

การหาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างดินโคลนน้ำพุร้อนและผงเกลือผสมไอโอดีน ต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของไข่เค็มด้วยเทคนิคพื้นผิวตอบสนอง Optimization of Mixing Hot Springs Clay and Iodine Salt on the Sensory Quality of Salted Egg Using Response Surface Methodology

ชุตินุช สุจริต¹ และอังคณา ไสเกื้อ²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยวิทยาเขตตรัง

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

*Email: s_chutinut47@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างดินโคลนน้ำพุร้อนในท้องถิ่นอำเภอสิเกา อ.สิเกา จ.ตรัง ร่วมกับผงเกลือผสมไอโอดีนโดยเทคนิคพื้นผิวการตอบสนอง ออกแบบการทดลองด้วยวิธี Central Composite Design (CCD) ปริมาณดินโคลนที่ใช้มี 5 ระดับคือ 392.3, 500, 760, 1020 และ 1127.7 กรัม ส่วนผงเกลือผสมไอโอดีนประกอบด้วย 5 ระดับคือ 221.3, 300, 490, 680 และ 758.7 กรัม ประกอบด้วย 13 ชุดการทดลอง ซึ่งมีชุดการทดลองที่ใช้ค่ากลางของทั้งสองปัจจัย (ประกอบด้วยดินโคลน 760 กรัม ร่วมกับเกลือ 490 กรัม) จำนวน 4 ชุดการทดลอง จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม Design expert ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้าน คือลักษณะปรากฏ ความชอบด้านกลิ่น รสชาติ และความพึงพอใจรวมของผู้บริโภค (ไข่ขาวและไข่แดง) พบว่าระดับดินโคลนที่ใช้ส่งผลต่อการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในทางกลับกันผงเกลือผสมไอโอดีนกลับส่งผลทางบวกอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในทุกกรณี ยิ่งกว่านั้นดินโคลนยังมีความสัมพันธ์ร่วมกันกับเกลือผสมไอโอดีนต่อลักษณะปรากฏของไข่แดง ความชอบด้านกลิ่นของไข่ขาวและความพึงพอใจรวมของไข่ขาวอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ส่วนปริมาณดินโคลนยิ่งมากจะยิ่งส่งผลร่วมกันในเชิงลบและในขณะเดียวกันปริมาณผงเกลือผสมไอโอดีนยิ่งมากกลับส่งผลร่วมกันในเชิงบวก จากการทำนายสัดส่วนที่เหมาะสมระหว่างสองปัจจัยนั้นพบว่าปริมาณดินโคลนน้ำพุร้อน 500 กรัม และผงเกลือผสมไอโอดีน 680 กรัม จะช่วยส่งเสริมคุณภาพไข่ขาวและไข่แดงเค็มได้สูงสุด ในการทดสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์พบว่าไข่เค็มพอกดินโคลนน้ำพุร้อนได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม (มผช.27/2546) ในทุกการทดสอบ

คำสำคัญ: ไข่เค็ม ดินโคลนบ่อน้ำพุร้อน เกลือผสมไอโอดีน เทคนิคพื้นผิวตอบสนอง มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน

Abstract

This study aimed to find out the suitable proportion of mixing hot spring clay (from Sikao bay in Sikao district, Trang province) and iodine salt for salting eggs using response surface methodology (RSM) with a central composite design (CCD). The 5 levels of hot springs clay (392.3, 500, 760, 1020 and 1127.7 grams) and the 5 levels of iodine salt (221.3, 300, 490, 680 and 758.7 grams) were selected for the study. The experiment consisting 13 trials set at the median of the two factors (composed of hot spring clay 760 grams with 490 grams of iodine salt) was used in 4 trials. Statistical analysis of the result

with Design expert program for the sensory quality in 4 sides (the appearance, smell, taste, and satisfaction) towards albumen and yolk. The study found that hot springs clay was significantly negative (for all the tests) ($P < 0.05$). On the other hand, iodine salt result was significantly positive in all cases ($P < 0.05$). Moreover, the hot springs clay and iodine salt yielded significant collaborative interaction with the appearance of the yolk and the smell satisfaction of albumen ($P < 0.05$). The high amount of hot springs clay resulted in a much more negative effect. In contrast, the high amounts of iodine salt produced positive results in all of the testing. The predicted proper proportion between the two factors which was the amounts of 500 grams of hot springs clay and 680 grams of iodine salt was recommended for the best quality of albumen and yolk. The results from physical, chemical and microbiological tests indicated that salted eggs in hot springs clay reached community product standard.

Keywords: Salted egg; Hot spring clay; Iodine salt; Response surface methodology; Community product standard

บทนำ

ไข่เค็มเป็นอาหารชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลายตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เป็นการถนอมอาหารทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติดีขึ้น สะดวกต่อการประกอบอาหารและสามารถนำมาเป็นส่วนผสมในอาหารคาวหวานได้ดี การทำไข่เค็มในปัจจุบันนิยมใช้ไข่เป็ดเนื่องจากไม่นิยมนำมาบริโภคสด ซึ่งต่างจากไข่ไก่หรือไข่สัตว์ชนิดอื่นๆ [1] การแปรรูปดังกล่าวช่วยเก็บรักษาไข่ให้นานขึ้น การแปรรูปไข่เค็มส่วนใหญ่มี 2 วิธีการคือการทำไข่เค็มแบบตวงน้ำเกลือกับการทำไข่เค็มแบบพอกดินที่ใช้เวลานานประมาณ 15-30 วัน [2],[3] ลักษณะภายนอกของไข่เค็มที่ดีนั้นเปลือกจะต้องไม่แตกร้าหรือบวม ส่วนลักษณะภายในเมื่อตอไข่ใส่ถ้วยไข่ขาวจะมีลักษณะข้นใส ไข่แดงเป็นทรงกลมเมื่อนำไปต้มจนสุกไข่ขาวจะต้องไม่เค็มมาก ส่วนไข่แดงมีรสเค็มมันพอดี ในการทำไข่เค็มแบบพอกดินที่จำหน่ายในท้องตลาดพบว่าผู้ประกอบการนิยมใช้ดินจอมปลวกและดินเหนียวทั่วไปเป็นส่วนผสม [4] ดังนั้นการทำไข่เค็มแบบพอกด้วยดินโคลนจากบ่อน้ำพุร้อนในท้องถิ่นจากอำเภอสิเกา ตำบลบ่อหิน อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง ซึ่งเป็นน้ำพุร้อนที่อยู่ในบริเวณป่าชายเลน จัดเป็นน้ำพุร้อนเกลือ (salt springs) นำมาใช้เป็นส่วนผสมแทนดินจอมปลวกและดินเหนียวที่มีปริมาณแร่ธาตุสำคัญเช่น แมกนีเซียมและเหล็ก

มากกว่าดินทั่วไป [5] คาดหวังว่าดินโคลนจากบ่อน้ำพุร้อนจะส่งผลให้ไข่เค็มมีความแตกต่างกับไข่เค็มในท้องตลาดทั้งด้านรสชาติ สี และกลิ่น เป็นต้น

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตไข่เค็มจากโคลนน้ำพุร้อนโดยเทคนิคพื้นผิวการตอบสนองโดยใช้การออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Design expert (trial version) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยคือดินโคลนจากบ่อน้ำพุร้อนและเกลือผสมไอโอดีนที่จำหน่ายทั่วไป ทำให้ทราบสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดต่อการเพิ่มคุณภาพไข่ขาวและไข่แดงของไข่เค็ม และสามารถสร้างแนวทางอาชีพให้กับกลุ่มแม่บ้านในท้องถิ่นอำเภอสิเกาที่สามารถหาวัตถุดิบในพื้นที่และยังสร้างเอกลักษณ์และกระตุ้นความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจให้ชุมชนอย่างยั่งยืนอีกด้วย

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. ศึกษาสูตรที่ใช้ในการผลิตไข่เค็มพอกดินโคลนบ่อน้ำพุร้อนร่วมกับเกลือผสมไอโอดีน

1.1 การเตรียมวัสดุพอก

วัสดุพอกประกอบด้วยสามส่วนคือดินโคลนน้ำพุร้อน เกลือ และซีอิ๊วกลบ ในการเตรียมดินโคลนจะใช้ดินโคลนจากบ่อน้ำพุร้อนจากอำเภอสิเกา

ซึ่งเป็นเขตป่าชายเลนในอำเภอสัตหีบ ตำบลบ่อหิน อำเภอสัตหีบ จังหวัดตราด ที่นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมงแล้วบดเป็นผงจากนั้น นำมาร่อนเพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนออกเกลือที่ใช้เป็น เกลือผสมไอโอดีนที่มีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป (เกลือบริโภคนิยมไอโอดีนยี่ห้อ TESCO) ส่วนซีเถ้า แกลบจะใช้เปลือกข้าว (ที่สีเอาเมล็ดออกแล้ว) เผาด้วย อุณหภูมิสูงไม่เกิน 600 องศาเซลเซียสในสภาวะที่มี ออกซิเจนน้อยๆ การเผาไหม้จะเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์โดย สังเกตจากการไม่เกิดเปลวไฟขณะเผาไหม้จนได้ แกลบสีเทาที่มีเนื้อซีเถ้าแกลบแข็งและคงรูปมากกว่า แกลบชนิดอื่นเพื่อนำมาใช้เป็นตัวผสมช่วยในการยัด เกาะวัสดุพอก [6]

1.2 การผลิตไข่เค็ม

ไข่ที่ใช้เป็นไข่เป็ด (*Anas platyrhynchos*) เบอร์ 3 (น้ำหนักเฉลี่ย 65-75 กรัม) อายุไม่เกิน 7 วัน จากฟาร์มในท้องถิ่น อ.สัตหีบ จ.ตราด นำมาล้างน้ำให้ สะอาดแล้วเช็ดให้แห้ง จากนั้นนำมาคลุกด้วยเกลือและ ดินโคลนจากบ่อน้ำพุร้อนตามสัดส่วนที่ระบุในแต่ละชุด การทดลอง (ตารางที่ 1 และ 2) เมื่อพอกแล้วจะมีความหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร จากนั้นเคลือบด้วย ซีเถ้าแกลบที่เตรียมไว้ นำไปเก็บที่อุณหภูมิห้องนาน 14 วัน

2. การออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลทาง สถิติ

ออกแบบชุดการทดลองด้วยเทคนิคพินผิว ตอบสนอง กำหนดปัจจัยในการทดลองคือตัวแปร อิสระและตัวแปรตาม ตัวแปรอิสระมี 2 ปัจจัย คือ ปริมาณโคลนน้ำพุร้อน (X_1) และปริมาณเกลือ (X_2) โดยแปรรูปของตัวแปรอิสระ 5 ระดับ (ตารางที่ 1) โดยใช้วิธีออกแบบการทดลองแบบ Central composite Design โปรแกรม Design expert trial version 8.0.1, Stat-Ease Inc., USA (www.statease.com) ประกอบด้วย 13 ชุดการ ทดลอง (ตารางที่ 2) ชุดการทดลองละ 5 ไข่ ส่วนตัว แปรตามคือลักษณะทางประสาทสัมผัส 4 ด้าน คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความพึงพอใจรวม ต่อไข่ขาวและไข่แดงของผู้ทดสอบ โดยในการทดสอบ ใช้วิธี 9-point hedonic scale โดยมีผู้ทดสอบชิมใน ระดับห้องปฏิบัติการจำนวน 30 คน ความเหมาะสม ของโมเดลวิเคราะห์จากความแปรปรวน (ANOVA) และตัดสินจากค่าสัมประสิทธิ์โดยมีสมการโมเดล พื้นฐานดังนี้

$$Y_n = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_4X_1X_2 + b_5X_1^2 + b_6X_2^2$$

เมื่อ Y_n คือค่าตอบสนองที่เกิดจากการแปล ค่าตัวแปร, b_0 คือค่าคงที่, b_n คือค่าสัมประสิทธิ์การ ถดถอยและ X_n คือตัวแปรอิสระ

ตารางที่ 1 ตัวแปรและสัญลักษณ์ของระดับปัจจัยในการทดลอง

ตัวแปร (กรัม)	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย				
		-1.414	-1	0	1	1.414
ดินโคลนน้ำพุร้อน	X_1	392.3	500	760	1020	1127.7
เกลือผสมไอโอดีน	X_2	221.3	300	490	680	758.7

ตารางที่ 2 การออกแบบการทดลองด้วยวิธี Central Composite Design (CCD)

ชุดการทดลอง	X_1 (กรัม)	X_2 (กรัม)
1	0 (760)	0 (490)
2	0 (760)	0 (490)
3	-1.414 (392.30)	0 (490)
5	0 (760)	1 (680)
6	1 (1020)	-1 (300)
7	0 (760)	-1.414 (221.30)
8	1.414 (1127.70)	0 (490)
9	0 (760)	0 (490)
10	1 (1020)	1 (680)
11	0 (760)	0 (490)
12	0 (760)	1.414 (758.70)
13	-1 (500)	-1 (300)

หมายเหตุ : ค่าในวงเล็บคือค่าจริงที่ใช้ในการทดลอง

X_1 คือดินโคลนน้ำพุร้อน และ X_2 คือเกลือผสมไอโอดีน

3. การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณค่าทางสารอาหาร สี และเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน

เมื่อได้สัดส่วนที่เหมาะสมจากการทำนายด้วยสมการจากโปรแกรมที่ใช้แล้วนำระดับปริมาณของดินโคลนน้ำพุร้อนและเกลือที่ได้มาใส่เตรียมไข่เค็มตามขั้นตอนจากข้อ (1) จากนั้นนำไข่เค็มที่ได้ไปต้มในน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วแยกไข่ขาวและไข่แดงเพื่อนำมาทดสอบพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผลิตภัณฑ์ไข่เค็มทั้งไข่ขาวและไข่แดงจะต้องนำมาวิเคราะห์ทางด้านประสาทสัมผัส ได้แก่ ระดับความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-point hedonic scale

3.2 การวิเคราะห์คุณค่าทางสารอาหาร

ในการวิเคราะห์คุณค่าทางสารอาหารมีการทดสอบค่าร้อยละของเกลือ ระดับความเค็ม ความชื้น เถ้า โปรตีน และไขมัน ด้วยวิธีการตาม A.O.A.C (2000) [7]

3.3 การวิเคราะห์สี

การวิเคราะห์ค่าสี $L^* a^* b^*$ (เมื่อ L^* คือความสว่าง, a^* คือความเป็นสีแดง และ b^* คือความเป็นสีเหลือง) ทำได้โดยใช้เครื่องวัดสี (ColorFlex รุ่น CX1498)

3.4 การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อน

ทำการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์โดยรวม (Total viable count) เชื้อซัลโมเนลลา (*Salmonella* spp.) สแตฟฟีโลคอคคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) และเชื้อรา (Mold) ตามวิธีของ BAM (2001) [8]

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

1. การศึกษาสูตรที่ใช้ในการผลิตไข่เค็มพอกดินโคลนบ่อน้ำพุร้อนและผงเกลือผสมไอโอดีนต่อลักษณะทางประสาทสัมผัส

ในการศึกษานี้ได้ทดสอบผลของสองปัจจัยที่ศึกษาคือดินโคลนน้ำพุร้อน (X_1) และเกลือ (X_2) ต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของไข่เค็มโดย X_1 ประกอบด้วยค่าจริง (actual values) 5 ระดับคือ 392.30, 500, 760, 1020 และ 1127.70 กรัม ซึ่ง

กำหนดเป็นค่ารหัส (code values) คือ -1.414, -1, 0, 1 และ 1.414 ตามลำดับ ส่วน X2 ประกอบด้วยค่าจริง 5 ระดับคือ 221.30, 300, 490, 680 และ 758.70 กรัม ซึ่งกำหนดเป็นค่ารหัสคือ -1.414, -1, 0, 1 และ 1.414 ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากการออกแบบชุดการทดลองทั้งสิ้น 13 ชุดการทดลอง (ตารางที่ 2) เมื่อนำผลการศึกษามาหาความสัมพันธ์ระหว่างสองปัจจัยการศึกษาต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสต่าง ๆ ทั้งไขขาวและไขแดงให้ผลดังต่อไปนี้

1.1 ผลของดินโคลนและเกลือแกงต่อลักษณะปรากฏของไขขาวและไขแดง

จากการทดสอบลักษณะปรากฏ (appearance) ที่ทดสอบโดยด้วยวิธี 9-point hedonic scale ใช้ผู้บริโภคที่ไม่ผ่านการฝึกฝน และเป็นผู้บริโภคเคยบริโภคหรือใช้ผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เมื่อนำผลการศึกษามา

$$W1 = 7.349 - (2.267 \times 10^{-4} X1) - (3.191 \times 10^{-4} X2) - (1.872 \times 10^{-6} X1 X2) + (4.937 \times 10^{-7} X1^2) + (2.310 \times 10^{-6} X2^2) \quad (\text{สมการที่ 1})$$

$$R1 = 7.804 - (1.048 \times 10^{-3} X1) - (1.213 \times 10^{-3} X2) - (1.518 \times 10^{-6} X1 X2) + (9.578 \times 10^{-7} X1^2) + (2.902 \times 10^{-6} X2^2) \quad (\text{สมการที่ 2})$$

โดย W1 คือระดับความชอบด้านลักษณะปรากฏของไขขาว; R1 คือระดับความชอบด้านลักษณะปรากฏของไขแดง; X1 คือระดับดินโคลนน้ำพุร้อน และ X2 คือระดับเกลือ ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในไขขาวและไขแดงมีความแม่นยำร้อยละ 81.14 ($R^2 = 0.8114$) และร้อยละ 87.77 ($R^2 = 0.8777$) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของแต่ละปัจจัย พบว่าดินโคลน ($X1$) และเกลือ ($X2$) ส่งผลต่อระดับความชอบของลักษณะปรากฏของไขขาวและไขแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยดินโคลนจะส่งผลในเชิงลบ ส่วนเกลือจะส่งผลในเชิงบวก โดยสังเกตจากค่า coefficient estimate ใน ตารางที่ 5 นอกจากนี้ดินโคลนและเกลียยังส่งผลร่วมกันต่อระดับความชอบด้านลักษณะปรากฏของไขแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อีกด้วย จึงได้ศึกษารวมวิธีการผลิตแบบเดิมแต่ใช้ดินจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินโคลนและเกลือในสมการที่ใช้ทำนายใน ตารางที่ 3 และ 4 ได้เป็นกราฟพื้นผิวสองมิติ (contour plot) แสดงดัง รูปที่ 1 พบว่าเมื่อใช้ดินโคลนในปริมาณที่สูงขึ้น

วิเคราะห์จะพบว่าค่าต่ำสุดของระดับความชอบด้านลักษณะปรากฏของไขขาวและไขแดงเมื่อใช้ดินโคลนที่ระดับ 760 กรัมร่วมกับเกลือ 490 กรัม ทำให้ได้ค่าระดับความชอบของไขขาวเป็น 7.09-7.13 ส่วนไขแดงมีค่าเป็น 7.15 -7.18 สำหรับในชุดการทดลองที่ 1, 2, 5, 9 และ 11 ซึ่งเป็นค่ากลางของทุกปัจจัยส่วนระดับความชอบด้านลักษณะปรากฏที่ดีที่สุดไขขาว (7.53) และไขแดง (7.45) ต่างก็พบในชุดการทดลองที่ 4 (มีดินโคลนที่ระดับ 392.3 กรัมร่วมกับเกลือผสมไอโอดีน 490 กรัม) โดยระดับความชอบที่เกิดขึ้นต่างมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำนายจากแบบจำลอง (ตารางที่ 3 และ 4) ระดับความชอบของลักษณะปรากฏในไขขาวและไขแดงแต่ละชุดการทดลองสามารถทำนายได้จากสมการกำลังสองโดยแบบจำลองทางสถิติ (ดังสมการที่ 1 และ 2)

ยิ่งทำให้ระดับความชอบของลักษณะปรากฏมีค่าลดลงเมื่อใช้ปริมาณเกลียสูงขึ้นไป (>585 กรัม) กลับยิ่งส่งเสริมให้ระดับคะแนนดีขึ้นตามไปด้วยจากที่พบว่าวิธีผลิตไขเค็มที่ใช้ในสารละลายเกลือและการพอกด้วยดิน จึงมีผู้พยายามนำวัสดุอื่นมาใช้ทดแทน โดย [9] ได้นำเยื่อฟางข้าวมาใช้เป็นวัสดุพอกไขเค็มทดแทนการใช้ดินและลดปริมาณการใช้เกลียโซเดียมคลอไรด์ลง โดยนำเกลียโพแทสเซียมคลอไรด์ (ร้อยละ 30) มาผสมเพิ่มในสัดส่วน 60:40 แทนแต่กลับพบว่าเกลียโพแทสเซียมคลอไรด์ทำให้ไขเค็มมีรสชาติเฝื่อนลง [10] ต่อมา [11] ได้นำสมุนไพรมาเพิ่มคุณภาพกลิ่นและรสชาติ โดยพบว่าตะไคร้ (ร้อยละ 40) ได้รับการยอมรับมากที่สุดทั้งด้านความชอบรวมและกลิ่นของสมุนไพรแต่กลับเกิดปัญหาคณะดัมสกัดเยื่อฟางข้าวที่ต้องใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณสูงถึงร้อยละ 20 ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดไอระเหยระหว่างดัม ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของผู้ผลิตได้ [12] นอกจากนี้ดังดังกล่าวยังอาจเกิดเชื้อราขึ้นที่เป็นโทษและส่งผลตกค้างในไขเค็มอีกด้วย แม้ว่าต่อมา [13] ได้พัฒนากรรมวิธีการย่อยฟางข้าวโดยแช่ฟางข้าวในสาร

ละลายยูเรียความเข้มข้นร้อยละ 10 นาน 10 วัน ร่วมกับการต้มในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 5 ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที ซึ่งสามารถลดปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ลงได้ถึงร้อยละ 15 อย่างไรก็ตามการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ก็ยังคงอาจส่งผลกระทบต่อลักษณะกลิ่นต่อผู้ผลิตในระยะยาวได้ ส่วนงานวิจัยนี้โคลนจากบ่อน้ำพุร้อนในท้องถิ่นที่มีปริมาณเกลือร้อยละ 3.73 นำมาพอกร่วมกับเกลือผสมไอโอดีนและหาสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพิ่มเติมทำให้ไข่เค็มที่ได้มีคุณภาพดีขึ้นในทุก ๆ ด้าน

1.2 ผลของดินโคลนน้ำพุร้อนและเกลือแกงต่อกลิ่นของไข่ขาวและไข่แดง

$$W2 = 7.360 - (1.497 \times 10^{-3}X1) + (3.576 \times 10^{-4}X2) - (5.364 \times 10^{-6}X1X2) + (1.239 \times 10^{-6}X1^2) + (7.306 \times 10^{-6}X2^2) \quad (\text{สมการที่ 3})$$

$$R2 = 9.385 - (2.915 \times 10^{-3}X1) - (5.334 \times 10^{-3}X2) - (1.721 \times 10^{-6}X1X2) + (9.986 \times 10^{-7}X1^2) + (9.488 \times 10^{-6}X2^2) \quad (\text{สมการที่ 4})$$

โดย W2 คือระดับคะแนนความชอบด้านกลิ่นของไข่ขาว; R2 คือระดับคะแนนความชอบด้านกลิ่นของไข่แดง; X1 คือระดับดินโคลน และ X2 คือระดับเกลือผสมไอโอดีน ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในไข่ขาวและไข่แดงมีความแม่นยำร้อยละ 95.42 ($R^2 = 0.9542$) และร้อยละ 96.87 ($R^2 = 0.9687$) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของแต่ละปัจจัยพบว่าดินโคลน (X1) และเกลือ (X2) ส่งผลต่อระดับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของไข่ขาวและไข่แดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยดินโคลนจะส่งผลในเชิงลบและเกลือจะส่งผลในเชิงบวก (สังเกตได้จากค่า coefficient estimate

จากการทดสอบความชอบต่อกลิ่น (smell) พบว่าที่ระดับดินโคลน 1020 กรัมและเกลือ 300 กรัม ทำให้ระดับคะแนนความชอบด้านกลิ่นของไข่ขาวและไข่แดงมีค่าต่ำสุดคือ 6.17 และ 6.07 ตามลำดับ (ในชุดการทดลองที่ 6) ในขณะที่ระดับดินโคลน 760 กรัมและเกลือ 758.7 กรัมทำให้ระดับคะแนนด้านกลิ่นของไข่ขาวและไข่แดงมีค่าสูงสุดคือ 8.63 และ 8.37 ตามลำดับ (ในชุดการทดลองที่ 12) ซึ่งค่าของกลิ่นที่ได้ใกล้เคียงกับการทำนายในแบบจำลอง (ตารางที่ 3 และ 4) ระดับความชอบด้านกลิ่นในไข่ขาวและไข่แดงแต่ละชุดการทดลองสามารถทำนายได้จากสมการกำลังสองจากแบบจำลองทางสถิติ ที่แสดงในสมการที่ 3 และ 4

ในตารางที่ 5 แสดงดินโคลนและเกลือกลับส่งผลร่วมกันต่อความชอบด้านกลิ่นของไข่ขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อีกด้วย จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินโคลนและเกลือในสมการที่ใช้ทำนายในตารางที่ 3 และ 4 จะได้กราฟสองมิติ (contour plot) แสดงดัง รูปที่ 2 โดยความสัมพันธ์ของดินโคลนและเกลือนั้นให้ผลสอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่ได้แสดงไปแล้วข้างต้นพบว่าเมื่อใช้ดินในปริมาณยิ่งมากขึ้นเท่าไรก็ยิ่งทำกลิ่นของไข่ขาวมีระดับคะแนนความชอบต่ำลง ในขณะที่ปริมาณเกลือยิ่งมาก (>585 กรัม) จะยิ่งส่งเสริมให้ระดับคะแนนความชอบด้านกลิ่นของไข่ขาวดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 3 ค่าจริงและค่าทำนายที่ได้จากการศึกษาด้วยระดับความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมต่อไข่ขาวไข่เค็มพอกโคลน

ชุดทดลอง	ปัจจัยที่ศึกษา		ลักษณะปรากฏ		กลิ่น		รสชาติ		ความชอบรวม	
	ดินโคลนหัวฟุ้งร้อน (กรัม)	เกลือผสมไอโอดีน (กรัม)	ค่าจริง	ค่าทำนาย	ค่าจริง	ค่าทำนาย	ค่าจริง	ค่าทำนาย	ค่าจริง	ค่าทำนาย
1	760.0	490.0	7.13	7.10	6.87	6.86	6.93	6.80	7.07	7.07
2	760.0	490.0	7.09	7.10	6.78	6.86	6.93	6.80	7.07	7.07
3	392.3	490.0	7.37	7.35	8.07	7.86	6.27	7.25	7.83	7.66
4	500.0	680.0	7.47	7.53	8.43	8.71	8.17	8.10	8.17	8.45
5	760.0	490.0	7.09	7.10	6.87	6.86	6.97	6.80	7.07	7.07
6	1020.0	300.0	7.07	7.17	6.17	6.23	5.53	5.50	6.93	6.84
7	760.0	221.3	7.23	7.18	6.53	6.47	5.17	5.42	6.87	6.95
8	1127.7	490.0	7.23	7.11	6.37	6.19	6.13	6.34	6.73	6.71
9	760.0	490.0	7.09	7.10	6.87	6.86	6.93	6.30	7.07	7.07
10	1020.0	680.0	7.07	7.21	6.77	7.00	7.03	7.45	7.13	7.30
11	760.0	490.0	7.09	7.10	6.78	6.86	6.93	6.80	7.07	7.07
12	760.0	758.7	7.53	7.45	8.63	8.30	8.63	8.18	8.57	8.29
13	500.0	300.0	7.17	7.19	6.77	6.88	6.77	6.15	7.00	7.02

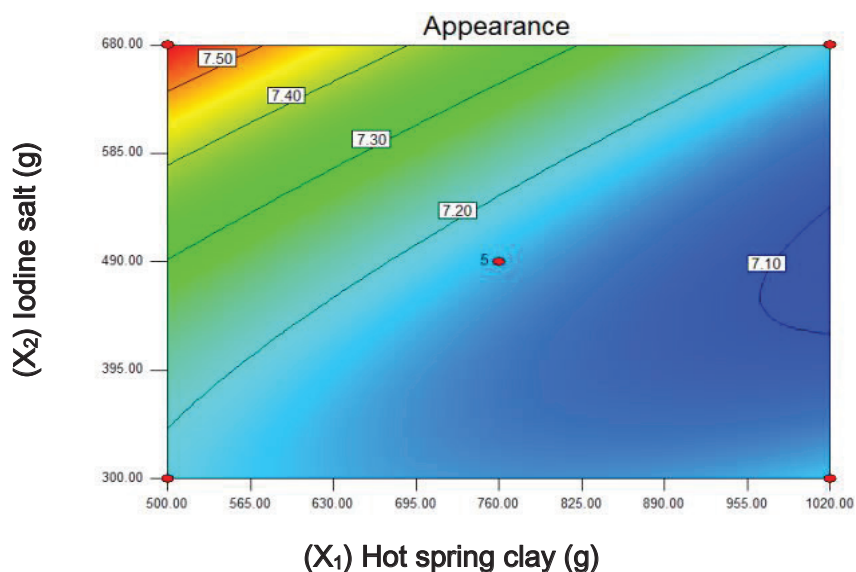
ตารางที่ 4 ค่าจริงและค่าทำนายที่ได้จากการศึกษาค่าระดับความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมต่อไข่แดง

ชุดทดลอง	ปัจจัยที่ศึกษา		ลักษณะปรากฏ		กลิ่น		รสชาติ		ความชอบรวม	
	ดินโคลนน้ำพุร้อน (กรัม)	เกลือผสมไอโอดีน (กรัม)	ค่าจริง	ค่าทำนาย	ค่าจริง	ค่าทำนาย	ค่าจริง	ค่าทำนาย	ค่าจริง	ค่าทำนาย
1	760.0	490.0	7.17	7.15	6.77	6.78	7.47	7.49	7.07	7.07
2	760.0	490.0	7.15	7.15	6.77	6.78	7.47	7.49	7.07	7.07
3	392.3	490.0	7.43	7.37	7.87	7.74	8.13	7.93	7.27	7.25
4	500.0	680.0	7.47	7.56	5.17	8.37	7.97	8.29	7.93	8.14
5	760.0	490.0	7.17	7.15	6.77	6.78	7.47	7.49	7.07	7.07
6	1020.0	300.0	7.23	7.16	6.07	6.19	7.67	7.61	7.00	7.02
7	760.0	221.3	7.13	7.18	6.83	6.75	7.43	7.49	7.00	7.12
8	1127.7	490.0	7.07	7.07	6.23	6.10	7.67	7.68	7.00	6.78
9	760.0	490.0	7.17	7.15	6.77	6.78	7.47	7.49	7.07	7.07
10	1020.0	680.0	7.13	7.16	6.83	7.04	7.67	7.87	7.00	7.35
11	760.0	490.0	7.15	7.15	6.77	6.78	7.47	7.49	7.07	7.07
12	760.0	758.7	7.57	7.45	8.37	8.19	8.47	8.21	8.60	8.25
13	500.0	300.0	7.20	7.18	7.07	7.18	7.47	7.54	7.00	6.88

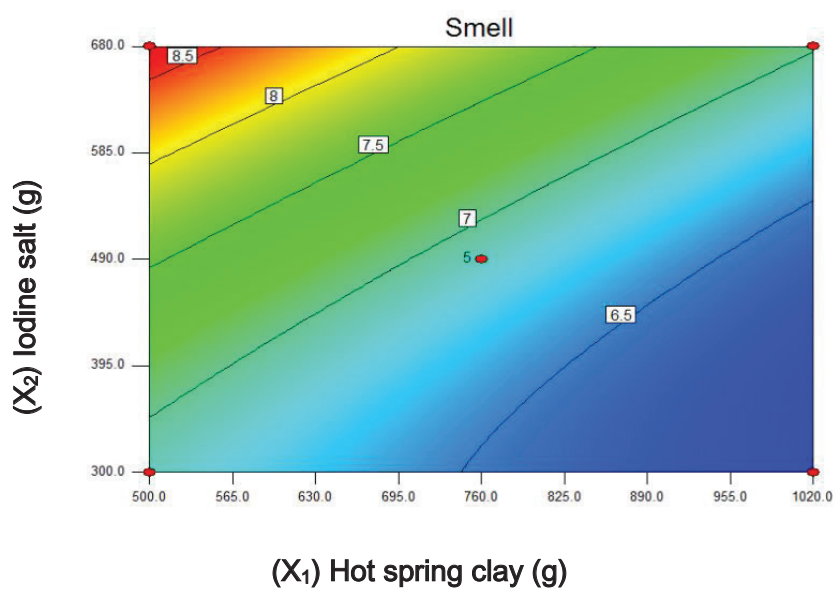
ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (regression coefficient) และค่าความแปรปรวน (ANOVA) ของระดับความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นด้านรสชาติ และความชอบรวมของไข่ขาวและไข่แดง

	P-value (Prob>F)		P-value (Prob>F)		P-value (Prob>F)		P-value (Prob>F)	
	ลักษณะปรากฏ		ระดับความชอบด้านกลิ่น		ระดับความชอบด้านรสชาติ		ระดับความพึงพอใจโดยรวม	
	ไข่ขาว	ไข่แดง	ไข่ขาว	ไข่แดง	ไข่ขาว	ไข่แดง	ไข่ขาว	ไข่แดง
R^2	0.8114	0.8777	0.9542	0.9687	0.8117	0.7888	0.9367	0.8659
Intercept	0.0178b	0.0043c	0.0002a	<0.0001a	0.0002a	0.0257b	0.0005a	0.0058c
X_1	0.0288b	0.0045c	0.0001a	<0.0001a	0.0661	0.2121	0.0013c	0.0835
X_2	0.0248b	0.0053c	<0.0001a	<0.0001a	<0.0001a	0.0087c	0.0002a	0.0017c
$X_1 X_2$	0.1394	0.0339b	0.0452b	0.3254		0.2369	0.0324b	0.0828
X_1^2	0.0995	0.2509	0.3442	0.3047		0.0687	0.4377	0.7721
X_2^2	0.0180b	0.0167b	0.0152b	0.0008a		0.0416b	0.0052c	0.0098c

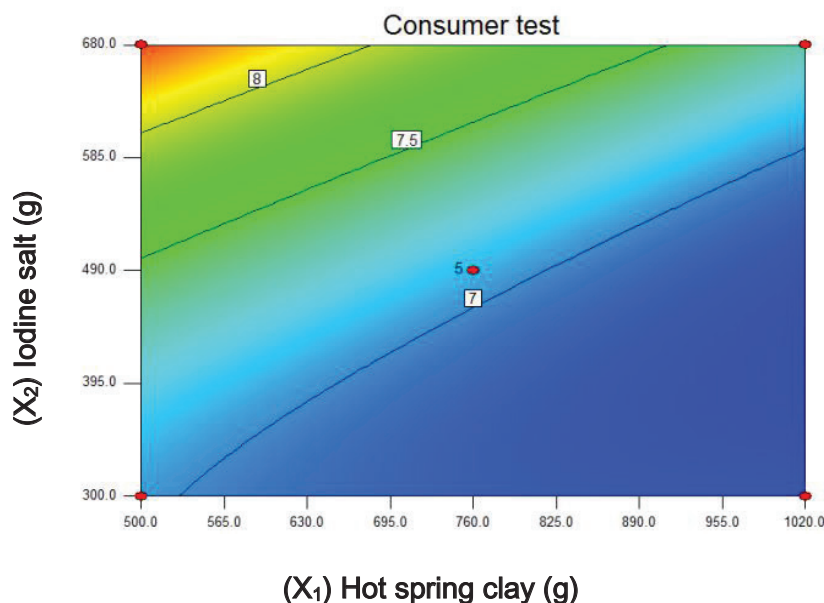
หมายเหตุ: กำหนดให้ a, $P \leq 0.001$; b, $P \leq 0.05$; c, $P \leq 0.01$



รูปที่ 1 แผนภาพคอนทัวร์แสดงอิทธิพลของปริมาณดินโคลนและเกลือผสมไอโอดีนต่อความชอบของลักษณะปรากฏของไข่แดง



รูปที่ 2 แผนภาพคอนทัวร์ที่แสดงอิทธิพลของปริมาณดินโคลนและปริมาณเกลือผสมไอโอดีนต่อระดับคะแนนความชอบด้านกลิ่นของไข่ขาว



รูปที่ 3 แผนภาพคอนทัวร์ที่แสดงอิทธิพลของดินโคลนน้ำพุร้อนและเกลือผสมไอโอดีนต่อระดับความชอบรวมของไขขาว

1.3 ผลของดินโคลนน้ำพุร้อนและเกลือแกงต่อระดับความชอบด้านรสชาติของไขขาวและไขแดง

จากผลการทดสอบรสชาติ (taste) พบว่าที่ระดับดินโคลนน้ำพุร้อน 760 กรัม และเกลือผสมไอโอดีน 221.3 กรัม ทำให้ระดับคะแนนความชอบด้านรสชาติของไขขาวและไขแดงมีค่าต่ำสุดคือ 5.17 และ 7.43 ตามลำดับ (ชุดการทดลองที่ 7) ส่วนที่ระดับดินโคลนน้ำพุร้อน 760 กรัม และเกลือ 758.7 กรัม ทำให้ระดับคะแนนความชอบด้าน

รสชาติของไขขาวและไขแดงมีค่าสูงสุดคือ 8.63 และ 8.47 ตามลำดับ (ชุดการทดลองที่ 12) ซึ่งค่าสูงสุดดังกล่าวเป็นค่าเดียวกับค่าสูงสุดต่อค่ากลิ่นของไขขาวและไขแดงเช่นกัน ค่ารสชาติที่ได้นี้มีความใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการทำนายจากแบบจำลอง (ตารางที่ 3 และ 4) โดยระดับความชอบของไขขาวและไขแดงแต่ละชุดการทดลองสามารถทำนายได้จากการสมการเส้นตรง (ดังสมการที่ 5) และสมการกำลังสองจากแบบจำลองทางสถิติ (ดังสมการที่ 6)

$$W3 = 5.229 - (1.239 \times 10^{-3} X_1) + (5.127 \times 10^3 X_2) \quad (\text{สมการที่ 5})$$

$$R3 = 8.726 - (2.662 \times 10^{-3} X_1) - (1.735 \times 10^3 X_2) - (2.530 \times 10^{-6} X_1 X_2) + (2.330 \times 10^{-6} X_1^2) + (5.055 \times 10^{-6} X_2^2) \quad (\text{สมการที่ 6})$$

โดย W3 คือระดับคะแนนความชอบด้านรสชาติของไขขาว; R3 คือระดับคะแนนความชอบด้านกลิ่นของไขขาว; X1 คือระดับดินโคลน และ X2 คือระดับเกลือผสมไอโอดีน ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในไขขาวและไขแดงมีความแม่นยำร้อยละ 81.17 ($R^2 = 0.8117$) และร้อยละ 78.88 ($R^2 = 0.7888$) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของแต่ละปัจจัยพบว่าเกลือ (X2) ส่งผลต่อระดับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของไขขาวและไขแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดย

เกลือจะส่งผลในเชิงบวก (สังเกตได้จากค่า coefficient estimate ในตารางที่ 5)

1.4 ผลของดินโคลนน้ำพุร้อนและเกลือแกงต่อระดับคะแนนความชอบโดยรวมต่อไขขาวและไขแดง

ระดับคะแนนความชอบโดยรวม (satisfaction) ที่มีค่าต่ำสุด (ทั้งจากค่าจริงและค่าการทำนาย) ต่อไขขาวและไขแดงคือที่ระดับดินโคลน 1127.7 กรัมและเกลือ 490 กรัม ซึ่งทำให้ระดับความชอบโดยรวมของไขขาวและไขแดงเป็น

6.73 และ 7.00 ตามลำดับ ดังแสดงในชุดการทดลองที่ 8 สำหรับระดับคะแนนความชอบโดยรวมที่ดีที่สุดในไข่ขาว (8.57) และไข่แดง (8.60) ต่างก็ปรากฏในชุดการทดลองที่ 12 เช่นเดียวกัน(มีระดับดินโคลน 760 กรัมร่วมกับเกลือ 758.7 กรัม) ระดับความชอบโดยรวมที่เกิดขึ้นมีค่าใกล้เคียง

$$W4 = 7.327 - (1.550 \times 10^{-4}X1) - (1.303 \times 10^{-3}X2) - (4.909 \times 10^{-6}X1X2) + (8.413 \times 10^{-7}X12) + (7.670 \times 10^{-6}X22)$$

(สมการที่ 7)

$$R4 = 6.580 + (2.266 \times 10^{-3}X1) - (2.636 \times 10^{-3}X2) - (4.706 \times 10^{-6}X1X2) - (3.883 \times 10^{-7}X12) + (8.483 \times 10^{-6}X22)$$

(สมการที่ 8)

โดย W4 คือระดับความชอบรวมของไข่ขาว; R4 คือระดับคะแนนความชอบรวมของไข่แดง; X1 คือระดับดินโคลนและ X2 คือระดับเกลือผสมไอโอดีน ซึ่งแบบจำลองที่ใช้ในไข่ขาวและไข่แดงมีความแม่นยำร้อยละ 93.67 ($R^2 = 0.9367$) และร้อยละ 86.59 ($R^2 = 0.8659$) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาผลของแต่ละปัจจัย พบว่าดินโคลน (X1) ส่งผลเชิงลบต่อระดับความชอบโดยรวมของไข่ขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนเกลือจะส่งผลในเชิงบวก (สังเกตได้จากค่า coefficient estimate ในตารางที่ 3 และ 4) ต่อความชอบโดยรวมของไข่ขาวและไข่แดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) นอกจากนี้ดินโคลนและเกลือยังส่งผลร่วมกันต่อความชอบโดยรวมของไข่ขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อีกด้วย (รูปที่ 3) จะเห็นว่าถ้ายังใช้ดินในปริมาณน้อยจนถึงค่าต่ำสุดและใช้เกลือมากจนถึงค่าสูงสุดจะส่งผลให้ระดับความชอบโดยรวมมีค่าสูงสุด

จากข้อมูลที่แสดงข้างต้นพบว่าชุดการทดลองที่ให้ค่าของลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และระดับความพึงพอใจรวมต่ำ ทั้งในค่าจริงและค่าทำนายนั้นคือชุดการทดลองที่ 6 ซึ่งมีการเติมระดับดินโคลนนํ้าพุร้อนที่ 1020 กรัม และเกลือ 300 กรัม แต่ในชุดการทดลองที่ 12 กลับให้ค่าความชอบของลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และระดับความชอบรวมสูงสุด (ทั้งในค่าจริงและค่าทำนาย) โดยชุดการทดลองดังกล่าวมีการใช้ระดับดินโคลนนํ้าพุร้อน

กับค่าที่ได้จากการทำนายจากแบบจำลอง (ตารางที่ 3 และ 4) โดยระดับคะแนนความชอบรวมในไข่ขาวและไข่แดงแต่ละชุดการทดลองสามารถทำนายได้จากสมการกำลังสองจากแบบจำลองทางสถิติดังสมการที่ 7 และ 8

760 กรัม และใช้เกลือ 758.7 กรัม ทั้งนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าการใช้ดินโคลนในปริมาณสูงจะไม่ส่งผลดีต่อทุกการทดสอบ แต่ในทางกลับกันเกลือกลับมีความสัมพันธ์ร่วมในการส่งเสริมคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่างๆ ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งดินโคลนนํ้าพุร้อนอ่าวสีเกา เป็นนํ้าพุทะเลร้อนแห่งเดียวในประเทศไทยจึงคาดหวังว่าจะนำมาใช้ทดแทนปริมาณเกลือและถ้าหากเป็นไปได้ในอนาคตจะมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงการลดปริมาณดินโคลนนํ้าพุร้อนลงอีกเพื่อให้คุณภาพต่าง ๆ เหมาะสมยิ่งขึ้นไปอีกได้ มีรายงานว่าโคลนธรรมชาติหรือภูโคลนจัดอยู่ในประเภทของแร่หรือดินโคลนที่มีส่วนผสมของแร่ธาตุจากธรรมชาติ เมื่อถูกละลายด้วยน้ำหรือของเหลวสามารถปลดปล่อยแร่ธาตุหลากหลายชนิดก่อนจะเกิดการดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์ โดยปริมาณแร่ธาตุจะแตกต่างกันตามแหล่งที่พบ ดังมีรายงานถึงแหล่งโคลนบ่อนํ้าพุร้อนโป่งเดือดแม่สะงา หรือภูโคลนจังหวัดแม่ฮ่องสอน เกิดในบริเวณที่มีแหล่งความร้อนใต้พิภพ (geothermal gradients) และมีรอยเลื่อนขนาดใหญ่ทำให้นํ้าที่อยู่ใต้ดินเคลื่อนที่ขึ้นสู่ผิวดินประกอบกับมีแรงดันและอุณหภูมิที่สูงจึงสามารถละลายเอาแร่ธาตุจากชั้นหินขึ้นมาพร้อมกับน้ำและดินโคลนนํ้าพุร้อน จากการรายงานผลการทดสอบแร่ธาตุจากกรมทรัพยากรธรณีโดยการตรวจสอบจากสถาบันวิจัยประเทศฝรั่งเศส (Thermalium luxeuil laboratoried hygiene et de recherché en santé publique faculte de medicine) พบว่ามีแร่ธาตุหลักคือแคลเซียม

โบริไมด์ คลอไรด์ โพแทสเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม โดยมีความคล้ายคลึงกับแหล่งโคลนในทะเลสาบ dead sea ประเทศอิสราเอลและจอร์แดน และแหล่งโคลนจากลาวาภูเขาไฟ ประเทศโรมาเนียที่ยังมีรายงานว่าสามารถนำมาใช้เพื่อส่งเสริมสุขภาพและความงามโดยไม่พบกลิ่นของกำมะถันเลย [5] จากการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้แบบจำลองหาพื้นผิวดบนองทั้งหมดทำให้ได้สมการที่สามารถทำนายคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้าน คือ ระดับความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และระดับความชอบรวมต่อการเพิ่มคุณภาพทุก ๆ ด้าน และสามารถทำนายได้ว่าปริมาณดินโคลนน้ำพุร้อน 500 กรัม ร่วมกับการใช้เกลือผงผสมไอโอดีน 680 กรัม จะมีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาผลิตไข่เค็มพอกดินโคลน โดยปริมาณดังกล่าวทำให้เกิดคุณภาพสูงสุดทั้งในไข่ขาวและไข่แดง ผลจากการทำนายไข่ขาวแสดงค่าความชอบต่อลักษณะปรากฏเป็น 7.52 ค่าระดับความชอบด้านกลิ่นเป็น 8.72 ค่าระดับความชอบด้านรสชาติเป็น 8.10 และค่าระดับความชอบรวมของผู้บริโภคเป็น 8.45 ส่วนในไข่แดงทำนายค่าความชอบต่อลักษณะปรากฏเป็น 7.57 ค่าระดับความชอบด้านกลิ่นเป็น 8.35 ค่าระดับความชอบด้านรสชาติเป็น 8.28 และค่าระดับความชอบโดยรวมของผู้บริโภคเป็น 8.15

2. ผลการศึกษาคุณภาพทางองค์ประกอบทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์ของไข่ขาวและไข่แดง

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางองค์ประกอบของไข่เค็มพอกดินโคลนน้ำพุร้อนโดยเตรียมไข่เค็มสูตรที่ดีที่สุดจากการทำนาย (ใช้ดินโคลนน้ำพุร้อน 500 กรัม ร่วมกับการใช้เกลือผงผสมไอโอดีน 680 กรัม) มาต้มและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ได้แสดงผลดังในตารางที่ 6

จากการศึกษาองค์ประกอบทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไข่เค็มพอกดินโคลนน้ำพุร้อนพบว่าไข่ขาวมีคุณลักษณะทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม [14] คือไข่ขาวต้มสุกมีสีขาว เนื้อนุ่ม เรียบ

ไม่กระด้าง ในการศึกษาค่าสีที่วัดได้ในไข่ขาวพบว่าค่า L^* เท่ากับ 35.38 ค่า a^* เท่ากับ 9.19 ค่า b^* เท่ากับ 14.11 ระดับความเค็ม เท่ากับ 4.71 ลักษณะทางเคมีพบว่ามีเกลือและระดับความเค็มร้อยละ 4.71 ความชื้นร้อยละ 78.76 เถ้าร้อยละ 7.01 โปรตีนร้อยละ 15.30 และไขมันร้อยละ 1.35 และการศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพคุณภาพของไข่แดงพบว่าในทางกายภาพไข่แดงมีสีเข้ม ลักษณะเป็นมัน ส่วนลักษณะทางเคมีพบว่ามีเกลือร้อยละ 7.21 ระดับความเค็มร้อยละ 3.01 ปริมาณความชื้นร้อยละ 39.01 เถ้าร้อยละ 3.81 โปรตีนร้อยละ 21.61 และไขมันร้อยละ 43.08 ส่วนค่าสีที่วัดได้ L^* เท่ากับ 28.06 ค่า a^* เท่ากับ 13.24 ค่า b^* เท่ากับ 20.02 และระดับความเค็มเท่ากับ 3.01 (ตารางที่ 6)

จากปริมาณโปรตีนและไขมันในไข่แดงที่สูงกว่าในไข่ขาวนั้นเนื่องจากเวลาที่เกลือแทรกซึมเข้าไปภายในเพิ่มขึ้น และสาเหตุหลักเกิดจากการระเหยของน้ำที่ทำให้เยื่อหุ้มไข่และไข่แดงบริเวณตรงกลางเกิดความหนืดขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นที่ลดต่ำลง นอกจากนี้ปริมาณเถ้าที่วัดได้จากปริมาณเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่แทรกซึมเข้าไปในภายในไข่แดง พบว่าแร่ธาตุหลักสองชนิดที่พบในไข่ขาวคือโพแทสเซียมและโซเดียม และในไข่แดงจะพบแคลเซียม โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสเป็นแร่ธาตุหลัก [15] นอกจากนี้การใช้ดินโคลนมาเคลือบไข่เปิดก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ไข่มีปริมาณแร่ธาตุเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ [3], [2] ที่พบว่าเมื่อไข่เริ่มอืดตัวด้วยความเค็มการเคลื่อนที่ของเกลือจะเกิดได้ช้าลง ยิ่งไปกว่านั้นปริมาณไขมันที่พบสูงในไข่แดงอาจเกิดจากการเคลื่อนที่ของเกลือไปยังไข่แดง ดังนั้นปริมาณเกลือจึงมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคไข่เค็มที่มีอายุประมาณหนึ่งสัปดาห์ จะเหมาะสมต่อการนำมาทำไข่ดาวเนื่องจากมีรสเค็มต่ำ ส่วนไข่เค็มที่อายุสองสัปดาห์จะเหมาะต่อการนำไปต้มมากกว่า โดยจะเหมาะสมอย่างยิ่งเมื่อนำไปทานร่วมกับข้าวต้มกุ๊ย [15] นอกจากนี้จากการวิเคราะห์คุณภาพ

ทางด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไข่เค็มพอกดินโคลนในทั้งไข่ขาวไข่แดงพบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 10 CFU/g ไม่พบเชื้อแบคทีเรียซัลโมเนลลา พบเชื้อสแตฟฟีโลคอคคัส ออเรียส น้อยกว่า 10 CFU/g และไม่พบเชื้อราอีกด้วย (ตารางที่ 6) จากผลการทดสอบทั้งหมดชี้ให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ไข่เค็มพอกดินโคลนนี้ จึงมีความปลอดภัยเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม และมีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการนำมาบริโภค

สรุปและข้อเสนอแนะ

การหาสัดส่วนที่เหมาะสมในการผลิตไข่เค็มโดยใช้แบบจำลองหาพื้นผิวดบสนองทั้งหมดทำให้ได้สมการที่สามารถทำนายคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ทั้ง 4 ด้านคือ ความชอบต่อลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมต่อการเพิ่มคุณภาพทุก ๆ ด้าน และสามารถทำนายได้ว่าปริมาณดินโคลนนํ้าพุร้อน 500 กรัมร่วมกับการใช้เกลือผงผสมไอโอดีน 680 กรัม จะมีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาผลิตไข่เค็มพอกดินโคลนนํ้าพุร้อน ไข่เค็มพอกดินโคลนนํ้าพุร้อนได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็มที่ 27/2546 ในทุกการทดสอบ และมีคุณภาพที่เหมาะสมต่อการนำมาบริโภค ควรส่งเสริมในชาวบ้านที่อยู่ในชุมชนบ่อหิน อ.สิเกา จ.ตรัง ผลิตไข่เค็มโคลนนํ้าพุร้อนนี้เป็นผลิตภัณฑ์สินค้าด้านที่เป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication) ควรได้รับสนับสนุนการท่องเที่ยวของชุมชนแบบยั่งยืน

ตารางที่ 6 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี กายภาพ และเชื้อจุลินทรีย์ในไข่เค็มพอกดินโคลนน้ำพุร้อน

วิเคราะห์องค์ประกอบ	ไข่ขาว	ไข่แดง
ทางเคมี		
เกลือ (ร้อยละ)	4.71±0.01	7.21±0.52
ความชื้น (ร้อยละ)	78.76±0.52	39.01±0.11
เถ้า (ร้อยละ)	3.01±0.22	3.81±0.34
โปรตีน (ร้อยละ)	15.30±1.63	21.61±0.40
ไขมัน (ร้อยละ)	1.35±0.50	43.08±0.18
ทางกายภาพ		
ค่าสี L*	35.38	28.06
ค่าสี a*	9.19	13.24
ค่าสี b*	14.11	20.02
ระดับความเค็ม	4.71	3.01
ทางเชื้อจุลินทรีย์		
เชื้อโดยรวม	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10
เชื้อซัลโมเนลล่า	ไม่พบ	ไม่พบ
รา	ไม่พบ	ไม่พบ
เชื้อสแตปฟีโลคอคคัส ออเรียส	น้อยกว่า 10	น้อยกว่า 10

เอกสารอ้างอิง

- [1] Li, J. and Hsieh, Y.P. 2004. Traditional Chinese food technology and cuisine. **Asia Pacific J Clin Nutr.** 13 : 147-155.
- [2] Chi, S.P. and Tseng, K.H. 1998. Physicochemical properties of salted pickled yolk from duck and chicken eggs. **J. Food Sci.** 33 : 507-513.
- [3] Lai, K.M., Chi, S.P. and Ko, W.C. 1999. Changes in yolk states of duck egg during long-term bring. **J. Agric FoodChem.** 4 : 733-736.
- [4] เสาวภา ยววุฒโฒ. 2537. การประเมินคุณภาพไข่เค็มไชยาที่มีจำหน่ายในท้องตลาดและการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขณะพอกไข่เค็ม ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะบัณฑิตวิทยาลัย : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [5] กรมทรัพยากรธรณี. 2547. **น้ำพุร้อน**. <http://www.dmr.go.th/hotspring/hotspring.html>. 2 พฤษภาคม.
- [6] สมจิต ชัยภักดี. 2529. แกลบใครคิดว่าไม่สำคัญ. **โลกเกษตร.** 6(30): 19-20.
- [7] A.O.A.C. 2000. **Official Method of Analytical chemists (17thed.)**. Arlington: The Association of Official Analytical Chemists Inc.
- [8] BAM. 2001. **Bacteriological Analytical Manual(BAM)**. Available: <http://www.fda.gov/default.htm>. Accessed Jan.15 : 2012.
- [9] ชมพู ยิ้มโต. 2543. การพัฒนาไข่เค็มชนิดโห้เค็มตำพอกด้วยเยื่อฟางข้าว. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท** : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

- [10] วิฑูรย์ ด้านภักดี. 2525. การศึกษาหาปริมาณร้อยละของเกลือ และระยะเวลาดองที่เหมาะสมในการทำไข่เค็มดอง. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 242.
- [11] สุกกาญจน์ พรหมจันทร์ และศุภฤชชญา สัพโส. 2550. การพัฒนาไข่เค็มสมุนไพรชนิดไข่เค็มต้มตำพอกด้วยเยื่อฟางข้าวคุณภาพสูง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาชุมชน เยื่อฟางข้าวคุณภาพสูง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาชุมชน จังหวัดสกลนคร ปีงบประมาณ 2550. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร.
- [12] สุกกาญจน์ พรหมจันทร์ และศุภฤชชญา เหมะรุลลิน. 2553. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไข่เค็มสมุนไพรชนิดไข่เค็มต้มตำพอกด้วยเยื่อฟางข้าวคุณภาพสูง. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. ได้รับงบประมาณทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ ประจำปี งบประมาณ 2553. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร. [13] สุกกาญจน์ พรหมจันทร์ และศุภฤชชญา เหมะรุลลิน. 2556. การพัฒนาวัสดุพอกไข่เค็มจากเยื่อฟางข้าว. *แก่นเกษตร*. 41(4) : 425-432.
- [14] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2546. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนไข่เค็ม. มผช.27/2546.
- [15] Pendleton, R.L. 1941. Some results of termite activity in Thailand Soils. *Thai Sci. Bll.* 3(2) : 29-53
- [16] Thammarat, K., Soottawat, B. and Wannop, V. 2009. Changes in chemical composition, physical properties and microstructure of duck egg as influenced by salting. *Food Chem.* 112 : 560-569.