

<http://journal.rmutp.ac.th/>

## การเปลี่ยนแปลงคุณภาพไข่เค็มพอกขมึ้นทดแทนดินจอมปลวกบางส่วน ระหว่างการเก็บรักษา

ณัฐมา เหล่ากุลติก<sup>1\*</sup> รัตนภัทร มะโนชัย<sup>1</sup> และ กาญจนา รัตนธีรวิเชียร<sup>2</sup>

<sup>1</sup> คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

<sup>2</sup> คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

<sup>1, 2</sup> 119 หมู่ 9 ถนนลำปาง-แม่ทะ ตำบลชมพู อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52100

รับบทความ 6 ตุลาคม 2563 แก้ไขบทความ 12 พฤษภาคม 2564 ตอรับบทความ 7 มิถุนายน 2564

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่เค็มพอกขมึ้นทดแทนดินจอมปลวกที่ระดับร้อยละ 0 5 15 และ 25 ในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ผลการทดลอง พบว่า การใช้ขมึ้นผงในปริมาณที่มากขึ้น ทำให้ปริมาณเกลือที่วิเคราะห์ได้ในไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบมีค่าลดลง ส่งผลให้ค่าร้อยละสัดส่วนไข่แดงที่แข็งตัวลดลงตามไปด้วย โดยไข่แดงสุกมีค่าความแข็งลดลง ส่วนไข่ขาวเค็มสุกจะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการพอกเดียวกัน คุณภาพด้านสีของไข่แดงดิบและไข่ขาวดิบสำหรับตัวอย่างที่พอกขมึ้นในระดับที่แตกต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ไข่แดงมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีส้มอมเหลือง ส่วนไข่ขาวมีทิศทางของสีแดงผสมสีเหลืองเล็กน้อยค่อนข้างโปร่ง โดยตัวอย่างไข่ขาวที่พอกด้วยขมึ้นในปริมาณมากขึ้น มีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารเคอร์คูมินที่วิเคราะห์ได้ในไข่ขาวที่มีค่าเพิ่มขึ้น จากการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ในด้านสี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม พบว่า ไข่เค็มที่พอกขมึ้นทดแทนดินจอมปลวกที่ระดับร้อยละ 25 ที่ระยะเวลาการพอก 2 สัปดาห์ มีคะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะสูงและไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุมที่ไม่มีขมึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) โดยปริมาณเคอร์คูมินที่วิเคราะห์ได้ในไข่ขาวมีค่าเท่ากับ 3.885 มิลลิกรัมต่อไข่ขาวผง 1 กรัม ในสัปดาห์ที่ 2 และเพิ่มขึ้นเป็น 13.291 และ 18.484 มิลลิกรัมต่อไข่ขาวผง 1 กรัม ในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

คำสำคัญ : ไข่เค็ม; ขมึ้น; ดินจอมปลวก; คุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +668 1595 1110, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: nutcha@live.lpru.ac.th

<http://journal.rmutp.ac.th/>

## The Quality Changes of Coating Salted Eggs with Turmeric to Partially Replace Soil from Termite Mound during Storage

Natcha Laokuldilok<sup>1\*</sup> Rattanapat Manochai<sup>1</sup> and Kanjana Ruttanateerawichien<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Agricultural Technology, Lampang Rajabhat University

<sup>2</sup> Faculty of Management Science, Lampang Rajabhat University

<sup>1,2</sup> 119 Moo 9 Lampang – Mae Tha Road, Mueang District, Lampang 52100

---

*Received 6 October 2020; Revised 12 May 2021; Accepted 7 June 2021*

### Abstract

This research aimed to study the quality changes of coating salted eggs partially replacing soil from termite mound with turmeric powder at the level of 0%, 5%, 15% and 25% during storage for 4 weeks. The results showed that the increasing in turmeric level caused a decrease in salt content in raw egg yolk and raw egg white which led to decrease in hardening ratio of egg yolk. The hardness values of cooked - salted egg yolk decreased while those of cooked - salted egg white slightly increased. At the same salting period, the color values of raw egg yolk and raw egg white coated with different levels of turmeric were slightly different. Egg yolks changed to a yellowish orange color while egg whites showed lightness with a direction of red and slightly yellowish color. The raw egg white coated with higher level of turmeric powder exhibited more yellowness which was in accordance with the increasing in curcumin content. From the results of 9-point hedonic scale in terms of color, aroma, overall taste and overall liking, it was found that salted eggs coated with turmeric powder to partially replace soil at a level of 25% with 2 weeks of preserved duration had high scores of sensory acceptability which did not differ significantly from the control samples (0% turmeric) ( $p>0.05$ ). The curcumin content analyzed in dry egg white was 3.885 mg/g at week 2 and increased to 13.291 and 18.484 mg/g at week 3 and 4, respectively.

**Keywords :** Salted Egg; Turmeric; Soil From Termite Mound; Qualities During Storage

---

*\* Corresponding Author. Tel.: +668 1595 1110, E-mail Address: [nutcha@live.lpru.ac.th](mailto:nutcha@live.lpru.ac.th)*

## 1. บทนำ

ไข่เค็ม เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการถนอมอาหารด้วยเกลือ ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิต 2 แบบ คือ การจุ่มไข่ดิบในน้ำเกลือและการพอกด้วยดินผสมเกลือ โดยตัวกลางที่ช่วยในการซึมผ่านเกลือเข้าสู่เปลือกไข่ คือ น้ำและดิน ตามลำดับ สำหรับเกลือที่ใช้ในการผลิตไข่เค็มคือ เกลือแกงหรือโซเดียมคลอไรด์ (Sodium Chloride; NaCl) โดยจะใช้เกลือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 25 และใช้ระยะเวลาในการดองหรือพอก 2-4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งจะอาศัยหลักการออสโมซิส (Osmosis) เพื่อแทรกซึมสารละลายหรือส่วนผสมของเกลือที่มีความเข้มข้นสูงผ่านเปลือกไข่เข้าไปด้านใน ส่วนน้ำและความชื้นภายในไข่จะแพร่ผ่านเยื่อหุ้มและเปลือกออกสู่บรรยากาศภายนอก หลักการนี้ใช้ในการดึงน้ำออกจากวัตถุดิบซึ่งจะช่วยลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (Water Activity,  $a_w$ ) และควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ทำให้สามารถเก็บรักษาอาหารไว้ได้นานในการผลิตไข่เค็มนั้น นิยมใช้ไข่เป็ดมากกว่าไข่ไก่ เนื่องจากทำให้ได้ไข่แดงเค็มที่มันเยิ้มซึ่งเป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของไข่เค็ม นอกจากนี้ เปลือกไข่เป็ดยังมีจำนวนรูพรุนต่อพื้นที่ผิว 1 ตารางเซนติเมตรมากกว่าไข่ไก่ ทำให้การซึมผ่านของเกลือเข้าสู่ไข่ได้มากกว่า [1] โดยในระหว่างการดองหรือพอกเค็มนั้น องค์ประกอบภายในไข่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ส่งผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ โดยไข่แดงจะค่อย ๆ กลายเป็นของแข็ง มีสีส้ม พบการไหลเยิ้มขององค์ประกอบประเภทไขมัน และมีลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นเม็ด ๆ ส่วนไข่ขาวจะมีความหนืดที่ลดลง ซึ่งระดับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือที่ซึมผ่านเข้าไป โดยขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ใช้ในการดองหรือพอก

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้นำขมิ้นผงบดละเอียดมาทดแทนการใช้ดินจอมปลวกสำหรับพอกไข่เค็มที่ระดับปริมาณร้อยละ 0 5 15 และ 25 เพื่อศึกษาผลของการ

ทดแทนดังกล่าวต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านต่าง ๆ ของไข่เค็มในระหว่างการเก็บรักษา ขมิ้นมีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญคือ สารในกลุ่มเคอร์คูมินอยด์ (Curcuminoid) ที่ประกอบด้วยสารสำคัญหลัก 3 ชนิด ได้แก่ เคอร์คูมิน (Curcumin) ดีเมททอกซีเคอร์คูมิน (Demethoxy Curcumin) และ บิส-ดีเมททอกซีเคอร์คูมิน (Bis-Demethoxy Curcumin) โดยเคอร์คูมินจัดเป็นสารหลักและพบในสัดส่วนที่สูงถึงร้อยละ 50 – 60 [2] งานวิจัยรายงานว่า เคอร์คูมินคุณสมบัติในการต้านการอักเสบ ต้านอนุมูลอิสระ และต้านการเกิดมะเร็งได้ [3] ดังนั้น การประยุกต์ใช้ขมิ้นสำหรับพอกไข่เค็มจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารด้วยพืชสมุนไพร โดยขมิ้นเป็นพืชที่เพาะปลูกได้ง่าย นิยมปลูกเป็นพืชสวนครัวตามบ้านเรือน จึงสามารถนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้อย่างหลากหลาย อย่างไรก็ตาม หนึ่งในข้อจำกัดสำหรับการพัฒนาไข่เค็มสมุนไพรคือ การแทรกซึมผ่านของสารสำคัญผ่านเปลือกเข้าสู่ภายในไข่ ซึ่งจำเป็นต้องมีการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญเพื่อยืนยันผลของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่เค็มพอกขมิ้นทดแทนการใช้ดินจอมปลวกบางส่วน โดยวิเคราะห์คุณภาพทั้งทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส รวมถึงปริมาณสารเคอร์คูมินที่ซึมผ่านเข้าสู่ภายในเปลือกไข่ ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่เค็มพอกสมุนไพรอื่น ๆ ต่อไป

## 2. วิธีการทดลอง

### 2.1 การเตรียมวัตถุดิบไข่เป็ด

ไข่เป็ดที่ใช้ในการทดลองนี้ซื้อจากตลาดเมืองใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีน้ำหนักต่อลูกประมาณ 70 กรัม และมีความกว้าง 45 – 55 มิลลิเมตร นำไข่เป็ดมาล้างให้สะอาดแล้วพักรอไว้ นำดินจอมปลวกมาผสมเกลือ

โซเดียมคลอไรด์ที่อัตราส่วนเท่ากับ 3 : 1 จากนั้นเติมน้ำลงในส่วนผสมที่อัตราส่วน 1 : 1.5 คนให้เข้ากันแล้วนำไปพอกไข่ให้ทั่วทั้งฟอง หุ้มทับด้วยแอลกอฮอล์รักษาในตะกร้าพลาสติกที่อุณหภูมิห้อง ( $30 \pm 3$  องศาเซลเซียส)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง คือ การทดแทนการใช้ดินจอมปลวกด้วยผงขี้ม้นร้อยละ 0 (เป็นสิ่งทดลองควบคุม) 5 15 และ 25 ตามลำดับ จากนั้นสุ่มตัวอย่างทุก ๆ สัปดาห์มาวิเคราะห์คุณภาพในด้านต่าง ๆ จนครบ 4 สัปดาห์

## 2.2 การวิเคราะห์คุณภาพไข่เค็ม

### 2.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณเกลือในไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบ

ทำการแยกไข่แดงออกจากไข่ขาว แล้ววิเคราะห์ปริมาณเกลือในไข่ทั้ง 2 ส่วนที่แยกออกจากกัน ตามวิธีของ AOAC [4] โดยชั่งตัวอย่างหนักประมาณ 1.00 กรัม แล้วเติม 0.1 N  $\text{AgNO}_3$  จำนวน 20 มิลลิลิตร และ  $\text{HNO}_3$  จำนวน 10 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปต้มบนเตาความร้อนจนกระทั่งส่วนผสมทั้งหมดละลาย (ยกเว้น  $\text{AgCl}_2$ ) โดยจะใช้เวลาต้มประมาณ 10 นาที รอสารละลายเย็นตัวลงแล้วเติมร้อยละ 5 Ferric Alum Indicator จากนั้นนำไปไทเทรตด้วย 0.1 N  $\text{KSCN}$  จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลใส บันทึกปริมาตรของ  $\text{KSCN}$  ที่ใช้ไป แล้วคำนวณตามสมการที่ (1) ดังนี้

ร้อยละปริมาณเกลือ

$$= 5.8 \times [(V_1 \times N_1) - (V_2 \times N_2)] / W \quad (1)$$

โดยที่  $V_1$  คือ ปริมาตรของ  $\text{AgNO}_3$  (มิลลิลิตร);  $N_1$  คือ ความเข้มข้นของ  $\text{AgNO}_3$  (N);  $V_2$  คือ ปริมาตรของ  $\text{KSCN}$  (มิลลิลิตร);  $N_2$  คือ ความเข้มข้นของ  $\text{KSCN}$  (N) และ  $W$  คือ น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

### 2.2.2 การวัดค่าสี

เมื่อครบระยะเวลาสุ่มตัวอย่าง นำไข่เค็มในแต่ละสิ่งทดลองมาแกะดินออกแล้วล้างด้วยน้ำสะอาด ซับให้แห้งแล้ววัดค่าสีไข่แดงดิบและไข่ขาวดิบในเทอม  $L^*$   $a^*$  และ  $b^*$  ด้วยเครื่อง Colorimeter (Konica Minolta CR-410, Japan) โดย  $L^*$  มีค่า 0 ถึง 100 (0 = มืดที่สุด และ 100 = สว่างที่สุด) หาก  $a^*$  มีค่าเป็นบวกแสดงทิศทางของสีแดง และเมื่อ  $a^*$  มีค่าเป็นลบแสดงทิศทางของสีเขียว สำหรับ  $b^*$  หากมีค่าเป็นบวกแสดงทิศทางของสีเหลือง และเมื่อ  $b^*$  มีค่าเป็นลบแสดงทิศทางของสีน้ำเงิน นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความแตกต่างของสีโดยรวม (Total Color Difference;  $\Delta E^*$ ) ของไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบเทียบกับตัวอย่างมาตรฐานคือไข่แดงและไข่ขาวที่ไม่ผ่านการพอก ดังสมการที่ (2)

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2)$$

โดยที่  $\Delta L^* = L^*$  ของตัวอย่าง -  $L^*$  ของตัวอย่างมาตรฐาน;  $\Delta a^* = a^*$  ของตัวอย่าง -  $a^*$  ของตัวอย่างมาตรฐาน และ  $\Delta b^* = b^*$  ของตัวอย่าง -  $b^*$  ของตัวอย่างมาตรฐาน

### 2.2.3 สัดส่วนไข่แดงที่แข็งตัว (Hardening Ratio)

สัดส่วนไข่แดงที่แข็งตัวเป็นค่าร้อยละของน้ำหนักไข่แดงที่แข็งตัว ทำโดยตอกไข่เค็ม แล้วนำไข่แดงมากลึงเบา ๆ บนกระดาษกรอง (Whatman No.1) เพื่อกำจัดส่วนที่เป็นไข่ขาวออกไป จากนั้นชั่งน้ำหนักของไข่แดงที่ลึง ( $W_o$ ) แล้วใช้มีดฝากลึงเพื่อให้ไข่แดงส่วนที่นุ่มและเป็นของเหลวที่อยู่ภายในไหลออกมา ซึ่งเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็ง ( $W_{ex}$ ) [5] นำค่าที่ได้มาคำนวณดังสมการที่ (3)

$$\text{สัดส่วนไข่แดงที่แข็งตัว} = (W_{ex} / W_o) \times 100\% \quad (3)$$

### 2.2.4 ปริมาณความชื้นของไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบ

ทำการแยกไข่แดงออกจากไข่ขาว แล้ววิเคราะห์ปริมาณความชื้นในไข่ทั้ง 2 ส่วนที่แยกออกจากกัน ดัดแปลงวิธีของ AOAC [4] โดยชั่งตัวอย่างให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน 1 - 2 กรัม ใส่ลงในภาชนะอะลูมิเนียมที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงและทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 - 6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของภาชนะพร้อมตัวอย่าง แล้วคำนวณหาร้อยละปริมาณความชื้นที่ระเหยไปในระหว่างการอบแห้ง

### 2.2.5 ค่าแอกติวิตี (Water Activity) ของไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบ

ทำการแยกไข่แดงออกจากไข่ขาว แล้ววิเคราะห์ค่าแอกติวิตีในไข่ทั้ง 2 ส่วนที่แยกออกจากกัน ด้วยเครื่อง Water Activity Meter (Aqua Lab 4TE, USA)

### 2.2.6 ค่าความแข็งของไข่แดงและไข่ขาวสุก

วัดค่าความแข็งของไข่แดงสุกและไข่ขาวสุกด้วยเครื่อง TAXT2i Texture Analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, England) นำไข่ที่ได้ในแต่ละสิ่งทดลองไปนึ่งสุกเป็นเวลา 10 นาที (จับเวลาหลังจากน้ำเดือด) แยกส่วนที่เป็นไข่แดงและไข่ขาวออกจากกัน เตรียมตัวอย่างไข่แดงโดยใช้มีดหั่นครึ่ง ส่วนไข่ขาวสุกหั่นเป็นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาด 1x1x1 เซนติเมตร โดยตัวอย่างจะถูกกดด้วยหัววัดทรงกระบอก (P50; เส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร) กำหนดให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดเท่ากับ 10 มิลลิเมตร/วินาที และกดลึกลงไปร้อยละ 50 ของความสูงตัวอย่างเริ่มต้น ค่าแรงสูงสุดที่ได้จากกราฟ Force - Deformation แสดงถึงค่าความแข็งของแต่ละตัวอย่าง ทำการทดสอบตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องซ้ำ 5 ครั้ง

### 2.2.7 การวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินด้วยวิธี UV-visible Spectrophotometry

ทำตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินด้วยเทคนิค UV - Visible Spectrophotometry ตามวิธีของ ICH guidelines [6] ดังนี้

#### 2.2.7.1 การตรวจสอบค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด

นำสารมาตรฐานเคอร์คูมิน (Sigma Aldrich) มาเตรียมสารละลายมาตรฐานที่ระดับความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ด้วยตัวทำละลายเมทานอล (ร้อยละ 99.9) จากนั้นเจือจางที่ระดับความเข้มข้น 5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร แล้วทำไปสแกนเพื่อหาความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ( $\lambda_{max}$ ) ด้วยวิธี UV - Visible Spectroscopy (ในช่วงความยาวคลื่น 200 - 800 nm)

#### 2.2.7.2 การตรวจสอบการใช้ได้ของวิธีทดสอบ (Method Validation)

ตรวจสอบค่าต่าง ๆ ได้แก่ ความเป็นเส้นตรง (Linearity), ความถูกต้อง (Accuracy), ความแม่นยำ (Precision) ขีดจำกัดการตรวจหา (Limit of Detection; LOD) ขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantification; LOQ) ด้วยเครื่อง UV - Visible Spectroscopy (Analytikjena Specord 200 Plus, Germany)

#### 2.2.7.3 ความเป็นเส้นตรงและช่วงความเข้มข้นของสาร (Linearity and Range)

เตรียมสารละลายมาตรฐานเคอร์คูมินในตัวทำละลายเมทานอล (ร้อยละ 99.9) ที่ 6 ระดับความเข้มข้น (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 4.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ทำการตรวจสอบค่าการดูดกลืนแสงเป็นเวลา 3 วัน ต่อเนื่อง (ความเข้มข้นละ 2 ซ้ำ) ( $n = 6$ ) ตามวิธีของ P.V. Kadam et al. [2] นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟความเป็นเส้นตรง คำนวณหาสมการถดถอยและค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ ( $R^2$ ) สำหรับค่า LOD

และ LOQ คำนวณจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\sigma$ ) และความชันของเส้นกราฟ (S) ดังสมการ;  $LOD = 3.3(\sigma/S)$  และ  $LOQ = 10(\sigma/S)$

#### 2.2.7.4 ความแม่นยำ (Precision)

ทำการวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนของความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่คำนวณได้จากกราฟมาตรฐาน โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานเคอร์คูมินที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 4.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ที่วัดค่าภายในวันเดียวกัน (3 ช่วงเวลา) (Intra-day) และที่วัดค่าเป็นเวลาสามวันต่อเนื่อง (Inter-day) ตามวิธีของ P.V. Kadam et al. [2] แล้วคำนวณหาค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%Relative Standard Deviation; %RSD)

#### 2.2.7.5 ความถูกต้อง (Accuracy)

ค่าความถูกต้องเป็นค่าที่บอกความใกล้เคียงระหว่างค่าจริงกับค่าที่วิเคราะห์ได้ โดยการเติมตัวอย่างมาตรฐาน (Spiked Sample) ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน 3 ระดับ (ได้แก่ 1.0, 2.0 และ 4.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) ลงไปในตัวอย่างไข่ขาวที่พอกด้วยดินที่ไม่ผสมไขมัน แล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณตามวิธีการทดสอบที่ใช้ แล้วคำนวณร้อยละการกลับคืน (%Recovery)

#### 2.2.8 การหาปริมาณเคอร์คูมินในไข่ขาวเค็มดิบด้วย

##### เทคนิค UV- Visible Spectrophotometry

นำไข่ขาวไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง จากนั้นบดให้ละเอียด ชั่งตัวอย่างผงใส่หลอดปั่นเหวี่ยงจำนวน 0.50 กรัม เติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร (ร้อยละ 99.9) ลงไปในปริมาณ 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าควบคุมอุณหภูมิ (N-BIOTEK NB-205V, Korea) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกสารละลายออกจากตะกอนที่ระดับความเร็ว 5,000g เป็นเวลา 10 นาที ดูดเอาเฉพาะ

สารละลายที่อยู่ด้านบนมาวิเคราะห์หาปริมาณเคอร์คูมินตามวิธีทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ แล้วคำนวณกลับในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัมไข่ขาวผงที่ตกลงปริมาณความเข้มข้นของผงไข่ขาวในแต่ละตัวอย่างออกแล้วสำหรับไข่ขาวผงที่พอกด้วยดินที่ไม่ผสมไขมันจะทำการสกัดด้วยวิธีข้างต้นและใช้เป็นตัวอย่าง Blank ในการวัดค่าการดูดกลืนแสง

#### 2.2.9 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบความชอบ (9 - point hedonic scale) ด้วยผู้ทดสอบจำนวน 60 คน [7] ทำการเตรียมตัวอย่างโดยนำไข่เค็มพอกดินมาล้างให้สะอาด จากนั้นนำไปนึ่งเป็นเวลา 10 นาที (จับเวลาหลังจากน้ำเดือด) แล้วทำให้เย็นโดยใช้น้ำไหลผ่าน แยกเปลือกออก แล้วหั่นตามความยาวและแบ่งให้มีขนาด 1 ใน 6 ของไข่ทั้งลูก บรรจุในถ้วยทนร้อนที่มีฝาปิดสนิท ตัวอย่างจะถูกนำเสนอต่อผู้ทดสอบทีละ 1 ตัวอย่างด้วยรหัสเลขสุ่ม 3 ตัว โดยมีการสุ่มลำดับนำเสนอและให้ผู้ทดสอบบ้วนปากระหว่างรอการประเมินตัวอย่างต่อไป คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวม

#### 2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้อาวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

### 3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

#### 3.1 การวิเคราะห์ปริมาณเกลือในไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบ

ปริมาณเกลือเฉลี่ยในไข่แดงและไข่ขาวในสัปดาห์ที่ศูนย์ซึ่งยังไม่ผ่านการพอกเค็มมีค่าเท่ากับร้อยละ

ละ 0.10 และ 0.29 ตามลำดับ แต่เมื่อระยะเวลาการพอกนานขึ้น ทั้งไข้แดงและไข้ขาวดิบที่ผ่านการพอกโดยใช้ไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกในปริมาณร้อยละ 0 5 15 และ 25 มีปริมาณเกลือเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 1 พบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 ไข้แดงที่พอกด้วยไขมันในปริมาณที่แตกต่างกัน มีปริมาณเกลือที่วิเคราะห์ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) แต่เมื่อระยะเวลาการพอกนานขึ้น (สัปดาห์ที่ 2 3 และ 4) พบว่า การพอกด้วยไขมันในระดับสูง จะมีปริมาณเกลือที่วิเคราะห์ได้น้อยกว่าการพอกด้วยไขมันในระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) เช่นเดียวกับผลการวิเคราะห์ปริมาณเกลือในไข้ขาวดิบ (ตารางที่ 2) พบว่า เมื่อพอกด้วยไขมันในระดับที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณเกลือมีค่าลดลง ( $p\leq 0.05$ ) จากการสังเกตจะพบว่า เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มมากขึ้น ความสามารถในการเกาะตัวของดินจอมปลวกจะลดลง เนื่องมาจากไขมันที่กระจายแทรกอยู่ในดินและดูดซับโมเลกุลของเกลือไว้ จึงทำให้การแทรกซึมผ่านเกลือจากดินเข้าสู่ไข้ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองใช้กากชาทดแทนดินจอมปลวกสำหรับพอกไข้เค็มในปริมาณที่มากขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณเกลือในไข้มีค่าลดลง โดยไข้เค็มที่พอกด้วยกากชาในปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 มีปริมาณเกลือในไข้ขาวน้อยกว่าสูตรควบคุมที่ไม่มีกากชา [8] โดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณเกลือในไข้แดงน้อยกว่าไข้ขาว เนื่องจากการเสียสภาพธรรมชาติของไข้แดงจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นโครงข่ายเจลกึ่งยืดหยุ่นและมีโมเลกุลของไขมันอิสระถูกปลดปล่อยออกมาจากพันธะระหว่างโปรตีนจึงไปขัดขวางการแทรกซึมของเกลือจากไข้ขาวเข้าสู่ไข้แดง ในขณะที่การเสียสภาพของไข้ขาวจะส่งผลให้ความหนืดลดลง ทำให้การแทรกซึมเกลือเข้าสู่ไข้ขาวได้ง่ายขึ้น

เมื่อระยะเวลาการพอกนานขึ้น ปริมาณเกลือในไข้แดงดิบที่พอกด้วยไขมันทดแทนการใช้ดินจอมปลวก ร้อยละ 0 และ 5 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

( $p\leq 0.05$ ) ส่วนไข้แดงเค็มดิบที่พอกด้วยไขมันร้อยละ 15 และ 25 แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณเกลือเพียงเล็กน้อยและมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) สำหรับไข้ขาวเค็มดิบในทุกระดับการพอกด้วยไขมัน มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณเกลือเมื่อระยะเวลาการพอกนานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ )

**ตารางที่ 1** ปริมาณเกลือในไข้แดงเค็มดิบที่พอกโดยใช้ไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ร้อยละปริมาณเกลือในไข้แดงเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	0.48 <sup>ns,B</sup> ±0.13	0.91 <sup>a,A</sup> ±0.10	0.98 <sup>a,A</sup> ±0.06	0.96 <sup>a,A</sup> ±0.03
5% ไขมัน	0.47 <sup>ns,C</sup> ±0.01	0.84 <sup>ab,AB</sup> ±0.23	0.81 <sup>b,B</sup> ±0.03	0.89 <sup>b,A</sup> ±0.05
15% ไขมัน	0.49 <sup>ns,NS</sup> ±0.03	0.63 <sup>b,NS</sup> ±0.12	0.57 <sup>c,NS</sup> ±0.07	0.59 <sup>c,NS</sup> ±0.01
25% ไขมัน	0.44 <sup>ns,NS</sup> ±0.05	0.59 <sup>b,NS</sup> ±0.12	0.54 <sup>c,NS</sup> ±0.08	0.54 <sup>c,NS</sup> ±0.00

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a, b, c ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C ที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) NS หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

**ตารางที่ 2** ปริมาณเกลือในไข้ขาวเค็มดิบที่พอกโดยใช้ไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ร้อยละปริมาณเกลือในไข้ขาวเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	2.09 <sup>a,D</sup> ±0.01	3.44 <sup>b,C</sup> ±0.01	3.79 <sup>a,A</sup> ±0.33	3.61 <sup>a,B</sup> ±0.00
5% ไขมัน	1.88 <sup>b,D</sup> ±0.03	2.91 <sup>b,C</sup> ±0.04	3.71 <sup>a,A</sup> ±0.06	3.44 <sup>b,B</sup> ±0.02
15% ไขมัน	1.83 <sup>bc,C</sup> ±0.05	2.82 <sup>c,B</sup> ±0.03	3.61 <sup>a,A</sup> ±0.05	3.60 <sup>a,A</sup> ±0.09
25% ไขมัน	1.75 <sup>c,D</sup> ±0.02	2.70 <sup>d,C</sup> ±0.00	3.08 <sup>c,B</sup> ±0.01	3.51 <sup>c,A</sup> ±0.04

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a, b, c ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C ที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\leq 0.05$ ) NS หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

### 3.2 การวัดค่าสี

เมื่อพิจารณาภาพโดยรวม (ตารางที่ 3 จากซ้ายไปขวา) พบว่า เมื่อระยะเวลาการพอกนานขึ้น ไข้แดง

เค็มดิบทุกสิ่งทดลองมีค่าความสว่าง (L\*) ค่าความเป็นสีแดง (a\*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b\*) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงสีของไข่แดงสอดคล้องกับปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้น โดยการแทรกซึมเกลือเข้าสู่ไข่จะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กับการสูญเสียน้ำภายในไข่ออกสู่สิ่งแวดล้อม ส่งผลให้ไข่แดงเค็มมีลักษณะแห้งและมีสีคล้ำลง [9]

**ตารางที่ 3** ค่าสีในทอม L\* a\* และ b\* ของไข่แดงเค็มดิบที่พอกโดยใช้ไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วนเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ค่าความสว่าง (L*) ของไข่แดงเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	52.19 <sup>a</sup> ±0.07	53.37 <sup>a</sup> ±0.07	47.86 <sup>b</sup> ±0.45	48.54 <sup>b</sup> ±0.49
5% ไขมัน	52.58 <sup>b</sup> ±0.18	53.34 <sup>a</sup> ±0.05	46.70 <sup>c</sup> ±0.09	51.53 <sup>c</sup> ±0.39
15% ไขมัน	53.32 <sup>b</sup> ±0.27	54.71 <sup>b</sup> ±0.27	47.86 <sup>b</sup> ±0.56	51.51 <sup>a,c</sup> ±0.30
25% ไขมัน	54.27 <sup>a,b</sup> ±0.60	55.95 <sup>a</sup> ±0.86	50.40 <sup>a,d</sup> ±0.40	51.56 <sup>a,c</sup> ±0.37

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว (a*) ของไข่แดงเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	24.65 <sup>ns</sup> ±0.23	22.23 <sup>ns</sup> ±0.02	22.04 <sup>ns</sup> ±5.84	20.18 <sup>ns</sup> ±1.66
5% ไขมัน	23.93 <sup>ns</sup> ±0.89	23.72 <sup>a</sup> ±0.92	21.22 <sup>ns</sup> ±0.62	18.64 <sup>ab</sup> ±0.22
15% ไขมัน	23.74 <sup>ns</sup> ±0.51	21.41 <sup>b</sup> ±1.61	19.57 <sup>ns</sup> ±0.43	16.96 <sup>d</sup> ±0.23
25% ไขมัน	23.70 <sup>ns</sup> ±0.71	23.29 <sup>ab</sup> ±0.66	19.52 <sup>ns</sup> ±0.51	17.61 <sup>bc</sup> ±0.14

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b*) ของไข่แดงเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	33.44 <sup>a</sup> ±1.53	33.31 <sup>a</sup> ±1.61	28.72 <sup>ns</sup> ±1.68	26.89 <sup>b</sup> ±1.20
5% ไขมัน	30.96 <sup>ba</sup> ±0.56	31.44 <sup>ba</sup> ±0.12	29.04 <sup>ns</sup> ±0.35	25.65 <sup>ab</sup> ±0.39
15% ไขมัน	29.97 <sup>ba</sup> ±0.13	29.86 <sup>ba</sup> ±0.69	28.90 <sup>ns</sup> ±0.17	26.76 <sup>a,c</sup> ±0.74
25% ไขมัน	29.99 <sup>bb</sup> ±0.26	30.55 <sup>ba</sup> ±0.17	28.63 <sup>ns</sup> ±0.54	25.05 <sup>bd</sup> ±0.17

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a, b, c ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C ที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) NS หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

นอกจากนี้ ปริมาณไขมันอิสระที่เพิ่มขึ้นมีการเคลื่อนย้ายไปยังบริเวณผิวหนังด้านนอกของไข่แดงและทำหน้าที่เป็นตัวทำลายแรงควัตถุที่อยู่ในไข่แดงที่อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์และไรโบฟลาวิน ส่งผลให้ความสว่างของไข่แดงเค็มมีค่าลดลงและมีสีส้มเข้มขึ้น [10] เมื่อเปรียบเทียบค่า L\* a\* และ b\* ของไข่แดงเค็มดิบในสัปดาห์เดียวกัน พบว่า ไข่แดงที่พอกไขมันในระดับที่

สูงขึ้น จะมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากปริมาณเกลือที่ลดลงส่งผลให้ไข่แดงมีการเสียสภาพธรรมชาติกลายเป็นก้อนแข็งและคล้ำน้อยกว่า ส่วนค่าความเป็นสีเหลืองและค่าความเป็นสีแดงจะมีค่าลดลงเล็กน้อย ( $p \leq 0.05$ )

**ตารางที่ 4** ค่าสีในทอม L\* a\* และ b\* ของไข่ขาวเค็มดิบที่พอกโดยใช้ไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วนเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ค่าความสว่าง (L*) ของไข่ขาวเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	92.68 <sup>a</sup> ±1.09	92.70 <sup>a</sup> ±0.61	90.36 <sup>a,b</sup> ±0.50	90.31 <sup>a,b</sup> ±0.16
5% ไขมัน	90.27 <sup>b</sup> ±0.17	89.20 <sup>b</sup> ±0.25	85.60 <sup>c,d</sup> ±0.43	87.69 <sup>b,c</sup> ±0.55
15% ไขมัน	89.49 <sup>bc</sup> ±0.36	89.95 <sup>b</sup> ±0.56	88.70 <sup>b</sup> ±0.64	85.52 <sup>c</sup> ±0.32
25% ไขมัน	88.54 <sup>c</sup> ±0.39	84.36 <sup>c</sup> ±0.24	86.02 <sup>c</sup> ±0.81	83.19 <sup>d</sup> ±0.24

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว (a*) ของไข่ขาวเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	-2.34 <sup>ab</sup> ±0.11	-2.38 <sup>b</sup> ±0.06	-2.31 <sup>b,AB</sup> ±0.03	-2.21 <sup>b</sup> ±0.03
5% ไขมัน	-2.26 <sup>a</sup> ±0.14	-2.15 <sup>a</sup> ±0.05	-2.29 <sup>ab</sup> ±0.02	-1.96 <sup>a</sup> ±0.07
15% ไขมัน	-2.53 <sup>a</sup> ±0.07	-2.25 <sup>ab</sup> ±0.03	-2.32 <sup>b</sup> ±0.02	-2.27 <sup>b</sup> ±0.06
25% ไขมัน	-2.47 <sup>b</sup> ±0.05	-2.29 <sup>ab</sup> ±0.12	-2.28 <sup>b</sup> ±0.02	-2.25 <sup>b</sup> ±0.05

สิ่งทดลอง	ค่าความเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน (b*) ของไข่ขาวเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	4.92 <sup>b</sup> ±0.56	4.53 <sup>b</sup> ±0.37	6.22 <sup>a</sup> ±0.40	5.74 <sup>a</sup> ±0.03
5% ไขมัน	5.23 <sup>ab</sup> ±0.28	5.24 <sup>c</sup> ±0.12	5.72 <sup>b</sup> ±0.17	6.46 <sup>ba</sup> ±0.17
15% ไขมัน	4.89 <sup>b,c</sup> ±0.21	6.47 <sup>b</sup> ±0.26	6.32 <sup>b</sup> ±0.11	7.10 <sup>ab</sup> ±0.09
25% ไขมัน	5.64 <sup>a,d</sup> ±0.10	6.80 <sup>a</sup> ±0.02	6.28 <sup>c</sup> ±0.13	7.35 <sup>a</sup> ±0.31

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a, b, c ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) NS หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ 4 แสดงค่าสีของไข่ขาวเค็มดิบ พบว่าเมื่อระยะเวลาการพอกนานขึ้น ไข่ขาวดิบในทุกสิ่งทดลองมีค่าความสว่าง (L\*) ลดลง ค่าความเป็นสีแดง (a\*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b\*) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) กล่าวคือ ไข่ขาวมีทิศทางของสีแดงผสมสีเหลืองเล็กน้อยค่อนไปทางสว่าง เมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นสีเหลือง (b\*) ของไข่ขาวที่ผ่านการพอกด้วยไขมันในปริมาณที่แตกต่างกันที่สัปดาห์เดียวกัน พบว่า ตัวอย่างไข่ขาวที่พอกด้วยไขมันใน



ปริมาณมากขึ้น จะมีค่า  $b^*$  เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้ เกิดจากสีเหลืองของไขมันที่แทรกซึมผ่านเข้าสู่เปลือกไข่ได้มากขึ้น [11] ตารางที่ 5 แสดงค่าความแตกต่างของสีโดยรวมระหว่างตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐาน (Total Color Difference;  $\Delta E^*$ ) จะเห็นได้ว่า ที่ระยะเวลาการพอกเดียวกัน เมื่อพอกด้วยไขมันในปริมาณมากขึ้น ค่า  $\Delta E^*$  ของไข่แดงและไข่ขาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นั่นคือ ค่าสีโดยรวมของตัวอย่างที่พอกไขมันในปริมาณสูงมีการเปลี่ยนแปลงจากตัวอย่างเริ่มต้นก่อนการพอกสูงกว่าตัวอย่างที่พอกไขมันในปริมาณน้อยกว่า นอกจากนี้ ที่ระยะเวลาการพอกนานขึ้น ส่งผลให้ค่า  $\Delta E^*$  ของไข่แดงและไข่ขาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

**ตารางที่ 5** ค่าความแตกต่างของสีโดยรวมของไข่แดงและไข่ขาวเค็มดิบที่พอกโดยใช้ไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วนกับตัวอย่างมาตรฐาน ( $\Delta E^*$ ) เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ค่า $\Delta E^*$ ของไข่แดงเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	2.27 <sup>bB</sup> ±1.09	2.52 <sup>abB</sup> ±0.96	6.93 <sup>cA</sup> ±0.48	7.51 <sup>cA</sup> ±0.81
5% ไขมัน	2.21 <sup>bB</sup> ±0.25	2.97 <sup>bC</sup> ±0.21	9.87 <sup>bA</sup> ±0.45	7.60 <sup>cB</sup> ±0.27
15% ไขมัน	3.52 <sup>abC</sup> ±0.11	3.65 <sup>aC</sup> ±1.28	11.16 <sup>aA</sup> ±0.14	8.75 <sup>bB</sup> ±0.11
25% ไขมัน	3.22 <sup>aB</sup> ±0.14	2.32 <sup>abB</sup> ±0.17	9.40 <sup>bA</sup> ±0.63	9.63 <sup>aA</sup> ±1.66

สิ่งทดลอง	ค่า $\Delta E^*$ ของไข่ขาวเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	1.29 <sup>dB</sup> ±0.51	0.97 <sup>cB</sup> ±0.69	3.51 <sup>cA</sup> ±0.48	3.39 <sup>dA</sup> ±0.16
5% ไขมัน	3.35 <sup>cD</sup> ±0.19	4.41 <sup>bC</sup> ±0.19	8.04 <sup>aA</sup> ±0.44	6.13 <sup>cB</sup> ±0.49
15% ไขมัน	4.15 <sup>bC</sup> ±0.33	3.99 <sup>bC</sup> ±0.33	5.10 <sup>bB</sup> ±0.62	8.37 <sup>ba</sup> ±0.32
25% ไขมัน	5.10 <sup>aD</sup> ±0.37	9.42 <sup>aB</sup> ±0.24	7.70 <sup>aC</sup> ±0.79	10.69 <sup>aA</sup> ±0.25

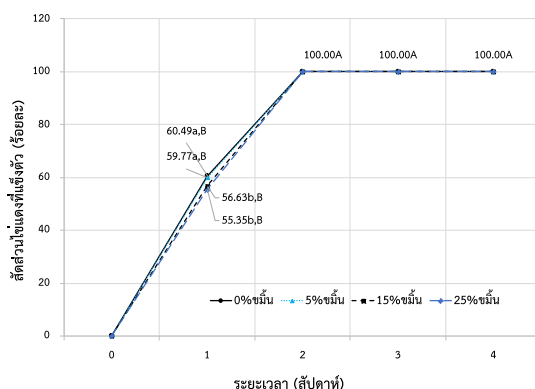
**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a, b, c ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ns หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C ที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) NS หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 3.3 สัดส่วนไข่แดงที่แข็งตัว

ค่าสัดส่วนไข่แดงที่แข็งไข่เป็นดัชนีบอกถึงระดับการพอกไข่เค็มที่สมบูรณ์ จากรูปที่ 1 พบว่า ในสัปดาห์

ที่ 1 สิ่งทดลองควบคุมที่ไม่มีส่วนผสมของไขมันในการพอก มีค่าร้อยละสัดส่วนไข่แดงที่เป็นของแข็งสูงกว่าตัวอย่างอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) อย่างไรก็ตาม ไข่แดงของทุกสิ่งทดลองมีลักษณะแข็งเป็นก้อนอย่างสมบูรณ์ในสัปดาห์ที่ 2 (มีค่าร้อยละสัดส่วนไข่แดงที่แข็งเท่ากับ 100) ทั้งนี้ ส่วนของไข่แดงเริ่มเป็นของแข็งจากบริเวณใกล้เยื่อหุ้มไข่แดงแล้วค่อย ๆ เคลื่อนเข้าสู่ตรงกลาง โดยปริมาณเคลื่อนที่มากขึ้นและปริมาณความชื้นภายในไข่ที่ลดลงส่งผลต่อการเกิดเจลแข็งกึ่งยืดหยุ่นของไข่แดง



**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a, b, c ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C ที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

**รูปที่ 1** สัดส่วนไข่แดงที่แข็งตัว (ร้อยละ) ที่พอกโดยใช้ไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

### 3.4 ปริมาณความชื้นในไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบ

ปริมาณความชื้นของไข่แดงและไข่ขาวเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการพอกมีค่าเท่ากับร้อยละ 50.14 และ 85.89 ตามลำดับ เมื่อระยะเวลาการพอกนานขึ้น ปริมาณความชื้นของไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบที่ผสมไขมันในระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการพอกเดียวกัน พบว่า ทั้งไข่แดงและไข่ขาว

ที่พอกด้วยไขมันในปริมาณที่สูงขึ้นจะมีปริมาณความชื้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) แสดงให้เห็นว่าการพอกด้วยดินจอมปลวกช่วยเก็บความชื้นไว้ภายในไข่มากกว่าการพอกด้วยดินจอมปลวกผสมขี้มัน ทั้งนี้ การหุ้มด้วยดินจอมปลวกช่วยให้เกิดการห่อหุ้มที่แน่นหนาบริเวณผิวเปลือกไข่ ในขณะที่ดินผสมขี้มันจะมีลักษณะโปร่งและเบากว่า มีการระบายอากาศมากกว่าทำให้เกิดการระเหยและการสูญเสียไอน้ำภายในไข่ได้มากกว่า

**ตารางที่ 6** ร้อยละปริมาณความชื้นของไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบที่พอกโดยใช้ขี้มันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วนกับตัวอย่างควบคุมเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ร้อยละปริมาณความชื้นของไข่แดงเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ขี้มัน	46.06 <sup>aA</sup> ±1.38	35.28 <sup>bB</sup> ±1.64	29.24 <sup>aC</sup> ±0.14	25.85 <sup>aD</sup> ±0.78
5% ขี้มัน	44.95 <sup>abA</sup> ±0.13	32.74 <sup>abB</sup> ±0.61	26.30 <sup>bC</sup> ±1.23	21.45 <sup>bdD</sup> ±0.37
15% ขี้มัน	42.28 <sup>bcA</sup> ±1.51	33.94 <sup>abB</sup> ±0.57	25.62 <sup>bC</sup> ±0.35	20.84 <sup>bdD</sup> ±0.73
25% ขี้มัน	40.08 <sup>cA</sup> ±0.65	31.14 <sup>bB</sup> ±0.56	24.72 <sup>bC</sup> ±0.43	20.32 <sup>bdD</sup> ±0.77

สิ่งทดลอง	ร้อยละปริมาณความชื้นของไข่ขาวเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ขี้มัน	85.75 <sup>aA</sup> ±0.05	85.42 <sup>abB</sup> ±0.00	85.16 <sup>aC</sup> ±0.06	84.31 <sup>aD</sup> ±0.03
5% ขี้มัน	85.66 <sup>aA</sup> ±0.00	84.50 <sup>bB</sup> ±0.00	83.55 <sup>bC</sup> ±0.12	82.04 <sup>bD</sup> ±0.02
15% ขี้มัน	84.94 <sup>bA</sup> ±0.20	84.22 <sup>bcB</sup> ±0.01	83.67 <sup>bC</sup> ±0.03	79.34 <sup>cD</sup> ±0.03
25% ขี้มัน	84.12 <sup>cA</sup> ±0.01	83.96 <sup>cbB</sup> ±0.02	81.94 <sup>cC</sup> ±0.06	79.24 <sup>cdD</sup> ±0.01

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a, b, c ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ns หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C ที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) NS หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 3.5 ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity) ในไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบ

ค่าวอเตอร์แอกติวิตีแสดงถึงปริมาณน้ำอิสระที่จุลินทรีย์นำไปใช้ในการเจริญเติบโต ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไข่แดงและไข่ขาวเริ่มต้นที่ไม่ผ่านการพอกมีค่าเท่ากับ 1.000 ในไข่ทั้ง 2 ส่วน จากตารางที่ 7 พบว่าเมื่อระยะเวลาในการพอกนานขึ้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตีใน

ไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบที่พอกโดยใช้ขี้มันผงทดแทนดินจอมปลวกในระดับต่าง ๆ มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการพอกเดียวกัน พบว่า ทั้งไข่แดงและไข่ขาวที่พอกด้วยไขมันในปริมาณที่สูงขึ้นจะมีค่าวอเตอร์แอกติวิตีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งสอดคล้องกับทิศทางการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นของทั้งไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบ

**ตารางที่ 7** ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water Activity) ในไข่แดงและไข่ขาวเค็มดิบที่พอกโดยใช้ขี้มันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วนกับตัวอย่างควบคุมเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไข่แดงเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ขี้มัน	0.994 <sup>ba</sup> ±0.000	0.992 <sup>abA</sup> ±0.001	0.986 <sup>aA</sup> ±0.000	0.975 <sup>aB</sup> ±0.011
5% ขี้มัน	0.995 <sup>aA</sup> ±0.000	0.991 <sup>bcA</sup> ±0.002	0.961 <sup>bB</sup> ±0.003	0.929 <sup>bC</sup> ±0.007
15% ขี้มัน	0.995 <sup>aA</sup> ±0.000	0.994 <sup>aA</sup> ±0.001	0.944 <sup>cB</sup> ±0.002	0.927 <sup>bC</sup> ±0.010
25% ขี้มัน	0.993 <sup>cA</sup> ±0.000	0.989 <sup>cA</sup> ±0.000	0.952 <sup>cB</sup> ±0.008	0.931 <sup>bC</sup> ±0.004

สิ่งทดลอง	ค่าวอเตอร์แอกติวิตีของไข่ขาวเค็มดิบ			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ขี้มัน	0.994 <sup>ba</sup> ±0.000	0.992 <sup>abA</sup> ±0.001	0.986 <sup>aA</sup> ±0.000	0.975 <sup>aB</sup> ±0.011
5% ขี้มัน	0.995 <sup>aA</sup> ±0.000	0.991 <sup>bcA</sup> ±0.002	0.961 <sup>bB</sup> ±0.003	0.929 <sup>bC</sup> ±0.007
15% ขี้มัน	0.995 <sup>aA</sup> ±0.000	0.994 <sup>aA</sup> ±0.001	0.944 <sup>cB</sup> ±0.002	0.927 <sup>bC</sup> ±0.010
25% ขี้มัน	0.993 <sup>cA</sup> ±0.000	0.989 <sup>cA</sup> ±0.000	0.952 <sup>cB</sup> ±0.008	0.931 <sup>bC</sup> ±0.004

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a, b, c ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ns หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C ที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) NS หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 3.6 ค่าความแข็งของไข่แดงสุกและไข่ขาวสุก

การวัดค่าความแข็งของไข่แดงเค็มสุกจะทำการทดสอบโดยการหาค่าแรงกดสูงสุด (Maximum Force) จากตารางที่ 8 พบว่า แนวโน้มค่าความแข็งของไข่แดงสุกที่ผ่านการพอกดินผสมขี้มันที่ระดับต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยสัปดาห์ที่ศูนย์มีค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 2.62 นิวตัน ทั้งนี้ เมื่อระยะเวลาการพอกนานขึ้น ปริมาณความเข้มข้นของเกลือที่สูงขึ้นและปริมาณความชื้นที่ลดลงทำให้ไข่แข็งมี

ลักษณะกึ่งแข็งคล้ายเจลยืดหยุ่น [12] และเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาการพอกเดียวกันในแต่ละสัปดาห์ พบว่า ค่าความแข็งของไข่แดงที่พอกด้วยไขมันร้อยละ 25 มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัดส่วนไข่แดงดิบที่แข็งตัวที่มีค่าน้อยกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ เช่นกัน สำหรับค่าความแข็งของไข่ขาวเค็มสุกทุกสิ่งทดลองเมื่อผ่านการพอกเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จะมีค่าความแข็งลดลงจากไข่ขาวหนึ่งที่ไม่ผ่านการพอกเค็ม (ตารางที่ 9) โดยสัปดาห์ที่ศูนย์มีค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 9.67 นิวตัน และมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการพอกนานขึ้น โดยในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 พบว่า ไข่ขาวพอกด้วยดินไม่ผสมไขมัน (สิ่งทดลองควบคุม) มีค่าความแข็งน้อยกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ทั้งนี้เป็นผลมาจากปริมาณเกลือมีค่าสูงกว่า ซึ่งเกลือจะทำให้ความหนืดของไข่ขาวดิบมีค่าลดลง เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาของโปรตีนอัลบูมิน นอกจากนี้ มีรายงานว่า ความหนืดของไข่ขาวดิบเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 90.55 cP และเมื่อเวลาการตองเค็มผ่านไป 4 สัปดาห์ ความหนืดมีค่าลดลงเป็น 42.19 cP ส่งผลให้ไข่ขาวเค็มสุกมีความนุ่มมากกว่าไข่ขาวสุกปกติ [5]

**ตารางที่ 8** ค่าแรงกดสูงสุดของไข่แดงที่พอกโดยใช้ไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ค่าแรงกดสูงสุดของไข่แดง (นิวตัน)			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	3.50 <sup>aD</sup> ±0.02	4.39 <sup>nsC</sup> ±0.09	6.39 <sup>abB</sup> ±0.05	8.30 <sup>aA</sup> ±0.01
5% ไขมัน	3.46 <sup>aD</sup> ±0.02	4.41 <sup>nsC</sup> ±0.04	6.31 <sup>abB</sup> ±0.02	8.30 <sup>aA</sup> ±0.01
15% ไขมัน	3.35 <sup>bD</sup> ±0.04	4.37 <sup>nsC</sup> ±0.02	6.33 <sup>abB</sup> ±0.04	8.19 <sup>aA</sup> ±0.01
25% ไขมัน	3.30 <sup>bD</sup> ±0.03	4.33 <sup>nsC</sup> ±0.05	6.27 <sup>bB</sup> ±0.02	8.00 <sup>bA</sup> ±0.11

**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a, b c ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ns หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B C ที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) NS หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

**ตารางที่ 9** ค่าแรงกดสูงสุดของไข่ขาวที่พอกโดยใช้ไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	ค่าแรงกดสูงสุดของไข่ขาว (นิวตัน)			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
0% ไขมัน	2.56 <sup>nsA</sup> ±0.31	2.37 <sup>nsAB</sup> ±0.12	2.04 <sup>bB</sup> ±0.06	2.02 <sup>bB</sup> ±0.05
5% ไขมัน	2.62 <sup>nsA</sup> ±0.06	2.44 <sup>nsAB</sup> ±0.01	2.27 <sup>abBC</sup> ±0.07	2.16 <sup>aC</sup> ±0.08
15% ไขมัน	2.54 <sup>nsA</sup> ±0.03	2.47 <sup>nsAB</sup> ±0.09	2.33 <sup>abBC</sup> ±0.09	2.20 <sup>aC</sup> ±0.01
25% ไขมัน	2.59 <sup>nsA</sup> ±0.06	2.55 <sup>nsA</sup> ±0.07	2.27 <sup>abB</sup> ±0.03	2.20 <sup>bB</sup> ±0.02

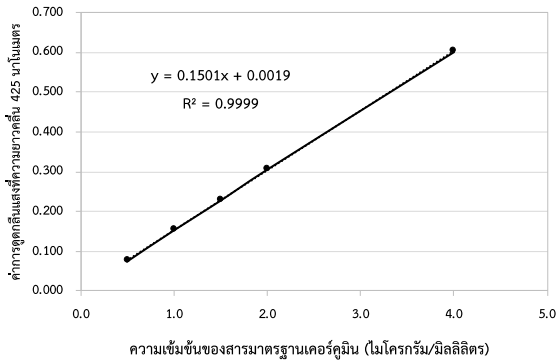
**หมายเหตุ** ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a, b c ที่แตกต่างกันตามแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ns หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B C ที่แตกต่างกันตามแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) NS หมายถึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

### 3.7 การวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินด้วยวิธี UV-Visible Spectrophotometry

#### 3.7.1 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินด้วยวิธี UV-Visible Spectrophotometry

สารมาตรฐานเคอร์คูมินละลายได้อย่างสมบูรณ์ในตัวทำละลายเมทานอล โดยมีค่าความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 425 นาโนเมตร โดยกราฟมาตรฐานเคอร์คูมินมีความเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้น 0.5 – 4.0 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และมีสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.999 โดยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง คือ  $y = 0.1501x + 0.0019$  ดังแสดงในรูปที่ 2 มีค่าขีดจำกัดการตรวจหา (LOD) และขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) เท่ากับ 0.3743 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และ 1.1343 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ตามลำดับ ค่าความแม่นยำมีค่าร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ต่ำกว่า 2 แสดงว่าวิธีการวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำค่อนข้างสูง มีค่าร้อยละการกลับคืนอยู่ระหว่าง 75.12 – 83.94 โดยเกณฑ์การยอมรับค่าร้อยละการกลับคืนตามมาตรฐานทางอาหารและยาที่ระดับความเข้มข้น 1 ไมโครกรัม/กรัม อยู่ระหว่างร้อยละ 75 - 120 [13]



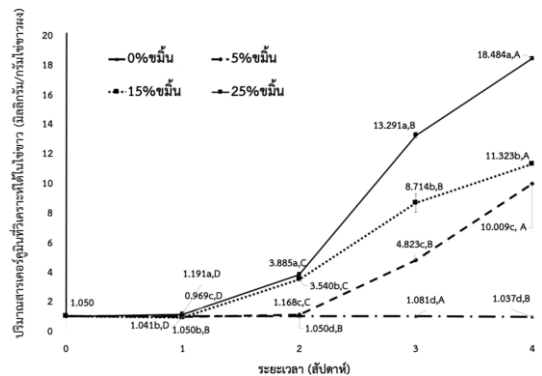
รูปที่ 2 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของสารมาตรฐานคลอโรฟิลล์

### 3.7.2 การหาปริมาณคลอโรฟิลล์ในไข่ขาวเค็มดิบด้วยเทคนิค UV- Visible Spectrophotometry

การพอกขมิ้นในปริมาณมากขึ้นและระยะเวลาพอกนานขึ้นส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วิเคราะห์ได้ในไข่ขาวดิบมีค่าสูงขึ้น (รูปที่ 3) โดยตัวอย่างที่พอกขมิ้นที่ระดับร้อยละ 5 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ 1.041 มิลลิกรัม/กรัมไข่ขาวผงในสัปดาห์ที่ 1 และเพิ่มเป็น 10.009 มิลลิกรัม/กรัมไข่ขาวผงในสัปดาห์ที่ 4 สำหรับตัวอย่างที่พอกขมิ้นที่ระดับร้อยละ 15 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ 1.050 มิลลิกรัม/กรัมไข่ขาวผงในสัปดาห์ที่ 1 และเพิ่มเป็น 11.323 มิลลิกรัม/กรัมไข่ขาวผงในสัปดาห์ที่ 4 และตัวอย่างที่พอกขมิ้นที่ระดับร้อยละ 25 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ 1.191 มิลลิกรัม/กรัมไข่ขาวผงในสัปดาห์ที่ 1 และเพิ่มเป็น 18.484 มิลลิกรัม/กรัมไข่ขาวผงในสัปดาห์ที่ 4 (รูปที่ 4 แสดงลักษณะไข่เค็มทั้งฟองและไข่ขาวดิบที่พอกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะสามารถตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ในไข่ขาวได้ แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าขีดจำกัดการตรวจหา (LOD) ที่มีค่าเท่ากับ 0.3743 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ซึ่งหากปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ตรวจพบน้อยกว่าค่า LOD ดังกล่าว จะถูกรายงานว่า “ตรวจไม่พบ” [14] โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ที่ตรวจวัดได้ในรูปที่ 3

แสดงในหน่วยมิลลิกรัม/กรัมไข่ขาวผง แต่เมื่อเทียบค่า LOD ในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่า สิ่งทดลองที่สามารถรายงานการ “ตรวจพบ” ได้ คือ 1) สิ่งทดลองที่พอกด้วยขมิ้นร้อยละ 25 ที่ระยะเวลาการพอก 2 สัปดาห์เป็นต้นไป (0.384 – 1.829 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) 2) สิ่งทดลองที่พอกด้วยขมิ้นร้อยละ 15 ที่ระยะเวลาการพอก 3 สัปดาห์เป็นต้นไป (0.860 – 1.308 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) และ 3) สิ่งทดลองที่พอกด้วยขมิ้นร้อยละ 5 ที่ระยะเวลาการพอก 4 สัปดาห์ (0.995 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร)



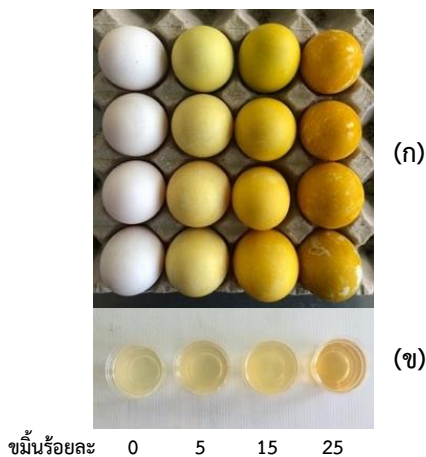
หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษ a, b, c ที่แตกต่างกันในแนวตั้ง แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ns หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C ที่แตกต่างกันในแนวนอน แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) NS หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

รูปที่ 3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในไข่ขาวเค็มดิบ (มิลลิกรัม/กรัม ไข่ขาวผง) ที่พอกโดยใช้ขมิ้นผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สำหรับขีดจำกัดการวัดเชิงปริมาณซึ่งเป็นคุณสมบัติของวิธีทดสอบที่แสดงความสามารถของวิธีการรายงานผลที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่มีความแม่นยำ ความเที่ยง และความไม่แน่นอนอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับจากการทดลองนี้ พบว่า ค่า LOQ มีค่าเท่ากับ 1.1343 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ดังนั้น สิ่งทดลองที่สามารถรายงานผลได้สอดคล้องกับความสามารถของวิธีทดสอบ จึงต้องมีค่าการตรวจพบสารคลอโรฟิลล์ได้ไม่น้อยกว่าค่า LOQ

ดังกล่าว ได้แก่ 1) สิ่งทดลองที่พอกด้วยไขมันร้อยละ 25 ที่ระยะเวลาการพอก 3 สัปดาห์เป็นต้นไป (1.181 – 1.829 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร) และ 2) สิ่งทดลองที่พอกด้วยไขมันร้อยละ 15 ที่ระยะเวลาการพอก 4 สัปดาห์ (1.308 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร)



รูปที่ 4 ตัวอย่างไข่เค็ม (ก) และไข่ขาวดิบ (ข) ที่พอกโดยใช้ไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วน ที่ระยะการพอกในสัปดาห์ที่ 4

### 3.8 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 60 คน แสดงตารางที่ 10 โดยในการทดลองนี้จะเริ่มทดสอบในสัปดาห์ที่ 1 – 4 เนื่องจากในสัปดาห์ที่ศูนย์นั้นสิ่งทดลองยังเป็นไข่ต้มธรรมดา ไม่มีรสเค็ม และยังไม่มีการแพร่ซึมผ่านของเกลือเข้าสู่ไข่ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในแต่ละคุณลักษณะของแต่ละสิ่งทดลองที่ผ่านการพอกเป็นระยะเวลาเดียวกันเดียวกัน พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) เมื่อพอกเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์เป็นต้นไป คะแนนความชอบในทุกคุณลักษณะของทุกสิ่งทดลองมีแนวโน้มลดลง โดยคุณลักษณะด้านรสชาติโดยรวมและความชอบโดยรวมเมื่อพอกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์จะมีคะแนนลดลงอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (คะแนนอยู่

ระหว่าง 6 – 7) ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากรสเค็มที่เพิ่มมากขึ้นและส่งผลให้ผู้บริโภคมีความชอบลดลง

ตารางที่ 10 คะแนนความชอบทางประสาทสัมผัส (9-point hedonic scale) ด้านสี กลิ่น รสชาติโดยรวม และความชอบโดยรวมของไข่เค็มที่พอกโดยใช้ไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกบางส่วน เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

สิ่งทดลอง	สีของไข่แดง			
	สัปดาห์ที่ 1 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 2 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 3 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 4 <sup>ns</sup>
0% ไขมัน <sup>ns</sup>	7.00±0.53	7.33±0.82	7.33±0.82	7.40±0.74
5% ไขมัน <sup>ns</sup>	6.67±1.23	7.20±0.68	7.20±0.94	7.50±0.86
15% ไขมัน <sup>ns</sup>	7.40±0.91	7.80±0.94	7.47±0.92	7.40±0.83
25% ไขมัน <sup>ns</sup>	6.53±1.73	7.40±0.83	7.37±0.82	7.40±1.06
สิ่งทดลอง	กลิ่น			
	สัปดาห์ที่ 1 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 2 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 3 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 4 <sup>ns</sup>
0% ไขมัน <sup>ns</sup>	6.00 <sup>ns</sup> ±0.65	6.80 <sup>ns</sup> ±0.41	6.60 <sup>ns</sup> ±0.99	6.23 <sup>ns</sup> ±0.88
5% ไขมัน <sup>ns</sup>	6.33 <sup>ns</sup> ±0.62	7.20 <sup>ns</sup> ±0.68	6.60 <sup>ns</sup> ±0.99	6.40 <sup>ns</sup> ±1.45
15% ไขมัน <sup>ns</sup>	6.20 <sup>ns</sup> ±0.68	6.73 <sup>ns</sup> ±1.16	6.40 <sup>ns</sup> ±1.06	6.40 <sup>ns</sup> ±1.64
25% ไขมัน <sup>ns</sup>	6.40 <sup>ns</sup> ±0.99	7.13 <sup>ns</sup> ±0.74	6.93 <sup>ns</sup> ±1.28	6.57 <sup>ns</sup> ±1.79
สิ่งทดลอง	รสชาติโดยรวม			
	สัปดาห์ที่ 1 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 2 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 3 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 4 <sup>ns</sup>
0% ไขมัน <sup>ns</sup>	7.07 <sup>ns</sup> ±0.80	7.27 <sup>ns</sup> ±0.80	7.13 <sup>ns</sup> ±0.52	6.80 <sup>ns</sup> ±1.01
5% ไขมัน <sup>ns</sup>	6.93 <sup>ns</sup> ±0.88	7.20 <sup>ns</sup> ±0.94	7.13 <sup>ns</sup> ±0.64	6.80 <sup>ns</sup> ±1.08
15% ไขมัน <sup>ns</sup>	7.07 <sup>ns</sup> ±1.03	7.33 <sup>ns</sup> ±0.62	7.27 <sup>ns</sup> ±0.88	7.00 <sup>ns</sup> ±1.25
25% ไขมัน <sup>ns</sup>	7.00 <sup>ns</sup> ±1.20	7.27 <sup>ns</sup> ±0.70	7.13 <sup>ns</sup> ±0.74	6.40 <sup>ns</sup> ±1.12
สิ่งทดลอง	ความชอบโดยรวม			
	สัปดาห์ที่ 1 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 2 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 3 <sup>ns</sup>	สัปดาห์ที่ 4 <sup>ns</sup>
0% ไขมัน <sup>ns</sup>	6.80 <sup>ns</sup> ±0.68	7.20 <sup>ns</sup> ±0.56	7.20 <sup>ns</sup> ±0.68	6.80 <sup>ns</sup> ±1.15
5% ไขมัน <sup>ns</sup>	6.93 <sup>ns</sup> ±0.96	7.20 <sup>ns</sup> ±0.86	7.20 <sup>ns</sup> ±0.56	6.80 <sup>ns</sup> ±1.08
15% ไขมัน <sup>ns</sup>	7.33 <sup>ns</sup> ±1.18	7.27 <sup>ns</sup> ±0.88	7.27 <sup>ns</sup> ±1.03	7.00 <sup>ns</sup> ±1.25
25% ไขมัน <sup>ns</sup>	6.87 <sup>ns</sup> ±0.83	7.27 <sup>ns</sup> ±0.80	7.13 <sup>ns</sup> ±0.74	6.33 <sup>ns</sup> ±1.11

หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ns หมายถึง ไม่แตกต่างกันตามแนวตั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )  
ตัวอักษรภาษาอังกฤษ NS หมายถึง ไม่แตกต่างกันตามแนวนอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

เมื่อพิจารณาสิ่งทดลองที่พอกด้วยไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกที่ระดับร้อยละ 15 และ 25 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติโดยรวม และด้านความชอบโดยรวมค่อนข้างสูงในสัปดาห์ที่ 2 แม้ว่าจะมีค่าไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุมและสิ่งทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ดังนั้น เมื่อพิจารณาทั้งด้านคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสและ

ปริมาณการแทรกซึมของสารเคอร์คูมินเข้าสู่ไข่ขาว ร่วมกับการเปรียบเทียบปริมาณเคอร์คูมินที่วิเคราะห์ได้ กับค่า LOD นั้น พบว่า การพอกด้วยไขมันผงทดแทนดิน จอมปลวกในปริมาณสูง คือ ที่ระดับร้อยละ 25 ที่ ระยะเวลาการพอก 2 สัปดาห์ จึงเหมาะสมในการผลิต ไข่เค็มพอกสมุนไพรผสมดินจอมปลวกโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส และสามารถ รายงานค่าการตรวจพบเคอร์คูมินได้ตามวิธีการทดสอบ ที่ผ่านการตรวจสอบความใช้ได้ (Validated Method)

#### 4. สรุป

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ เค็มพอกไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกที่ระดับร้อยละ 0 5 15 และ 25 ในระหว่างการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ พบว่า การใช้ไขมันผงในปริมาณที่มากขึ้นทำให้ปริมาณเกลือที่ วิเคราะห์ได้ในไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบมีค่าลดลง ส่งผลให้ค่าร้อยละสัดส่วนไข่แดงที่แข็งตัวลดลงตามไป ด้วย โดยไข่แดงสุกมีค่าความแข็งลดลง ส่วนไข่ขาวเค็ม สุกจะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อระยะเวลาการ พอกนานขึ้น ไข่แดงมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีส้มอม เหลือง ส่วนไข่ขาวมีทิศทางการสีแดงผสมสีเหลือง เล็กน้อยก่อน โดยทั้งไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบมีสี คล้ำลง นอกจากนี้ ตัวอย่างไข่ขาวที่พอกด้วยไขมันใน ปริมาณมากขึ้น มีค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่ง สอดคล้องกับปริมาณสารเคอร์คูมินที่วิเคราะห์ได้ในไข่ ขาวที่มีค่าเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอกติ วิตีในไข่แดงเค็มดิบและไข่ขาวเค็มดิบที่พอกดินจอม ปลวกเพียงอย่างเดียวมีค่าน้อยกว่าการพอกด้วยดินจอม ปลวกผสมไขมัน แสดงให้เห็นว่าดินจอมปลวกเพียงอย่าง เดียวสามารถห่อหุ้มเปลือกไข่ได้แน่นกว่า ทำให้ความชื้น ออกจากไข่น้อยลง จากการทดสอบความชอบทาง ประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale พบว่า ไข่เค็มที่พอกไขมันผงทดแทนดินจอมปลวกที่ระดับร้อย ละ 25 ที่ระยะเวลาการพอก 2 สัปดาห์ มีคะแนน

ความชอบในทุกคุณลักษณะสูงและไม่แตกต่างจากสิ่ง ทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะ ของไข่เค็มที่พอกด้วยดินจอมปลวกผสมไขมัน รวมถึงผล ของการแทรกซึมผ่านของสารเคอร์คูมินเข้าสู่ภายในไข่ ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยสมุนไพร อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาคุณสมบัติด้าน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของไข่เค็มที่มีซึม ผ่านของสารเคอร์คูมินต่อไปในอนาคต

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยบสนับสนุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและ นวัตกรรม (สกอ.) และมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพบาง (Matching Fund) ภายใต้โครงการ การพัฒนาทุนทาง สังคมสู่ความมั่นคงของเศรษฐกิจฐานรากด้วยนวัตกรรม ประจำปี พ.ศ.2561

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Benjakul and T. Kaewmanee, "Sodium chloride preservation in duck eggs," in *Egg Innovation and Strategies for Improvement*, P. Hester, Ed. Oxford: Academic Press, 2017, pp. 415–426.
- [2] P.V. Kadam, C.L. Bhingare, R.Y. Nikam and S.A. Pawar, "Development and validation of UV Spectrophotometric method for the estimation of Curcumin in cream formulation," *Pharmaceutical Methods*, vol. 4, pp. 43–45, Aug. 2013.
- [3] R. Anto, J. George, K. Babu, K. Rajasekharan and R. Kuttan, "Antimutagenic and anticarcinogenic activity of natural and

- synthetic curcuminoids,” *Mutation Research*, vol. 370, pp. 127–131, Sep. 1996.
- [4] AOAC. *Official method of analytical chemists*, 17th ed. Arlington: The Association of Official Analytical Chemists Inc., 2000.
- [5] S. P. Chi and K. H. Tseng, “Physicochemical properties of salted pickled yolk from duck and chicken eggs,” *Journal of Food Science*, vol. 33, pp. 507–513, Jun. 2008.
- [6] Guideline IH. *Validation of analytical procedure: text and methodology*. Q2 (R1). 2005.
- [7] A.V.A. Resurreccion. *Consumer Sensory Testing for Product Development*, Gaithersburg, Md.: Aspen Publishers, 1998.
- [8] S. Apirattananuson, “Coating of chaiya salted eggs with tea waste to partially replace soil from termite mound,” *RMUTP Research Journal Science & Technology*, vol. 11, no. 1, pp. 111–125, Jan. 2017.
- [9] C. W. Lin, “The storage of egg. In the chemistry and utility of egg,” Taipei: Hua shiang Yuan publishing Co. pp. 98–121, 1983.
- [10] H. Sugino, T. Nitoda and L.R. Juneja, “General chemical composition of hen eggs,” in *Hen Eggs: Their Basic and Applied science*, T. Yamamoto, L.R. Juneja, H. Hatta and M. Kim, eds. CRC Press., Boca Raton, Florida, USA, 1996, pp. 13–24.
- [11] N. Laokuldilok, N. Panthong, S. Kittipanaprai, T. Tikapanya and P. Taokum, “Application of Ultrasonication Technique for Salting Duck Egg with Turmeric,” in *Proceeding of ARUCON 2019*, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Thailand, 2019, pp. 324–330.
- [12] T. Kaewmanee, S. Benjakul and W. Visessanguan, “Changes in chemical composition, physical properties and microstructure of duck egg as influenced by salting,” *Food Chemistry*, vol. 112, pp. 560–569, 2009.
- [13] AOAC International. (2020, October). “Requirements for Single Laboratory Validation of Chemical Method,” [Online]. Available: [http://www.aoac.org/Official\\_Methods/slv\\_guidelines.pdf](http://www.aoac.org/Official_Methods/slv_guidelines.pdf)
- [14] D.A. Armbruster and T. Pry, “Limit of blank, limit of detection and limit of quantitation,” *The Clinical Biochemist Reviews*, vol. 29 suppl (i), pp. S49-S52, Aug. 2008.