กระบวนการผลิตและการพัฒนากระบวนการผลิตภัณฑ์ไข่เค็ม

Production process and development of salted egg production products.

ศุภัคษร มาแสวง[1*], กุลพร พงษ์ไพร[2] และ อัมพวัน สุขนิล[2]
Supuksorn Masavang[1*], Kullapon Pongprai[2] and Ampawan Suknil[2]

Received 1 พฤษภาคม 2565 **Revised** 14 พฤษภาคม 2565 **Accepted** 9 มิถุนายน 2565

บทคัดย่อ

ไข่เค็มนิยมรับประทานเป็นอาหารโดยเฉพาะกับข้าวต้มหรือโจ๊ก ส่วนไข่แดงเค็มอาจใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ขนมอบและเบเกอรี่ เช่น ขนมไหว้พระจันทร์หรือขนมเปี๊ยะ การดองเกลือเป็นวิธีที่ใช้ในการผลิตไข่เค็ม โดยทั่วไปคุณภาพของไข่เค็มขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำเกลือ ระยะเวลาในการดองเกลือ วิธีการทำไข่เค็ม และสารทำให้เกิดออสโมติกในน้ำเกลือ ดังนั้นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวิธีการผลิตไข่เค็มรวมถึงการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น ลดเวลาในการผลิต ลดต้นทุนการผลิต ลดการสูญเสียไข่ขาว ลดปริมาณโซเดียมหรือเกลือในการผลิตไข่เค็มโซเดียมสำหรับผู้บริโภคที่มีภาวะเสี่ยงต่อโรคไต และการเพิ่มสารชีวภาพที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เป็นต้น โดยการดองแบบดั้งเดิมที่นำไข่สดทั้งลูกไปดองในน้ำเกลือ และแบบการดองเฉพาะไข่แดงในน้ำเกลือปกติ และใส่สารช่วยออสโมติก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำด้วยแรงออสโมติกและลดระยะเวลาในการดอง ซึ่งส่งผลคุณภาพทางด้านกายภาพและเคมีของไข่เค็มที่ผลิตได้ ทำให้ไข่เค็มที่ผลิตได้มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี รวมถึงคุณภาพด้านกายและเคมีไข่เค็มที่ส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสอย่างชัดเจน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่เค็มตามความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มต่าง ๆ ต่อไป โดยการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเพื่อให้สามารถลดเวลาและต้นทุนการผลิตไข่เค็มที่มีคุณภาพตามที่ต้องการได้

คำสำคัญ : ไข่เค็ม, การดองเกลือ, คุณภาพของไข่เค็ม

[1] อาจารย์ ดร. , คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[1]Lecturer Dr., Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
[2]นักศึกษา, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
[2]Student, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
* ผู้ประสานงานนิพนธ์ e-mail : Supuksorn.m.@rmutp.ac.th

Abstract

Salted eggs are commonly eaten as a meal, especially with boiled rice or congee. Salted egg yolks may also be used as an ingredient in baked goods and bakery products such as mooncakes or spring rolls. Salting is a method used to produce salted eggs. In general, the qualities of salted eggs depend on the concentration of the brine, salting time, salting method and osmotic agents in salting solution. Therefore, data collection related to salted egg production methods as well as developing the production process for purposes such as reducing production time, lowering production cost, decreasing the loss of egg whites, producing low-sodium or salt in the salted eggs for consumers to decrease risk of developing kidney disease and adding biological agents that inhibit the growth of microorganisms, etc. Salted can be produced by the traditional pickling where fresh whole eggs are pickled in brine solution. Moreover, the yolks are pickled directly in normal salting solution containing osmotic agents to increase the efficiency of osmotic water removal and shorten the pickling time. These affect the physical and chemical qualities of the salted eggs. The salted egg produced has changed the chemical composition, including physical and chemical qualities that clearly affects the texture. This information can be used to further develop salted egg products according to the needs of different groups of consumers by controlling various factors related to salted egg production in order to reduce the time and cost of producing salted eggs with the desired qualities.

Keywords : Salted egg, Salting method, Salted egg quality

1. บทนำ

เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ในปัจจุบัน ส่งผลให้ประชาชนหันมาบริโภคสินค้าที่สามารถเก็บไว้ได้นานหรือทำการถนอมอาหารเพื่อรับประทานภายในครัวเรือน (ศูนย์วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมเพื่อการศึกษาร้อยเอ็ด, 2563) ซึ่งการถนอมอาหารเป็นภูมิปัญญาที่มีมาตั้งแต่อดีตเพื่อเก็บรักษาอาหารให้มีอายุที่นานขึ้น และในปัจจุบันมีการพัฒนารูปแบบการถนอมอาหารหลากหลายวิธี เช่น การดอง การตากแห้ง การแช่อิ่ม การเชื่อม เป็นต้น การถนอมอาหารจากไข่สดที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปคือการทำไข่เค็ม เป็นการนำไข่สดมาดองในเกลือ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการและมีขั้นตอนในการทำที่ไม่ยุ่งยากผู้บริโภคสามารถทำได้ภายในครัวเรือน แต่การดองนี้อาจจะใช้ระยะเวลาในการดองที่ค่อนข้างนาน ประมาณ 15-20 วัน (กาญจนิจ กณิถอนันต์, 2515) เพื่อให้ความเค็มนั้นซึมเข้าสู่ไข่จนถึงชั้นในสุดของไข่แดง โดยในปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีวิธีและขั้นตอนใหม่ๆ ในการทำไข่เค็มนั้นเยอะขึ้น เพื่อประหยัดเวลาใน

การดองให้มีระยะเวลาที่สั้นลง ซึ่งมีทั้งการดองแบบที่ต้องการนำทั้งไข่ขาว และไข่แดงที่ดองมาใช้ทั้ง 2 อย่าง หรือจะเป็นการนำเฉพาะไข่แดงมาใช้ในการนำมาประกอบอาหารในหลาย ๆ เมนู ซึ่งการนำเฉพาะไข่แดงมาดองเกลือนั้นจะช่วยในการใช้ระยะเวลาที่สั้นลง และหากทำการดองในครัวเรือนนั้นก็สามารถใช้สารออสโมติกเพื่อทดแทนการใช้เกลือบางส่วน เช่น น้ำตาลทราย มอลโตเด็กซ์ตริน โพแทสเซียม เป็นต้น ที่จะมาช่วยในการลดระยะเวลาในการดองเกลือและทำให้ได้ไข่เค็มชนิดเค็มน้อยได้โดยที่ยังได้ไข่เค็มที่มีคุณภาพที่ดีอยู่ (Wang, 2017) หรือกล่าวคือยังมีรสชาติและความแข็งของไข่เค็มที่เทียบเท่ากับแบบที่ดองด้วยวิธีดั้งเดิม (Saeaung et al., 2010) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปัจจุบันนั้นการนำเฉพาะไข่แดงมาใช้ประกอบอาหารมากขึ้น ทั้งนี้ในการทำไข่เค็มยังมีข้อจำกัด เช่น ระยะเวลา สถานที่ หรืออุปกรณ์ในการทำนั้นไม่อำนวยต่อการผลิต ดังนั้นผู้บริโภคเหล่านี้จึงจำเป็นต้องซื้อจากผู้ผลิตซึ่งอาจมาในรูปแบบของอาหารสำเร็จรูป หรือมาในรูปแบบของไข่เค็มที่ยังมีการหมักดองอยู่ในโหลน้ำเกลือ หรือมาในรูปแบบของเฉพาะไข่แดงเค็มแบบไข่เค็มดิบหรือไข่เค็มสุกที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยการอบ ทั้งนี้บางผู้บริโภคอาจนำสูตรการผลิตที่มีการเผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ตหรือวิธีการทำมาจากผู้ที่ให้ข้อมูลไม่ครบถ้วนทั้งวิธีและขั้นตอนการทำส่งผลให้การทำไข่เค็มนั้นไม่เป็นผลสำเร็จหรือไข่เค็มที่ได้นั้นไม่เป็นไปตามที่ได้สูตรมาทำให้ไข่เค็มที่ได้นั้นไม่มีคุณภาพมากพอและไม่สามารถนำไข่เค็มนั้นมารับประทานได้ซึ่งส่งผลให้ก่อเกิดการสิ้นเปลืองของงบประมาณตามมาด้วยเช่นกัน

ดังนั้นในบทความวิชาการนี้ได้ทำการรวมรวมข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตไข่เค็มรวมถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของไข่เค็มในระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อที่จะได้นำข้อมูลเหล่านี้เป็นส่วนในการตัดสินใจเลือกวิธีการดองเละควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่เค็มให้ให้ได้ลักษณะตามที่ต้องการในการบริโภคหรือจำหน่าย และมีคุณภาพที่สม่ำเสมอกัน อีกทั้งช่วยลดเวลาและต้นทุนการผลิตไข่เค็ม

2. วัตถุประสงค์

2.1 ศึกษาวิธีที่ใช้ในการผลิตไข่เค็มและการพัฒนากระบวนการผลิตไข่เค็ม

2.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านกายภาพและเคมีของไข่เค็มระหว่างกระบวนการผลิตไข่เค็ม

3. เนื้อเรื่อง

ไข่เค็มเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ไข่ดองที่ใช้ในการถนอมอาหารที่ได้รับความนิยมมากในประเทศไทย โดยทั่วไปแล้ว ไข่เค็มสามารถทำได้โดยการดองไข่ในน้ำเกลืออิ่มตัว (immersing method) หรือโดยการพอกไข่ด้วยดินเหนียวผสมกับเกลือ (coating method) ใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 30 วัน (Chi & Tseng 1998; Lai et al., 1999) โดยทั่วไปแล้วไข่เค็มจะถูกทำให้ร้อนโดยการต้ม ทอดในกระทะ และอื่น ๆ ก่อนบริโภค นอกจากใช้เป็นอาหารปกติในรูปของไข่ทั้งฟองแล้ว ยังใช้ไข่แดงเค็มเป็นไส้ในอาหารบางชนิด เช่น ขนมไหว้พระจันทร์ ของหวานอื่น ๆ และเกี๊ยว ข้าวเหนียว วิธีการแช่สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น การผลิตไข่เค็ม (Yang & Chen, 2001) วิธีการแช่จะเร็วกว่าการ

เคลือบด้วยดินเหนียว และสะดวกกว่าสำหรับการผลิตไข่เค็ม (Yang and Chen 2001) ในระหว่างการเคลือบไข่แดงจะค่อย ๆ กลายเป็นไข่แดง ในทางกลับกัน ไข่ขาวจะสูญเสียความเครียดและเป็นน้ำ (Chi & Tseng 1998) นอกจากนี้ Chi และ Tseng (1998) ได้รายงานเพิ่มเติมว่าการใส่เกลือทำให้เกิดความชื้นจากไข่แดงและการแพร่กระจายของเกลือลงในไข่ขาวและไข่แดง การเปลี่ยนแปลงทั้งหมดเกิดขึ้นในช่วงเวลา การใส่เกลือจะเป็นตัวกำหนดลักษณะพิเศษของไข่เค็มทั้งแบบดิบและแบบต้มสุก

3.1 การพัฒนากระบวนการผลิตไข่เค็ม

3.1.1 บทบาทของเกลือในการผลิตไข่เค็ม

โซเดียมคลอไรด์หรือเกลือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดในการแปรรูปไข่ในแง่ของการเก็บรักษาหรือการถนอมอาหาร โซเดียมคลอไรด์มีบทบาทในการลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมคุณภาพ ซึ่งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา การเติมเกลือลงในอาหารจะทำให้เซลล์จุลินทรีย์อยู่ภายใต้แรงดันออสโมติก (osmotic shock) เนื่องจากการสูญเสียน้ำจากภายในเซลล์ ดังนั้นจึงชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์หรืออาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์ตายได้ (Davidson, 2001) เกลือไม่เพียงแต่มีประโยชน์สำหรับการเก็บรักษาไข่เท่านั้น แต่ยังปรับเปลี่ยนลักษณะของไข่อีกด้วย ในระหว่างกระบวนการทำไข่เค็ม เกลือจะค่อยๆ แพร่กระจายเข้าไปในไข่ขาวและไข่แดงผ่านรูพรุนและเยื่อหุ้มของเปลือกไข่โดยใช้วิธีการดองหรือพอกดิน เยื่อหุ้มชั้นในของไข่เป็นอุปสรรคสำคัญในการแพร่เกลือ (Chen et al., 1999) การแพร่ขยายจะเกิดขึ้นเร็วกว่า 5 เท่า ในไข่ที่ไม่มีเยื่อเมมเบรนของเปลือกชั้นในเมื่อเทียบกับไข่ที่มีเปลือกชั้นในอยู่ เมื่อเกลือแทรกเข้าไปในไข่ ปริมาณเกลือจะเพิ่มขึ้นพร้อมกับความชื้นของไข่ขาวและไข่แดงที่ลดลงในเวลาเดียว เมื่อปริมาณเกลือเพิ่มขึ้นการสูญเสียความชื้นจะเด่นชัดมากขึ้น การสูญเสียความชื้นจากไข่แดงของไข่เป็ดมีมากกว่าไข่แดงของไข่ไก่ (Chi & Tseng, 1998) เนื่องจากความแตกต่างของขนาดรูพรุนและโครงสร้างของเปลือกระหว่างไข่ของสัตว์ปีกทั้งสองชนิด โดยทั่วไปการสูญเสียความชื้นของไข่แดงจะมากที่สุดในช่วงหลังของการต้มน้ำเกลือ เนื่องจากเยื่อหุ้มไข่แดงอ่อนตัวลง อย่างไรก็ตามความชื้นในไข่ขาวของไข่เป็ดและไข่ไก่ลดลงในอัตราที่ใกล้เคียงกัน (Chi & Tseng, 1998) การเปลี่ยนแปลงที่ค่อยเป็นค่อยไปเหล่านี้เมื่อเวลาผ่านไปจะมีการสูญเสียความชื้นควบคู่ไปกับการสะสมของปริมาณเกลือในผลิตภัณฑ์ไข่เค็ม ส่วนใหญ่จะใช้เป็นตัวกำหนดลักษณะหรือคุณภาพของไข่เค็มที่เก็บรักษาไว้ทั้งในรูปแบบดิบและต้มสุกแล้ว นอกจากการสูญเสียความชื้นแล้ว เกลือยังมีบทบาทในการสร้างเนื้อสัมผัสที่ละเอียดและน้ำมันที่หลั่งออกมาจากไข่แดงหลังการปรุงอาหาร ไข่ขาวเค็มที่ปรุงแล้วยังแสดงความแตกต่างเล็กน้อยในเนื้อสัมผัสเมื่อเปรียบเทียบกับไข่ขาวต้มสุกที่ไม่ผ่านการปรุง ปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ของไข่ขาวในระหว่างการเก็บรักษาจะกระตุ้นให้เกิดการรวมตัวของโปรตีนไข่ขาว ส่งผลให้มีโครงสร้างที่หยาบกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไข่ขาวดิบ เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และรสชาติของไข่ขาวเค็มเป็นปัจจัยกำหนดการยอมรับของผู้บริโภค (Kaewmanee et al., 2011)

ไข่สามารถเก็บรักษาได้โดยการพอกไข่ (coating) ด้วยดินเหนียวผสมกับเกลือหรือไข่ในน้ำเกลืออิ่มตัว (ภาพที่ 1) หรือวิธีการดองในน้ำเกลือ (brining) ซึ่งการผลิตไข่เค็มด้วยวิธีการแช่ในน้ำเกลือทำได้เร็วกว่าและสะดวกกว่าเมื่อเทียบกับวิธีพอกดิน (Yang & Chen,

2001) กระบวนการดองเกลือทั้งวิธีการพอกเกลือและการดองน้ำเกลือ ตลอดจนระยะเวลาในการดองเกลือส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติเนื้อสัมผัสของไข่สด (Kaewmanee et al., 2009) สำหรับวิธีการพอกเกลือนั้น การกำหนดสูตรของเกลือหรือดินได้ผ่านการพัฒนาสูตรและมีความต่อเนื่องโดยมีเป้าหมายระยะยาวในการสร้างผลิตภัณฑ์ไข่เค็มที่มีคุณภาพดี (Yuwawutto, 1995) ปริมาณเกลือที่ใช้ในสูตรมีผลอย่างมากต่อคุณลักษณะของไข่เค็ม สูตรประกอบด้วยดินเหนียว 60% และเกลือ 40% เพื่อการเคลือบที่เหมาะสม ควรเติมน้ำที่ระดับ 32.4 มล./100 กรัมของดินที่ใช้พอกไข่เพื่อให้มีการพอกเกลือที่เหมาะสม กระบวนการถนอมรักษาไข่เค็มด้วยวิธีนี้จะเสร็จภายใน 25 วันหลังจากเริ่มกระบวนการพอกเกลือและมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 1.71% และ 3.98% ในไข่แดงและไข่ขาว (ไข่เค็มต้ม) ตามลำดับ

ภาพที่ 1 การผลิตไข่เค็มจากไข่เป็ดด้วยเกลือโดยใช้วิธีการพอกดิน (coating) หรือวิธีการแช่น้ำเกลือ (brining)
ที่มา : Benjakul & Kaewmanee, (2017)

3.1.2 การผลิตไข่เค็มโซเดียมต่ำ

การพัฒนาไข่เค็มโซเดียมต่ำที่พอกดินผสมด้วยฟางข้าวเป็นสิ่งที่น่าสนใจสำหรับคนที่ต้องการอาหารที่มีเกลือต่ำ เยื่อฟางข้าวเตรียมโดยการต้มฟางข้าวในสารละลายด่างตามด้วยการล้างและตากให้แห้ง หลังจากการอบแห้งเนื้อฟางข้าวจะถูกนำไปผสมกับน้ำเกลือสมุทร (solar salt) 60% และโพแทสเซียมคลอไรด์ 40% ส่วนผสมจะกระจายเป็นชั้นบางๆ และไข่ถูกพอกด้วยดินผสมฟางข้าว หลังจาก 25 วัน ต่อมาไข่ขาวมีความชื้น 82.07% และมีปริมาณโซเดียมไอออนต่ำ (944 มก./100 กรัมของไข่ขาว) เมื่อเทียบกับไข่เค็มจากไข่เป็ดที่ผลิตด้วยสูตรดั้งเดิม (1690 มก./100 กรัมของไข่ขาว) ส่วนไข่แดงเค็มประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ 1.71% ความชื้น 34.78% และไขมัน 40.04% จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภค ผลิตภัณฑ์ไข่เป็ดเค็มต่ำที่เก็บรักษาไว้โดยใช้เนื้อฟางข้าวมีความพึงพอใจปานกลางโดยผู้บริโภค 78% ยอมรับผลิตภัณฑ์ (Yimtoe et al., 2001)

3.1.3 การลดระยะเวลาในการผลิตไข่เค็มด้วยกรด

เนื่องจากเปลือกไข่ขัดขวางการแทรกซึมของโซเดียมคลอไรด์ไปยังในไข่แดง การลดความหนาของเปลือกจึงเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้เร่งการแทรกซึมของเกลือลงในไข่และเร่งเวลาในการดำเนินการดองเกลือได้ การใช้กรดในการเตรียมไข่เป็ดส่งผลให้ความหนาของเปลือกลดลงพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของการแทรกซึมของเกลือตามมาเพื่อกระตุ้นให้เปลือกบางและการแทรกของเกลือเข้าไปในไข่ ไข่เป็ดที่ผ่านการแช่กรดโดยเฉพาะด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ทำให้อัตราการแทรกซึมของเกลือเพิ่มขึ้น 2-10 เท่า เป็นผลให้การก่อตัวของเจลาตินของไข่แดงถูกกระตุ้น เปลือกไข่มีความหนาน้อยกว่า 0.2 มิลลิเมตร เมื่อแช่ไข่ในกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล เป็นเวลา 30 นาที (Lai et al., 1999)

3.1.4 การลดระยะเวลาในการผลิตไข่เค็มด้วยเอนไซม์

การใช้เอนไซม์โปรตีเอสในการปรับสภาพไข่อาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการย่นระยะเวลาในกระบวนการดองเกลือให้สั้นลง เอนไซม์โปรตีเอสจะย่อยโปรตีนในเยื่อหุ้มเปลือกออก ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนที่ของเกลือผ่านเยื่อหุ้มที่เสียหายจากการย่อยด้วยเอนไซม์แล้ว อันที่จริงกระบวนการดองเกลือได้รับการพิสูจน์แล้วว่าสามารถทำให้ลดระยะเวลาลงโดยใช้กรดอะซิติกและเอนไซม์นิวทราส (โปรตีเอสที่เป็นกลาง) ในการปรับสภาพเบื้องต้นก่อนทำเค็ม (Kaewmanee et al., 2013) กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการแช่ไข่ในกรดอะซิติก 5% เป็นเวลา 30 นาที ตามด้วยแช่ในเอนไซม์นิวทราส 0.25% (น้ำหนัก/ปริมาตร) เป็นเวลา 90 นาที ก่อนที่จะดองเกลือ การปรับสภาพด้วยโซเดียมโดเดซิลซัลเฟต (sodium dodecyl sulfate) (0.5%, น้ำหนัก/ปริมาตร) เพื่อให้โปรตีนในเยื่อหุ้มเปลือกอ่อนตัวลง อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์บนเปลือกไข่เป็ดสดและเพิ่มการซึมผ่านของโซเดียมคลอไรด์ในไข่ในระหว่างกระบวนการถนอมอาหารด้วยการดองเกลือ (Lian et al., 2014)

3.1.5 การลดระยะเวลาในการผลิตไข่เค็มด้วยการแรงดัน

ในการลดระยะเวลาในการเก็บรักษา จำเป็นต้องมีการเพิ่มการเคลื่อนย้ายของเกลือผ่านเปลือกและเยื่อหุ้มเปลือกไข่ ซึ่งเทคโนโลยีแรงดันสูงถูกนำมาใช้เพื่อให้เกลือแทรกเข้าไปในไข่ได้เร็วขึ้น การผลิตไข่เค็มเร็วขึ้นโดยใช้แรงดันไฮโดรสแตติก (Kunkriangwong et al., 2002) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไข่เป็ดที่ถูกแช่ในสารละลายเกลืออิ่มตัวภายใต้แรงดันไฮดรอลิกที่ 500 กิโลปาสกาล (kPa) เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ไข่เค็มที่ผลิตโดยกระบวนการนี้มีไข่ขาวที่มีเนื้อสัมผัสนุ่มเนื้อนุ่มและไข่แดงเป็นสีส้มและมันเงา ซึ่งผู้วิจัยพบว่าเป็นที่ยอมรับอย่างมาก อีกทั้งเทคโนโลยีที่คล้ายคลึงกับการกระตุ้นด้วยแรงดันน้ำ (pulsed pressed-water cycle) ถูกนำไปใช้เพื่อเร่งกระบวนการดองเกลือของไข่เป็ด (Wang et al., 2013) เพื่อลดระยะเวลาในกระบวนการทำดองเกลือในการผลิตไข่เค็ม (Shiquan et al., 2013)

3.1.6 การผลิตไข่แดงเค็มจากไข่แดงที่แยกจากส่วนอื่นของไข่

โดยทั่วไปแล้ว ไข่แดงเค็มซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากกว่าไข่ขาวเค็มและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคมากขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งไข่ขาวเค็มมักถูกทิ้งเนื่องจากมีการใช้ประโยชน์ได้อย่างจำกัด เพื่อป้องกันการสูญเสียไข่ขาว กลุ่มวิจัยหลายกลุ่มได้พยายามผลิตไข่แดงเค็มด้วยเกลือหลังจากแยกจากไข่ออกไปแล้ว (Chen et al., 1991; Wang, 1991) ขั้นตอนการ

ทดสอบเหล่านี้ส่วนใหญ่ไม่ประสบความสำเร็จในการผลิตไข่แดงเค็ม ในการทำผลิตภัณฑ์ไข่แดงเค็มอาจเกี่ยวข้องกับความเร็วของการแพร่กระจายและความเข้มข้นสุดท้ายของเกลือในไข่เค็ม (Wang, 1991)

3.1.7 การเพิ่มการออกฤทธิ์ทางชีวภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ด้วยสารสกัดจากธรรมชาติ

เพื่อเพิ่มการออกฤทธิ์ทางชีวภาพและประสิทธิภาพในการเก็บรักษาไข่ จึงมีการใช้สารประกอบหรือสารสกัดบางอย่างร่วมกับกระบวนการดองเกลือของไข่ ตัวอย่างเช่น การใช้ควันเหลวในการผลิตไข่เค็มเพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติการต้านจุลินทรีย์ ศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระ และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ไข่เค็มที่ผลิตด้วยการดองน้ำเกลือที่ผสมของเสียที่เป็นของเหลวของแกมเบียร์ (สารสกัดจากใบของเถาไม้เอเชียตะวันออกเฉียงใต้เขตร้อนที่มีแทนนิน) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยืดอายุการเก็บรักษาไข่เค็มได้เป็นเวลา 63 วัน (Novia et al., 2014) การใช้น้ำมันสกัดจากกระเทียมในระหว่างการดองเกลือของไข่เป็ดช่วยเพิ่มฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย เช่น *Escherichia coli, Salmonella enteritidis และ Staphylococcus aureus* (Harlina et al., 2012)

3.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่เค็มระหว่างกระบวนการผลิต

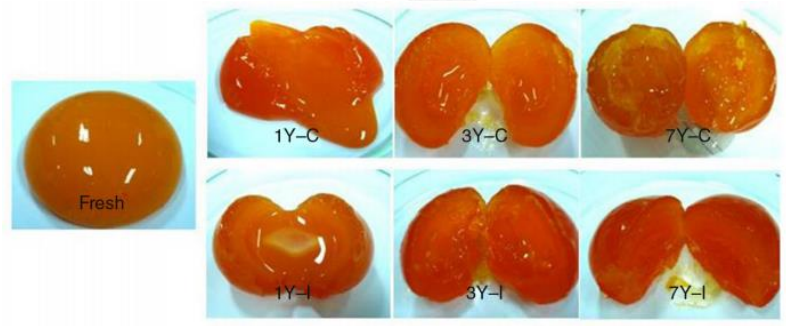
3.2.1 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของไข่เป็ดในระหว่างการดองเกลือ

การเปลี่ยนแปลงของความชื้นและปริมาณเกลือของไข่เป็ดที่ได้จากกระบวนการดองเกลือแบบต่าง ๆ ระหว่างกระบวนการ 7 สัปดาห์ พบว่าปริมาณความชื้นที่ลดลงเมื่อปริมาณเกลือเพิ่มขึ้นในไข่ขาวและไข่แดง เมื่อเวลาดองเกลือเพิ่มขึ้นความชื้นของไข่ขาวก็ค่อยๆ ลดลง ซึ่งความชื้นของไข่ขาวจากวิธีการแช่จะต่ำกว่าวิธีการพอกด้วยดินผสมเกลือเล็กน้อยเนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำจากไข่ขาวไปยังน้ำเกลือด้วยวิธีออสโมซิส การกำจัดน้ำ (dehydration) พบมากที่ไข่แดงด้านนอกเมื่อเทียบกับไข่แดงด้านในไม่มีความแตกต่างของความชื้นของไข่แดงด้านนอกระหว่างการพอกดินเหนียวกับวิธีการแช่ในน้ำเกลือ อย่างไรก็ตามไข่แดงด้านในจากวิธีการแช่น้ำเกลือมีความชื้นต่ำกว่าวิธีการพอกด้วยดินหลังการดอง 4 สัปดาห์ (Kaewmanee et al., 2009)

ปริมาณเกลือของไข่ขาวจากวิธีการดองเกลือด้วยวิธีแช่ในน้ำเกลือและการพอกดินเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเกลือที่เพิ่มขึ้นหลังจากดองเกลือ หลังการดองเกลือเป็นเวลา 2 สัปดาห์ปริมาณเกลือที่สูงขึ้นสังเกตได้จากไข่ขาวที่ได้จากวิธีการแช่น้ำเกลือ ในขณะที่การดองเกลือที่สัปดาห์ที่ 7 ไข่ขาวจากการแช่น้ำเกลือและการพอกเกลือมีปริมาณเกลือ 9.98% และ 6.90% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของปริมาณเกลือระหว่างส่วนด้านในและด้านนอกของไข่แดง ปริมาณเกลือที่เพิ่มขึ้นในไข่ขาวเร็วกว่าและสูงกว่าที่พบในไข่แดง ผลลัพธ์นี้บ่งชี้ว่าการดึงน้ำออกของไข่แดงที่อาศัยกระบวนการออสโมติกควบคู่ไปกับการเพิ่มปริมาณเกลือในไข่ขาว การลดความชื้นของไข่แดงในระหว่างการดองเกลือส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของไข่ (Chi & Tseng, 1998) ปริมาณเกลือที่สูงขึ้นในไข่ขาวอาจทำให้น้ำย้ายจากไข่แดงไปยังไข่ขาวได้ และน้ำจะย้ายไปยังสิ่งแวดล้อมนอกเปลือก

3.2.2 การแข็งตัวของไข่แดงและการหลั่งของน้ำมัน

ในระหว่างการดองเกลือ ไข่แดงจะค่อยๆ แข็งตัวขึ้น ลักษณะของไข่แดงเป็ดในขั้นตอนต่าง ๆ ของการดองเกลือโดยการแช่ในน้ำเกลือหรือโดยวิธีการพอกเกลือ แสดงในภาพที่ 2 ไข่แดงเค็มจะเปลี่ยนเป็นเจลยืดหยุ่น การแข็งตัวของไข่แดงเกิดขึ้นใกล้ผิวที่ vitelline หรือเยื่อหุ้มไข่แดง และเคลื่อนเข้าด้านในไปยังศูนย์กลางของไข่แดง (Kaewmanee et al., 2009) กระบวนการแข็งตัวแบบค่อยเป็นค่อยไปนี้เกิดขึ้นพร้อมกับการก่อตัวภายนอกของผนังกึ่งแข็งที่ล้อมรอบไข่แดงเค็ม ไข่แดงภายในยังอยู่ในรูปของเหลว แต่จะเหนียวขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากด้านนอกไข่แดงที่ดองเกลือจะคายน้ำมากขึ้น เมื่อโปรตีนจากไข่แดงมีความเข้มข้นมากขึ้น การจับตัวกันระหว่างโมเลกุลโปรตีนซึ่งรวมถึงไลโปโปรตีนก็จะเพิ่มขึ้น โปรตีนจากไข่แดงเข้มข้นและกับปริมาณไขมันที่สูงจะทำให้เกิดเครือข่ายของเจลที่แข็งแรงที่สุด ซึ่งบ่งชี้ว่าโมเลกุลของไขมันไข่แดงนี้เองที่มีบทบาทในการสร้างโครงสร้างเจลโปรตีน (Kiosseoglou, 2003)

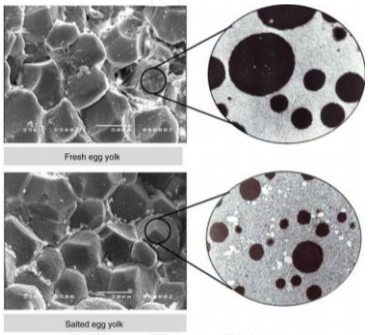


ภาพที่ 2 ไข่แดงเป็ด (Y) ผลิตด้วยวิธีพอกเกลือ (C) หรือดองน้ำเกลือ (I) ที่เวลาดองเกลือต่างกัน 0, 3 หรือ 7 สัปดาห์
ที่มา : Benjakul & Kaewmanee, (2017)

ในขณะที่กระบวนการดองเกลือดำเนินไป การคายน้ำจะเกิดขึ้นทำให้ของแข็งในไข่แดงเข้มข้นมากขึ้น ด้วยการเพิ่มเวลาการดองเกลือปริมาณเกลือในไข่แดงจะเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลทำให้ไข่แดงแข็งตัว การก่อตัวของไข่แดงเค็มถูกควบคุมโดยระดับการแทรกซึมของเกลือ (Lai et al., 1999) การแทรกซึมของเกลือลงในไข่แดงทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน ทำให้โปรตีนมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่ที่ดีขึ้น โดยความสามารถในการนำไฟฟ้าของโปรตีนไม่ได้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกลือเพียงอย่างเดียวแต่ยังขึ้นอยู่กับแรงพันธะไอออนิกอีกด้วย ซึ่งโครงสร้างของโปรตีนที่แรงไอออนิกต่ำจะยึดเกาะกันด้วยแรงของไฟฟ้าสถิตเท่านั้น ในขณะที่เมื่อมีเกลือมากระบบอาหารจะมีค่าแรงไอออนิกสูงและส่งผลให้เกลือช่วยทำให้โครงสร้างของโปรตีนคงตัว ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการจับกับน้ำของโปรตีน (Kiosseoglou & Sherman, 1983; Foegeding et al., 2001) ด้วยการเพิ่มเวลาในการดองเกลือและที่ความเข้มข้นของเกลือที่สูง ปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีนจึงเกิดได้ดีกว่าปฏิกิริยาระหว่างน้ำกับโปรตีนเนื่องจากขาด

โมเลกุลของน้ำในระบบ ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการรวมตัวของโมเลกุลโปรตีน (Puppo & Anon, 1999)

แกรนูลของไข่แดงเค็มมีความหนาแน่นมากกว่าไข่แดงของไข่เป็ดสด ซึ่งมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ภาพที่ 3) พบว่ามีโปรตีนทรงกลมขนาดใหญ่กว่าในไข่แดงสดเมื่อเทียบกับไข่แดงเค็ม สำหรับไข่แดงเค็มจะสังเกตเม็ดน้ำมันทรงกลมที่ติดอยู่กับแกรนูลทรงกลมของไข่แดง ซึ่งบ่งชี้ว่ามีหยดน้ำมันถูกปล่อยออกมาจากโครงสร้างไขมันและโปรตีน โดยรวมแล้วโครงสร้างของไลโปโปรตีนถูกทำลายเนื่องจากกระบวนการดองเกลือ และบางส่วนของไขมันในไข่แดงกลายเป็นอิสระ นำไปสู่การปลดปล่อยน้ำมันอิสระซึ่งเป็นหนึ่งในคุณลักษณะที่ต้องการของไข่แดงเค็ม



ภาพที่ 3 การสแกนด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของไข่แดงจากไข่เป็ดและไข่เค็ม
ที่มา : Benjakul & Kaewmanee, (2017)

4. องค์ความรู้ใหม่

ความรู้ในการผลิตไข่เค็มและวิธีที่ใช้ในการพัฒนากระบวนการดองเกลือสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตไข่เค็มให้มีคุณภาพตามที่ต้องการของผู้ผลิตและผู้บริโภคได้

5. สรุป

ไข่เค็มสามารถผลิตได้ด้วยการดองแบบพอกดิน การดองแห้งด้วยการพอกเกลือ และการดองในน้ำเกลือซึ่งส่งผลให้องค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี รวมถึงลักษณะเนื้อสัมผัสของไข่แดงและไข่ขาวเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งวิธีการผลิตที่แตกต่างกันมักส่งผลต่อระยะเวลา และคุณภาพด้านต่าง ๆ ของไข่เค็มที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้ผลิตและนักวิจัยได้ทำการพัฒนากระบวนการผลิตไข่เค็มด้วยวิธีต่าง ๆ โดยคาดหวังที่จะปรับปรุงกระบวนการผลิตให้รวดเร็วขึ้น เช่น การเพิ่มความเข้มข้นของน้ำเกลือหรือการใช้กรดและเอนไซม์เพื่อลดความหนาของเปลือกไข่ เป็นต้น ซึ่งอาจทำการดองเฉพาะส่วนของไข่แดงทำให้สามารถนำไข่ขาวไปใช้

ประโยชน์อื่นและช่วยลดต้นทุนในการผลิต นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มสารชีวภาพเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของไข่เค็ม อีกทั้งมีการใช้สารออสโมติกอื่นเพื่อทดแทนเกลือในการผลิตไข่เค็มชนิดเค็มน้อยอีกด้วย ซึ่งเป็นความรู้ที่ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตไข่เค็มให้มีคุณภาพตามที่ต้องการได้

6. ข้อเสนอแนะ

การพัฒนากระบวนการผลิตไข่เค็มสามารถต่อยอดสู่การสร้างนวัตกรรมการผลิตไข่เค็มชนิดเค็มน้อยนี้อาจนำไปใช้กับการผลิตไข่เค็มทั้งฟองหรือการดองเฉพาะไข่แดงเพื่อลดระยะเวลาในการทำไข่แดงเค็มและลดการสูญเสียไข่ขาวทำให้สามารถนำไข่ขาวไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้ นอกจากการใช้เกลือในการดองไข่แล้วอาจปรับปรุงกระบวนการผลิตไข่เค็มโดยใช้สารออสโมติกชนิดอื่นเพื่อทดแทนการใช้เกลือบางส่วนได้ เช่น กลูโคสไซรัป น้ำตาลทราย หรืออาจใช้เกลือชนิดอื่นที่ไม่มีความเค็มเช่น โพแทสเซียมคลอไรด์ หรือแคลเซียมคลอไรด์เพื่อทดแทนหรือลดการใช้เกลือในการดองเกลือ

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้นิพนธ์บทความวิชาการขอขอบคุณงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากกองทุนเพื่อการวิจัยภายใต้โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

8. เอกสารอ้างอิง

กาญจนิจ กณิถอนันต์. (2515). *การหาเปอร์เซ็นต์เกลือในไข่ดองเค็ม.* [ปัญหาพิเศษปริญญาโท]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิทยาศาสตร์และวัฒนธรรมเพื่อการศึกษาร้อยเอ็ด. (2564, 30 มกราคม). กล่องความรู้สะเต็มศึกษาสู่อาชีพ เรื่อง การย่นระยะการดองไข่เค็ม. หน้า 6. https://pubhtml5.com/qwis/fwwt/basic

Benjakul, S. and Kaewmanee, T. (2017). Chapter 39: Sodium Chloride Preservation in Duck Eggs. In: Patricia Hester, editors: Egg Innovation and Strategies for Improvement, Oxford: Academic Press; 2017, pp. 415-426. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00039-1

Chen, X.D., Y. Freeman, F. Guo & P. Chen. (1999). Diffusion of sodium chloride through chicken eggshell in relation to an ancient method of egg preservation. *Food Bioproducts Process*, 77(C1), 40-46. https://doi.org/10.1205/096030899532240

Chi, S-P. & Tseng, K. H. (1998). Physicochemical properties of salted pickled yolks from duck and chicken eggs. Journal of Food Science, 63(1), 27-30. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1998.tb15668.x

Davidson, P.M., 2001. Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds. In: Doyle, M.P., Beauchat, L.R., Montville, T.J. (Eds.), Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers. DC: ASM Press, Washington, D.C., United States, pp. 117–126.

Foegeding, E.A., Davis, J.P., Doucet, D., & McGuffey, M.K. (2001). Advances in modifying and understanding whey protein functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 13, 151–159. https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00111-5

Harrison, L.J., & Cunningham, F.E., (1986). Influence of frozen storage time on properties of salted yolk and its functionality in mayonnaise. *Journal of Food Quality*, 9, 167–174. https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1986.tb00786.x

Harlina, P. W., Hu, M. M., Legowo, A. M., & Pramono, Y. B. (2012). The effect of supplementation garlic oil as an antibacterial activity and salting time on the characteristics of salted egg. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, *1*(4).

Kaewmanee, T., Benjakul, S., & Visessanguan, W. (2011). Effect of NaCl on thermal aggregation of egg white proteins from duck egg. *Food Chemistry*. 125(2), 706–712. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.09.072

Kaewmanee, T., Benjakul, S., Visessanguan, W. and Gamonpilas, C. (2013). Effect of sodium chloride and osmotic dehydration on viscoelastic properties and thermal-induced transitions of duck egg yolk. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 367-376. https://doi.org/10.1007/s11947-011-0667-7

Kaewmanee, T., Benjakula, S. & Visessanguan, W. (2009). Effect of salting processes on chemical composition, textural properties and microstructure of duck egg. *Journal of science food agriculture*, 89, 625–633. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01975.x

Kiosseoglou, V.D. (2003). Egg yolk protein gels and emulsions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 8, 356–370. https://doi.org/10.1016/S1359-0294(03)00094-3

Kiosseoglou, V.D., & Sherman, P. (1983). The rheological conditions associated with judgment of pourability and spreadability of salad dressing. *Journal of Texture Studies*, 14, 277–282. https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1983.tb00350.x

Kunkriangwong, J., Tuitemwong, P., Saengdarerat, R., Phattarapanyakul, W., Kansup, W., Suntornsuk, W., (2002). Production of salty eggs using hydrostatic pressure. The Proceedings of 40th Kasetsart University Annual Conference. Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 4–7 February 2002.

Lai, K.-M., Chi, S.-P., & Ko, W.-C. (1999). Changes in yolk states of duck egg during long-term brining. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47(2), 733–736. https://doi.org/10.1021/jf980486r

Lian, Z., Qiao, L., Zhu, G., Deng, Y., Qian, B., Yue, G., Zhao, Y., (2014). Use of sodium dodecyl sulfate pretreatment and 2-stage curing for improved quality of salted duck eggs. *Journal of Food Science*, 79, 354–361. https://doi.org/10.1111/1750-3841.12361

Novia, D., Melia, S., & Juliyarsi, I. (2014). Utilization of ash in the salting process on mineral content raw salted eggs. *Asian Journal of Poultry Science*. 8, 1–8. https://doi.org/10.3923/ajpsaj.2014.1.8

Puppo, M.C., & Anon, M.C. (1999). Soybean protein dispersions at acid pH: thermal and rheological properties. *Journal of Food Science*, 64, 50–56. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb09859.x

Saeaung, W., Laoharatanahirun, A., Boonyaprapasorn, A. & Thipayarat, A. (2010). Novel processing of salted yolk production using separated yolk brining methodology. Food Innovation Asia Conference: Indigenous Food Research and Development to Global Market, June 17–18, BITEC, Bangkok, Thailand.

Shiquan, W., Shucai, W., Yipeng, Z., & Rong, Z. (2013). Parameter optimization for quickly salted egg by using ultrasonic–pulsed pressure technology. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 29, 286–292. https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2013.23.039

Wang, C.T. (1991). The physical-chemical properties of salted egg yolk during granulation or gelation process. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 29, 406-414.

Wang, T.-H. (2017). Salting yolks directly using fresh duck egg yolks with salt and maltodextrin. *Japan Poultry Science Association*. 54(1), 97-102. https://doi.org/10.2141/jpsa.0160027

Wang, X., Gao, Z., Xiao, H., Wang, Y., & Bai, J. (2013). Enhanced mass transfer of osmotic dehydration and changes in microstructure of pickled salted egg under pulsed pressure. *Journal of Food Engineering*, 117(1), 141–150. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.02.013

Yang, S.C., & Chen, K.N. (2001). The oxidation of cholesterol in the yolk of selective traditional Chinese egg products. *Poultry Science*, 80(3), 370–375. https://doi.org/10.1093/ps/80.3.370

Yimtoe, S., Haruthaithanasan, Y., Rimkeeree, H. (2001). Development of low sodium salted eggs coated with rice straw pulp. The Proceedings of 39 thKasetsart University Annual Conference. Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 5–7 February 2001.

Yuwawutto, S., (1995). The development of processed soil for salted egg processing. Master of Science Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand.