านี้จะแปรผันตามความเข้มข้นของเมทโธเซล 65 เอชจี เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการอบแห้งจาก 70 องศาเซลเซียสเป็น 90 องศาเซลเซียส จะลดเวลาในการทำแห้งลงถึง 30 นาที แต่อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นนี้ ส่งผลให้เกิดสีน้ำตาลอ่อนและกลิ่นของมะเฟืองลดลง

ชุติมา และคณะ (2010) ได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงสำเร็จรูปจากตะไคร้ด้วยการทำแห้งแบบโฟมแมท การทำแห้งแบบโฟมแมทใช้มอลโทเด็กซ์ทรินความเข้มข้นร้อยละ 25 (โดยน้ำหนัก) และสารที่ก่อให้เกิดโฟม 3 ชนิด คือ เมโทเซล เมเซลเซลร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (1:1) และเมเซลเซลร่วมกับซอยโปรตีนไอโซเลท (1:1) พบว่าการใช้เมโทเซลร่วมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้นร้อยละ 1.0 และอุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส เป็นภาวะที่เหมาะสมในการผลิต ผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูปจากตะไคร้ที่ได้มีคุณภาพดังนี้ ความชื้นร้อยละ 4.50 ปริมาณน้ำอิสระ 0.49 ค่าสี L^*, a^* และ b^* (L^* คือ ค่าความสว่าง (lightness) จาก $+L^*$ แสดงถึงสีขาว จนถึง $-L^*$ แสดงถึงสีดำ

แกน a^* คือแกนสีเขียว ($-a^*$) ไปจนถึงแดง ($+a^*$) ส่วนแกน b^* หมายถึง แกนสีจากน้ำเงิน ($-b^*$) ไปเหลือง ($+b^*$)) เท่ากับ 78.41, -1.82 และ 20.89 ตามลำดับ

2.6 สารก่อโฟม (foaming agent)

สารก่อโฟมเป็นสารที่ใช้เติมลงไปในอาหารเหลว เพื่อช่วยให้เกิดโฟมเมื่อนำไปตีในเครื่องตีปั่นเติมอากาศให้กับอาหารจนเกิดโฟม ซึ่งเป็นของผสมระหว่างของเหลวหรือกึ่งของแข็งและอาหารมีของเหลวเป็นส่วนต่อเนื่อง (continuous phase) แยกอากาศเป็นส่วนกระจาย (disperse phase) โดยชั้นของเหลวบางๆ เรียกว่า ลาเมลลา (lamellae) แยกฟองอากาศออกจากกัน สารก่อโฟมที่เติมลงในอาหารจะช่วยทำให้เกิดสภาพโฟม สารนี้ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงบริเวณลาเมลลา ทำให้อาหารอุ้มอากาศไว้ภายในได้มากขึ้น โดยฟองอากาศนั้นไม่แตกหรือแยกออก ขณะเดียวกันจะช่วยรักษาสภาพโฟมให้คงตัวอยู่ได้นาน ทำให้โฟมมีความคงตัวยิ่งขึ้น ปกติโมเลกุลของสารที่ช่วยให้เกิดโฟมนั้นประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophile) ซึ่งเป็นพวกอนุมูลอิสระที่มีประจุ ซึ่งอาจเป็นประจุบวกหรือลบก็ได้ เป็นส่วนที่ละลายอยู่ในเฟสของน้ำ และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobe) เป็นส่วนที่ไม่มีประจุ มักเป็นอนุพันธ์คาร์บอนอะตอมที่มีสายยาวๆ (aliphatic carbon chain) เป็นส่วนที่จะละลายอยู่ในเฟสของน้ำมัน (สมบัติ , 2529)

สารที่ก่อให้เกิดโฟมที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่

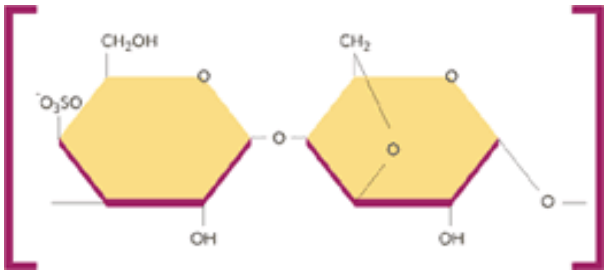
2.6.1) เมทโธเซล (Methocel) คุ้มเกล้า และพนิดา (2551) เป็นชื่อวัตถุเจือปนอาหารทางการค้าที่มีสายโพลิเมอร์ของเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบเคมีหลัก ไม่ว่องไวต่อปฏิกิริยา ลักษณะเป็นผงที่มีความบริสุทธิ์สูงและให้พลังงานต่ำ ไม่ให้กลิ่นรสกับอาหารที่ถูกเติมลงไปและใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย เมทโธเซลสามารถละลายน้ำได้ มีคุณสมบัติเป็น สารยึดเกาะ (binders) สารช่วยให้เกิดการแขวนลอย (suspension agents) สารช่วยให้อิมัลชันคงตัว (emulsifier) และสารป้องกันไม่ให้สารแขวนลอยแยกตัว (protective colloid) สามารถทำหน้าที่เป็นตัวลดแรงตึงผิว (surfactant) ทำให้เกิดสภาพฟิล์มขึ้น (film forming) ในอาหารได้ทั้งที่อุณหภูมิสูงและต่ำ ซึ่งเป็นสมบัติที่ดีในการเป็นสารช่วยให้โฟมคงตัวในอาหารที่ต้องการทำแห้งแบบโฟม และสามารถแบ่งเมทโธเซลตามชนิดของ cellulose ethers ภายในองค์ประกอบทางเคมีได้เป็น 2 ชนิด คือ เมทธิลเซลลูโลส (methyl cellulose) และ ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (hydroxypropylmethyl cellulose)

2.6.2) คาราจีแนน (Carageenan) (Anonymous 2000 ; Colwell และคณะ 1997) เป็นกัม (gum) ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) คือ ดูดน้ำและแขวนลอยในน้ำ

ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) (E-number คือ E 407) คาราจีแนนสกัดจากสาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) เช่น สาหร่ายผมนาง (Gracilaria fisheri) หน้าที่ของคาราจีแนนในอาหารเป็น thickening agent ทำให้เกิดความหนืด (viscosity) อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ช่วยให้ น้ำมัน และ ไขมัน กับน้ำผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี ทำให้เกิดเจล (gelling agent) เจลจากคาราจีแนนเป็นเจลชนิด thermoreversible gel คือ เจลที่สามารถเปลี่ยนเป็นของเหลวได้เมื่อได้รับความร้อน

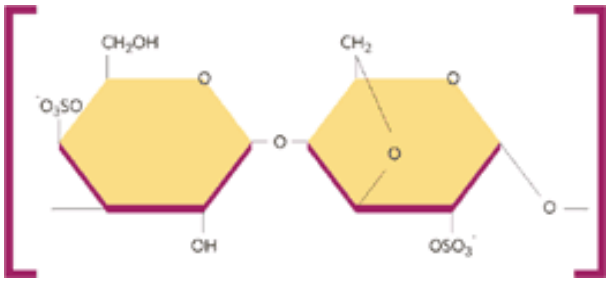
คาราจีแนน แบ่งเป็น 3 ชนิด คือ แคปปา (Kappa, κ) ไอโอตา (iota, ι) และแลมดา (lambda, λ) คาราจีแนนทั้ง 3 ชนิด มีองค์ประกอบเป็นน้ำตาลกาแลคโตสที่ถูกเอสเตอริไฟด์ด้วยกรดซัลฟิวริคที่ตำแหน่งและระดับแตกต่างกัน ดังนี้

แคปปาคาราจีแนน สกัดจาก *Eucheuma cottonii* โครงสร้างประกอบไปด้วย 1,3-linked β-D-galactose-4-sulfate และ 1,4-linked 3,6-anhydro-β-D-galactose (ภาพที่ 2.3) ซึ่งในโมเลกุลของ 3,6-anhydro-D-galactose คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 จะถูกเอสเตอริไฟด์ด้วยหมู่ซัลเฟต ประมาณร้อยละ 20-30 และบางส่วนของ 1,4 linked อาจเป็น galactose-6-sulfate แทน 3,6-anhydro-β-D-galactose แคปปาคาราจีแนนมีความไวต่อโปแตสเซียมและสามารถตกตะกอนแยกออกมาจากคาราจีแนนชนิดอื่นได้โดยใช้โปแตสเซียมคลอไรด์



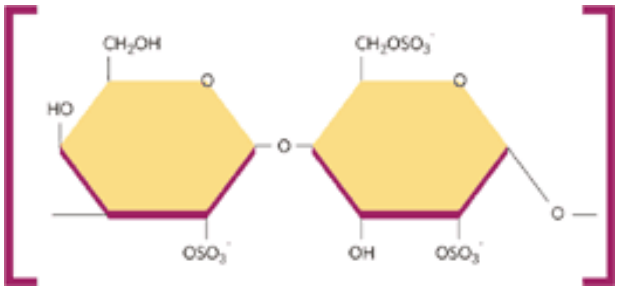
ภาพที่ 2.3 โครงสร้างแคปปาคาราจีแนน
ที่มา : Anonymous (2003)

ไอออตาคาราจีแนน สกัดจาก Eucheuma spinosum โครงสร้างประกอบด้วย 1,3-linked β-D-galactose-4-sulfate และ 1,4-linked 3,6-anhydro-β-D-galactose-2-sulfate (ภาพที่ 2.4) ไอโอตาคาราจีแนน มีความไวต่อแคลเซียม



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างไอออตาคาราจีแนน
ที่มา : Anonymous (2003)

แลมดาคาราจีแนน โครงสร้างประกอบด้วย 1,3-linked β-D-galactose-2-sulfate และ 1,4-linked β-D-galactose-2,6-disulfate (ภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างแลมดาคาราจีแนน
ที่มา : Anonymous (2003)

คาราจีแนนมีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อนและมีขนาดอนุภาค 200 mesh มีอุณหภูมิจุดหลอมเหลว (melting point) 50-60 องศาเซลเซียส สมบัติของคาราจีแนนจะขึ้นอยู่กับประจุลบของหมู่ซัลเฟตที่อยู่ในโมเลกุลเป็นสำคัญ และยังแตกต่างกันในคาราจีแนนแต่ละชนิดอีกด้วย คาราจี แนนจะละลายได้ดีในน้ำร้อน และมีความคงตัวที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 7 ความคงตัวจะลดลงคาราจีแนนสามารถทำปฏิกิริยากับโปรตีนได้ สำหรับแคปปาและไอออตาคาราจีแนนมีสมบัติในการเกิดเจล เมื่อคาราจีแนนอยู่ในรูปสารละลายในน้ำจะมีโครงสร้างเป็นสายโซ่ที่ไม่เป็นระเบียบ (random coil) ขณะเย็นตัวลงจะเกิดโครงสร้างเป็นสายโซ่เกลียวคู่ (double helices) เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะเกิดเป็นโครงสร้าง 3 มิติ โดยพอลิเมอร์แต่ละสายจะรวมตัวเข้ามาใกล้กัน และเกิดเป็นจุดเชื่อมโยง (junction point) ซึ่งเมื่อเกาะรวมกันมากขึ้นจะทำให้เกิดการแข็งตัวเป็นเจล

คุ้มเกล้า และคณะ (2551) ได้ศึกษาการผลิตน้ำกระเทียมดองผงโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟมแมท เพื่อหาชนิดและปริมาณสารก่อโฟมและอุณหภูมิและเวลาในการอบที่เหมาะสม จากการศึกษาชนิดของสารที่ก่อให้เกิดโฟม พบว่าใช้สารละลาย Methocel™ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.9 โดย

น้ำหนักร่วมกับ Maltodextrin 10 กรัม ในน้ำกระเทียมดองทั้ง 2 สูตร ให้ค่าความคงตัวที่เหมาะสมคือ 1.35 และ 0.16 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ ความหนาแน่น 0.128 และ0.103 กรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และค่า overrun เท่ากับ 717.09 และ 915.93 ตามลำดับ ค่า overrun ของโฟมที่สูงขึ้นแสดงถึงความสามารถในการกักเก็บอากาศในโฟมมากขึ้น ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นของ โฟมลดลง ผลการศึกษาอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการผลิต พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบแห้ง ณ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เวลา 6 ชั่วโมง มีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นและความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับน้ำกระเทียมดองสดมากที่สุด

ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา (2011) ได้ศึกษาผลของสารก่อโฟมที่มีต่อสมบัติของโจ๊กข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผลิตด้วยวิธีโฟมแมท ทำการศึกษาโดยแปรผันชนิดและปริมาณสารก่อโฟม คือ methocel, glycerylmonostearate (GMS) และ methocel ร่วมกับ GMS (อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก) ในปริมาณร้อยละ 0.5, 1.0 และ 1.5 โดยน้ำหนัก พบว่าโฟมของโจ๊กข้าวกล้องงอกที่ใช้ methocel หรือ GMS หรือ methocel ร่วมกับ GMS ร้อยละ 1.0, 0.5 และ 1.5 ตามลำดับ มีค่าความหนาแน่นต่ำ ความคงตัวและ overrun สูง โจ๊กข้าวกล้องงอกที่ใช้ GMS ร้อยละ 0.5 มีสีเหลืองอ่อน มีระยะเวลาการคืนตัวสั้นและได้รับคะแนนความชอบด้านสี ลักษณะเนื้อสัมผัสและความชอบรวมสูงที่สุด นอกจากนี้ยังประกอบด้วย GABA 60.70±0.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สุธิดา และคณะ (2008) ได้ศึกษาการศึกษาการผลิตสารสกัดชนิดผงจากพริกแดงสดโดยวิธี การทำแห้งแบบโฟมแมท โดยการแปรชนิดสารก่อโฟม (Methocel^{TM}, egg albumin และการใช้ Methocel^{TM} ร่วมกับ egg albumin) ปริมาณของ maltodextrin (ร้อยละ 5, 10 และ 15) ปริมาณของ distilled monoglyceride (ร้อยละ 1, 1.5 และ 2) และปริมาณเกลือ (ร้อยละ 1, 3 และ 5) ตามลำดับ โดยวัตถุดิบที่ใช้คือ น้ำพริกชี้ฟ้าแดงสดที่สกัดด้วยเครื่องสกัดน้ำแยกกาก ซึ่งมีสมบัติทางกายภาพและเคมีดังนี้ คือ ค่าความสว่าง (L^*) 30.97±0.33, ค่าสีแดง (a^*) 36.40±1.30, ค่าสีเหลือง (b^*) 26.47±1.13, ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.103+0.0004, ความเป็นกรด-ด่าง 4.05±0.02 และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 8.07±0.12°brix จากการศึกษาชนิดของสารก่อโฟม ปริมาณ maltodextrin, ปริมาณ distilled monoglyceride และปริมาณเกลือ พบว่า การใช้ Methocel^{TM} และ egg albumin ที่ระดับความเข้มข้น 1.5:3.0, ปริมาณ maltodextrin ที่ร้อยละ 10 ปริมาณ distilled monoglyceride ที่ร้อยละ 1.5 และปริมาณเกลือที่ร้อยละ 3 ทำให้โฟมของน้ำพริกสดมีความคงตัวมากที่สุดและสามารถทำให้เป็นอนุภาคผงได้ภายหลังการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

2.7 ผงปรุงรส (มผช. 494/2547)

ผงปรุงรส ถือว่าเป็นส่วนประกอบอาหารชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยเครื่องเทศหนึ่งชนิดหรือมากกว่า นำมาผสมกับเกลือ น้ำตาล อาจจะมีส่วนประกอบของวัตถุเจือปนอาหารหรือโมโนโซเดียมกลูตาเมตหรือไม่มีก็ได้ โดยเมื่อเติมลงไปในอาหารแล้วจะช่วยเพิ่มรสชาติของอาหารให้มีความอร่อยและกลมกล่อมมากขึ้น

ผงปรุงรสมีทั้งหมด 2 ชนิด คือ ชนิดก้อน นำผงปรุงรสชนิดผงมาอัดเป็นก้อนทรงลูกบาศก์ เช่น ซุปก้อนคนอร์ และชนิดผง เช่น รสดี ผงปรุงรสฟ้าไทย โดยทั้ง 2 ชนิดต่างก็มีส่วนสำคัญในการปรุงรสชาติอาหารทั้ง ต้ม ผัด แกง ทอด ตุ๋น และอื่นๆ ตลาดผงปรุงรสของไทย ซึ่งมีมูลค่าตลาดรวมของผงปรุงรสอยู่ที่ประมาณ 5,000 ล้านบาท โดยสัดส่วนระหว่างชนิดผงปรุงอยู่ที่ร้อยละ 60 ส่วนชนิดก้อนอยู่ที่ร้อยละ 40 (ผู้จัดการ 360° รายสัปดาห์, 2552)

ผงปรุงรสอาหาร หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเนื้อสัตว์ เช่น ไก่ หมู มาให้ความร้อนจนแห้ง บดเป็นผง ปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรสและเครื่องเทศ เช่น น้ำตาล เกลือ กระเทียม พริกไทย โมโนโซเดียม-แอล-กลูตาเมต (ผงชูรส)

2.7.1 ลักษณะทั่วไปของผงปรุงรส

1) ต้องเป็นผง แห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน

2) ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้

3) ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นรสอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นหืน กลิ่นอับ กลิ่นไหม้ รสขม

4) ต้องไม่พบสิ่งแปลกปลอมที่ไม่ใช่ส่วนประกอบที่ใช้ เช่น เส้นผม ดิน ทราย กรวด ชิ้นส่วนหรือสิ่งปฏิกูลจากสัตว์

5) ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 13 โดยน้ำหนัก

6) วอเตอร์แอคทิวิตี้ต้องไม่เกิน 0.65

ผงชูรส เป็นวัตถุเจือปนอาหารประเภทหนึ่งที่มีการใช้ในอาหารกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ผงชูรสมีลักษณะเป็นผงผลึกสีขาวไม่มีกลิ่น มีประโยชน์ในการเพิ่มรสชาติอาหาร (Flavor Enhancer) ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติช่วยทำให้อาหารมีรสชาติโดยรวมดีขึ้นด้วยการเพิ่มรสชาติขั้นพื้นฐาน 4 รสที่เรารู้จักกันดี คือ รสหวาน รสเค็ม รสเปรี้ยว และรสขม ให้เด่นชัดมากขึ้น รวมทั้งเกิดรสชาติของผงชูรสที่เรียกว่า “รสอูมามิ” ในเวลาต่อมาจึงมีพัฒนาการต่อยอดการใช้ผงชูรสในตลาดอาหารเครื่องปรุง

รสถือเป็นการต่อยอดตลาดเครื่องปรุงรสของผู้ผลิตรวมทั้งเกิดทางเลือกเพิ่มขึ้นสำหรับผู้บริโภค จากข้อมูลยอดการใช้เครื่องปรุงรสในครัวเรือนมีปริมาณการใช้มากถึงร้อยละ 83 จากทั่วประเทศ แสดงให้เห็นว่ามีการใช้เครื่องปรุงรสสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็นส่วนประกอบหนึ่งของอาหาร

จุฑามาศ และคณะ (2012) ได้ศึกษาการพัฒนาสูตรผงปรุงรสหมูโดยใช้โปแตสเซียมคลอไรด์และโปแตสเซียมแลคเตทในการทดแทนโซเดียมคลอไรด์บางส่วนต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส และสมบัติทางเคมีกายภาพของผลปรุงรสหมู พบว่าการทดแทนเกลือโปแตสเซียมคลอไรด์และเกลือโปแตสเซียมแลคเตทในปริมาณที่มากขึ้น จะส่งผลให้คะแนนความชอบและความเข้มของรสเค็ม (ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝน n=12) มีค่าลดลง และยังส่งผลให้ความเข้มด้านรสขมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ และปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ในทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่งสูตรที่เหมาะสมอยู่ในช่วงการใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ (ร้อยละ43.11-64.27) เกลือโปแตสเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ 30.19-48.10) และเกลือโปแตสเซียมแลคเตท (ร้อยละ 0.72-20.65) โดยจะทำให้มีคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคอย่างน้อย 6 คะแนน หรือชอบเล็กน้อย

2.8 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับอาหาร (นรารัตน์, 2553)

จุลินทรีย์ เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ดูด้วยตาเปล่าไม่เห็น หากต้องการดูให้ชัดเจนต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จุลินทรีย์มีอยู่ทั่วไปทุกแห่ง ไม่ว่าจะเป็นในดิน น้ำ อากาศ ตามผิวหนัง และลำไส้ของมนุษย์และสัตว์ เป็นต้น

จุลินทรีย์ที่มักพบว่าเกี่ยวข้องกับอาหาร มีหลายกลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และเชื้อรา ซึ่งมีทั้งชนิดที่เป็นประโยชน์และก่อโทษแก่ผู้บริโภค โดยบทบาทที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ การก่อให้เกิดอาหารหมักชนิดต่างๆ หรือช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้เก็บได้นานขึ้น หรือจุลินทรีย์บางชนิดอาจช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามินบีที่ได้จากเซลล์ยีสต์ สำหรับโทษของจุลินทรีย์ได้แก่ การทำให้อาหารเน่าเสีย การทำให้เกิดโรคเนื่องจากการรับประทานอาหารที่มีสารพิษซึ่งผลิตโดยจุลินทรีย์ หรือเกิดจากการรับประทานจุลินทรีย์เชื้อโรคที่ยังมีชีวิตเข้าไปในปริมาณมากพอที่ก่อให้เกิดโรคได้ จุลินทรีย์บางชนิดยังทำให้คุณค่าทางโภชนาการของอาหารลดลง เช่น การลดความหวานของน้ำตาลที่อยู่ในน้ำอ้อย เป็นต้น

2.8.1 ความสัมพันธ์ของจุลินทรีย์ในอาหาร

จุลินทรีย์มีความสัมพันธ์กับอาหารเมื่อมีการปนเปื้อนในอาหาร โดยพบว่าจุลินทรีย์บางชนิดเมื่อปนเปื้อนในอาหารจะสามารถเติบโตได้ในอาหาร ในขณะที่บางชนิดไม่สามารถเติบโตในอาหารแต่ยังไม่ตาย เช่น เชื้อโรคบางชนิด ส่วนเชื้อที่เติบโตได้ จะต้องการปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เชื้อสามารถเพิ่มจำนวนได้ในอาหาร

2.8.2 ผลของการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอาหาร

1) เมื่อปนเปื้อนแล้วจุลินทรีย์สามารถเติบโตในอาหารนั้นและเพิ่มจำนวน พร้อมทั้งมีการผลิตสารต่างๆออกมา ซึ่งอาจเป็นสารก่อโทษกับอาหาร โดยอาจทำให้อาหารเน่าเสีย หรืออาจทำให้ผู้บริโภคอาหารป่วยเป็นโรค หรือในบางครั้งหากการผลิตสารบางอย่างออกมาเป็นสารที่เป็นประโยชน์ก็อาจทำให้มนุษย์ได้ผลิตภัณฑ์อาหารชนิดใหม่เกิดขึ้น เช่น

- การผลิตกรดน้ำส้มสายชูโดยเชื้อ *Acetobacter aceti*
- การผลิตกรดแลคติกในน้ำนมเปรี้ยว
- การสร้างเมือกของเชื้อ *Acetobacter xylinum* ในอาหารที่มีน้ำมะพร้าวเป็นส่วนประกอบซึ่งจะได้วุ้นมะพร้าวออกมา เป็นต้น

2) เมื่อจุลินทรีย์ปนเปื้อนแล้วไม่สามารถเติบโตในอาหาร แต่เชื้อไม่ตาย โดยเชื้อจะอาศัยอาหารเป็นพาหะในการแพร่เชื้อโรคต่อไป

3) เมื่อเชื้อปนเปื้อนในอาหารแล้ว ไม่สามารถใช้อาหารหรือไม่ชอบปัจจัยแวดล้อมในการเติบโต ในที่สุดเชื้อจะค่อยๆลดจำนวนลง

2.8.3 แหล่งที่มาของจุลินทรีย์ซึ่งปนเปื้อนในอาหาร

1) ดินและน้ำ

สภาพแวดล้อมทั้งสองนี้แยกไม่ออก มักจะถูจัดให้อยู่ด้วยกัน แบคทีเรียและเชื้อราในระยะเริ่มต้นของการเติบโตมักจะอยู่ร่วมกันในดิน จากนั้นเชื้อจะแพร่กระจายในอากาศโดยการพัดพาของกระแสลม ที่ช่วยทำให้เชื้อเกิดการฟุ้งกระจาย หลังจากนั้นเชื้อจะตกลงสู่พื้นดินหรือแหล่งน้ำ โดยน้ำฝนที่ตกลงมาไหลสู่แหล่งน้ำ ทำให้จุลินทรีย์ที่พบในดินสามารถพบได้ในแหล่งน้ำด้วย ซึ่งเป็นวัฏจักรเช่นนี้ตลอดเวลาแต่ในบางครั้งจุลินทรีย์ที่มาจากแหล่งน้ำไม่สามารถมีชีวิตอยู่รอดในดินได้ โดยเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่มาจากน้ำทะเล ได้แก่ *Alteromonas* ซึ่งพบในน้ำเค็มแต่ไม่พบเชื้อนี้ในดิน

แบคทีเรียประจำถิ่นที่อยู่ในน้ำเค็ม ส่วนใหญ่เป็นพวกแกรมลบ โดยอาจพบแบคทีเรียพวกแกรมบวกได้บ้าง

2) จุลินทรีย์ที่อยู่ในพืชและผลิตภัณฑ์ เป็นจุลินทรีย์ที่ได้รับการปนเปื้อนจากดินและน้ำเป็นส่วนใหญ่ แต่มีเชื้อไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่สามารถเติบโตได้ในพืชและผลิตภัณฑ์จากพืช ซึ่งเชื้อที่เติบโตได้นั้น มักเป็นเชื้อที่สามารถยึดเกาะอย่างแน่นหนาที่บริเวณผิวของพืชและผลิตภัณฑ์จากพืช โดยเชื้อจะไม่หลุดออกมาภายหลังการล้าง และยังเป็นเชื้อที่สามารถใช้พืชและผลิตภัณฑ์เป็นอาหารได้ เชื้อดังกล่าวได้แก่ แบคทีเรียแลกติก ยีสต์ และแบคทีเรียก่อโรคในพืช ได้แก่ *Corynebacterrium Curbacterium Pseudomonas* และ *Xanthomonas* นอกจากนี้ยังพบเชื้อราอีกหลายชนิดที่สามารถก่อโรคพืชได้

3) การนำอาหารไปบรรจุในภาชนะภายหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า จุลินทรีย์สามารถเติบโตได้ในผลิตภัณฑ์ และอาจมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ตรงบริเวณพื้นผิวที่สัมผัสกับภาชนะ ซึ่งในภาชนะเดียวกันนั้นจะมีผักที่มาจากหลายๆต้น โดยมักจะพบจุลินทรีย์ลักษณะคล้ายๆกัน การตัดหรือหั่นชิ้นเนื้อ จะทำให้มีเชื้อปนเปื้อนในชิ้นเนื้อที่มาจากการชำแหละด้วยมีดหรืออุปกรณ์ประกอบอาหารที่มีจุลินทรีย์ปนเปื้อน

4) จุลินทรีย์จากลำไส้ของมนุษย์และสัตว์

เมื่อจุลินทรีย์ในลำไส้ปนเปื้อนลงในน้ำ จะทำให้น้ำสกปรก เมื่อนำน้ำดังกล่าวมาล้างทำความสะอาดเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบอาหาร จะทำให้อาหารได้รับเชื้อดังกล่าว จุลินทรีย์จากลำไส้มีหลายชนิดและปริมาณสูง ได้แก่ เชื้อในวงศ์ *Enterobacteriaceae* เป็นต้น

5) ผู้สัมผัส

จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอาหารมาจากจุลินทรีย์ประจำถิ่นที่อยู่บริเวณผิวหนัง มือ โพรงจมูก และเครื่องแต่งกายของบุคคลที่สัมผัสอาหารนั้น เป็นต้น

6) อาหารสัตว์

เชื้อสำคัญคือเชื้อในกลุ่ม *Salmonella* มักพบปนเปื้อนในไก่หรืออาหารสัตว์ทำให้เนื้อสัตว์มีเชื้อชนิดนี้ปนเปื้อนสูง การเลี้ยงสัตว์ เช่น วัวด้วยหญ้าแห้ง พบว่า วัวอาจได้รับเชื้อ *Listeria* ปนเปื้อน ซึ่งอาจพบเชื้อชนิดนี้ในน้ำนม

7) ขนและหนังสัตว์

จุลินทรีย์ที่พบในน้ำนมดิบ อาจมาจากการรีดนมวัวที่มีเต้านมที่สกปรก ทำให้จุลินทรีย์จากเต้า นม ขน และหนังสัตว์ ปนเปื้อนลงสู่น้ำนม หรือภาชนะที่ใส่น้ำนม

8) อากาศและฝุ่นละออง

ในอากาศและฝุ่นละอองมีสปอร์ของแบคทีเรีย เชื้อรา และยีสต์ที่สามารถปนเปื้อนในอาหารได้ โดยเชื้อส่วนใหญ่มาจากสภาพแวดล้อมต่างๆ

2.9 เชื้อซัลโมเนลลา (*salmonella*)

เชื้อซัลโมเนลลา ตั้งชื่อเพื่อเป็นเกียรติแก่ D.E. Salmon นักแบคทีเรียวิทยาชาวอเมริกันซึ่งเป็นบุคคลแรกที่สามารถแยกเชื้อ *Salmonella Choleraesuis* ได้จากสุกรที่มีอาหารอุจจาระร่วง ในปี ค.ศ. 1885 แต่เดิมเรียกว่า paratyphoid bacteria (Brock and Madigan, 1988) ต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น ซัลโมเนลลา และกำหนดเป็นมาตรฐานตามข้อตกลงระหว่างชาติตั้งแต่ปี ค.ศ. 1933 เป็นต้นมา (Ewing, 1986)

2.9.1 สัณฐานวิทยา

เชื้อซัลโมเนลลา เป็นแบคทีเรียในวงศ์ Enterobacteriacae เป็นแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อนขนาด 0.7-1.5 ไมโครเมตร ยาว 2.0-5.0 ไมโครเมตร ไม่สร้างแคปซูล และสปอร์ เคลื่อนที่ด้วยแฟกเจลลาที่ยาวและอยู่รอบเซลล์ ยกเว้น S. Pullorum และ S. Gallinarum พบว่าสัณฐานวิทยาคล้ายคลึงกับ *E. coli* เชื้อชนิดนี้จัดเป็นเชื้อก่อโรค (pathogens) ที่พบได้ในทุกๆแห่งทั้งในมนุษย์ และสัตว์ต่างๆ เช่น สัตว์เลื้อยคลาน นก รวมทั้ง แมลงต่างๆ

เชื้อซัลโมเนลลา สามารถเจริญได้ดีทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (Facultative anaerobe) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญคือ 35 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับการเจริญอยู่ในช่วง 4.5-9.0 (อรุณ และคณะ, 2535) สามารถย่อยสลายกลูโคสได้กรดกับก๊าซ แต่ไม่ย่อยสลายน้ำตาลแลกโทสหรือซูโครส ผลิตเอนไซม์ lysine decarboxylase แต่ไม่ผลิตเอนไซม์ออกซิเดส (oxidase) และสามารถรีดิวซ์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้ อาหารเลี้ยงเชื้อที่เจริญได้ดี เช่น Mac Conkey, Eosin Methylene Blue Agar (EMB), Xylose Lysine Desoxycholate (XLD) และ Desoxycholate Citrate Agar (DCA) (นันทนา, 2537) โดยทั่วไปโคโลนีมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-2 มิลลิลิตร ลักษณะกลม ขอบเรียบ ผิวเรียบมัน ไม่มีสี ไม่ทึบ แต่ไม่โปร่งแสง บางสายพันธุ์โคโลนีมีลักษณะเป็นเมือก สามารถสร้างไฮโดรเจนซัลไฟต์ได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Triple Sugar Iron (TSI) Agar จะให้กรดและก๊าซจากการย่อยสลายน้ำตาลกลูโคส ยกเว้น S. Typhi และ S. Gallinarum ไม่สามารถสร้างก๊าซจากการย่อยสลายน้ำตาลเดรกโตรส (นรีกุล และคณะ, 2526)

2.9.2 ความทนทาน

เชื้อซัลโมเนลลา ไม่ทนความร้อน ถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ในเวลา 1 ชั่วโมง หรือ 60 องศาเซลเซียส เวลา 15-20 นาที หรือ 62 องศาเซลเซียส ภายใน 4 นาที อย่างไรก็ตาม เชื้อ S. Senftenberg เป็นสายพันธุ์ที่สามารถทนอุณหภูมิสูงได้ดีกว่าซัลโมเนลลาทั่วไปถึง 10-20 เท่า โดยต้องใช้ความร้อนถึง 62 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง สำหรับการใช้ความเย็นหรืออุณหภูมิที่ต่ำนั้นไม่สามารถทำลายเชื้อซัลโมเนลลาได้ แต่สามารถยับยั้งการเจริญได้ โดยอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส จะยับยั้งการเจริญของเชื้อบางสายพันธุ์ได้เช่นกัน แต่ในบางสายพันธุ์สามารถอยู่รอดในสภาวะแช่แข็งได้ดี อย่างไรก็ตาม เชื้อจะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (อรุณ และคณะ, 2535)

สำหรับความเป็นกรด-ด่างนั้น เชื้อซัลโมเนลลาเจริญในช่วงความเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง เชื้อซัลโมเนลลาจะถูกยับยั้งการเจริญ เมื่อสภาพความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 9.0 หรือ ต่ำกว่า 4.0 (อรุณ และคณะ, 2535) ปัจจัยร่วมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของเชื้อซัลโมเนลลา ประกอบด้วย ความเป็นกรด-ด่าง ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ สารอาหาร และอุณหภูมิ เชื้อซัลโมเนลลาไม่ทนต่อแรงดันออสโมติก ไม่เจริญในอาหารที่มีเกลือแกงเข้มข้นร้อยละ 9 ในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง และมีการใช้เกลือไนไตรท์ในอาหาร (Jay, 2000)

2.9.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญและการควบคุมเชื้อซัลโมเนลลา

อนุชา และคณะ (2011) กล่าวว่าปัจจัยและการควบคุมเชื้อซัลโมเนลลามีหลายองค์ประกอบด้วยกันแต่มีปัจจัยที่สำคัญดังนี้

1) อุณหภูมิ

อุณหภูมิ (Temperature) เชื้อซัลโมเนลลาเป็นกลุ่มแบคทีเรีย mesophiles ที่เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิร่างกายมนุษย์หรือสัตว์ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตอยู่ที่ 37 องศาเซลเซียส แต่เชื้อสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 5-45 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 2-3 องศาเซลเซียสและเชื้อจะหยุดการเจริญเติบโตในช่วงอุณหภูมิระหว่าง -2 ถึง -5 องศาเซลเซียส เชื้อจะเริ่มตายเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น เพราะเซลล์ไม่สามารถรักษาสภาวะสมดุลที่เป็นสภาวะปกติไว้ได้ เนื่องจากเกิดความเสียหายของไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์และโปรตีน โดยเฉพาะเอนไซม์ของเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์รั่วและการสังเคราะห์โปรตีนต้องหยุดชะงักโดยเชื้อซัลโมเนลลาสามารถเจริญที่อุณหภูมิสูงสุด ที่เคยมีรายงานว่าเจริญเติบโตได้คือ ที่ 54 องศาเซลเซียส เนื่องจากเชื้อซัลโมเนลลามี

ระบบตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบเฉียบพลัน (heat shock response) โดยเชื้อซัลโมเนลลามีระยะเวลาที่ทำลายเชื้อแบคทีเรียใช้ลดลงได้ที่ร้อยละ 90 เรียกว่า Decimal reduction time (D_f) หรือ D-value เป็นค่าจำเพาะสำหรับเชื้อชนิดต่างๆ เพื่อใช้ในการควบคุมเชื้อในกระบวนการแปรรูปอาหารที่ใช้ความร้อน

2) พีเอช

ค่า (pH) เชื้อซัลโมเนลลาเจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH ระหว่าง 6.5-7.5 แต่ pH ที่เชื้อเจริญเติบโตได้คือ pH 4.5-9.5 เชื้อไม่สามารถเจริญเติบโตได้ที่ ค่า pH มากกว่า 9 ส่วนค่า pH ต่ำสุดที่เชื้อจะเจริญเติบโตได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดที่ใช้ปรับความเป็นกรด-ด่าง เช่น ถ้าใช้กรดไฮโดรคลอริคและกรดซิตริกเป็นตัวปรับความเป็นกรด-ด่าง ค่า pH ต่ำสุดที่เชื้อจะเจริญเติบโตได้อยู่ที่ 4.05 แต่ถ้าใช้กรดอะซิตริกและกรดแลคติคเป็นตัวปรับความเป็นกรด-ด่าง ค่า pH ต่ำสุดที่เชื้อจะเจริญเติบโตได้อยู่ที่ 5.5 ถ้าสภาวะ pH ไม่เหมาะสม เช่น pH ภายนอกเซลล์ต่ำกว่าช่วง pH ที่เชื้อจะเจริญเติบโตได้ ก็จะเกิดการเหนี่ยวนำให้เชื้อปรับตัวให้ทนต่อกรดในสิ่งแวดล้อม จึงเกิดปัญหาโรคอาหารเป็นพิษจากเชื้อซัลโมเนลลาในอาหารที่เป็นกรดขึ้นได้

3) ปริมาณน้ำอิสระ (Water activity)

ปริมาณน้ำในอาหารที่เชื้อซัลโมเนลลานำไปใช้ในอาหารเจริญเติบโตอยู่ที่ไม่ต่ำกว่า 0.93-0.95 เชื้อจะไม่เจริญเติบโตในอาหารที่มีเกลือแกงเข้มข้นร้อยละ 9 และในสภาวะที่ pH ลดลงจะทำให้เกลือไนไตรท์มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อได้มากขึ้น

ตารางที่ 2.4 ค่าต่ำสุด ค่าเหมาะสม ค่าสูงสุดของอุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง และวอเตอร์แอคติวิตี้ต่อการเจริญของเชื้อซัลโมเนลลา

สภาวะ	ค่าต่ำสุด	ค่าที่เหมาะสม	ค่าสูงสุด
อุณหภูมิ	5.2	35-43	46.2
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	3.8	7-7.5	9.5
ค่าวอเตอร์แอคติวิตี้	0.94	0.99	>0.99

หมายเหตุ **:** เชื้อซัลโมเนลลาส่วนใหญ่ไม่เจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียส

ที่มา : Internationnal Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) (1996)

สำหรับอาหารหมักประเภทปลาและหอย ที่มีความเข้มข้นเกลือสูงกว่าร้อยละ 18 นั้น จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินอาหารเช่น *Coliforms*, *Streptococcus*, *Salmonella* และ *Vibrio* ไม่ค่อยมีความสำคัญนัก แต่จะมีความสำคัญอย่างยิ่งในอาหารที่มีปริมาณเกลือต่ำ และอาหารที่ไม่ผ่านความร้อนให้สุกก่อนนำมาบริโภค (Mabesa, 1983) หากความเข้มข้นของเกลือในอาหาร สูงกว่าร้อยละ 8 จะมีผลให้เชื้อซัลโมเนลลาตายลงอย่างช้าๆ แต่จะขึ้นกับอุณหภูมิด้วย เช่น การแช่เนื้อ

4) การใช้ปัจจัยร่วมในการควบคุมเชื้อซัลโมเนลลา

การใช้ปัจจัยร่วมคือการนำจุดดีของการใช้ปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นมาใช้ในการควบคุมเชื้อซัลโมเนลลาเช่น การปรับสภาวะค่า pH ให้เหมาะสมร่วมกับการควบคุมค่า Aw ด้วยการเติมสารเคมี เช่น โซเดียมไนไตรท์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมนอกจากนี้การใช้สารแบคเทอริโอซิน ซึ่งเป็นสารที่เป็นผลผลิตของแบคทีเรียแลคติค เพื่อใช้ในการควบคุมเชื้อย่อมจะมีผลที่ดีกว่าการใช้ปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งอย่างเดียว นอกจากนี้การควบคุมเชื้อยังมีวิธีที่ได้ผลแต่อาจจะไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น หากใช้รังสีเพื่อควบคุมโดยใช้รังสีแกมมา ฉายที่ระดับความเข้มข้นของรังสีที่ 2 กิโลเกรย์ เพื่อควบคุมเชื้อซัลโมเนลลาในแหนม

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Huang และคณะ (1999) ศึกษาผลของการใช้เกลือแกงแช่ไข่เป็นเวลา 4 ถึง 8 สัปดาห์โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางสมบัติของโปรตีนไข่ขาวเค็มภายหลังจากแยกไข่แดงเค็มไปใช้ประโยชน์ โดยทำการแยกเกลือแกงและโปรตีนออกจากไข่ขาวเค็มสดโดยวิธี Electrodialysis พบว่าไข่ขาวเค็มมี pH ลดลงจาก 9.3 เป็น 7.1 ค่า zetapotential ลดลงจาก -48.3 เป็น -26.4 มิลลิโวลต์ และค่า surface-hydrophobicity เพิ่มขึ้นจาก 177 เป็น 372 เมื่อแยกเกลือแกงออกโดยวิธี electrodialysis

Lai และคณะ (1999) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการก่อตัวของไข่แดงจากไข่เป็ดและระดับการซึมผ่านของโซเดียมคลอไรด์ ไข่เป็ดจะถูกนำไปดองในสารละลายเกลือ (NaCl) ร้อยละ 26 เป็นเวลา 24 สัปดาห์ ไข่ที่ผ่านการดองจะถูกนำไปให้ความร้อนที่ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที การทดลองดังกล่าวแสดงการเพิ่มขึ้นของปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในไข่ขาวและไข่แดง (ร้อยละ 14.8 และ 8.9) ตามลำดับ นอกจากนี้ระยะเวลาการบ่ม (0-6 สัปดาห์) Oil of ratio ของไข่แดงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากร้อยละ 14 เป็น 50 และค่อยๆลดลงเมื่อระยะเวลาการดองที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าการก่อตัวของไข่แดงมีความสัมพันธ์กับระดับการแทรกซึมของโซเดียมคลอไรด์

keawmanee (2009) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพ ของไข่เป็ดทางการค้าระหว่างการดองเกลือและวิธีการพอกดินเป็นเวลา 2 สัปดาห์พบว่า วิธีการดองทั้งสองมีผลต่อการลดลงของปริมาณความชื้นและการเพิ่มขึ้นของปริมาณเกลือของทั้งไข่ขาวและไข่แดง วิธีการดองแบบพอกดินเค็มมีแนวโน้มให้ปริมาณไขมันที่ไหลเยิ้มของไข่แดงมากกว่าการดองด้วยวิธีการแช่น้ำเกลือ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของสัดส่วนไข่แดงที่แข็งตัวจากทั้งสองวิธี ไข่แดงเค็มที่ผลิตโดยวิธีการพอกดินเค็มมีค่าความแข็งและค่าการเกาะติดสูงกว่าไข่แดงเค็มจากการดองด้วยวิธีแช่น้ำเกลือในขณะที่ค่าความเปราะ ค่าความยืดหยุ่นและค่าพลังงานที่ใช้ในการบดเคี้ยวของไข่แดงนั้นมีค่าสูงกว่าไข่แดงที่ดองด้วยวิธีแช่น้ำเกลือ อย่างไรก็ตามการดองทั้งสองวิธีให้ค่าการยึดเกาะที่ใกล้เคียงกัน โดยมีการสูญเสียน้ำและการปลดปล่อยไขมันที่เพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการดองเพิ่มขึ้นแต่พบได้มากกว่าในไข่แดงที่ดองด้วยวิธีการพอกดินเค็ม ดังนั้นกระบวนการดองเกลือจึงมีผลต่อสมบัติของไข่ในระดับหนึ่ง

Keawmanee และคณะ (2010) ได้ศึกษาการรวมตัวของโปรตีนไข่ขาวจากไข่เป็ดอันเนื่องมาจากความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 20-90 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่แตกต่างกัน (ช่วงร้อยละ 0-6 โดยน้ำหนัก) และพบว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในช่วง 70-90 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ค่าความขุ่น และค่า Surface Hydrophobicity ของไข่ขาวเพิ่มสูงขึ้น โดยช่วงอุณหภูมิดังกล่าวส่งผลให้หมู่ซัลไฮดริล (Sulhydryl group) ที่เป็นองค์ประกอบในโปรตีนไข่ขาวมีปริมาณลดลง ($p \leq 0.05$) ขณะที่การเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เกิดการรวมตัวของโปรตีนไข่ขาว เนื่องจากการลดลงของค่าประจุลบในโมเลกุลของโปรตีน นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ไข่ขาวที่ผ่านการดองด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 2-6 โดยน้ำหนัก และให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบคอนโฟคอล (Confocal laser scanning microscopy) กลับไม่พบโปรตีนโอวัลบูมิน (Ovalbumin; น้ำหนักโมเลกุล 45 kDa) จากการวิเคราะห์ลักษณะของไข่ขาวเค็มที่ผ่านการให้ความร้อน ชี้ให้เห็นว่าการดองไข่ด้วยโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นสูงอาจมีส่วนเหนี่ยวนำให้เกิดการรวมตัวกันของโปรตีนไข่ขาวอันเนื่องมาจากความร้อนด้วยเช่นกัน

เดชศักดิ์ และคณะ (2012) ได้ศึกษาการใช้ไข่ขาวเค็มเหลวและผงทดแทนเกลือต่อคุณภาพของเพรสแฮม โดยเตรียมไข่ขาวเค็มใน 2 ลักษณะ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ ไข่ขาวเค็มเหลวมีโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 4.35 ความชื้นร้อยละ 84.43 และโปรตีนร้อยละ 7.5 ส่วนไข่ขาวเค็มผง ซึ่งได้จากการทำแห้งไข่ขาวเค็มดิบ ในเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง พบว่าประกอบด้วย โซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 30.06 ความชื้นร้อยละ 4.54 และโปรตีนร้อยละ 57.24 พบว่าเพรส

แฮมที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงมีลักษณะใกล้เคียงกับเพรสแฮมที่ใช้เกลือมากกว่าเพรสแฮมที่ใช้ไข่ขาวเค็มเหลว และเพรสแฮมที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงแทนเกลือร้อยละ 0.31 ให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะดีที่สุด จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าเพรสแฮมที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงแทนเกลือร้อยละ 0.31 มีความแตกต่างจากเพรสแฮมที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงแทนเกลือร้อยละ 0.35 และร้อยละ 0.39 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนเพรสแฮมที่เติมไข่ขาวเค็มเหลวมีลักษณะด้อยกว่าเพรสแฮมสูตรอื่นๆ

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

1) ไข่เป็ดดิบ ฟาร์มเป็ดฉะเชิงเทรา น้ำหนัก 65-70 กรัม โดยไข่เป็ดที่ใช้อายุไม่เกิน 7 วัน
2) หมูสันนอก ตลาดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
3) กระเทียม ตลาดหัวตะเข้ เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
4) เกลือปรุงทิพย์ (บริษัท อุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด, ประเทศไทย)
5) กระเทียมผง (บริษัท ตรามือ จำกัด, ประเทศไทย)
6) ไดโซเดียม 5'-ไรโบนิวคลิโอไทด์ (Northern chemicals and glasswares Ltd., Part., Thailand)
7) ผงชูรส (บริษัท อายิโน๊ะโมะโต๊ะ จำกัด, ประเทศไทย)
8) ผงปรุงรส รสหมู (บริษัท อายิโน๊ะโมะโต๊ะ จำกัด, ประเทศไทย)
9) น้ำตาล (บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด, ประเทศไทย)
10) พริกไทยป่น (บริษัท อาจจิตต์อินเตอร์เนชั่นเนล เพ็พเพอร์แอนด์สไปซ์ จำกัด, ประเทศไทย)
11) น้ำมันพืช (บริษัท น้ำมันพืชไทย จำกัด (มหาชน), ประเทศไทย)
12) ซีอิ๊วขาว (บริษัท ตราเด็กสมบูรณ์ จำกัด, ประเทศไทย)
13) ข้าวสาร ตราฉัตร (บริษัท ซี.พี.อินเตอร์เทรด จำกัด, ประเทศไทย)

3.1.2 อุปกรณ์การผลิต

1) หม้อสแตนเลส
2) ทัพพี
3) จานพลาสติก
4) ผ้ากรอง
5) ขวดโหล
6) ถ้วยพลาสติก

7) ถ้วยสแตนเลส
8) หนังยาง
9) ถาดสแตนเลสขนาด 29x38 ซม.
10) ตะหลิว
11) ช้อน
12) เครื่องปั่นผสมอาหารแบบมือถือ (Model : HW-942GS; House Worth, China)
13) ถุงพลาสติก
14) พายสแตนเลส
15) เตาแก๊ส
16) กระทะ
17) หม้อหุงข้าว
18) เตาแก๊ส
19) กระดาษไข
20) ตู้ควบคุมความเย็น
21) เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray Drying; Progress, Thailand)

3.1.3 อุปกรณ์การวิเคราะห์

1) กระป๋องอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (moisture can)
2) โถดูดความชื้น
3) ที่คีบ
4) บีกเกอร์ ปริมาตร 100 ml, 250 ml และ 500 ml
5) กระบอกตวง ขนาด 100 ml และ 500 ml
6) แท่งแก้วคนสาร
7) ไมโครปิเปต ปริมาตร 1ml และ 5 ml
8) กระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman No.1)
9) หลอดทดลองพลาสติกสำหรับปั่นเหวี่ยง
10) ขวดปรับปริมาตร ขนาด 50 ml, 100 ml, 250 ml และ 500 ml
11) เตาให้ความร้อน (Hot Plate)
12) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ml
13) กรวยแก้ว
14) บิวเรต
15) กรวยแก้ว

16) ตู้ดูดควัน

17) เครื่องกวนสารพร้อมให้ความร้อน

18) นาฬิกาจับเวลา (Stop Watch - DX9117-A ; Citizen, Japan)

19) เทอร์โมมิเตอร์ แบบแท่งแก้ว 0 -100 องศาเซลเซียส

20) แมคเนติก

21) ถ้วยกระเบื้อง (crucible)

3.1.4 อุปกรณ์ในการเพาะเลี้ยงเชื้อ

1) ถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ

2) จานเพาะเชื้อที่ปราศจากเชื้อ

3) หลอดทดลองปลอดเชื้อขนาด 16 × 150 มม. ที่มีฝาหรือจุกสำลีปิดมิดชิด

4) ปิเปตปลอดเชื้อขนาด 5 หรือ 10 มิลลิลิตร

5) กระจกสไลด์

6) แผ่นปิดสไลด์

7) เข็มเขี่ยเชื้อ (needle)

8) ห่วงเขี่ยเชื้อ (loop)

3.2 สารเคมี

3.2.1 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี

1) โซเดียมคลอไรด์ ($NaCl$) (Calo Erba, Germany) ชนิด AR-grade

2) กรดไนตริก (HNO_3) (Carlo Erba, Germany)

3) เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตโดเดคะไฮเดรต ($FeNH_4(SO_4)_2.12\ H_2O$) (Merck, Germany)

4) ซิลเวอร์ไนเตรท ($AgNo_3$) (Merck, Germany)

5) โพแทสเซียมเฮกซาไซยาโนเฟอร์เลต ($K_3[Fe(CN_6)]$) (Merck, Germany)

6) ซิงค์อะซิเตต ($Zn[CH_3](CO)\ .2H_20$) (Farmitalia Calo Erba, Germany)

7) เมทโทเซล (บริษัท วิคกี้เอนเตอร์ไพรซ์ จำกัด, กรุงเทพมหานคร)

8) คาราจีแนน (Carrageenan, Food grade) (Chemical & supply, Thailand)

9) ปิโตรเลียม อีเทอร์ (Petroleum ether 40-60) (Thailand)

10) กรดไฮโดรคลอริค (HCl) (Merck, Germany)

11) กรดอะซิติก ($C_2H_4O_2$) (Merck, Germany)
12) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (Carlo Erba Reagenti, Italy)
13) โพแทสเซียม ไทโอไซยาเนต (KSCN) (Ajex, Australia)

3.2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์

1) KOVAC's indole reagent (Merck, Germany)
2) Plate count agar (PCA) (Merck, Germany)
3) Lysine-Indole-Motility (Difco, USA)
4) Nutrient agar (NA) (Merck, Germany)
5) Salmonella-Shigella (SS) Agar (Merck, Germany)
6) Trypticase soy broth (TSB) (Merck, Germany)
7) Selenite cystine broth (SCB) (Merck, Germany)
8) Xylose-Lysine-Desoxycholate (XLD) agar (Merck, Germany)
9) Triple Sugar Iron (TSI) agar slant (Merck, Germany)
10) Trypticase soy agar (TSA) (Merck, Germany)
11) Antiserum *Salmonella* (polyvalent) A-I (Merck, Germany)
12) Muller-Kauffmann Tetrathionate-Novobiocin *Broth* (MKTTn) (Merck, Germany)
13) Rappaport-Vassiliadis *Broth* RV 10 (Merck, Germany)
14) Lysine-Indole-Motility (LIM) medium (Merck, Germany)

3.3 เครื่องมือวิเคราะห์

1) เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง (รุ่นPA4102; Ohaus Pioneer Precision Balance, USA.)
2) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง (รุ่น TE214S; Sartorius, Switzerland)
3) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) (รุ่น UNB400; Memmert, Germany)
4) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, Thailand)
5) เครื่อง Halogen (MJ33; Mettler Toledo, Switzerland)
6) เครื่องเหวี่ยงสารตกตะกอน (Beckman Coulter, USA)
7) เครื่องวัดค่าสี (รุ่น CR400; Minolta, Japan)
8) เครื่องกรองสุญญากาศ (Suction; WJ-20 6Y3087, Japan)
9) เครื่องบด (Philip-Cucina, Indonesia)

10) เครื่องวัด Water Activity (Aqualab 4-TE, USA)
11) เครื่องรีแฟรคโตมิเตอร์ (Refractometer: S-28 ร้อยละ 0.0 - 28.0) (ATAGO, Japan)
12) เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (รุ่น SOX406 SOX406; Soxhlet, China)
13) เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (รุ่น KB8S; Gerhardt, America)
14) เตาเผา (Muffle furnance) (Nabertherm LT40, Germany)
15) ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Heraeus Kendro, Germany)
16) หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) (SS-245, Tomy, Japan)
17) ตู้ปลอดเชื้อ (Boss tech, USA)
18) เครื่องตรวจนับโคโลนี (Funke Gerber) (รุ่น colony-star, Germany)
19) เครื่องไมโครเซนตริฟิวจ์ (Pico, Germany)
20) ไมโครเวฟ (Microwave oven) (Electrolux, Sweden)
21) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert, Germany)
22) ตู้แช่แข็ง (Panasonic, Thailand)
23) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Schott Gerate, Germany)

3.4 บรรจุภัณฑ์

1) ถุงอลูมิเนียมฟอยด์ (OPP/PE/AL/PE/LLDPE) ขนาด 5x7 นิ้ว
2) ถุงลามิเนต (Nylon/LLDPE) ขนาด 5x8 นิ้ว
3) ถุงร้อน Polypropylene
4) ถุงซิปล็อค

3.5 วิธีการดำเนินงาน

3.5.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและกายภาพของไข่เค็มในระหว่างการดอง

3.5.1.1 การเตรียมไข่เค็ม

นำไข่เป็ดสดที่มีน้ำหนักระหว่าง 65-70 กรัม ไข่เป็ดที่ใช้อายุไม่เกิน 3 วัน จากฟาร์มจังหวัดฉะเชิงเทรา มาล้างทำความสะอาด เพื่อขจัดสิ่งสกปรกต่างๆที่ติดมากับเปลือกไข่ให้หลุดออกไปแล้วผึ่งให้แห้ง เพื่อเป็นการลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นบนเปลือกไข่

3.5.1.2 วิธีการดองไข่เค็ม

ขั้นตอนแรกเตรียมน้ำเกลือเพื่อใช้ในการดองไข่ ต้มน้ำพออุ่น(45 องศาเซลเซียส) เติมเกลือลงไป โดยใช้น้ำ 3 ลิตร และใช้เกลือร้อยละ 20 ของน้ำหนักน้ำ คนให้เกลือละลาย จากนั้นรอให้น้ำเกลือที่ต้มเย็น นำน้ำเกลือมากรองผ่านผ้าขาวบาง เทใส่ขวดโหล (7×3.5 นิ้ว) ประมาณครึ่งโหล จากนั้นนำไข่เป็ดที่เตรียมไว้ 12 ฟองมาใส่ในขวดโหล และน้ำเกลือที่ความเข้มข้นเดียวกันมาใส่ถุงพลาสติกทนความร้อน มัดปากถุงแล้วนำไปวางบนไข่เป็ดในขวดโหล แล้วเติมน้ำเกลือที่เหลือจนครบ 3 ลิตร ทำการจัดถุงพลาสติกที่เติมน้ำเกลือให้ปิดไข่เป็ดเพื่อไม่ให้ไข่เป็ดลอยขึ้นมาเหนือน้ำ ปิดฝาจดบันทึกวันที่ให้เรียบร้อย เปลี่ยนน้ำเกลือใหม่ที่ใช้ดองไข่เป็ดทุกๆ 2 วัน โดยใช้ระยะเวลาการดอง 12 วัน

3.5.1.3 การตรวจสอบคุณภาพของไข่เค็มในระหว่างการดอง

นำไข่เป็ดที่อยู่ระหว่างการดองมาตรวจคุณภาพทุกๆ 2 วัน โดยนำไข่เป็ดมาชั่งน้ำหนักเพื่อดูน้ำหนักที่เปลี่ยนไปและนำมาต้มให้สุก โดยนำไข่เป็ดไปต้มในน้ำให้เดือด โดยเมื่อน้ำเดือดให้จับเวลาไปอีก 10 นาที จากนั้นนำไข่เป็ดที่ต้มแล้วมาปอกเปลือก ผ่าครึ่ง เพื่อจดบันทึก ลักษณะปรากฏ วิเคราะห์ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta รุ่น CR400) และปริมาณเกลือในรูปของคลอไรด์ ตามวิธีการของ (AOAC 2012) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.5.2 ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

3.5.2.1 ศึกษาผลของระยะเวลาการตีปั่นต่อการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

นำไข่ขาวเค็มดิบที่ได้จากการแยกไข่ขาวและไข่แดงในข้อ 3.5.1 มาตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่นมือด้วยความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที หลังจากนั้นนำโฟมไข่ขาวเค็มดิบที่ได้เตรียมนำไปวิเคราะห์คุณภาพของโฟม ตามวิธีการในข้อ 3.5.2.3 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพของโฟม โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ ทำการเลือกเวลาตีปั่นที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.5.2.2 ศึกษาผลของสารไฮโดรคลอลอยด์ต่อการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

นำไข่ขาวเค็มดิบที่ได้จากการแยกไข่ขาวและไข่แดงในข้อ 3.5.1 มาเติมสารไฮโดรคลอลอยด์ โดยสารไฮโดรคลอลอยด์ที่ใช้มีสองชนิด คือ เมทโทรเซล และคาราจีแนน โดยเติมที่ระดับปริมาณร้อยละ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 ของน้ำหนักไข่ขาวเค็มดิบ นำมาตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่นมือด้วยความเร็วระดับ 3 เป็นเวลาตามที่เลือกจากข้อ 3.5.2.1 จากนั้นนำโฟมไข่ขาวเค็มดิบที่เตรียมได้ไป

วิเคราะห์คุณภาพของโฟมตามวิธีการในข้อ 3.5.2.3 เพื่อเลือกชนิดและปริมาณของสารไฮโดรคลอลอยด์ที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

3.5.2.3 วิธีการตรวจสอบคุณภาพของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

คุณภาพของโฟมที่เกิดจากการตีปั่นไข่ขาวเค็มดิบมีผลต่อสภาวะการอบแห้งและคุณภาพของผลิตภัณฑ์หลังอบแห้ง ดังนั้นจำเป็นต้องทำการตรวจสอบคุณภาพของโฟมที่ได้ ดังนี้

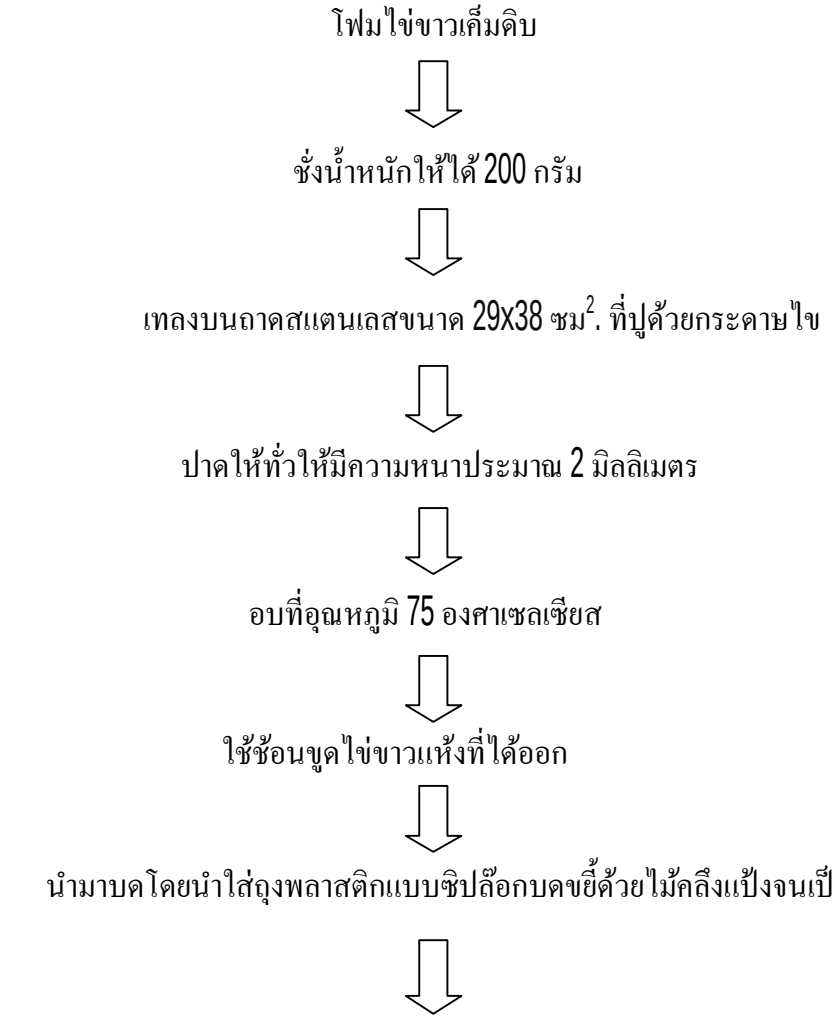
1) การวิเคราะห์ความหนาแน่นของโฟม ดัดแปลงจากวิธีของ Akintoye และ Oguntunde (1991)

2) ค่ากำลังการขึ้นฟู (overrun) ดัดแปลงจากวิธีของ Phillips และคณะ (1987)

3) การวิเคราะห์ความคงตัวของโฟม (คุ้มเกล้า และพนิดา, 1998)

3.5.3 ศึกษาผลของวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมทต่อคุณภาพของไข่ขาวเค็มผง

นำโฟมไข่ขาวเค็มดิบที่เตรียมได้จากสภาวะที่คัดเลือกจากข้อ 3.5.2 และโฟมไข่ขาวเค็มดิบที่ไม่ได้เติมสารไฮโดรคลอลอยด์มาทำแห้งแบบโฟมแมท ด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดตามวิธีการดังภาพที่ 3.1 ทำการอบแห้งจนตัวอย่างไข่ขาวเค็มผงมีค่าความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 3.9-4.5 (น้ำหนักแห้ง)



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตไข่ขาวเค็มผงด้วยการทำแห้งแบบโฟมแมท

จากนั้นนำไข่ขาวเค็มผงที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพตามวิธีการต่างๆ ดังนี้

1) วิเคราะห์ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta รุ่น CR400)

2) วิเคราะห์ค่าความหนาแน่นโดยรวม (Bult Density) ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักและนำไปวัดปริมาตร

3) วิเคราะห์ความสามารถในการละลายของไข่ขาวเค็มผง (Water solubility index; WSI) ดัดแปลงจากวิธี Sahin และคณะ (2011)

4) วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Aw) ด้วยเครื่อง Aqualab 4-TE

3.5.4 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มผง

นำไข่ขาวเค็มผงที่ผลิตได้ มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีตามรายละเอียดดังนี้

1) ความชื้น (Moisture) ตามวิธีการของ AOAC (2012)

2) ปริมาณโปรตีน (Protein) ตามวิธีการของ AOAC (2012)

3) ไขมัน (Fat) ตามวิธีการของ AOAC (2012)

4) เถ้า (Ash) ตามวิธีการของ AOAC (2012)

5) คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) ตามวิธีการของ AOAC (2012)

6) วิเคราะห์ปริมาณเกลือในรูปของคลอไรด์ AOAC (2012)

3.5.5 ศึกษาการใช้ไข่ขาวเค็มผงในการผลิตผงปรุงรส

3.5.5.1 การเตรียมผงปรุงรส

1) กรรมวิธีการผลิตเนื้อหมูผง

เนื้อหมูสันนอก ล้างทำความสะอาด หั่นเนื้อหมู ขนาด 2×3×2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้มในน้ำเดือด 3 นาที สะเด็ดน้ำ 1 นาที จากนั้นอบด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 ชั่วโมง แล้วบดละเอียดด้วยเครื่องบด ที่ความเร็วระดับ 1 นาน 10 วินาที และตามด้วยความเร็วระดับ 2 นาน 30 วินาที

2) การเตรียมผงปรุงรสรสหมูสูตรพื้นฐาน

สูตรพื้นฐานดัดแปลงจากสูตรผงปรุงรสรสหมู ตรารสดี (วัตถุปรุงแต่งอาหารตรา รสดี, 2553) ของบริษัท อายิโน๊ะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด มีส่วนผสม คือ เกลือ ไดโซเดียม 5’-ไรโบนิวคลิโอไทด์ ผงชูรส น้ำตาล เนื้อหมูผง และกระเทียมผง รายละเอียดดังตารางที่ 3.1 ผสมส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันในถ้วย บดละเอียดด้วยเครื่องบด ที่ความเร็วระดับ 1 นาน 20 วินาที บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์

ตารางที่ 3.1 สูตรพื้นฐานผงปรุงรสหมู

วัตถุดิบ	น้ำหนัก (กรัม)
เกลือ	40
ผงชูรส	32
น้ำตาล	16
กระเทียมผง	4
ไดโซเดียม 5'-ไรโบนิวคลิโอไทด์	4
เนื้อหมูผง	4
รวม	100

ที่มา : ดัดแปลงจากสูตรผงปรุงรสรสหมู ตรารสดี (วัตถุปรุงแต่งอาหารตรา รสดี, 2553) ของบริษัท อายิโน๊ะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด

3.5.5.2 ศึกษาการทดแทนเกลือด้วยไข่ขาวเค็มผงในผงปรุงรสรสหมู

เตรียมผงปรุงรสหมู โดยใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือทั้งหมด ในสูตรส่วนผสมของผงปรุงรสหมู (3.5.5.1) ปริมาณไข่ขาวเค็มผงที่ใช้ได้จากการคำนวณปริมาณเกลือที่มีอยู่ในไข่ขาวเค็มผง นำผงปรุงรสที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับสูตรพื้นฐาน โดยทำการทดสอบ 2 ลักษณะ คือ เตรียมเป็นน้ำซุป และนำไปใช้ในการทำข้าวผัด ดังมีรายละเอียดดังนี้

1) การเตรียมตัวอย่างน้ำซุป

เตรียมตัวอย่างให้อยู่ในรูปของน้ำซุป โดยการใช้ผงปรุงรสรสหมูสูตรพื้นฐานหรือสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผง ต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 3 นาที บรรจุน้ำซุป 30 มิลลิลิตร ในถ้วยพลาสติกทนร้อน และเก็บในตู้ควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบ โดยตัวอย่างจะถูกนำเสนอต่อ ผู้ทดสอบทีละตัวอย่างด้วยรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว โดยมีการสุ่มลำดับการนำเสนอ และแต่ละตัวอย่างจะถูกนำเสนอด้วยเวลาห่างกัน 3 นาที

2) การเตรียมข้าวผัด

ทดลองเตรียมข้าวผัด โดยมีรายละเอียดของสูตรและวิธีการผัด นำข้าวผัดทั้ง 2 ตัวอย่างที่ใช้ผงปรุงรสสูตรพื้นฐาน และผงปรุงรสที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงแทนเกลือ ใส่ในถ้วยพลาสติกทนร้อน 20 กรัมต่อตัวอย่าง จากนั้นนำข้าวผัดที่ได้มาทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยตัวอย่างจะถูก

นำเสนอต่อ ผู้ทดสอบทีละตัวอย่างด้วยรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว โดยมีการสุ่มลำดับการนำเสนอ และแต่ละตัวอย่างจะถูกนำเสนอด้วยเวลาห่างกัน 3 นาที

การเตรียมข้าวผัด

<u>การเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้าวผัด</u>

ส่วนผสมของข้าวผัดหมู

1. ข้าวสวย	240	กรัม
2. หอมหัวใหญ่	30	กรัม
3. กระเทียมสับละเอียด	7	กรัม
4. ไข่ไก่	1	ฟอง
5. เนื้อหมู	40	กรัม
6. มะเขือเทศ	40	กรัม
7. ซอสปรุงรส	1	ช้อนโต๊ะ
8. ผงปรุงรส	1	ช้อนชา
9. น้ำมันพืช	2	ช้อนโต๊ะ
10. น้ำตาล	1	ช้อนชา
11. ต้นหอม	5	กรัม

<u>ขั้นตอนการปรุงข้าวผัด</u>

เตรียมกระทะตั้งไฟให้ร้อน เทน้ำมันลงในกระทะ จากนั้นใส่กระเทียม เนื้อหมู ผัดให้หอม ใส่หอมหัวใหญ่ ผักคะน้า และทำการตอกไข่ใส่ลงไปผัดให้เข้ากันจนผักนิ่ม ตักข้าวสวยใส่กระทะ ปรุงรสด้วยซอสปรุงรส น้ำตาล ผงปรุงรส ผัดข้าวกับส่วนผสมจนเข้ากันดี จากนั้นใส่มะเขือเทศ ผัดให้เข้ากัน ตักเสริฟ พร้อมโรยต้นหอมไว้ด้านบนข้าวผัด

ที่มา : ดัดแปลงจาก : นิรนาม (2557)

3) การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 1 ถึง 7 (7-point hedonic scale) ในด้านลักษณะปรากฏ (apperrent) กลิ่นรสโดยรวม (overall flavor) รสเค็ม (saltiness) รสหวาน (sweetness) ความกลมกล่อม (umami) และความชอบโดยรวม (overall liking) ทดสอบกับผู้ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน (n=30) ผู้ทดสอบกลุ่มเป้าหมายคือ นักศึกษาที่เคยรับประทานผงปรุง

รสรสหมูในรูปแบบน้ำซุป สุ่มผู้ทดสอบแบบการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความสะดวก (convenience sampling) โดยวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติแบบสุ่มตลอดบล็อกโดยสมบูรณ์ (Randomize Completely Block Design, RCBD) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3.5.6 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวเค็มผงในระหว่างการเก็บรักษา

โดยการนำไข่ขาวเค็มผงที่ได้จากกระบวนการอบแห้งแบบโฟม บรรจุลงในถุงพอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) แบบซิบล็อค ถุงละประมาณ 20 กรัม ก่อนนำมาบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต (PET/AL/PE) โดยเก็บรักษาในตู้บ่ม (Incubator) ที่อุณหภูมิ 30±3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ (RH) 57-60 ทำการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงของไข่ขาวเค็มผงทุกๆ 15 วัน เป็นเวลา 3 เดือน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวเค็มผง

1) วิเคราะห์ความสามารถในการละลายของไข่ขาวเค็มผง (Water solubility index; WSI) ดัดแปลงจากวิธี Sahin และคณะ (2011)

2) วิเคราะห์ปริมาณน้ำอิสระ (Aw) ด้วยเครื่อง Aqualab 4-TE

3) วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีการของ (AOAC 2012)

4) วิเคราะห์เชื้อซัลโมเนลลา ตามวิธีการของ (ISO 6579)

3.5.7 การวางแผนการทดลอง

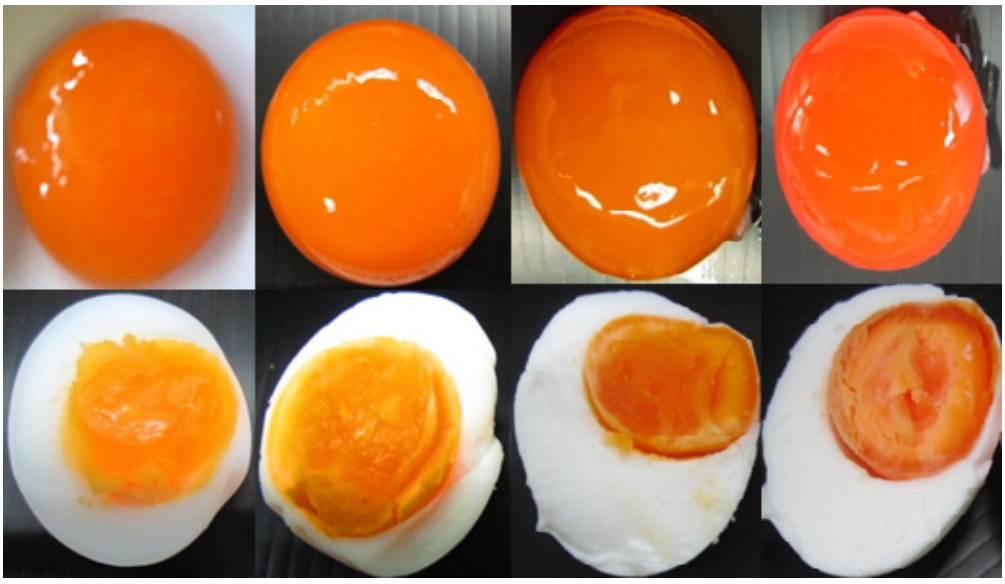
วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดโดยสมบูรณ์ (Complete randomize design, CRD) โดยการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ยกเว้นการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design)

บทที่ 4

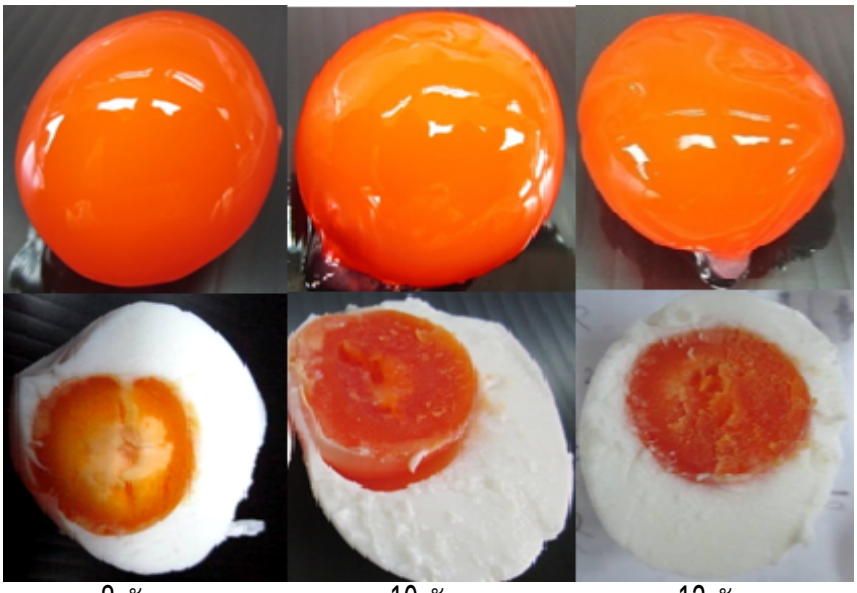
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การเปลี่ยนแปลงของไข่แดงเค็มและไข่เค็มต้มสุกในระหว่างการดอง

จากการดองไข่เป็ดในน้ำเกลือ ความเข้มข้นร้อยละ 20 และเปลี่ยนน้ำเกลือที่ใช้ดองทุกๆ 2 วัน เมื่อนำไข่เป็ดที่ดองทุกๆ 2 วันมาต้มแล้วผ่าครึ่ง เพื่อดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการดองได้ผลแสดงดังภาพที่ 4.1



0 วัน 2 วัน 4 วัน 6 วัน



8 วัน 10 วัน 12 วัน

ภาพที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของไข่เค็มในระหว่างการดอง 12 วัน

ด้านบน : ไข่แดงเค็มดิบ ; ด้านล่าง : ไข่เค็มต้มสุกผ่าซีก

จากภาพจะเป็นลักษณะของไข่แดงเค็มดิบและส่วนขวางของไข่เค็มต้มสุกที่อยู่ในระหว่างการดอง ไข่แดงของไข่เค็มในช่วงระยะแรกของการดอง ไข่แดงจะมีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่นิ่ม ไม่คงตัว แต่เมื่อระยะเวลาการดองเพิ่มขึ้น ไข่แดงจะเริ่มมีการแข็งตัว เนื้อสัมผัสที่แข็ง เป็นก้อนที่คงตัว ซึ่งการแข็งตัวในชั้นของแข็งของไข่แดงจะเริ่มต้นจากบริเวณด้านนอกของไข่แดง (ใกล้เยื่อหุ้มไข่แดง) แล้วค่อยๆขยายจนถึงจุดศูนย์กลาง โดยวันที่ 6 ของการดอง ไข่แดงของไข่เค็มจะเริ่มแข็งตัวและแข็งเป็นก้อนเมื่อใช้ระยะเวลาการดองที่นานขึ้น และจะแข็งเป็นก้อนทั้งฟองในวันที่ 12 ของการดอง

ในส่วนของไข่เค็มต้มสุก ช่วงระยะแรกของการดอง ไข่ขาวของไข่เค็มจะมีลักษณะโปร่งใส ไม่ขุ่น เนื้อสัมผัสแข็ง แต่เมื่อระยะเวลาการดองเพิ่มขึ้นไข่ขาวจะเริ่มขุ่น เนื้อสัมผัสนิ่มเล็กน้อย การเปลี่ยนแปลงด้านสีของไข่แดงเค็มต้มสุกในระหว่างการดองอาจจะเกี่ยวข้องกับการสูญเสียความชื้น และปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ชั้นนอกของไข่แดง การลดลงของความชื้นจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของเม็ดสี ในส่วนขวางของไข่เค็มต้มสุกที่อยู่ระหว่างการดองตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 12 ของการดอง สีของไข่แดงบริเวณด้านนอก (บริเวณขอบ) ของไข่แดงเค็มต้มสุกจะเริ่มเปลี่ยนแปลงจาก เหลืองเข้ม ส้มเข้ม แดง แดงเข้ม บริเวณตรงกลางของไข่แดงจะเริ่มเปลี่ยนจาก เหลืองสว่าง เหลือง เหลืองเข้ม แดง แดงเข้ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lai และคณะ (2010) ที่รายงานว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาการดองไข่เพิ่มขึ้นจนถึง 5 สัปดาห์ พบว่าด้านนอกของไข่แดงจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม สีน้ำตาล สีส้ม และบริเวณตรงกลางของไข่แดงจะเริ่มเปลี่ยนจาก เหลืองสว่าง เหลือง เหลืองเข้ม และกลับมาเหลืองอีกครั้ง

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของไข่ขาวเค็มต้มสุกในระหว่างการดอง 12 วัน

ระยะเวลาการดอง (วัน)	L^*	a^*	b^*
0	73.78a±0.84	1.88a±0.12	-9.27a0.51
2	88.31b±0.95	2.31b±0.06	-4.87b±0.32
4	88.63b±0.91	2.43b±0.08	-4.16b±0.15
6	89.01bc±0.91	2.73c±0.05	-4.11c±0.20
8	89.72bc±0.27	2.84c±0.08	-3.40d±0.12
10	90.68cd±0.88	3.10d±0.05	-2.31e±0.56
12	91.49d±1.43	3.17d±0.04	-2.61e±0.32

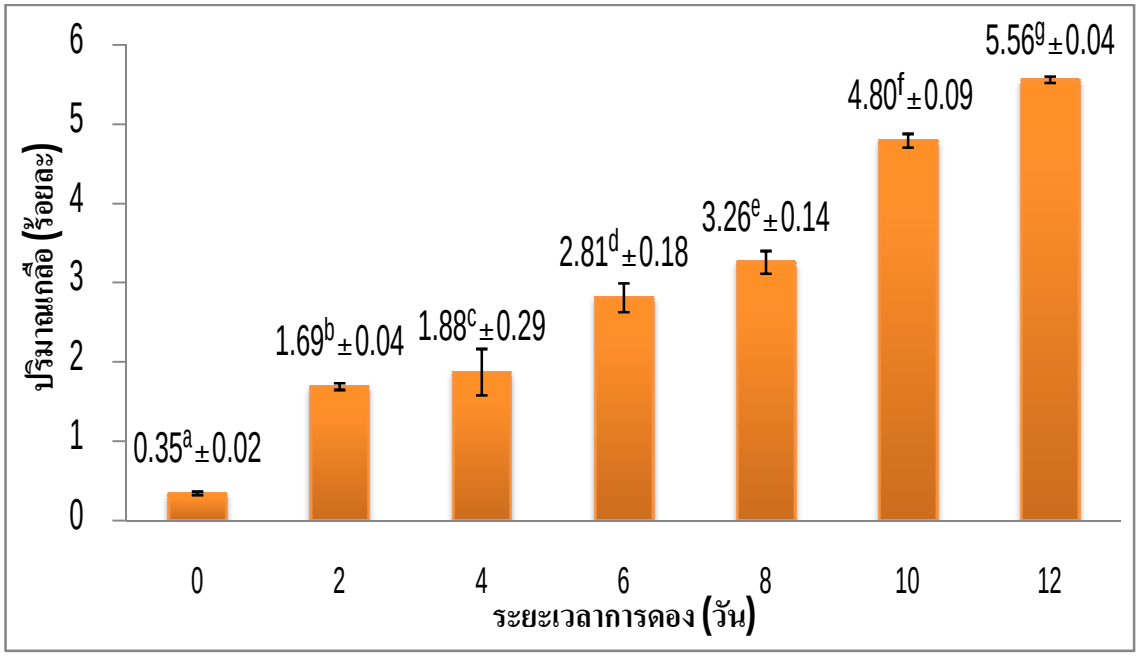
$^{a-e}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

การเปลี่ยนแปลงด้านสีของไข่ขาวเค็มต้มสุกในระหว่างการดองเกลือ 12 วัน แสดงดังตารางที่ 4.1 ค่าความสว่าง (L^*) ของไข่ขาวเค็มต้มสุกจะมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการดองเพิ่มขึ้น และจะมีความเป็นสีขาวมากกว่าไข่ขาวปกติที่ไม่ได้ผ่านการดอง รวมทั้ง ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) จะมีค่าเพิ่มขึ้นในไข่ขาวเค็มต้มสุกมากกว่าไข่ขาวสดต้มสุก การเปลี่ยนแปลงด้านสีของไข่แดงเค็มต้มสุกในระหว่างการดองเกลือ 12 วัน แสดงดังตารางที่ 4.2 ค่าความสว่าง (L^*) ของไข่แดงเค็มต้มสุกจะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการดองเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกันค่าสีแดง (a^*) จะมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b^*) จะมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการดองเพิ่มขึ้น ผลการทดลองวัดค่าสีสอดคล้องกับลักษณะปรากฏของไข่เค็มที่แสดงดังภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของไข่แดงเค็มดิบในระหว่างการดอง 12 วัน

ระยะเวลาการดอง (วัน)	L^*	a^*	b^*
0	46.82^{e}±0.37	13.18^{a}±1.70	20.20^{d}±3.03
2	46.78^{e}±0.22	17.42^{b}±0.94	19.68^{d}±0.66
4	45.59^{d}±0.55	18.99^{c}±0.30	18.50^{dc}±0.47
6	45.06^{d}±0.43	20.50^{d}±0.07	17.44^{dc}±0.88
8	43.95^{c}±0.83	21.95^{e}±0.55	16.00^{cb}±0.48
10	41.96^{b}±0.51	22.88^{ef}±0.63	13.33^{ba}±1.76
12	40.69^{a}±0.97	24.27^{f}±0.42	12.82^{a}±1.71

$^{a-f}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง



ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณเกลือของไข่ขาวเค็มต้มสุกในระหว่างการดอง 12 วัน

$^{a-g}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองพบว่า ปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็มจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการดอง โดยจะเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 ถึง 12 เป็นร้อยละ 0.35 และร้อยละ 5.56 (ร้อยละน้ำหนักสด) ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaewmanee และคณะ (2011) พบว่าเมื่อระยะเวลาการดองที่นานขึ้น ปริมาณเกลือจะเพิ่มขึ้น เมื่อไข่ถูกแช่อยู่ในสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นของเกลือภายนอกมากกว่าภายในไข่ จะทำให้เกิดแรงดันออสโมซิสดึงน้ำออกจากตัวไข่ เกลือจะค่อยๆแพร่เข้าไปในไข่ขาวและไข่แดงผ่านรูและเยื่อหุ้มเซลล์ของเปลือกไข่

4.2 ผลการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

4.2.1 ผลของระยะเวลาการตีปั่น

จากการทดลองที่นำไข่เค็มดองไว้เป็นเวลา 12 วัน มาแยกเอาเฉพาะไข่ขาวเค็มดิบมาใช้ โดยนำไข่ขาวเค็มดิบมาตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่นแบบมือที่ความเร็วระดับ 3 เป็นเวลา 1, 3 และ 5 นาที หลังจากนั้นนำโฟมไข่ขาวเค็มดิบที่เตรียมได้ไปวิเคราะห์คุณภาพของโฟม กำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวจากค่าความหนาแน่นและความสูง แสดงในตารางที่ 4.3 และ ความคงตัวของโฟมจากปริมาณของเหลวที่แยกออกมาจากโฟมไข่ขาวเค็มดิบที่ตั้งทิ้งไว้ เป็นระยะเวลา 15-60 นาที แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ผลของระยะเวลาการตีปั่นต่อกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

เวลา (นาที)	ความหนาแน่นของโฟม (กรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าความสูงของโฟม (เซนติเมตร)
1	0.47^{b}±0.02	10.68^{a}±0.76
3	0.30^{a}±0.05	16.66^{b} ±0.60
5	0.28^{a}±0.01	18.00^{b} ±0.77

$^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

ความหนาแน่นของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ คำนวณจากน้ำหนักของโฟมไข่ขาวเค็มดิบต่อปริมาตร ซึ่งถ้าค่าความหนาแน่นของโฟมต่ำ แสดงว่ามีกำลังการขึ้นฟูมาก จากตารางที่ 4.3 จะพบว่า เมื่อระยะเวลาการตีปั่นเพิ่มขึ้นจาก 1 ไปเป็น 3 นาที จะทำให้การขึ้นฟูของไข่ขาวเค็มดิบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นของโฟมลดลง และค่าความสูงของโฟมเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาการตีปั่นเพิ่มขึ้นจาก 3 ไปเป็น 5 นาที ไม่ทำให้กำลังการขึ้นฟูของไข่ขาวเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การตีปั่นอากาศอย่างต่อเนื่องจะทำให้กำลังการขึ้นฟูของสารที่ทำให้เกิดโฟมเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการตีปั่นอากาศเป็นเวลานานอาจจะทำให้กำลังการขึ้นฟูลดลง เนื่องจากแรงที่ตีอาจไปทำลายโครงสร้างของฟิล์มล้อมรอบฟองอากาศ (air cell) เป็นผลให้โฟมถูกทำลาย กำลังการขึ้นฟูจึงลดลง (Zayas, 1997)

ภาพที่ 4.3 การตีปั่นไข่ขาวเค็มดิบ

ภาพที่ 4.4 โฟมไข่ขาวเค็มดิบ

ตารางที่ 4.4 ผลของระยะเวลาการตีปั่นต่อปริมาณของเหลวที่แยกออกจากโฟมไข่ขาวเค็มดิบเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ

เวลาตีปั่น (นาที)	ปริมาณของเหลวที่แยกออกมา (มิลลิลิตร)			
	15 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
1	41.84^{c}±2.39	41.86^{c}±2.15	41.88^{c}±1.58	41.89^{b}±2.02
3	17.17^{b}±0.75	19.43^{a}±2.19	24.29^{a} ±1.71	29.51^{a}±2.08
5	12.01^{a}±3.69	23.29^{b}±1.92	27.57^{a}±1.64	30.12^{a}±2.00

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

เมื่อนำโฟมที่ได้จากการตีปั่น 1, 3 และ 5 นาที มาวัดค่าความคงตัวของโฟม โดยการใส่ โฟมลงในกรวยกรอง ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที ก่อนวัดปริมาตรของไข่ขาวเค็มดิบที่ไหลแยกตัวออกมาจากกรวยกรอง ถ้าปริมาณของของเหลวที่แยกตัวออกมามากแสดงว่าความคงตัวของโฟมต่ำ ในการทดลองพบว่าเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาที ที่ระยะเวลาการตีปั่น 1, 3 และ 5 นาที ปริมาตรของของเหลวที่แยกตัวออกมา เท่ากับ 41.84 มิลลิลิตร, 17.17 มิลลิลิตร และ 12.01มิลลิลิตร ตามลำดับ จะพบว่าความคงตัวของโฟมไข่ขาวเค็มดิบที่ได้จากการตีปั่นเป็นเวลา 1 นาที มีค่าน้อยกว่าความคงตัวของโฟมที่ได้จากการตีปั่นเป็นเวลา 3 นาที และ 5 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบความคงตัวของโฟมที่ได้จากการตีปั่นเป็นเวลา 3 และ 5 นาที จะพบว่าเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 60 นาที ปริมาณของเหลวที่แยกออกจากโฟมในกรวยกรองของโฟมที่ได้จากการตีปั่นเป็นเวลา 3 นาที และ 5 นาที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาร่วมกับกำลังการขึ้นฟูของโฟม ซึ่งที่เวลาในการตีปั่น 3 และ 5 นาที ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จึงเลือกใช้การตีปั่นเป็นเวลา 3 นาที เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4.2.2 ผลของการเติมสารไฮโดรคลอลอยด์

การใช้สารไฮโดรคลอลอยด์สองชนิด คือ เมทโทเซลและคาราจีแนนเติมลงในไข่ขาวเค็มดิบที่ปริมาณต่างๆกัน ก่อนนำไปตีปั่นเป็นเวลา 3 นาที ผลการวิเคราะห์คุณภาพของโฟมไข่ขาวเค็มดิบที่เตรียมได้เมื่อใช้เมทโทเซล แสดงดังตารางที่ 4.5 และ 4.6 และการใช้คาราจีแนนแสดงดังตารางที่ 4.7 และ 4.8 โดยความหนาแน่นของโฟม คำนวณจากน้ำหนักของโฟมต่อปริมาณของโฟมที่ตีได้

จากตารางที่ 4.5 และ 4.6 ผลของการใช้เมทโทเซลต่อกำลังการขึ้นฟูและความคงตัวของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ โดยภาพรวม จะพบว่าการใช้เมทโทเซลทำให้กำลังการขึ้นฟูและค่าความคงตัวของโฟมไข่ขาวเค็มดิบลดลง โดยพบว่าความสูงของโฟมมีแนวโน้มลดลง เมื่อมีการเติมเมทโทเซล และปริมาณของเหลวที่แยกออกเมื่อตีโฟมไข่ขาวเค็มดิบทิ้งไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ มีค่าเพิ่มขึ้น

ในการใช้คาราจีแนนร้อยละ 0.1 ถึง 0.5 ทำให้กำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบเพิ่มขึ้น โดยจะพบว่าความสูงของโฟมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่าความหนาแน่นของโฟมมีแนวโน้มลดลง เมื่อปริมาณของคาราจีแนนที่ใช้เพิ่มขึ้น เมื่อคาราจีแนนถูกเติมลงในไข่ขาวเค็มดิบ คาราจีแนนจะดูดน้ำและแขวนลอยอยู่ในไข่ขาวเค็มดิบ คาราจีแนนสามารถเกิดการฟอร์มเจลได้ในสภาวะที่มีประจุบวก (Anonymous 2000 ; Colwell และคณะ 1997) และประจุบวกของโซเดียมอิออนจากเกลืออาจเหนี่ยวนำให้เส้นสายไฮโดรคลอลอยด์ของคาราจีแนนจับกัน เป็นเหตุให้การเก็บอากาศในระหว่างการตีปั่นไข่ขาวเค็มดิบดีขึ้นจึงทำให้กำลังการขึ้นฟูของไข่ขาวเค็มดิบเพิ่มขึ้น

ในด้านความคงตัวของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ พบว่าเมื่อตั้งโฟมทิ้งไว้ 15 นาที ปริมาณของ เหลวที่แยกออกจากโฟมที่มีการเติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4-0.5 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับโฟมที่ไม่มีการเติมคาราจีแนน เมื่อพิจารณาผลร่วมระหว่างกำลังการขึ้นฟูของโฟม พบว่าควรเลือกใช้การเติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4 เนื่องจากให้ค่า overrun ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของค่าความสูงของโฟม มากกว่าการใช้คาราจีแนนร้อยละ 0.5 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Camacho และคณะ (1998) ที่รายงานว่าการเพิ่มสารเพิ่มความคงตัวมากเกินไปอาจทำให้เวลาที่ใช้ตีปั่นเพิ่มขึ้นและจะลดค่า overrun ของโฟมลง

ตารางที่ 4.5 ผลของเมทโทเซลต่อกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ความหนาแน่นของโฟม (กรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าความสูงของโฟม (เซนติเมตร)
0	0.30^{b}±0.05	16.66^{c} ±0.60
0.1	0.35^{c}±0.10	14.34^{b}±1.15
0.2	0.31^{b}±0.15	16.57^{bc}±1.53
0.3	0.30^{a}±0.01	17.98^{c}±2.08
0.4	0.31^{b}±0.00	15.97^{bc}±0.42
0.5	0.46^{d}±0.01	10.55^{a}±1.00

$^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

ตารางที่ 4.6 ผลของเมทโทเซลต่อปริมาณของเหลวที่แยกออกจากโฟมไข่ขาวเค็มดิบเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ

ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาณของเหลวที่แยกออกมา (มิลลิลิตร)			
	15 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
0	17.17^{a}±0.75	19.42^{a}±2.19	24.29^{a}±1.71	29.51^{a}±2.08
0.1	42.40^{c}±1.38	45.12^{d}±1.46	46.13^{d}±2.03	46.37^{d}±1.74
0.2	42.96^{c}±2.38	43.18^{c}±2.94	43.89^{c}±2.37	43.91^{c}±2.07
0.3	24.81^{b}±1.49	28.61^{b}±1.06	32.13^{b}±3.02	34.28^{b}±2.63
0.4	44.27^{c}±1.35	46.24^{d}±1.04	47.03^{d}±1.36	47.32^{d}±1.35
0.5	45.39^{c}±0.92	46.75^{d}±1.03	47.24^{d}±1.37	47.89^{d}±1.75

$^{a-d}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

ตารางที่ 4.7 ผลของคาราจีแนนต่อกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ความหนาแน่นของโฟม (กรัมต่อมิลลิลิตร)	ค่าความสูงของโฟม (เซนติเมตร)
0	$0.30^{b}\pm0.05$	$16.66^{a}\pm0.60$
0.1	$0.26^{b}\pm0.03$	$19.60^{ab}\pm1.48$
0.2	$0.27^{b}\pm0.01$	$18.27^{ab}\pm3.50$
0.3	$0.28^{b}\pm0.02$	$17.70^{ab}\pm1.06$
0.4	$0.21^{a}\pm0.02$	$23.81^{c}\pm2.30$
0.5	$0.24^{ab}\pm0.00$	$20.52^{b}\pm2.89$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในแนวตั้ง

ตารางที่ 4.8 ผลของคาราจีแนนต่อปริมาณของเหลวที่แยกออกจากโฟมไข่ขาวเค็มดิบเมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลาต่างๆ

ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาณของเหลวที่แยกออกมา (มิลลิลิตร)			
	15 นาที	30 นาที	45 นาที	60 นาที
0	$17.17^{c}\pm0.75$	$19.43^{a}\pm2.19$	$24.29^{a}\pm1.71$	$29.51^{a}\pm2.08$
0.1	$20.04^{c}\pm0.95$	$24.25^{b}\pm1.57$	$27.38^{a}\pm2.03$	$29.46^{a}\pm1.68$
0.2	$18.19^{c}\pm1.69$	$25.32^{b}\pm3.20$	$29.51^{a}\pm3.30$	$32.32^{a}\pm3.39$
0.3	$16.60^{bc}\pm2.95$	$23.00^{b}\pm3.42$	$26.41^{a}\pm3.64$	$28.63^{a}\pm3.23$
0.4	$13.19^{ab}\pm2.68$	$21.82^{ab}\pm3.46$	$28.77^{a}\pm3.28$	$33.07^{a}\pm2.41$
0.5	$9.34^{a}\pm2.92$	$16.64^{a}\pm1.56$	$23.53^{a}\pm3.29$	$30.66^{a}\pm3.12$

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในแนวตั้ง

4.3 ผลของวิธีการทำแห้งแบบโฟมแมทต่อคุณภาพของไข่ขาวเค็มผง

นำไข่ขาวเค็มดิบที่เติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4 และไม่เติมคาราจีแนนมาตีปั่น เป็นเวลา 3 นาที ก่อนนำโฟมไข่ขาวเค็มดิบไปอบแห้ง ในเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของไข่ขาวเค็มผงที่ระยะเวลาการทำแห้งต่างๆ แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าในช่วง 1 ชั่วโมงแรก ความชื้นของไข่ลดลงอย่างรวดเร็ว อาจเป็นได้ว่าการเกลี่ยโฟม ของไข่ขาวเค็มดิบเป็นชั้นบางๆ ทำให้การระเหยน้ำเกิดได้อย่างรวดเร็วและเมื่อเวลาการอบแห้งเพิ่มขึ้น ความชื้นของไข่ขาวเค็มผงค่อยๆลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง การเติมคาราจีแนนและไม่เติมคาราจีแนนที่ระยะเวลาการอบแห้งเดียวกัน ไข่ขาวเค็มผงที่มีการเติมคาราจีแนน ร้อยละ 0.4 มีแนวโน้มมีค่าน้อยกว่าไข่ขาวเค็มผงที่ไม่มีการเติมคาราจีแนน การที่กำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบที่มีการเติมคาราจีแนนมีค่าสูงขึ้น อาจทำให้โครงสร้างของโฟมไข่ขาวเค็มดิบมีความโปร่ง มีรูพรุน น้ำระเหยได้ง่ายขึ้น เป็นผลให้อัตราการทำแห้งดีขึ้น

ตารางที่ 4.9 ความชื้นของไข่ขาวเค็มผงที่เติมคาราจีแนน และไข่ขาวเค็มผงที่ไม่มีการเติมคาราจีแนน เมื่ออบแห้งที่เวลาต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ความชื้น (กรัมต่อร้อยกรัม)	
	ไม่เติมคาราจีแนน	เติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4
0	$84.75^{h}\pm0.17$	$84.11^{g}\pm0.08$
1	$6.18^{g}\pm0.18$	$5.73^{f}\pm0.18$
2	$5.86^{fg}\pm0.02$	$5.6^{f}\pm0.10$
3	$5.74^{ef}\pm0.57$	$5.39^{e}\pm0.08$
4	$5.65^{ef}\pm0.19$	$4.92^{d}\pm0.04$
5	$5.37^{de}\pm0.05$	$4.77^{d}\pm0.13$
6	$5.17^{cd}\pm0.09$	$4.55^{c}\pm0.09$
7	$4.89^{c}\pm0.06$	$4.22^{b}\pm0.14$
8	$4.28^{b}\pm0.14$	$3.96^{a}\pm0.03$
9	$3.51^{a}\pm0.08$	-

$^{a-h}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในแนวตั้ง

ลักษณะปรากฏของไข่ขาวเค็มผงที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟมแมท แสดงดังภาพที่ 4.3 พบว่าไข่ขาวเค็มผงที่ได้มีลักษณะเป็นผงละเอียด ลักษณะเหมือนผงแป้ง มีสีเหลืองนวล และเมื่อได้ทดลองนำไข่ขาวเค็มดิบมาทดลองทำแห้งแบบถาด คือเทเป็นชั้นบางๆความหนาเท่ากับโฟม อบที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง ลักษณะปรากฏของไข่ขาวเค็มผงแสดงดัง ภาคผนวก ช-8 พบว่าไข่ขาวเค็มผงที่ได้จากการทำแห้งแบบถาดมีลักษณะเป็นก้อนแข็ง เป็นเกร็ด สีของผงไข่ไม่สม่ำเสมอกัน การตีปั่นไข่ขาวเค็มดิบให้ขึ้นฟู ก่อนนำไปทำแห้งแบบโฟมแมท ทำให้การระเหยของน้ำทำได้ดีขึ้น เป็นผลให้ไข่ขาวเค็มผงที่ได้มีลักษณะโปร่ง เปราะ สามารถแตกเป็นผงเล็กๆได้ (ยุพร, 2555) การทำแห้งแบบโฟมแมทจะช่วยเพิ่มอัตราการทำแห้งของอาหาร เพราะโครงสร้างของโฟมซึ่งมีรูพรุน ทำให้พื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งส่งผลให้น้ำระเหยได้ง่ายและเร็วขึ้น อาหารสัมผัสกับความร้อนในระยะเวลาสั้น ช่วยลดการสูญเสียคุณภาพอาหาร โดยเฉพาะกลิ่นรสของอาหาร

ไม่มีการเติมคาราจีแนน เติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4

ภาพที่ 4.5 ลักษณะปรากฏของไข่ขาวเค็มผงจากการทำแห้งแบบโฟมแมท

เมื่อนำไข่ขาวเค็มผงที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟมแมท มาวิเคราะห์ค่าสี ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.10 พบว่าค่าความสว่าง (L^*) ของไข่ขาวเค็มผงที่ได้จากการทำแห้งแบบโฟมแมท มีค่า ประมาณ 88 ซึ่งค่าความสว่างของไข่ขาวเค็มผงจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าความสว่างของแป้งถั่วเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับอรุณี (2556) ที่ได้ทำการวัดค่าสีของแป้งถั่วเหลือง พบว่ามีค่าความสว่าง เท่ากับ 89.66 ค่าสีแดง เท่ากับ 3.24 ค่าสีเหลือง เท่ากับ 16.37

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไข่ขาวเค็มผงที่เติมคาราจีแนนและไม่เติมคาราจีแนน พบว่าค่าสีแดงและค่าสีเหลืองของไข่ขาวเค็มผงที่เติมคาราจีแนนมีค่ามากกว่าไข่ขาวเค็มผงที่ไม่ได้เติมคาราจีแนน ซึ่งสามารถสังเกตได้จากภาพที่ 4.3 พบว่าสีของไข่ขาวเค็มผงที่เติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4 มีสีเหลืองนวลมากกว่า

ตารางที่ 4.10 ค่าสีของไข่ขาวเค็มผงเมื่อมีการเติมและไม่เติมคาราจีแนน

คาราจีแนน	ค่าสี		
(ร้อยละ)	L^*	a^*	b^*
0	88.23^{a}±0.57	3.75^{a}±0.03	8.58^{a}±0.10
0.4	88.37^{a}±0.14	5.58^{b}±0.07	17.88^{b}±0.32

$^{a-c}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

ผลการวิเคราะห์ค่าการละลาย, ความหนาแน่น และปริมาณน้ำอิสระของไข่ขาวเค็มผงที่ได้จากการอบแห้งแบบโฟมแมท แสดงในตารางที่ 4.11 พบว่าค่าการละลายของไข่ขาวเค็มผง มีค่าปริมาณร้อยละ 80 ในขณะที่ไข่ขาวผงที่วางขายในท้องตลาดมีค่าการละลายร้อยละ 92-95 (Ovovita Company, 2009) ในการดองไข่เป็ด เกลือที่แพร่เข้าสู่ไข่ในปริมาณมาก อาจเข้าไปจับกับสายโพลิเปปไทด์ของโปรตีนในไข่ขาว ทำให้ความยืดหยุ่นของโครงสร้างโปรตีนลดลง รวมทั้งอาจทำให้ส่วนที่เป็นประจุที่จะจับกับน้ำลดลง เป็นผลให้สมบัติการละลายของโปรตีนลดลง (ธรรมรัตน์, 2552)

ตารางที่ 4.11 คุณภาพของไข่ขาวเค็มผงเมื่อมีการเติมและไม่เติมคาราจีแนน

คุณภาพ	ไม่เติมคาราจีแนน	เติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4
การละลาย (ร้อยละ)	$81.31^{ns}\pm0.60$	$80.61^{ns}\pm0.58$
ความหนาแน่น (กรัมต่อมิลลิลิตร)	$0.11^{a}\pm0.01$	$0.16^{b}\pm0.01$
ปริมาณน้ำอิสระ	$0.26^{ns}\pm0.01$	$0.27^{ns}\pm0.02$

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในแนวนอน

$^{a-b}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ในแนวนอน

สำหรับค่าความหนาแน่นรวม ที่คำนวณจากน้ำหนักของไข่ขาวเค็มผงต่อปริมาตรของไข่ขาวเค็มผง ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงขนาดของไข่ขาวเค็มผง ถ้าค่าความหนาแน่นรวมมีค่าสูง แสดงว่าขนาดของไข่ผงมีขนาดเล็ก จากตารางที่ 4.11 พบว่าค่าความหนาแน่นรวมของไข่ขาวเค็มผงที่เติมคาราจีแนนเท่ากับ 0.16 กรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีค่ามากกว่าไข่ขาวเค็มผงที่ไม่เติมคาราจีแนนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ (ตารางที่ 4.7) การเติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4 ทำให้กำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบเพิ่มขึ้น เมื่อนำไข่ขาวเค็มดิบไปตีปั่นโฟมที่ได้จะมีอากาศเข้าไปแทรกตัวอยู่มาก อาจทำให้โครงสร้างของโฟมมีรูพรุนมากขึ้น เมื่ออบแห้งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เปราะแตกเป็นผงเล็กๆมากขึ้น เมื่อพิจารณาจากกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบและคุณภาพของไข่ขาวเค็มผง ในการทดลองจึงเลือกใช้การเติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4 เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป เนื่องจากสามารถเพิ่มกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ เป็นผลให้ลดเวลาในการทำแห้งแบบโฟมแมท

4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มผง

เมื่อนำไข่ขาวเค็มผงมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้ผลแสดงดังตารางที่ 4.12 พบว่าไข่ขาวเค็มผง ประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า และความชื้นร้อยละ 58.57, 6.07, 0.48, 31.08 และ 4.28 ตามลำดับ ปริมาณเถ้าที่สูงเป็นผลมาจากปริมาณเกลือ

โดยจากการวิเคราะห์ปริมาณเกลือ พบว่าไข่ขาวเค็มผงประกอบด้วยเกลือร้อยละ 28.31 ซึ่งสอดคล้องกับ เดชศักดิ์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาการใช้ไข่ขาวเค็มเหลวและผงทดแทนเกลือต่อคุณภาพของเพรสแฮม พบว่าไข่ขาวเค็มผงมีโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 30.06 ความชื้นร้อยละ 4.54 และโปรตีนร้อยละ 57.24

ตารางที่ 4.12 องค์ประกอบทางเคมีของไข่ขาวเค็มผง

องค์ประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละ)
ความชื้น	4.28±0.14
โปรตีน	58.57±0.98
ไขมัน	0.48±0.02
เถ้า	31.08±0.34
คาร์โบไฮเดรต	6.07±0.98
ปริมาณเกลือ	28.31±0.27

4.5 ผลการศึกษาการใช้ไข่ขาวเค็มผงในการผลิตผงปรุงรส

ในการทดลองได้นำไข่ขาวเค็มผงที่เตรียมจากการใช้ไข่ขาวเค็มดิบ ที่เติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4 นำมาตีปั่นเป็นเวลา 3 นาที ก่อนนำไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง นำมาทดแทนเกลือทั้งหมดในสูตรผงปรุงรสหมู โดยปริมาณไข่ขาวเค็มผงที่ใช้ได้จากการคำนวณจากปริมาณเกลือที่มีอยู่ในไข่ขาวเค็มผง พร้อมทั้งปรับปริมาณของส่วนผสมอื่นๆในสูตรผงปรุงรสหมูให้เท่ากับอัตราส่วนที่มีอยู่ในสูตรพื้นฐาน โดยรายละเอียดของสูตรผงปรุงรสที่ใช้เกลือ (สูตรพื้นฐาน) และสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงแสดงดังตารางที่ 4.13 นั้นหมาย ความว่าถ้าใช้ผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐาน 1 กรัม ต้องใช้ผงปรุงรสหมูสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผง 2.02 กรัม คำนวณได้จากปริมาณส่วนผสมทั้งหมด (202 หารด้วย 100) จากนั้นนำผงปรุงรสหมูทั้ง 2 ตัวอย่างมาเตรียมเป็นน้ำซุปและข้าวผัด ก่อนนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยการให้คะแนนความชอบแบบ 7-point hedonic scale

ตารางที่ 4.13 รายละเอียดส่วนประกอบของผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐานและสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือ

ส่วนประกอบ (กรัม)	สูตรพื้นฐาน[A]	สูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือ
ผงชูรส	32	32
น้ำตาล	16	16
กระเทียมผง	4	4
ไดโซเดียม 5'- ไรโบนิวคลิโอไทด์	4	4
เนื้อหมูผง	4	4
เกลือ	40	-
ไข่ขาวเค็มผง	-	142
รวม	100	202

ที่มา : [A] ดัดแปลงจากสูตรผงปรุงรสรสหมู ตรารสดี (วัตถุปรุงแต่งอาหารตรา รสดี, 2553) ของบริษัท อายิโน๊ะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด

ในกรณีของน้ำซุป เตรียมโดยการต้มผงปรุงรสสูตรพื้นฐาน 18 กรัม ในน้ำเดือด 1 ลิตร (อ้างอิงถึงปริมาณการใช้ผงปรุงรสสูตรตรารสดี) ส่วนน้ำซุปที่เตรียมจากผงปรุงรสหมูสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผง จะใช้ในปริมาณ 36.36 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ แสดงดังตารางที่ 4.14 พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ, รสหวาน และรสเค็มของน้ำซุปทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คะแนนด้านกลิ่นรส และความชอบโดยรวมของน้ำซุปที่เตรียมจากผงปรุงรสสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงสูงกว่าตัวอย่างน้ำซุปที่เตรียมจากผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐาน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบถึงชอบมาก

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำซุปที่เตรียมจากผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐาน และสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือ โดยใช้ (7-point hedonic scale)

ชนิดของตัวอย่าง	ลักษณะปรากฏ[ns]	กลิ่นรส	รสหวาน[ns]	รสเค็ม[ns]	ความชอบโดยรวม
สูตรพื้นฐาน	4.37±1.06	3.83[a]±1.08	4.23±1.10	4.33±1.09	4.43[a]±0.93
สูตรไข่ขาวเค็มผง	3.80±1.05	4.60[b]±1.00	4.77±1.00	4.83±0.91	5.20[b]±0.80

[ns] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

[a-b] หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

จากนั้นผู้วิจัยจึงทดลองนำผงปรุงรสที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือมาทดลองใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่รับประทานเป็นอาหารจานหลักในชีวิตประจำวันจริงๆ จึงเลือกทดลองนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ข้าวผัด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวผัดที่ใช้ผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐานและที่ใช้ผงปรุงรสหมูสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือแสดงในตารางที่ 4.15 พบว่าผู้ชิมให้คะแนนความชอบในทุกด้านของตัวอย่างข้าวผัดที่ใช้ผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐาน และผงปรุงรสหมูสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยจะพบว่าคะแนนความชอบในทุกด้าน คือ ด้านกลิ่นรส ความกลมกล่อม และความชอบโดยรวม มีคะแนนอยู่ในช่วงชอบถึงชอบมาก โดยเฉพาะคะแนนความชอบโดยรวมของข้าวผัดที่ใช้ผงปรุงรสหมูสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือมีค่าสูงถึง 5.76 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตารางที่ 4.14 และ 4.15 แสดงให้เห็นว่าผู้ชิมยอมรับในผงปรุงรสหมูที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือ

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวผัดที่ใช้ผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐานและสูตรที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือ โดยใช้ (7-point hedonic scale)

ชนิดของตัวอย่าง	กลิ่นรส ^{ns}	ความกลมกล่อม^{ns}	ความชอบโดยรวม ^{ns}
สูตรพื้นฐาน	5.32±1.12	5.34±1.36	5.61±1.03
สูตรไข่ขาวเค็มผง	5.50±1.01	5.63±1.00	5.76±0.79

^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

4.6 ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวเค็มผง

โดยการนำไข่ขาวเค็มผงที่ได้จากกระบวนการทำแห้งแบบโฟมแมท บรรจุลงในถุงพอลิเอ-ทิลีน (Polyethylene: PE) แบบซิบล็อค ถุงละประมาณ 20 กรัม จากนั้นนำมาบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ลามิเนต (PET/AL/PE) โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 57 ถึง 60 ทำการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงของไข่ขาวเค็มผงทุกๆ 15 วัน เป็นเวลา 3 เดือน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวเค็มผง

ตารางที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวเค็มผงในระหว่างการเก็บรักษา

วัน	ความสามารถในการละลาย (ร้อยละ)	ปริมาณน้ำอิสระ (Aw)	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu/g)	เชื้อซัลโมเนลลา (Salmonalla/25g)
0	80.73^{e}±0.50	0.26^{a}±0.01	6×10^{1}	ไม่พบ
15	80.10^{e}±0.34	0.38^{b}±0.01	8×10^{2}	ไม่พบ
30	78.54^{d}±0.14	0.32^{cd}±0.01	11×10^{2}	ไม่พบ
45	76.24^{c}±0.67	0.37^{c}±0.00	13×10^{2}	ไม่พบ
60	74.86^{b}±0.76	0.39^{d}±0.00	14×10^{2}	ไม่พบ
75	73.48^{a}±0.29	0.41^{e}±0.01	15×10^{2}	ไม่พบ
90	72.77^{a}±0.12	0.43^{f}±0.01	18×10^{2}	ไม่พบ

$^{a-f}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในแนวตั้ง

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวเค็มผงในด้านความสามารถในการละลาย ปริมาณน้ำอิสระ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และการตรวจพบเชื้อซัลโมเนลลา ในระหว่างการเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 เดือน แสดงดังตารางที่ 4.16 พบว่าความสามารถในการละลายของไข่ขาวเค็มผงที่เก็บไว้เป็นเวลา 15 วัน ไม่แตกต่างกันจากไข่ขาวเค็มผงที่เพิ่งผลิตเสร็จ อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำอิสระจะมี แนวโน้มของค่าที่เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลานานขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลให้ความสามารถในการละลายเมื่อเก็บไว้มากกว่า 15 วัน มีค่าลดลง และจากข้อกำหนดของศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร (2546) ของสถาบันอาหาร สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม ได้เขียนระบุไว้ว่า ไข่ขาวผงจะต้องมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบไม่เกิน 10^4 โคโลนีต่อกรัม และจะต้องไม่พบเชื้อซัลโมเนลลาในตัวอย่าง 25 กรัม โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในไข่ขาวเค็มผงจนถึงวันที่ 90 ของการเก็บรักษา มีค่า 18×10^2 โคโลนีต่อกรัม และตรวจไม่พบเชื้อซัลโมเนลลาในตัวอย่าง 25 กรัม แสดงให้เห็นว่าไข่ขาวเค็มผงที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน 3 เดือน มีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่ข้อกำหนดว่าปลอดภัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. การดองไข่ในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ 20 และเปลี่ยนน้ำเกลือที่ใช้ดองทุกๆ 2 วัน พบว่าไข่แดงจะเริ่มแข็งตัวในวันที่ 6 ของการดอง และจะแข็งตัวเป็นก้อนแน่นในวันที่ 12 ของการดอง ปริมาณเกลือในไข่ขาวเค็มต้มสุกจะเพิ่มขึ้นจากวันแรก คือ ร้อยละ 0.35 ไปเป็นร้อยละ 5.56 ในวันที่ 12 ของการดอง

2. ผลของระยะเวลาการตีปั่นต่อการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ พบว่าการตีปั่นเป็นเวลา 3 นาที จะทำให้กำลังการขึ้นฟูและความคงตัวของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ ดีกว่าการตีปั่นที่เวลา 1 นาที ผลของการเติมไฮโดรคลอลอยด์ พบว่าการเติมคาราจีแนนลงในไข่ขาวเค็มดิบก่อนนำไปตีปั่น จะทำให้กำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบเพิ่มขึ้น และทำให้ความคงตัวของโฟมที่ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 15 นาทีมีค่าสูงขึ้น โดยพบว่าการเติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4 ทำให้กำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การเติมคาราจีแนนร้อยละ 0.4 ในไข่ขาวเค็มดิบแล้วนำไปตีปั่นเป็นเวลา 3 นาที ก่อนนำ ไปทำแห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส พบว่าไข่ขาวเค็มผง จะมีลักษณะเป็นผงละเอียด มีค่าความสว่างเท่ากับ 88.37 ค่าสีแดง เท่ากับ 5.58 ค่าสีเหลือง เท่ากับ 17.88 มีค่าการละลายร้อยละ 80.61 มีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 0.16 กรัมต่อมิลลิลิตร

4. ไข่ขาวเค็มผง ประกอบด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า และความชื้นร้อยละ 58.57, 6.07, 0.48, 31.08 และ3.96 ตามลำดับ และประกอบด้วยเกลือร้อยละ 28.31

5. ผลการใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือทั้งหมดในผงปรุงรสหมู พบว่าคะแนนความชอบโดยรวมของน้ำซุปที่เตรียมจากผงปรุงรสหมูที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงมีค่าสูงกว่าน้ำซุป ที่ทำจากผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐานที่ใช้เกลือ โดยมีคะแนนความชอบอยู่ในช่วงชอบถึงชอบมาก และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของข้าวผัดที่ใช้ผงปรุงรสหมูสูตรพื้นฐาน และผงปรุงรสหมูที่ใช้ไข่ขาวเค็มผงทดแทนเกลือ พบว่ามีคะแนนความชอบในทุกด้านไม่แตกต่างกันทางสถิติ

6. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวเค็มผงในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าความสามารถในการละลายของไข่ขาวเค็มผงที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 15 วัน ไม่แตกต่างจากไข่ขาวเค็มผงที่เพิ่งผลิตเสร็จ ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ แสดงให้เห็นว่าไข่ขาวเค็มผงที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 เดือน มีคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

บทที่ 6

สรุปผลผลิตงานวิจัย

ส่วนหนึ่งของงานวิจัยฉบับนี้ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานในหัวข้อ **"Effect of foam-mat drying on the qualities of salted egg white"**. Chonlada Doungpin [1,*], Praphan Pinsirodom[1], Yuporn Puechkamut[1]. ในงาน 13th ASEAN Food Conference, 9-11 September 2013, Singapore Meeting Future Food December Security & Sustainability.

บรรณานุกรม

กนกกร พิเศษสุรกุล, พนิดา ผุยหัวดง และพรทิพย์ ธนรติกุล. 2553. การผลิตซอสหัวหอมผงโดยวิธี การทำแห้งแบบโฟม. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตรคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์. 2536. กระบวนการแปรรูปอาหาร. สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาห-กรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

คุ้มเกล้า ตุลาดิลก และพนิดา รัตนปิติกรณ์. 2551. น้ำกระเทียมดองชนิดผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จุฑามาศ ทองหล่อ และสุจินดา ศรีวัฒนะ. 2555. การพัฒนาสูตรผงปรุงรสโดยใช้โปแตสเซียมคลอไรด์และโปแตสเซียมแลคเตทในการทดแทนโซเดียมคลอไรด์บางส่วน. สาขาวิชาการพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ชมภู่ ยิ้มโต. 2543. การพัฒนาไข่เค็มชนิดโซเดียมต่ำพอกด้วยเยื่อฟางข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชุติมา อนุเทศ, วิไล สนธิเพิ่มพูน, ธีรพร กงบังเกิด และพันธ์ณรงค์ จันทร์แสงศรี. 2553. สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตผงสำเร็จรูปจากตะไคร้ด้วยการทำแห้งแบบโฟม-แมท.วารสารวิชา การพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 20 (3) : 1-10.

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร.พิมพ์ครั้งที่ 1. ฟอร์แมตพริ้นติ้ง. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ดรุณี มูลโรจน์. 2550. การพัฒนากระบวนการผลิตกล้วยน้ำว้าผงโดยวิธีทำแห้งแบบโฟมแมท. การประชุมวิชาการประจำปี ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ดรัลรัตน์ โกกิฬา, สิริพัฒน์ วีระเจริญ และอัจฉรา หาญประสานกิจ. 2553. ผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็นและการทำแห้งต่อคุณภาพของไข่ขาวเค็ม. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เดชศักดิ์ วิจิตต์พันธ์, ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม และเยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2555. ผลของการใช้ไข่ขาวเค็มเหลวและผงทดแทนเกลือต่อคุณภาพของเพรสแฮม. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัด การ และบริการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. การประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติ/นานาชาติ ครั้งที่ 2.

ธานี กุลแพทย์. 2555. ภูมิปัญญา “ไข่เค็ม” พอกดินจอมปลวก. คมชัดลึกออนไลน์. เกษตร-วิทยา-ศาสตร์-ไอที. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.komchadluek.net/. (16 ธันวาคม2556).

ธวัชชัย ศุภวิทิตพัฒนา. 2554. ผลของสารก่อโฟมที่มีต่อสมบัติของโจ๊กข้าวกล้องงอกกึ่งสำเร็จรูปที่ผสมด้วยโฟม-แมท. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

ธรรมรัตน์ แก้วมณี. 2552. ผลของการดองเกลือต่อองค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของไข่เป็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยา ศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นรารัตน์ พรหมศร. 2553. จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับอาหาร การเป็นพิษของอาหาร.เอกสารประกอบ การสอน วิชาวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน 10064117. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์.

นันทนา อรุณฤกษ์. 2537. การจำแนกแบคทีเรียกลุ่มแอโรปส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเดียนสโตร. กรุง เทพฯ.

นรีกุล สุระพัฒน์, จันทร์เพ็ญ วิวัฒน์, ปรีชา พุทธาวุฒิไกร, สุวณี สุภเวชย์ และประมวล เทพชัยศรี. 2526. จุลชีววิทยาทางการแพทย์. สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร, กรุงเทพฯ.

ประไพศรี ศิริจักรวาล. 2547. ไข่ : กินได้ทุกคนทุกวันหรือไม่. นิตยสารหมอชาวบ้าน 25 (314) เดือนมิถุนายน คอลัมน์ : ล้านคำถามเรื่องยา ปรึกษาเภสัชกร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.vcharkarn.com/varticle/38388. (16 ธันวาคม 2556).

ผู้จัดการ 360° รายสัปดาห์. 2552. "รสดี" เดินหมากลอยัลตี้โปรแกรม รักษาบัลลังก์ตลาดผงปรุงรส. การตลาด. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.manager.co.th/mgrWeekly/. (24 เมษายน 2556).

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2554. ไข่ขาว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2997/egg-white. (23 มกราคม พ.ศ. 2556)

มผช 4949/2547. ผงปรุงรสอาหาร. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.

มผช 27/2546. ไข่เค็ม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน.

มกอช 6703/2548. ไข่เป็ด. มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.

ยุพร พืชกมุทร. 2555a. การถนอมอาหารและการแปรรูปอาหารด้วยการทำแห้ง. ในเอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีการถนอมและแปรรูปอาหาร. พิมพ์ครั้งที่1. สาขาวิชามนุษยนิเวศวิทยา. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ยุพร พืชกมุทร. 2555b. โปรตีนในอาหาร. เอกสารประกอบการสอนวิชาโปรตีน. พิมพ์ครั้งที่1. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รัชนี ตัณฑะพาณิชกุล. 2532. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษรไทย.

วรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2543. ไข่และผลิตภัณฑ์. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. สำนัก พิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: 230-247.

ศูนย์อัจริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. 2546. ข้อบังคับทางด้านเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://fic.nfi.or.th/law/law_level_list.php?id=8&lid=2. (24 ธันวาคม 2557).

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. การพัฒนากรรมวิธีการผลิต ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชาดา งามประภาวัฒน์. 2533. ไข่เค็มหลอด. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุทธิวัฒน์ แซ่ฮ้อ, ณัฐพัฒน์ วัฒนกฤษฎา, ผาณิต ไทยยันโต และเบญจวรรณ ธรรมธนารักษ์. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์เยลลี่คาราจีแนนสูตรน้ำผัก. ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ. 2529. ไข่และเนื้อไก่. กรุงเทพมหานคร : อมรการพิมพ์.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2549. ตำราจุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ.

สุธิดา กิจเกษตรสถาพร และพนิดา รันตปิติกรณ์. 2551. การผลิตสารสกัดชนิดผงจากพริกแดงสดโดยการทำแห้งแบบโฟม-แมท. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เสาวภา ยุววุฑโฒ. 2538. การพัฒนาดินสำเร็จรูปในการผลิตไข่เค็ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. บัณฑิตวิทยาลัย มหา วิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์. 2556. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสัตว์-ไข่เค็ม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.dld.go.th/transfer/th1/. (16 ธันวาคม2556).

อรุณี คงเฉลิม. 2556. ลักษณะทางเคมีกายภาพและสมบัติเชิงหน้าที่ของแป้งถั่วแดงและการประยุกต์ ใช้ในแครกเกอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรุณ บ่างตระกูลนนท์, สุมณฑา วัฒนสินธุ์ และชัยวัฒน์ พูลศรีกาญจน์. 2545. โรคซัลโมเนลลาโลซิส (*Salmonellosis*). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http ://webdb. dmsc.moph. go.th/ifc_nih /applications/files/Salmonella 1.pdf. (25 เมษายน 2557).

อนุชา มุมอ่อน, วสันต์ เคยเหล่า และสุดารัตน์ เคยเหล่า. 2011. แนวทางการควบคุมเชื้อซัลโมเนลลาในขั้นตอนการผลิตเนื้อไก่ในโรงฆ่าและชำแหละไก่เพื่อการส่งออก. สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์.

Anonymous. 2553. “ผงปรุงรส” กับ “ผงชูรส” แตกต่างกันอย่างไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://th.answers.yahoo.com/question. (18 ตุลาคม 2556).

Anonymous. 2557. สูตรอาหารไทย : ข้าวผัดหมู. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.ezythaicooking.com/free_recipes/thai_fried_rice_with_pork_th.html. (18 ตุลาคม 2556).

Anonymous. 2000. Carrageenan. [Electronic version]. Handbook of hydrocolloids: 87-102. [Online]. Available : http://docencia.izt.uam.mx/epa/archivos/quimalim/carragenina.pdf. (13 March 2014).

Anonymous. 2003. Carragenan. [Online]. Available : http://www.agargel.com.br/carragena-tec. html. (13 March 2014).

Akpinar, E.K., Bicer, Y. and Yildiz, C. 2003. Thin layer drying of red paper. Journal of Food Engineering. 59 : 99-104.

Akintoye, O.A. and Oguntunde, A.O. 1991. Preliminary investigation on effect of foam stabilizer on the physical characteristics and reconstitution properties of foam-mat dried soymilk. Drying Technology. 9 (1) : 245-262.

AOAC. 2012. Official Method of Analysis of AOAC International. 19th ed. Washington D.C., U.S.A.

Brock, T.D., and Madigan, M.T. 1988. Biology of Microorganisms. 5th ed. Prentice-Hall, New York.

Camacho, M.M., Martinez-Navarrete, N. and Chiralt, A. 1998. Influence of locust bean gum/ λ - carrageenan mixtures on whipping and mechanical properties and stability of dairy creams. Food Research International. 31 (9) : 653-658.

Chi, S.P. and Tseng, K.H. 1998. Physicochemical properties of salted pickled yolks from duck and chicken eggs. Journal of Food Science. 63 (1) : 27-30.

Colwell, R., Pariser, E., R. and Sinskey, A., J. 1997. Biotechnology of Marine Polysaccharides. Mc Graw Hill. USA.

Dickinson, E. and Galazka, V. B. 1991. Emulsion stabilization by ionic and covalent complexes of β - lactoglobulin and polysaccharides. Food Hydrocolloids. 5 : 281-296.

Essary, E.O. and Georgiades, M.O. 1979. Influence of pH, total acidity, salt and sugar in pickling solution on tenderness of egg white. Poultry Science. 58 : 1055.

Ewing W.H. 1986. Edwards and Ewing's Identification of Enterobacteriaceae, 4th ed. Elsevier Science Publishing Co., Inc., New York.

Guang, W., Molly, T., Cheryll, A.R. and Tong, W. 2012. Using modified soy protein to enhance foaming of egg white protein. Journal Science Food Agricultury. 92 : 2091-2097.

Huang, J.J., Tsai, J.S. and Pan, B.S. 1999. Picking time and electrodialysis affects functional properties of salted duck egg white. Journal of Food Biochemistry. 23 : 607-618.

International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). 1996. *Salmonella* Microorganisms in Food 5. Blackie Academic & Professional. New York. 217-264.

ISO-6579 : 2002 (E) 4th ed. Microbiology- General Guidance on Methods for the detection of Salmonella, International Organisation for Standardization, Geneve, Switzerland.

Stadelman, W.J. and Cotterill, O.J. 1995. Egg Science and Technology. New Yoke. : The Haworth Press : US : 105-175.

Jay, J.M. 2000. Modern Food Microbiology. Gaithersberg : AN Aspen Publication. University of Nevada Las Vegas.

Karim, A.A. and Wai, C.C. 1999. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola L.*) puree. Stability and air drying characteristics. Food Chemistry. 64 (7) : 337-343.

Kirk, S. and Sawyer, R. 1991. Pearson's Composition and Analysis of Food. 9th ed. New York : John Wiley & Sons, Inc.

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

Kaewmanee, T., Benjakul, S. and Visessanguan, W. 2011. Effects of Salting Processes and Time on the Chemical Composition, Textural Properties, and Microstructure of Cooked Duck Egg. Journal of Food Science. 76 : 139-147.

Li-Chan, ECY., Powrie, WD. and Nakai, S. 1995. The chemistry of eggs and egg products. In Egg Science and Technology. Edited by Stadelman, W. J. and Cotterill, O. J. New York : The Haworth Press: US : 105-175.

Lai, K. M., Chi, S. P. and Ko, W.C. 1999. Changes in yolk states of duck egg during long-term brining. Journal Agriculture Food Chemistry. 47 : 733-736.

Lai, K. M., Chung, W. H., Jao,C. L., and Hsu, K. C. 2010. Oil exudation and histological structures of duck egg yolks during brining. Poultry Science. 89 : 738-744.

Mabesa, R.C., M.M. Castillo, and V.T. Bandian. 1983. Safety Evaluation of Fermanted Fish and Shellfish Products: (II) Physical Contaminants. The Philippine Journal of Food Science. 4 : 103-107.

Nation Agricultural Library. 2010. The USDA National Nutrient Database for Standard Reference. [Online]. Available : http://www.nal.usda.gov. (24 April 2014).

Ovovita Company. 2009. Egg Albumin Powder. [Online]. Available : http://ovovita.pl. (16 May 2014).

Phillips LG, Haque Z, Kinsella JE. 1987. A method for the measurement of foam for-mation and stability. Journal of Food Science. 52 : 1074-7.

Raikos, V., Campbell, L. and Euston, S.R. 2007. Rheology and texture of hen's egg protein heat - set gels as affected by pH and the addition of sugar and/or salt. Food Hydrocolloids. 21 : 237-244.

şahin Nadeem, H., Torun, M. and özdemir, F. 2011. Spray drying of the mountain tea (Sideritis stricta) water extract by using different hydrocolloid carriers. LWT - Food Science and Technology. 44 : 1626-1635.

Sauter, E.A. and Montoure, J.E .1972. The relationship of lysozome content of egg white to volume and stability of foams. Journal of Food Science. 37 (6) : 918-920.

Stadelman, W.J. and O.J. Cotterill. 1995. Egg Science and Technology. 4th ed. Food Produce Press, New York.

Thanh, V.T. 1998. Qulity changes during salt curing of egg yolk. Master of Science Thesis. Asian Institute of Technology. Bangkok : Thailand.

USDA National Nutrient Database. Egg White Nutrition Fact. [Online]. Available: http://www.nal.usda.gov. (24 April 2014).

Zayas, J.F. 1997. Functionality of Proteins in Food. Springer -Verlag Berlin Heidelberg. New York.

Zhang, Y. and Xia, W. 2007. A novel method for the determination of sodium chloride in salted fish. International Journal of Food Sciences & Technology.

Zabik, M. 1992. Egg and Egg Product. *In* Journal Food Theory and Applications. 2nd ed., Edited by Bowers, J. New York : Macmillan Publishing Co. PP. 359-424.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ก-1 ผลิตภัณฑ์ "น้ำซุปหมู"

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 7-Point Hedonic Scale Test

ผลิตภัณฑ์ " น้ำซุปหมู"

ชื่อผู้ทดสอบ .....**วันที่** .....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พิจารณาคุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดไว้ และให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างตามระดับคะแนนที่ท่านคิดว่าเหมาะสมแล้วทำการบันทึกผล ในระหว่างการชิมให้ดื่มน้ำตามเพื่อทำการชิมตัวอย่างต่อไป

ระดับสเกลความชอบ 7 คะแนน

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบมาก

3 = ไม่ชอบ

4 = เฉยๆ

5 = ชอบ

6 = ชอบมาก

7 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	ลักษณะการทดสอบ				
	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	รสหวาน	รสเค็ม	ความชอบโดยรวม

คำแนะนำ

.....

.....

ก-2 ผลิตภัณฑ์ "ข้าวผัดหมู"

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 7-Point Hedonic Scale Test

ผลิตภัณฑ์ "ข้าวผัดหมู"

ชื่อผู้ทดสอบ ..... **วันที่** .....

คำแนะนำ : กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา พิจารณาคุณลักษณะต่างๆของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดไว้ และให้คะแนนความชอบของผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างตามระดับคะแนนที่ท่านคิดว่าเหมาะสมแล้วทำการบันทึกผล ในระหว่างการชิมให้ดื่มน้ำตามเพื่อทำการชิมตัวอย่างต่อไป

ระดับสเกลความชอบ 7 คะแนน

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

2 = ไม่ชอบมาก

3 = ไม่ชอบ

4 = เฉยๆ

5 = ชอบ

6 = ชอบมาก

7 = ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง	ลักษณะการทดสอบ		
	กลิ่นรส	ความกลมกล่อม	ความชอบโดยรวม

คำแนะนำ

.....

.....

ภาคผนวก ข

ผลของกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

ตาราง ข-1 ผลของเมทโทเซลต่อกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)
0	166.67±1.53
0.1	142.86±2.11
0.2	161.29±0.71
0.3	166.67±0.90
0.4	161.29±0.29
0.5	108.69±0.69

ตาราง ข-2 ผลของคาราจีแนนต่อกำลังการขึ้นฟูของโฟมไข่ขาวเค็มดิบ

ความเข้มข้น (ร้อยละ)	ปริมาตร (มิลลิลิตร)
0	166.67±1.53
0.1	192.67±1.88
0.2	183.03±2.03
0.3	179.67±2.12
0.4	240.33±1.53
0.5	208.33±0.06

การคำนวณความหนาแน่นของโฟม (เมื่อใช้คาราจีแนนที่ร้อยละ 0)

$$= \frac{\text{น้ำหนักของไข่ขาวเค็มดิบ}}{\text{ปริมาตร}} = \frac{50}{166.67}$$

= 0.30 กรัมต่อมิลลิลิตร

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา 25570107007

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 2 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2557

☐ แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ) ☑ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การผลิตไข่ขาวเค็มผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมทและการนำไปใช้ประโยชน์

(ภาษาอังกฤษ) SALTED EGG WHITE POWDER PRODUCTION BY FOAM-MAT DRYING AND ITS UTILIZATION

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร และ นางวันทนีย์ ช้างน้อย

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 ต.ค. 2556 ถึงวันที่ 30 ก.ย. 2557

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ

งวดที่ 1 60,000 บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน 6 ธ.ค. 2556

2. <u>สรุปงบประมาณค่าใช้จ่าย</u>

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	15,000.-	15,000.-	-
ค่าใช้สอย	6,000.-	-	6,000.-
ค่าวัสดุ	39,000.-	45,121.16.-	(6121.16.-)
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-
รวม	60,000.-	59,997.16.-	2.84.-

.....
(ผศ.ดร.ยุพร พืชกมุทร)
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน
...../...../.....

.....
(นางรัตนสุดา ชูอำไพ)
ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง
...../...../.....

Effect of foam-mat drying on the qualities of salted egg white

Chonlada Doungpin [1,*], Praphan Pinsirodom[1], Yuporn Puechkamut[1]

[1] Faculty of Agro-industry , King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , 10520, Thailand

[*] Corresponding author: cayongyuth@yahoo.com; kcyuporn@kmitl.ac.th.

Abstract

Salted egg yolks have been used in many products as steamed stuff bun, moon cake or other bakery products. Consecutive, salted egg white is discarded as waste. Therefore, in this study, salted egg white was tried to dry to be used as food ingredients. Salted eggs were prepared by immersing duck eggs in concentrated brine for 12 days. Salted egg white was manually separated from yolk and submitted to dry. Two methods of drying, conventional tray drying and foam-mat drying were used. In the case of foam-mat drying, salted egg white was whipped with hand mixer prior to dry. The chemical composition of salted egg white powder was determined. Carbohydrate, protein, fat and ash content of the powder were 6.07, 58.57, 0.48 and 31.08 percent (dry basis), respectively. And salt (chloride ion) content was 27.77 percent (dry basis). The qualities of salted egg white powders from conventional tray drying and foam-mat drying were compared. The result showed that the bulk density with correlated to particle size of the powders from foam-mat drying were lower. And the solubilities of the powders prepared from foam-mat drying were better than those of conventional tray drying. To improve the foaming capacity of salted egg white, the thickening agent was added during whipping. The result found that the over-run of salted egg white foam was significantly increased when adding thickening agent. Therefore, the qualities of salted egg white powder in the term of particle size and solubility were improved. This study showed that salted egg white powder had a good potential to be used as food ingredients.

Keywords : Salted egg white, Foam-mat drying, Food ingredient

1. Introduction

Salted egg is one of the most popular preserved egg products in Thailand. Generally, salted eggs are made by brining whole eggs in saturated saline or by coating the eggs with soil paste mixed with salt for about 20 to 35 d. During brining, the yolk gradually becomes solidified, whereas the albumen loses viscosity and becomes watery [1]. Conventionally, salted eggs are made from duck eggs because they attain more desirable characteristics than do hen eggs [2]. During salting, the yolk

gradually becomes solidified and hardened. On the other hand, egg white loses viscosity and becomes watery [3].Chi and Tseng (1998) has shown that salting caused moisture removal from egg yolk and the diffusion of salt into egg white and egg yolk. In addition to serving as a regular diet in the form of whole egg, the salted yolks are also used as stufing material in some foods such as moon cake, other desserts, and glutinous rice dumpling. Consecutive, salted egg white is discarded as waste. To develop salted egg white powder used to make food ingredients. Therefore, in this study, the characteristic and salt content of the eggs in the brining and effect of Tray dry and Foam-mat drying on quality of salted egg white powder and study volume added carrageenan in for help the stability of egg white foam.

2. Materials and Methods

2.1 Egg samples

Duck eggs (*Anas platyrhucus*) with a weight range of 65-75 g were obtained less than 3 days after laying from Chachoengsao Province, Thailand. The eggs were used within 3 days after laying.

2.2 Preparation of salted duck eggs

Duck eggs were brined in saturated saline (20% NaCl) at ambrent temperature up to 12 days and taken for analysis every 2 day up to 12 days. Before analysis, washed with tap water. Salted duck eggs were separated into 2 groups. The first group was heated in boiling water for 12 min, following by cooling in running water. The second group egg yolk was separated from albumin. Salted egg yolk was determined color attributes. Salted egg white was drying. Two methods of drying, conventional tray drying and foam-mat drying were used. The drying can was 75°c and 8 hours. In the case of foam-mat drying, salted egg white was whipped with hand mixer prior to dry for 3 min at room temperature (25°c), using a rotating anchor (45 mm diameter) at 1300 rpm.

2.3 Determination of chemical composition

Proximate analysis and salt content in egg sample were measured by the method of AOAC (2000) [4]. Samples (1 g) were added with 10 mL of 0.1 N $AgNO_3$ and 10 mL of HNO_3. The mixture was boiled gently on a hot plate until all solids except AgCl was dissolved (usually 10 min). The mixture was cooled using running water; the solids were removed through filter paper (Whatman nr 1), and 5 mL of 5% ferric alum indicator ($FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$) were added into the filtrate. The mixture was titrated with the standardized 0.1 N KSCN until solution became permanently light brown. The percentage of salt was then calculated as follows

$$\text{Salt (\%)} = 5.8 \times [(V1 \times N1) - (V2 \times N2)]/W \qquad (1)$$

where, V1 = volume of $AgNO_3$ (mL); N1 = concentration of $AgNO_3$ (N); V2 = volume of KSCN (mL); N2 = concentration of KSCN (N); and W = weight of sample (g).

2.4 Determination of color attributes

The color of salted egg yolk, cooked salted egg white and salted egg white powder was determined at surface in the $L^* a^* b^*$ mode of CIE (angle 10°, illuminant D65) using HunterLab (ColorFlex, Hunter Associates Lab., Va., U.S.A.). $L^*a^*b^*$ indicate lightness, redness/greenness, and yellowness/blueness, respectively.

2.5 Determination of Water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI)

Salted egg white powder were measured using the technique according to [5]. The ground extrudate was suspended in distilled water at room temperature for 30 min with gently intermittent stirring, and then centrifuged at 1000×g for 15 min (Baird & Tatlock Auto Bench Centrifuge, London, England). The WSI, the weight of dry solublesolids in the supernatant, is expressed as a percentage of the original weight of sample. The WAI, the weight of gel obtained after removal of the supernatant, is expressed as weight of obtained gel per gram of extrudate.

2.6 Measurement of the quality of the foam

Salted egg white was added carrageenan at 0%, 0.2%, 0.4%, 0.5%. The suspension was whipped with hand mixer for 3 min at room temperature (25°c), using a rotating anchor (45 mm diameter) at 1300 rpm. The quality of the foam caused by the hit mix affects the drying conditions and product quality after drying. Therefore necessary to check the quality of foam below. Measure the density of the foam[6], Measure the Stability of foam [7] and Measure the overrun [8].

2.7 Statistical Analysis

A completely random design was used throughout the study. The experiments were run in triplicate. Data were presented as mean values with standard deviations. One-way analysis of variance (ANOVA) was carried out and means comparisons were run using Duncan's multiple range tests. For pair comparison, *T*-test was used. Statistical analyses were performed using the statistical program SPSS for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Result

3.1 Change in Appearance of Salted eggs yolk and cooked salted eggs.

Figure 1. Appearance of salted eggs during brining. Above salted eggs yolk ; below: cooked salted eggs.

Figure 1 above showed the cross sections of salted egg yolks during brining with and without cooking. The hardened layer was initiated from the outer region of the yolk (near vitelline membrane) and then gradually proceeded toward the center region. Until 6 day of brining, the salted egg yolks were stared coagulate and hard when prolong period which effected on increasing of hardness and on 12 days salted egg yolks was most coagulate. At first 4 days, salted egg yolks was not coagulate in globular. The changes in the color of cooked salted yolk during salting might be related to moisture loss, increased salt content, and increased amount of free lipids, especially at the outer layer of egg yolk. The lowered moisture was associated with the increased concentration of the pigments, and the free lipid was able to extract lipid soluble pigments, particularly carotenoid in yolk. Below showed the cross section of cooked salted yolk which brined for 0 days, it showed a light yellow when the brining time increased to 12 days the outer region of the cooked salted yolk gradually changed into dark yellow, dark orange, red, light red whereas the center region change into light yellow, yellow, dark yellow, red, dark red.

Table 1. Color of cooked salted egg yolk

Brine day	L^*	a^*	b^*
0	46.82^{a}±0.37	13.18^{f}±1.7	20.20^{a}±3.03
2	46.78^{a}±0.22	17.42^{e}±0.94	19.68^{a}±0.66
4	45.59^{b}±0.55	18.99^{d}±0.3	18.5^{ab}±0.47
6	45.06^{b}±0.43	20.5^{c}±0.07	17.44^{ab}±0.88
8	43.95^{c}±0.83	21.95^{b}±0.55	16.00^{bc}±0.48
10	41.96^{d}±0.51	22.88^{ab}±0.63	13.33^{cd}±1.76
12	40.69^{e}±0.97	24.27^{a}±0.42	12.82^{d}±1.71

*Different superscripts in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

The color of cooked salted egg yolk during salting of 12 days using brined in saturated saline is presented in Table 1. When taken salted eggs yolk was measurements showed that a^* values, indicating redness/greenness was increases with period a brining but b^* values, yellowness/blueness was decreased which is consistent with the appearance of cooked salted egg yolk in figure 1.

Table 2. Color of cooked salted egg white

Brine day	L^*	a^*	b^*
0	73.78^{d}±0.84	1.88^{d}±0.12	-9.27^{e}0.51
2	88.31^{c}±0.95	2.31^{c}±0.06	-4.87^{d}±0.32
4	88.63^{c}±0.91	2.43^{c}±0.08	-4.16^{c}±0.15
6	89.01^{bc}±0.91	2.73^{b}±0.05	-4.11^{c}±0.20
8	89.72^{bc}±0.27	2.84^{b}±0.08	-3.4^{b}±0.12
10	90.68^{ab}±0.88	3.10^{a}±0.05	-2.31^{a}±0.56
12	91.49^{a}±1.43	3.17^{a}±0.04	-2.61^{a}±0.32

*Different superscripts in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$).

The color of cooked salted egg white during salting of 12 days using brined in saturated saline is presented in Table 2. Lightness (L^*) values of the cooked salted egg white was increased as period a brining. When the brining time of increased egg white color is darker than the original. Cooked salted egg white was a^* values increased. Due to generally, the higher a*and b*values were noticeable in cooked salted egg white than those of cooked fresh egg white. Pigments located at the outer layer of yolk might be contaminated into egg white to some extent. Salting process might soften yolk membrane [9], there by facilitating the migration of pigment from yolk to egg white. This possibly contributed to the increase in redness/yellowness of cooked salted egg white with increasing

salting time. Whiteness of cooked salted egg white was higher than that of cooked fresh egg for all salting methods and times used.

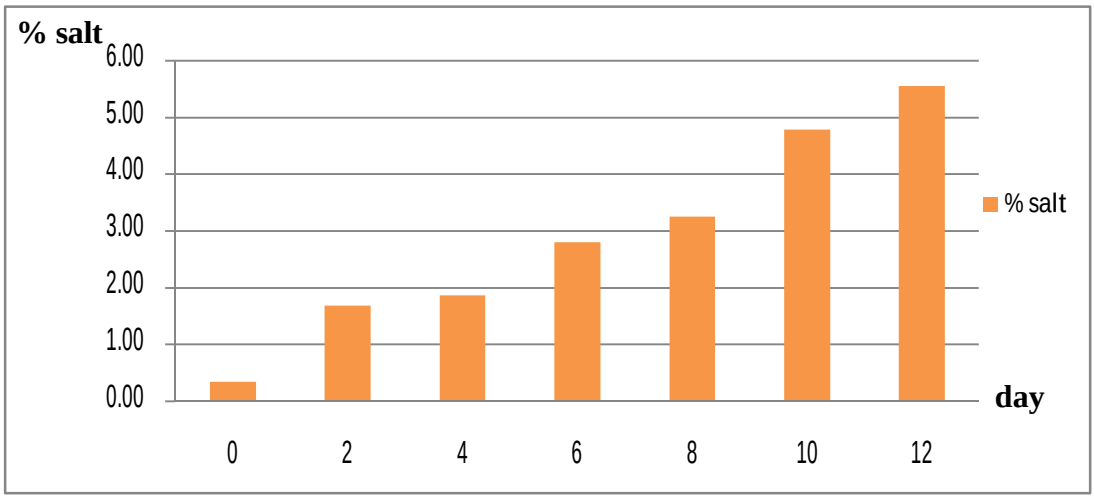


Figure 2. Change of NaCl content in egg white during long-term brining.

From figure 2 it can be seen that the % salt increased when the brining time increased. Which will increase from day 0 to 12 days as follows : 0.33%, 1.69%, 1.88%, 2.81%, 3.26%, 4.08%, 5.56%, respectively, due to the osmosis of water into the egg. NaCl gradually diffuses into the egg white and egg yolk through the pores and membrane of the shell during brining in saturated saline. The shell eggs become dehydrated during this period because the decrease in moisture is greater than the increase in NaCl.

(A) Tray dry powder (B) Foam - mat drying powder

Figure 3. Appearance of salted egg white powder. (A) Tray dry powder (B) Foam - mat drying powder

From figure 3 it can be seen that the drying powder from the two methods have the appearance and texture are different. Salted egg white was drying tray dry method It looks a bit rough, a solid chunk, the Foam - mat drying powder will look a little bit more. The color of the egg whites from Foam - mat drying to a bright white more.

Table 3. Color of salted egg white powder

Methods	L*	a*	b*
Tray dry	77.92^{b}±1.22	6.18^{a}±0.36	21.42^{a}±0.63
Foam - mat drying	88.23^{a}±0.57	3.75^{b}±0.03	8.58^{b}±0.10

*Different superscripts in the same column indicate significant differences (P < 0.05).

Table 3 shows the color of the salted egg white powder. Lightness (L^{*}) of Tray dry was 77.92 ± 1.22 and Foam - matt drying was 88.23 ± 0.57, which is the result of both differences in statistical. Tray dry have a *(red - green), b *(yellow - blue) values , was 6.18 ± 0.36, 21.42 ± 0.63 respectively, and Foam - matt drying was 3.75 ± 0.03, 8.58 ± 0.10 respectively, which is drying. of the two methods are statistically significantly different. It will be seen that foam salted egg white powder of Foam - mat drying will white color and brightness than Tray dry.

Table 4. Physical and chemical properties of salted egg white powder

Properties	Tray dry	Foam-mat drying
Water solubility	48.60^{b}±1.04	57.94^{a}±0.51
Salt content (chloride ion)	30.77^{a}±0.76	28.27^{b}±0.34
Aw	0.34^{a}±0.01	0.27^{b}±0.01
Moisture	4.59^{a}±0.24	3.89^{b}±0.06

*Different superscripts in the same column indicate significant differences (P < 0.05).

Table 4 shows the physical properties of drying the two methods, % salt Tray dry will be more than a Foam-mat drying, but the experimental % salt values is spread much. But considering that the Water Activity found a powder of Foam-mat drying is the Water Activity less than indicated that salted egg white powder, Foam-mat drying humidity is less than and the solubility of drying. Foam-mat drying is better to dissolve the Tray dry. This feature is important for experiments in the next section of the research that led to this powder. Made into powder seasoning in food, which requires the ability to dissolve better. And the moisture content of the salted egg white powder from Foam-mat drying is less than the Tray dry. Which would be beneficial in terms of shelf life of salted egg white powder.

Table 5. Proximate composition and salt content of Foam-mat drying salted egg white powder (dry basis)

Properties	Foam-mat drying
Carbohydrate	6.07±0.98
protein	58.57±0.98
fat	0.48±0.02
Ash	31.08±0.34
Salt content	27.77±0.45

*Different superscripts in the same column indicate significant differences (P < 0.05).

The chemical composition of salted egg white powder was determined. Carbohydrate, protein, fat and ash content of the powder were 6.07, 58.57, 0.48 and 31.08 percent (dry basis), respectively. Salt (chloride ion) content was 27.77 percent (dry basis). Salt content of salted egg white powder is greater than salted raw egg white.

Table 6. The quality of the foam

% carrageenan	Density of the foam(g/ml)	The quality of the foam Stability of foam (ml)				Overrun (g)
		15 min	30min	45min	60min	
0	0.27±0.02	3.5±0.03	5±0.04	6.8±0.03	8.4±0.02	8.8±0.66
0.4	0.33±0.10	3±0.05	4.7±0.03	5.5±0.04	6.7±0.03	6.12±0.03
0.5	0.35±0.05	2.7±0.04	4±0.03	5±0.03	6±0.04	6.08±0.03

*Different superscripts in the same column indicate significant differences (P < 0.05).

From the table 6 showed that increasing the concentration of carrageenan effect the value the novel of the mix and a foam. Density was increase and overrun was decrease when carrageenan increasing.

Acknowledgements.

This research project with help from Dr. Yuporn Peuchkamut and Agro-Industry King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

References

[1] Peh, H. C., H. S. Chang, and S. L. Li. 1982. Studies on the manufacturing of salted chicken egg. J. Chin. Soc. Anim. Sci. 11:45–58.

[2] Li, J. and Hsieh, Y.P. (2004). Traditional Chinese food technology and cuisine. Asia Pacific

Journal of Clinical Nutrition. 13: 147-155.

[3] Chi, S.P. and Tseng, K.H. 1998. Physicochemical properties of salted pickled yolks from duck and chicken eggs. Journal of Food Science. 63(1) : 27-30.

[4] Anderson, R.A. 1969. "Gelatinozation of Congrits by row and extrusion cooking." Cereal Sci Today. 14:4-11.

[5] AOAC (2000). Official method of analytical chemists (17th ed.). Arlington: The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

[6] Akintoye, O.A. and Oguntunde, A.O. 1991. Preliminary investigation on effect of foam stabilizer on the physical characteristics and reconstitution properties of foam-mat dried soymilk. Drying Technology. 9(1) : 245-262.

[7] Sauter, E. A. and Montoure J. E. 1972. The relationship of lysozyme content of egg white to volume and stability of foams. Journal of Food Science. 37: 918–920.

[8] Kirk, S. and Sawyer, R. 1991. Pearson's Composition and Analysis of Food. 9th ed. New York: John Wiley& Sons, Inc.

[9] Lai, K. M., S. P.Chi, and W.C. Ko. 1999. Changes in yolk states of duck egg during long-term brining. J. Agric. Food Chem. 47:733-736.

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติของหัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ - สกุล (ภาษาไทย) นางยุพร พืชกมุทร

(ภาษาอังกฤษ) Mrs. Yuporn Puechkamut

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตรจารย์ อาจารย์ระดับ 8

3. หน่วยงาน คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4. ติดต่อ E-mail: kcyuporn@kmitl.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชาเอก	สถาบันการศึกษา	ประเทศ
2528	ตรี	B.Sc. (Bachelor of Science)	Food Sci & Tech.	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2531	โท	M.Sc. (Master of Science)	Food Engineering	สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย	ไทย
2538	เอก	Dr.Agri (Doctor of Agricultural Science)	Food Technology	มหาวิทยาลัยเกียวโต	ญี่ปุ่น

6. สาขาวิชาที่ชำนาญ Food Protein

7. Research title: (2009-2013)

7.1 Pork replacement by red bean paste and nitrite reduction sausage (2009)

Status : Principal Investigator

Grant : Thailand Research Fund

7.2 Extraction and evaluation of antioxidant compound of soy and mung bean hull (2010)

Status : Principal Investigator

Grant : Thailand Research Fund

7.3 Factors affecting residual nitrite content analysis by spectrophotometer and reduction of residual nitrite in processed meat product by herbs (2011)

7.4 Study on the properties of Thai red kidney bean flours and their potential for using (2012)

Status : Principal Investigator

Grant : Thailand Research Fund

7.5 Salted egg powder production by foam mat drying and its utilization (2013)

Grant : KMITL grant

8. Publications: (in English)

Kang, J., Chanyongvorakul, Y., Matsumrua , Y., Sakamoto. H. , Motoki , M. and Mori , T. 1993. In Food Hydrocolloids; Structured , Properties and Functions , ed. By Nishinari , K. and Doi,E. , Plenum Press , New York . Page 375 – 378.

Chanyongvorakul, Y., Matsumrua , Y., Sakamoto. H. , Motoki , M. , Ikura, K. and Mori, T. 1994. "Gelation of beans 11S Globulins by Ca^{2+} independent transglutaminase." Biosci. Biotech.Biochem. 58 : 864.

Chanyongvorakul, Y., Matsumrua , Y., Nonaka, M. , Motoki , M. and Mori, T. 1995. "Physical Properties of soybean and broad bean 11S Globulins gels formed by transglutaminase reaction." J. Food Sci. 60(3) : 483 – 488 .

Matsumrua , Y., Chanyongvorakul, Y., KumaZawa, Y., Ohtsuka,T., and Mori, T. 1996. "Enhanced susceptibility to Transglutaminase reaction of α-lactalbumin in the molten globule State." Biochimica et Biophysica Acta. 1292:69-76.

Chanyongvorakul, Y., Matsumrua , Y., Sawa, A., Nio N. and Mori, T. 1997. "Polymerization of β lactoglobulin and bovine serum albumin at oil – water interfaces in emulsion by transglutaminase." Food Hydrocolloid. 11 : 449 – 455 .

Puechkamut, Y. and Thiewtua, P. 2006. Improvement of the functionalities of soymilk residue protein by papain hydrolysis. KMITL Science Journal. Bangkok. Thailand. 6:2b

Panyathitipong W. and Puechkamut Y. 2008, Effect of soy bean varieties, coagulant and drying method on the quality of tofu powder, Kasetsart J. (Nat. Sci.). 42:5 (156-162).

Panyathitipong W. and Puechkamut Y, 2010, Effect of tofu powder and carrageenan on functionality and physical characteristics of surimi emulsion gel. Kasetsart J. (Nat. Sci.). 44: 4(671-679).

Puechkamut Y and Panyathitipong W. 2012. Characteristics of Proteins from Fresh and Dried Residues of Soy Milk Production. Kasetsart J. (Nat. Sci.). 46: 5 (804-811).

9. Conference papers (in English)

Puechkamut, Yuporn. 2004. "Effect of salts that minimized beany flavor on the gelation of soy protein." Proceeding of the 1st KMITL International Conference on Integration of Sci. and Tech. for Sustainable Development vol.2.

Subsiripaiboon, S. and Puechkamut, Y. (2007) Antioxidant capacities of papain modified soy protein isolate. Proceeding of The International Conference on Integration of Science of Technology for Sustainable Development "Biological Diversity, Food and Agricultural Technology. Bangkok.

Panyathitipong W. and Puechkamut Y,. 2010 Functional effects of tofu powder in pork emulsion gel. Proceeding of 56th international congress of meat science and technology. Korea.

Tanwisuit N. and Peuchkamut Y. 2011 Factors affecting residual nitrite content analysis by spectrophotometer and nitrite reduction by meat seasoning in vitro. Proceeding of The 12th Asean Food Conference 2011 for Food Innovation: Key to creative economy. Bitec Bangna, Bangkok, Thailand.

Kongchaleam, A. and Puechkamut, Y. 2011. Physicochemical and functional characteristics of flours from Thai whole kidney beans, Proceeding of International conference on food and applied bioscience. The 2nd Joint symposium between faculty of Agro-industry ,Chiang Mai University and Gangneung-Wonju National University. Chiang Mai. Thailand.

Douagpin, C., Pinsirodom, P. and Puechkamutr, Y. 2013. Effect of foam-mat drying on the qualities of salted egg white. 13th Asean Food Conference 2013 Proceedings: Meeting future food demands: Security and sustainability. Singapore.

Auttayod, M., Kerdpiboon, S. and Puechkamutr, Y. 2013. Characteristics of sandwich bread replaced wheat flour with whole red bean flour. 13th Asean Food Conference 2013 Proceedings: Meeting future food demands: Security and sustainability. Singapore.

Boonrasri, P., Kerdpiboon, S. and Puechkamutr, Y. 2014. Effect of extraction conditions on zein yield from corn milk residue. 52nd Kasetsart university annual conference: Agricultural sciences: Leading Thailand to world class standards. Bangkok. Thailand.

10 Publications: (in Thais)

Chanyongvarakul, Y. 1996. Aromatic rice: Japanese consumers. King Mongkut's Agricultural J. 13:1 49-54.

Chanyongvarakul, Y. 1996. Modification of gelation properties of proteins by transglutaminase. J. of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 4:2 50-56.

Wongprateep, N. and Puechkamut, Y. 2001. Factors affecting the quality of packaged tofu: Part I Bean varieties, soaking method and gelling temperature. J. of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 9:1 18-24.

Wongprateep, N. and Puechkamut, Y. 2002. Factors affecting the quality of packaged tofu: Part II Water : bean ratio and different coagulants. J. of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 9:2 7-12.

Panyathitipong, W. and Puechkamut, Y. 2002. Studies on the tofu powder processing for alternative protein sources. King Mongkut's Agricultural J. 119:2 50-59.

Puechkamut, Y. and Jew, K. 2005 Utilization of okara for substitution wheat flour butter cookie. J. of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 13:3 30-38.

Puechkamut, Y. 2007. Utilization of soy milk residue. J. of King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. 15:2 34-41.

Puechkamut, Y., PongPoon, C. 2009. Development of tofu pork patty for health. King Mongkut's Agricultural J. 27:3 20-27.

Puechkamut, Y. and Kuanprasert, A. 2010. Pork replacement by hard tofu in smoked sausage. The J. of King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 20: 1 115-124.

Puechkamut, Y. and Phewnim, W. A. 2011. Quality improvement of sandwich bread substitute wheat flour with soy milk residue. The J. of King Mongkut's University of Technology North Bangkok. 21: 3 607-616.

11. Conference papers (in Thais)

Panyathitipong, W. and Puechkamut, Y. 2003 . Utilization of tofu powder in meatball. The 5th Agro-Industrial Conference. Innovation of health food products. BITEC Bangna. Bangkok.

Soraya, K. and Puechkamut, Y. 2003 . Study on shellfish mixed fishball production. The 5th Agro-Industrial Conference. Innovation of health food products. BITEC Bangna. Bangkok.

Puechkamut, Y. 2005. Production of Thai snack (Tong-Muan) from soy bean residue (by product from soy milk production). The 7th Agro-Industrial Conference. Advancing Food Technology: Bring Thailand into the world's Kitchen. BITEC Bangna. Bangkok.

Thiewtua, P. and Puechkamut, Y. 2005. Enzymatic modification of okara protein functionality. The 7th Agro-Industrial Conference. Advancing Food Technology: Bring Thailand into the world's Kitchen. BITEC Bangna. Bangkok.

Puechkamut ,Y., Tongduang, K. Ketsunthorn, N. and Charensubyanun, H. 2006. Production of Thai snack (Tong Muan) from rice bran. The 8th Agro-Industrial Conference. Food Innovation. BITEC Bangna. Bangkok.

Puechkamut, Y., Pungpa, I. and Worapirangkool, W. 2006. Product development of tofu-blend vegetable and fruit juice. The 8th Agro-Industrial Conference. Food Innovation. BITEC Bangna. Bangkok.

Puechkamut, Y., Pansook, S. 2009. Effect of papain modified on egg white powder functionality and antioxidant property. The Proceeding of 47th Kasetsart University Annual conference. Bangkok.

Pungpa, I., Puechkamut, Y. 2009. Database and computer programming for raw material management in hospital catering. KMITL Conference. Bangkok.

Puechkamut, Y., Hlongthon, O. 2010. Total polyphenol content and antioxidant properties of soybean and mung bean hill extracts. The 8th Science and Technology conference. Science and Technology for Community

Jantapun, T., Sirison, J. and Puechkamut, Y. 2010. The consumer behavior survey coconut milk curry in Thailand. The 8th Science and Technology conference. Science and Technology for Community Development. Thammasart university. Bangkok.

Nuntapana, K. and Peuchkamut, Y. 2012. Utilization of soy milk residue in fruit cake. The proceeding of 1st KMITL Agro-industry Conference. Bangkok.

12. Book (in Thais)

Chapter 4 in Food Preservation and Processing Technology. 2012. Sukhothai Thammathirat Open University. Nonthaburi. Thailand.

ประวัติผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ - สกุล (ภาษาไทย) นางสาววันทนีย์ ช้างน้อย
(ภาษาอังกฤษ) Mrs. Wantanee Changnoi
2. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์
3. หน่วยงาน คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. ติดต่อ E-mail : kchwanta@kmitl.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชาเอก	สถาบันการศึกษา	ประเทศ
2534	ตรี	B.Sc. (Bachelor of Science)	ชีววิทยา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย

6. สาขาวิชาที่ชำนาญ -

7. งานวิจัย (ผู้ร่วมวิจัย)

1. ปริมาณสารประกอบโพลีฟีนอลทั้งหมดและสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารสกัดจากเมล็ดพืชตระกูลส้มที่ปลูกในประเทศไทย (งานวิจัยเงินรายได้ปี 2545)
2. การศึกษากระบวนการยืดอายุผักแปรรูปเบื้องต้นด้วยบรรยากาศดัดแปลง (งานวิจัยเงินรายได้ปี 2546)