บทความวิจัย

ผลของการเคลือบผิวไข่ไก่ด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส ที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่

กฤติญาภรณ์ นิพรรัมย์[1] สาธิตา ทากัน[1] และ น้ำฝน คูเจริญไพศาล[1*]

ได้รับบทความ: 28 มีนาคม 2562
ได้รับบทความแก้ไข: 7 สิงหาคม 2562
ยอมรับตีพิมพ์: 7 ตุลาคม 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบผิวไข่ไก่ 2 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 สตาร์ชข้าวสาลี และสูตรที่ 2 สารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ ไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ ไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสตาร์ชข้าวสาลี และไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพ 9 คุณสมบัติ เมื่อเก็บรักษาไข่ไก่ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 3^{\circ}C$) เป็นเวลา 35 วัน และตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ในวันที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ของการเก็บรักษาและทำการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการวิจัยพบว่า ไข่ไก่ทั้ง 3 ชุดการทดลองมีคุณสมบัติทางกายภาพ 9 คุณสมบัติที่แตกต่างกัน โดยไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสสามารถรักษาคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ทั้ง 9 คุณสมบัติได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับไข่ไก่ที่ไม่เคลือบและไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสตาร์ชข้าวสาลี

คำสำคัญ: การเคลือบผิวไข่ไก่ สตาร์ชข้าวสาลี ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส คุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่

[1]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
[*]ผู้นิพนธ์ประสานงาน, email: numphon@g.swu.ac.th

Effect of Egg Coating with Mixture of Wheat Starch and Hydroxypropyl Methylcellulose on the Physical Qualities of Eggs

Kritiyaporn Nipornram[1], Sathita Thakan[1] and Numphon Koocharoenpisal[1*]

Received: 28 March 2019
Revised: 7 August 2019
Accepted: 7 October 2019

ABSTRACT

The purposes of this research were to study effect of egg coating of 2 recipes; recipe 1: wheat starch, and recipe 2: mixture of wheat starch and hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), and to compare the physical qualities of eggs on 3 sets including set 1: eggs non-coated, set 2: eggs coated with wheat starch, and set 3: eggs coated with mixture of wheat starch and hydroxypropyl methylcellulose. The data were collected to compare 9 physical qualities when stored at ambient temperature ($28 \pm 3^{\circ}C$) for 35 days and to check the physical qualities of eggs on 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 35 days during experiment. The results indicated that the eggs coated with mixture of wheat starch and hydroxypropyl methylcellulose maintained the physical qualities of eggs better than eggs non-coated and eggs coated with wheat starch.

Keywords: Egg coating, Wheat starch, Hydroxypropyl Methylcellulose, Physical qualities of eggs

[1]Department of General Science, Faculty of Science, Srinakharinwirot University
[*]Corresponding author, email: numphon@g.swu.ac.th

บทนำ

ไข่ไก่เป็นอาหารที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคอย่างมาก เนื่องจากสามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก และมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเพราะมีสารอาหารหลายชนิดที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยไข่ไก่ที่สมบูรณ์จะมีโครงสร้างที่ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ได้แก่ เปลือกไข่ 9-12% ไข่ขาวประมาณ 60% และไข่แดง 30-33% [1] ทั้งนี้ในอุตสาหกรรมไข่ไก่ส่วนใหญ่พบว่าไข่ไก่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้ง่ายเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($28\pm3^{\circ}C$) และระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้คุณภาพของไข่ไก่ลดลง [2] อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายใน เช่น การสูญเสียน้ำผ่านรูของเปลือกไข่ไก่ [3] ทำให้น้ำหนักของไข่ไก่ลดลงและช่องอากาศภายในฟองไข่ขยายใหญ่ขึ้น โดยน้ำที่สูญเสียไปส่วนใหญ่มาจากไข่ขาวซึ่งมีความชื้นถึง 87.60% ในขณะที่ไข่แดงมีความชื้น 51.10% อีกทั้งน้ำจากไข่ขาวส่วนหนึ่งจะแพร่เข้าไปในไข่แดงผ่านทางเยื่อหุ้มไข่แดงทำให้ไข่แดงขยายใหญ่ขึ้นและการสูญเสียแก๊สผ่านรูของเปลือกไข่ไก่ เช่น CO_2 NH_3 และ H_2S ซึ่งเกิดจากการสลายตัวทางเคมีของสารอินทรีย์ในไข่ไก่ [4] ทำให้ไข่ไก่มีคุณภาพลดลงเช่นกัน ทั้งนี้การลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ไก่ สามารถทำได้โดยการเก็บรักษาไข่ไก่ไว้ในอุณหภูมิต่ำ แต่เนื่องจากมีต้นทุนที่สูง วิธีนี้จึงไม่เป็นที่นิยมสำหรับผู้ค้าปลีกส่วนใหญ่ในประเทศไทย จึงทำให้ไข่ไก่ที่รอจำหน่ายสูญเสียคุณภาพเร็ว ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมไข่ไก่เป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม นอกจากการเก็บรักษาไข่ไก่ไว้ที่อุณหภูมิต่ำแล้ว การเคลือบผิวไข่ไก่ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ไก่ได้ แต่ปัจจุบันมีการใช้สารเคลือบที่เป็นน้ำมันหรือสารสังเคราะห์ ซึ่งมีต้นทุนการผลิตสูงและอาจมีสารพิษหรือสารตกค้างที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค [5-6] ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการใช้สารประเภทไฮโดรคอลลอยด์มาเป็นสารเคลือบผิวไข่ไก่ เพื่อช่วยลดการเปลี่ยนแปลงและรักษาคุณภาพของไข่ไก่แทนการใช้สารเคลือบที่เป็นน้ำมันหรือสารสังเคราะห์ เนื่องจากสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค รวมถึงมีคุณสมบัติที่ก่อให้เกิดเจล และสามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้ง่าย [7] เมื่อนำมาเคลือบที่ผิวหน้าของเปลือกไข่ไก่จะทำให้เกิดฟิล์มบางๆ ซึ่งช่วยลดการผ่านเข้าออกของความชื้นและลดการสูญเสียแก๊สผ่านทางรูของเปลือกไข่ไก่ได้ ทำให้คุณภาพของไข่ไก่ทั้งทางด้านเคมี ด้านกายภาพและด้านชีวภาพดีขึ้น [8]

จากการศึกษางานวิจัยของวรรณา ขันธชัย [9] พบว่าสตาร์ชข้าวสาลีประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์ซึ่งเป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์มีองค์ประกอบหลักคือ อะไมโลแพคติน 74% และ อะไมโลส 26% ซึ่งอะไมโลสเป็นพอลิเมอร์เส้นตรงที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1, 4-Glycosidic linkage ของกลูโคสเรียงต่อกันเป็นสายยาว ไม่มีการแตกแขนงจึงทำให้อะไมโลสมีคุณสมบัติเป็นฟิล์มได้ด้วยตัวเอง (Self-supporting film) สามารถใช้เป็นสารเคลือบเพื่อลดหรือยืดอายุการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของวัตถุดิบได้ เช่น ผักสด ผลไม้ รวมถึงอาหารแปรรูปต่างๆ นอกจากนี้ ในโครงสร้างของสตาร์ชข้าวสาลียังประกอบด้วยโปรตีนหลักที่สำคัญ 2 ชนิดคือ ไกลอะดิน (Gliadin) และกลูเตนิน (Glutenin) ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน โปรตีนทั้ง 2 ชนิดจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ (Disulfide bond) เชื่อมต่อกันเกิดเป็นโปรตีนกลูเตนซึ่งไกลอะดินมีคุณสมบัติที่เหนียว (Viscous properties) และกลูเตนินมีคุณสมบัติยืดหยุ่นคล้ายสปริง (Elastic properties) ดังนั้นโปรตีนกลูเตนในสตาร์ชข้าวสาลีจึงมีสภาพยืดหยุ่นและมีความหนืด [10] ซึ่งเป็นคุณสมบัติในการเป็นสารก่อฟิล์มบางๆ ได้ และจากคุณสมบัติเหล่านี้ ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้สตาร์ชข้าวสาลีเป็นสารเคลือบผิวไข่ไก่ เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและรักษาคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ให้นานขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยของอังคณา จันทรพลพันธ์ และคณะ [2] มีการนำไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl methycellulose) หรือ HPMC และสตาร์ชมันสำปะหลังมาใช้ทำสารเคลือบผิวไข่ไก่ ซึ่งสามารถคงคุณภาพของไข่ไก่ได้นานถึง 28 วัน ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ร่วมกับการใช้สตาร์ชข้าวสาลีในการทำสารเคลือบผิวไข่ไก่ เนื่องจากไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ที่เป็นพอลิเมอร์กึ่งสังเคราะห์ (Semi-synthetic polymers) ได้จากการปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลสให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิมด้วยหมู่เมทิล (Methyl) และหมู่ไฮดรอกซีโพรพิล (Hydroxypropyl) มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดและเพิ่มความคงตัว และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเมื่อนำมาใช้เป็นสารเคลือบผิวไข่ไก่ [11]

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเคลือบผิวไข่ไก่ด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสที่มีต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ ประโยชน์จากการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เพื่อแก้ปัญหาและพัฒนาต่อยอดทางด้านการรักษาคุณภาพของไข่ไก่ได้ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการเก็บรักษาไข่ไก่ที่รอจำหน่าย ลดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ไก่เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง แทนการเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ อีกทั้งยังลดการใช้สารเคลือบที่เป็นน้ำมันหรือสารสังเคราะห์ที่ส่งผลให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของสารเคลือบผิวไข่ไก่ 2 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 สตาร์ชข้าวสาลีความเข้มข้นเริ่มต้น 2% (WS 2% (w/v)) และสูตรที่ 2 สารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้นเริ่มต้น 2% (WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v))

2. เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ 1) ไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ 2) ไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสตาร์ชข้าวสาลีความเข้มข้นเริ่มต้น 2% (WS 2% (w/v)) และ 3) ไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้นเริ่มต้น 2% (WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v))

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

ใช้ไข่ไก่สดจากแม่ไก่สายพันธุ์ลอหมัน บราวน์ (Lohmann Brown) จากฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่สี่ร้อยฟาร์ม ตำบลสี่ร้อย อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง ซึ่งเลี้ยงโดยใช้ระบบปิด และเลือกใช้ไข่ไก่เบอร์ 2 ที่มีน้ำหนักต่อฟองอยู่ในช่วง 60-65 กรัม ความกว้าง 43-44 มิลลิเมตร และความยาว 57-59 มิลลิเมตร จำนวน 72 ฟอง และทำการทดลองทันทีในวันที่แม่ไก่ออกไข่

2. การเตรียมสารเคลือบผิวไข่ไก่

2.1 การเตรียมสารเคลือบผิวไข่ไก่สูตรที่ 1 สตาร์ชข้าวสาลีความเข้มข้นเริ่มต้น 2% (WS 2% (w/v))

ละลายสตาร์ชข้าวสาลี 16 กรัม และกลีเซอรอล 16 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 800 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นให้ความร้อนด้วยเครื่อง Hot plate magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารเคลือบผิวไข่ไก่สูตรที่ 1 ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 2%

2.2 การเตรียมสารเคลือบผิวไข่ไก่สูตรที่ 2 สารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสความเข้มข้นเริ่มต้น 2% (WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v))

ละลายสตาร์ชข้าวสาลี 8 กรัม และกลีเซอรอล 8 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 400 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้ความร้อนด้วยเครื่อง Hot plate magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พักเก็บไว้ในบีกเกอร์ที่ 1 จากนั้นละลาย HPMC 8 กรัม ในสารละลายผสมของเอทานอลความเข้มข้น 95% ปริมาตร 320 ลูกบาศก์เซนติเมตร กับน้ำกลั่นปริมาตร 80 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในบีกเกอร์ที่ 2 ให้ความร้อนด้วยเครื่อง Hot plate magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำสารละลายในบีกเกอร์ที่ 1 ที่เตรียมไว้ผสมลงในบีกเกอร์ที่ 2 กวนผสมและให้ความร้อนต่อที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จะได้สารเคลือบผิวไข่ไก่สูตรที่ 2 ที่มีความเข้มข้นเริ่มต้น 2%

3. การเคลือบผิวไข่ไก่และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่

3.1 การเคลือบผิวไข่ไก่

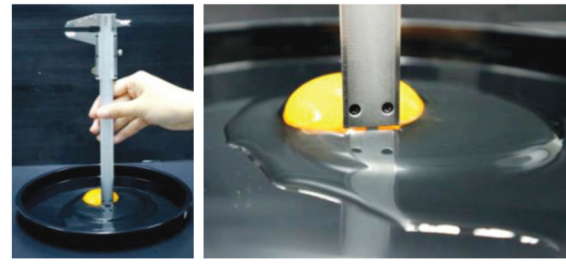
เตรียมไข่ไก่สำหรับใช้เคลือบจำนวน 8 ฟอง จุ่มไข่ไก่ครั้งละ 1 ฟองลงในสารเคลือบที่เตรียมไว้บนเครื่อง Hot plate magnetic stirrer ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที ตักไข่ไก่ออกด้วยตะแกรงแบบถี่และเป่าให้สารเคลือบที่เปลือกไข่แห้งด้วยเครื่องเป่าลมเป็นเวลา 5 นาที หลังจากเคลือบผิวเรียบร้อยแล้วทำการจัดวางในแผงไข่ไก่พลาสติกและทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซึ่งการเคลือบผิวไข่ไก่จะเคลือบเหมือนกันทั้งสูตรที่ 1 สตาร์ชข้าวสาลี และสูตรที่ 2 สารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส และเก็บรักษาไข่ไก่ทั้ง 3 ชุดการทดลองได้แก่ ไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ ไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสตาร์ชข้าวสาลี และไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส ไว้ในแผงไข่ไก่พลาสติกที่ไม่ปิดฝา วางไว้ในห้องโล่งและมีแสงสว่างส่องถึง อุณหภูมิห้องเฉลี่ย $28\pm3^{\circ}C$ เป็นเวลา 35 วัน ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ 8 ครั้ง ครั้งละ 3 ฟองต่อ 1 ชุดการทดลอง (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ) ในวันที่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 35 ของการเก็บรักษา

3.2 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่

ทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ ไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ ไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสตาร์ชข้าวสาลี และไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส โดยใช้คุณสมบัติทางกายภาพทั้งหมด 9 คุณสมบัติ ได้แก่

3.2.1 น้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟอง โดยชั่งน้ำหนักไข่ไก่ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 3 ตำแหน่ง ครั้งละ 1 ฟอง และบันทึกค่าน้ำหนักไข่ไก่ที่ได้ในแต่ละชุดการทดลอง

3.2.2 ความสูงไข่ขาว โดยตอกไข่ไก่ลงในถาดราบ แล้วใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ด้านลึกวัดความสูงของไข่ขาว โดยจิ้มลงในไข่ขาวทั้งหมด 3 ตำแหน่งรอบไข่แดงในบริเวณที่ใกล้ไข่แดงมากที่สุด จากนั้นนำค่าความสูงที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย แสดงดังรูปที่ 1

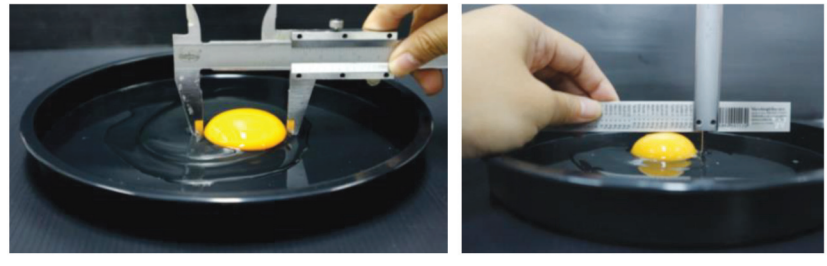


รูปที่ 1 การวัดความสูงไข่ขาวด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ด้านลึก

3.2.3 ค่าความสดของไข่ขาว (Haugh Unit) โดยใช้สูตรการคำนวณ $(HU) = 100 \log_{10} (H-1.7W^{0.37}+7.6)$ เมื่อ H = ความสูงไข่ขาวข้น (มิลลิเมตร) และ W = น้ำหนักไข่ทั้งฟอง (กรัม) บันทึกค่าความสดของไข่ขาวที่ได้จากการคำนวณ จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาจำแนกเกรดของไข่ไก่ตามมาตรฐานของ USDA (2000) [12] โดย Haugh Unit (HU) มากกว่า 72 คือเกรด AA, 71-60 คือเกรด A, 59-31 คือเกรด B และน้อยกว่า 30 คือเกรด C

3.2.4 เส้นผ่านศูนย์กลางไข่แดง โดยใช้ปากวัดขนาดภายนอกของเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางไข่แดงด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง จากนั้นอ่านค่าที่ได้และบันทึกผล แสดงดังรูปที่ 2 (a)

3.2.5 ความสูงไข่แดง โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ด้านลึกวัดที่ขอบของไข่แดง และอ่านค่าในตำแหน่งที่สูงที่สุดของไข่แดง แสดงดังรูปที่ 2 (b)

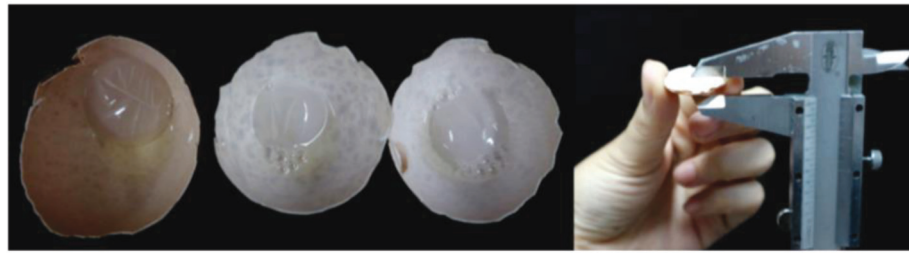


(a) (b)

รูปที่ 2 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงไข่แดงด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (a) การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดงด้วยปากวัดขนาดภายนอกของเวอร์เนียคาลิเปอร์ (b) การวัดความสูงของไข่แดงด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ด้านลึก

3.2.6 ดัชนีไข่แดง โดยใช้สูตรการคำนวณค่าดัชนีไข่แดง [13] YI = YH/YD เมื่อ YI = ดัชนีของไข่แดง YH = ความสูงไข่แดง (มิลลิเมตร) และ YD = เส้นผ่านศูนย์กลางไข่แดง (มิลลิเมตร) และบันทึกค่าดัชนีไข่แดงที่ได้

3.2.7 ความสูงช่องอากาศในฟองไข่ไก่ โดยใช้ปากวัดขนาดภายนอกของเวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดความสูงช่องอากาศในฟองไข่ไก่จากเปลือกไข่ไก่ด้านนอกถึงจุดกึ่งกลางช่องอากาศด้านในฟองไข่ไก่ อ่านค่าที่ได้และบันทึกผล แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 การวัดความสูงของช่องอากาศในฟองไข่ด้วยปากวัดขนาดภายนอกของเวอร์เนียคาลิเปอร์

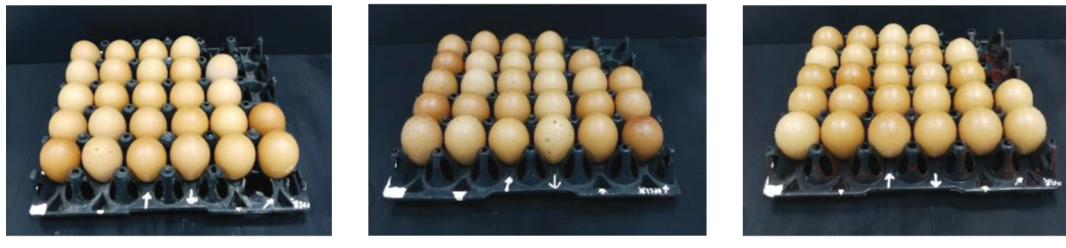
3.2.8 น้ำหนักไข่ขาว โดยใช้อุปกรณ์แยกไข่ขาวกับไข่แดงออกจากกัน นำไข่ขาวที่แยกได้ไปชั่งบนเครื่องชั่งดิจิตอลและบันทึกค่าน้ำหนักไข่ขาวที่ได้

3.2.9 น้ำหนักไข่แดง โดยใช้อุปกรณ์แยกไข่ขาวกับไข่แดงออกจากกัน นำไข่แดงที่แยกได้ไปชั่งบนเครื่องชั่งดิจิตอลและบันทึกค่าน้ำหนักไข่แดงที่ได้

ผลการวิจัย

1. การเคลือบผิวไข่ไก่

ลักษณะของเปลือกไข่ไก่หลังการเคลือบเมื่อเปรียบเทียบกับไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ พบว่าไข่ไก่ที่ไม่เคลือบมีผิวสัมผัสของเปลือกที่หยาบและขรุขระ ในส่วนของไข่ไก่ที่เคลือบด้วยสตาร์ชข้าวสาลีที่เปลือกมีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นและผิวสัมผัสหยาบเล็กน้อย และไข่ไก่ที่เคลือบด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสที่เปลือกมีลักษณะวาว ใส และผิวสัมผัสเรียบเนียน แสดงดังรูปที่ 4



(a) (b) (c)

รูปที่ 4 ลักษณะของเปลือกไข่ไก่ (a) ไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ (b) ไข่ไก่ที่เคลือบด้วย WS 2% (w/v) (c) ไข่ไก่ที่เคลือบด้วย WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)

2. เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่

หลังเก็บรักษาไข่ไก่ทั้ง 3 ชุดการทดลองไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 3^{\circ}C$) เป็นเวลา 35 วัน ผลการวิจัยพบว่า จากตารางที่ 1 น้ำหนักของไข่ไก่ แสดงให้เห็นว่าไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบด้วย WS 2% (w/v) และเคลือบด้วย WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v) มีน้ำหนักลดลง 10.60, 7.19 และ 5.33 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 1 น้ำหนักของไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบ WS 2% (w/v) และเคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักของไข่ไก่ทั้งฟอง (g)					
	ไม่เคลือบ		เคลือบ WS 2% (w/v)		เคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
0	62.40	0.41	62.31	0.00	62.03	1.46
5	60.16	0.67	60.65	0.48	61.43	0.77
10	59.30	0.93	59.91	1.44	60.09	1.75
15	59.08	0.16	59.47	1.07	59.80	1.40
20	58.11	1.78	59.22	0.67	59.64	2.23
25	56.63	2.20	59.14	0.82	59.50	0.80
30	54.32	2.48	56.94	1.51	57.95	1.78
35	51.80	1.11	55.12	0.49	56.70	2.22

จากตารางที่ 2 ความสูงไข่ขาว แสดงให้เห็นว่าไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบด้วย WS 2% (w/v) และเคลือบด้วย WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v) มีความสูงไข่ขาวลดลง 3.32, 3.13 และ 2.98 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ความสูงไข่ขาวของไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบ WS 2% (w/v) และเคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงของไข่ขาว (mm)					
	ไม่เคลือบ		เคลือบ WS 2% (w/v)		เคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
0	5.43	0.33	5.58	0.12	5.42	0.36
5	4.58	0.47	4.85	0.05	5.37	0.21
10	3.93	0.24	4.42	0.15	5.18	0.35
15	3.05	0.48	3.78	0.77	4.23	0.35
20	2.45	0.15	3.57	0.48	4.00	0.48
25	2.65	0.13	3.20	0.69	3.48	0.45
30	2.17	0.10	2.45	0.05	2.68	0.03
35	2.11	0.04	2.45	0.03	2.44	0.04

จากตารางที่ 3 ค่า HU แสดงให้เห็นว่าไข่ไก่ที่ไม่เคลือบเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวจากเกรด AA เป็นเกรด A ในวันที่ 5 ไข่ไก่ที่เคลือบด้วย WS 2% (w/v) เปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวจากเกรด AA เป็นเกรด A ในวันที่ 5 และไข่ไก่ที่เคลือบด้วย WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v) เปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวจากเกรด AA เป็นเกรด A ในวันที่ 15

ตารางที่ 3 ค่า HU ของไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบ WS 2% (w/v) และเคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)

ระยะเวลา (วัน)	ค่าความสดของไข่ขาว (HU)					
	ไม่เคลือบ		เคลือบ WS 2% (w/v)		เคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
0	72.52	1.77	73.42	2.13	74.57	1.35
5	67.24	0.61	67.33	0.43	72.43	1.15
10	58.47	2.25	63.45	2.18	72.18	0.78
15	46.74	7.04	56.14	1.03	64.24	1.29
20	39.53	1.10	53.93	5.99	61.97	1.21
25	36.68	2.31	43.61	1.37	52.74	5.46
30	23.15	2.25	24.77	1.02	26.70	0.92
35	23.86	0.93	24.22	0.41	24.71	0.70

จากตารางที่ 4 เส้นผ่านศูนย์กลางไข่แดง แสดงให้เห็นว่าไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ, เคลือบด้วย WS 2% (w/v) และเคลือบด้วย WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v) มีเส้นผ่านศูนย์กลางไข่แดงเพิ่มขึ้น 29.29, 19.72 และ 9.75 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4 เส้นผ่านศูนย์กลางไข่แดงของของไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบ WS 2% (w/v) และเคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)

ระยะเวลา (วัน)	เส้นผ่านศูนย์กลางไข่แดง (mm)					
	ไม่เคลือบ		เคลือบ WS 2% (w/v)		เคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
0	42.01	42.01	41.85	1.52	41.37	1.36
5	46.00	1.06	43.75	2.99	42.35	0.97
10	47.25	1.66	44.67	1.53	42.22	1.99
15	51.70	1.08	47.98	2.52	43.95	0.28
20	55.43	0.45	52.37	2.45	50.03	0.73
25	55.10	5.51	55.28	4.17	49.50	5.46
30	69.60	1.77	56.68	0.68	50.47	4.35
35	71.30	5.44	59.77	1.12	51.12	6.56

จากตารางที่ 5 ความสูงไข่แดง แสดงให้เห็นว่าไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบด้วย WS 2% (w/v) และเคลือบด้วย WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v) มีความสูงไข่แดงลดลง 11.63, 9.09 และ 6.16 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ความสูงไข่แดงของไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบ WS 2% (w/v) และเคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงไข่แดง (mm)					
	ไม่เคลือบ		เคลือบ WS 2% (w/v)		เคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
0	14.70	0.35	14.92	0.51	14.83	0.50
5	12.03	0.08	13.25	1.90	13.56	2.40
10	10.62	1.07	11.58	1.33	13.18	1.57
15	8.55	1.60	10.58	1.94	12.33	1.43
20	6.73	1.49	8.78	1.65	11.07	0.32
25	4.57	0.32	7.97	1.00	10.10	0.96
30	4.10	0.48	6.10	1.00	9.78	2.38
35	3.07	0.13	5.83	0.85	8.67	1.81

จากตารางที่ 6 ดัชนีไข่แดง แสดงให้เห็นว่าไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบด้วย WS 2% (w/v) และเคลือบด้วย WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v) มีค่าดัชนีลดลง 0.31, 0.27 และ 0.18 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ดัชนีไข่แดงของไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบ WS 2% (w/v) และเคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)

ระยะเวลา (วัน)	ดัชนีไข่แดง					
	ไม่เคลือบ		เคลือบ WS 2% (w/v)		เคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
0	0.35	0.03	0.36	0.03	0.35	0.03
5	0.26	0.01	0.30	0.08	0.32	0.02
10	0.23	0.03	0.26	0.03	0.31	0.01
15	0.17	0.03	0.22	0.06	0.28	0.03
20	0.12	0.03	0.17	0.04	0.22	0.01
25	0.08	0.06	0.14	0.03	0.20	0.05
30	0.06	0.01	0.11	0.02	0.19	0.06
35	0.04	0.01	0.09	0.01	0.17	0.06

จากตารางที่ 7 ความสูงช่องอากาศ แสดงให้เห็นว่าไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบด้วย WS 2% (w/v) และเคลือบด้วย WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v) มีความสูงช่องอากาศเพิ่มขึ้น 12.68, 12.84 และ 9.19 มิลลิเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ความสูงช่องอากาศของไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบ WS 2% (w/v) และเคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)

ระยะเวลา (วัน)	ความสูงช่องอากาศ (mm)					
	ไม่เคลือบ		เคลือบ WS 2% (w/v)		เคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
0	3.45	0.44	3.36	0.36	3.78	0.50
5	8.03	0.78	7.22	0.78	6.20	1.69
10	9.25	0.20	9.58	0.20	8.75	1.31
15	10.48	0.48	10.43	0.48	10.33	0.37
20	11.32	1.03	11.70	1.03	11.18	0.58
25	14.30	1.48	13.90	0.95	10.31	0.87
30	15.53	0.58	14.96	1.33	11.41	0.78
35	16.13	0.38	16.20	0.35	12.97	0.76

จากตารางที่ 8 น้ำหนักไข่ขาว แสดงให้เห็นว่าไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบด้วย WS 2% (w/v) และเคลือบด้วย WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v) มีน้ำหนักไข่ขาวลดลง 9.41, 7.98 และ 7.40 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 8 น้ำหนักไข่ขาวของไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบ WS 2% (w/v) และเคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักไข่ขาว (g)					
	ไม่เคลือบ		เคลือบ WS 2% (w/v)		เคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
0	35.14	1.18	35.31	1.02	35.54	1.33
5	33.70	1.05	36.80	2.77	35.62	0.48
10	34.69	1.03	34.99	1.50	35.08	1.51
15	33.28	1.46	35.08	1.22	35.63	1.73
20	33.38	1.50	34.15	1.15	35.26	1.16
25	31.72	0.17	31.49	2.63	33.17	0.36
30	28.50	1.50	30.47	0.61	31.83	3.43
35	25.73	0.44	27.33	1.08	28.41	2.09

จากตารางที่ 9 น้ำหนักไข่แดง แสดงให้เห็นว่าไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบด้วย WS 2% (w/v) และเคลือบด้วย WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v) มีน้ำหนักไข่แดงเพิ่มขึ้น 6.49, 7.20 และ 5.75 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 9 น้ำหนักไข่แดงของไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ เคลือบ WS 2% (w/v) และเคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)

ระยะเวลา (วัน)	น้ำหนักไข่แดง (g)					
	ไม่เคลือบ		เคลือบ WS 2% (w/v)		เคลือบ WS 2% (w/v)+HPMC 2% (w/v)	
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD
0	15.77	0.11	15.73	1.07	15.73	0.87
5	16.08	0.90	15.72	0.24	15.80	0.26
10	16.23	0.79	15.82	1.80	15.83	1.44
15	17.39	0.46	16.95	0.07	16.83	1.40
20	17.60	0.31	17.31	0.89	17.30	0.28
25	18.27	0.28	18.25	2.03	18.12	0.28
30	21.85	1.22	20.79	0.35	19.74	0.95
35	22.26	0.90	22.93	1.34	21.48	0.96

สรุปผลการวิจัย

1. การเคลือบผิวไข่ไก่

จากการศึกษาการเคลือบผิวไข่ไก่ พบว่า ไข่ไก่ที่เคลือบด้วยสตาร์ชข้าวสาลีที่ผิวเปลือกไข่มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นและผิวสัมผัสของเปลือกหยาบเล็กน้อยซึ่งแตกต่างจากไข่ไก่ที่เคลือบด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสที่ผิวเปลือกไข่จะมีลักษณะวาว ใส และผิวสัมผัสของเปลือกเรียบเนียน

2. เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ พบว่า เมื่อเก็บรักษาไข่ไก่ทั้ง 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ ไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ ไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสตาร์ชข้าวสาลี และไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส ไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 3^{\circ}C$) เป็นเวลา 35 วัน ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการเคลือบผิวไข่ไก่ด้วยสารเคลือบสูตรที่ 2 สารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอก-ซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส สามารถรักษาคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ทั้ง 9 คุณสมบัติได้ดีที่สุด โดยมีน้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟอง ความสูงไข่ขาว ความสูงไข่แดง ค่าดัชนีไข่แดงและน้ำหนักไข่ขาวลดลงน้อยที่สุด รวมถึงมีเส้นผ่านศูนย์กลางไข่แดง ความสูงของช่องอากาศในฟองไข่และน้ำหนักไข่แดงเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

อีกทั้งยังสามารถรักษาคุณภาพของไข่ขาวเกรด AA ได้นานที่สุดเป็นเวลาถึง 15 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับไข่ที่ไม่เคลือบ และเคลือบด้วยสตาร์ชข้าวสาลี หลังเก็บรักษาไข่ไก่ทั้ง 3 ชุดการทดลองไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 3^{\circ}C$) เป็นเวลา 35 วัน

อภิปรายผลการวิจัย

1. การเคลือบผิวไข่ไก่

จากการวิจัยพบว่า ไข่ไก่ที่เคลือบด้วยสตาร์ชข้าวสาลีที่ผิวเปลือกไข่มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นและผิวสัมผัสของเปลือกหยาบเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสตาร์ชข้าวสาลีเป็นสารประเภทไฮโดรคอลลอยด์มีสมบัติในการละลายน้ำและทำให้เกิดสารละลายที่มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ที่มีความข้นหนืด เมื่อเคลือบที่ผิวเปลือกไข่ไก่จึงทำให้มีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นและผิวสัมผัสของเปลือกหยาบเล็กน้อย ซึ่งแตกต่างจากไข่ไก่ที่เคลือบด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสที่ผิวเปลือกไข่จะมีลักษณะวาวใส และผิวสัมผัสของเปลือกเรียบเนียน อันเนื่องมาจากมีส่วนผสมของไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสที่มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดและเพิ่มความคงตัวที่มีลักษณะเป็นเจลใส ไม่มีสี เมื่อเคลือบที่ผิวเปลือกไข่ไก่จึงทำให้สารเคลือบเกาะที่เปลือกไข่ไก่ได้ดีและมีลักษณะวาวใส ผิวสัมผัสของเปลือกเรียบเนียน

2. เปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่

จากการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ทั้ง 3 ชุดการทดลองได้แก่ ไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ ไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสตาร์ชข้าวสาลี และไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอก-ซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสโดยเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ($28 \pm 3^{\circ}C$) เป็นเวลา 35 วัน ผลการวิจัยสรุปได้ว่าไข่ไก่ที่ไม่เคลือบ ไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสตาร์ชข้าวสาลีและไข่ไก่ที่เคลือบผิวด้วยสารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสมีน้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟองลดลง 10.60, 7.19 และ 5.33 กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในฟองไข่ทำให้เกิดการสูญเสียแก๊สและความชื้นผ่านทางรูของเปลือกไข่ เป็นเหตุให้น้ำหนักไข่ไก่ทั้งฟองลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเจนรงค์ คำมงคุณ และคณะ [5] ที่พบว่าน้ำหนักไข่ไก่จะลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษาทั้งนี้ความสูงไข่ขาวลดลง 3.32, 3.13 และ 2.98 มิลลิเมตร ตามลำดับ อันเนื่องมาจากองค์ประกอบภายในของไข่ขาวมีความชื้นอยู่ถึง 87.60% เมื่อผ่านไป 35 วัน ไข่ขาวจะมีการสูญเสียความชื้นออกไปผ่านทางรูของเปลือกไข่ไก่ ทำให้ปริมาตรของไข่ขาวลดลง ความสูงของไข่ขาวจึงลดลงด้วย อีกทั้งคุณภาพของไข่ขาวเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสดของไข่ไก่ [14] ซึ่งความสดของไข่ไก่ตามหลักสากลจะใช้การคำนวณหาค่า Haugh Unit จากผลการศึกษาค่าความสดไข่ขาวพบว่า ไข่ไก่ที่มีระยะเวลาการเก็บรักษามากขึ้นรวมถึงน้ำหนักและความสูงไข่ขาวลดลงจะมีผลต่อค่าความสดไข่ขาวซึ่งจะลดลงด้วยเช่นกัน ทำให้ไข่ไก่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่ขาวจากเกรด AA เป็นเกรด A ในวันที่ 5, 5 และ 15 ตามลำดับ รวมถึงการที่ไข่ขาวเกิดการสูญเสียน้ำออกไปผ่านทางรูของเปลือกไข่ไก่ และเนื่องจากไข่ขาวมีความเข้มข้นน้อยกว่าไข่แดง น้ำจากไข่ขาวส่วนหนึ่งจึงแพร่เข้าไปในไข่แดงด้วยแรงดันออสโมติค (Osmotic Pressure) ผ่านทางเยื่อหุ้มไข่แดงทำให้ไข่แดงขยายใหญ่ขึ้น ไม่เป็นทรงกลมและมีลักษณะแบนราบลง เส้นผ่านศูนย์กลางของไข่แดงจึงเพิ่มขึ้น 29.29, 19.72 และ 9.75 มิลลิเมตร และความสูงของไข่แดงจึงลดลง 11.63, 9.09 และ 6.16 มิลลิเมตร ตามลำดับ และหากเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงไข่แดงเปลี่ยนแปลงไป ค่าดัชนีไข่แดงก็จะเปลี่ยนไปด้วย เนื่องจากดัชนีไข่แดง

คือค่าที่ได้จากการนำความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางไข่แดงที่ได้มาคำนวณตามสูตร เพื่อให้ได้ค่าดัชนีไข่แดง ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่ใช้กำหนดคุณภาพไข่ไก่ ค่าดัชนีไข่ไก่มากแสดงถึงไข่ไก่มีความสดมาก แต่หากไข่ไก่ที่มีระยะเวลาการเก็บรักษาที่นาน ดัชนีไข่แดงก็จะมีค่าลดลง เมื่อเก็บรักษาไข่ไก่ไว้เป็นเวลา 35 วัน ค่าดัชนีไข่แดงจึงลดลง 0.31, 0.27 และ 0.18 ตามลำดับ จากการที่ความสูงของช่องอากาศในฟองไข่มีขนาดเพิ่มขึ้น 12.68, 12.84 และ 9.19 มิลลิเมตร ตามลำดับ อาจเป็นผลมาจากการสูญเสียแก๊สและความชื้นผ่านรูเปลือกไข่ไก่ทำให้เกิดช่องอากาศภายในฟองไข่ขึ้น หากมีการสูญเสียแก๊สและความชื้นมาก ช่องอากาศในฟองไข่ก็จะขยายใหญ่ขึ้น รวมถึงน้ำหนักไข่ขาวลดลง 9.41, 7.98 และ 7.40 กรัม และน้ำหนักไข่แดงเพิ่มขึ้น 6.49, 7.20 และ 5.75 กรัม ตามลำดับ อันเนื่องมาจากโครงสร้างของไข่ไก่ประกอบด้วยไข่ขาวมากถึง 60% ไข่ไก่ที่มีน้ำหนักมากไข่ขาวและไข่แดงก็จะมีน้ำหนักมากเช่นกัน [15] แต่เมื่อระยะในการเก็บรักษาไข่ไก่เพิ่มขึ้น ไข่ขาวที่องค์ประกอบภายในมีความชื้นอยู่ถึง 87.60% จะมีการสูญเสียความชื้นออกไปผ่านทางรูของเปลือกไข่ไก่เป็นเหตุให้ไข่ขาวมีน้ำหนักลดลง และเนื่องจากไข่ขาวมีความเข้มข้นน้อยกว่าไข่แดง น้ำจากไข่ขาวส่วนหนึ่งจึงแพร่เข้าไปในไข่แดงด้วยแรงดันออสโมติค (Osmotic Pressure) ผ่านทางเยื่อหุ้มไข่แดงทำให้ไข่แดงมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น

จากผลการวิจัยสรุปโดยรวมได้ว่าการเคลือบผิวไข่ไก่ด้วยสารเคลือบสูตรที่ 2 สารผสมระหว่างสตาร์ชข้าวสาลีกับไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส สามารถรักษาคุณสมบัติทางกายภาพของไข่ไก่ทั้ง 9 คุณสมบัติได้ดีที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสารเคลือบสูตรที่ 2 มีส่วนผสมของไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดและความคงตัว ทำให้สารเคลือบเกาะที่ผิวของเปลือกไข่ไก่ได้ดีและมีประสิทธิภาพ จึงช่วยลดการผ่านเข้าออกของแก๊สและความชื้นผ่านทางรูของเปลือกไข่ไก่อันเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ไข่ไก่สูญเสียคุณภาพได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอังคณา จันทรพลพันธ์และคณะ [2] ที่พบว่าการเคลือบผิวหน้าของเปลือกไข่ไก่ให้เป็นฟิล์มบางๆ ด้วยไฮดรอกซีโพรพิลเมททิลเซลลูโลสช่วยป้องกันการซึมผ่านเข้าออกของความชื้นและเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ช่วยยืดอายุของไข่ไก่ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิห้องได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. Kammongkun, J., Boonjue, C., Prapasawat, C., & Leotaragul, A. (2014). Effect of layer breed, torage temperature and time on egg quality. *KhonKaen Agriculture Journal, 42*(1), 223-229. (in Thai).
2. Chantaraponpan, A., Boonna, S., & Khamprasong, N. (2016). Physical quality and shelf life of eggs coated with a mixture of tapioca starch-hydroxy propyl methycellulose. *KhonKaen Agriculture Journal, 44*(1), 505-510. (in Thai).
3. Wardy, W., Torrico, D., Jirarat, W., Saalia, F., & Prinyawiwatkul, W. (2011). Chitosan-soybean oil emulsion coating affects physic-functional and sensory quality of eggs during storage. *LWT-Food Science and Technology, 44*(10), 2349-2355.
4. Lokaewmanee, K. (2015). Factors affecting quality of eggs. *Kasetsart Extension Journal, 60*(2), 1-8. (in Thai).

5. Kammongkun, J., Boonjue, C., Prapasawat, C., & Leotaragul, A. (2014). Effect of layer breed, storage temperature and time on egg quality. *KhonKaen Agriculture Journal, 42*(1), 223-229. (in Thai).
6. Suppakul, P., Jutakorn, K., & Bangchokedee, Y. (2010). Efficacy of cellulose-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs. *Journal of Food Engineering, 98*(2), 207-213.
7. Foster, T. J. (2010). Hydrocolloids structure and properties. The building blocks for structure. Shaping and Transformation in the Engineering of Polysaccharides, A Marie Curie Initial Training Network, Unilever Food and Health Research Institute, Netherlands., March 29-31, 2010.
8. Torrico, D. D., Jirarat, W., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., Ge, B., & Ingram, D., (2010). A novel emulsion coating and its effects on internal quality and shelf life of eggs during room temperature storage. *International Journal of Food Science and Technology, 45*(11), 2241-2249.
9. Khunthachai, W. (2012). *Development edible films and coatings based on rice flour and application of Toffee fruit* (Research report). Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand.
10. Auvergne, R., Morel, M., Menut, P., GianI, O., Guilbert, S., & Robin, J. (2008). Reactivity of wheat gluten protein during mechanical mixing: Radical and nucleophilic reactions for the addition of molecules on sulfur. *Biomacromolecules, 9*(2), 664-671.
11. Phadtare, D., Phadtare, G., B, N., & Asawat, M. (2014). Hypromellose-a choice of polymer in extended release tablet formulation. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 3*(9), 551-566.
12. United States Department of Agriculture (USDA). (2000). Egg-grading manual. Agricultural Handbook Number 75.
13. Lokaewmanee, K., Pramul, A., & Kotmanee, A. (2016). Effect of *Butea monosperma* (Lam.) Taub flower powder supplementation in layer diet on egg production and egg quality. *King Mongkut's Agricultural Journal, 34*(3), 86-95. (in Thai).
14. Suryani, Y., Kinasih, I., Julita, U., Cahyanto, T., Putra, R. E., Ramdhani, M. A., Purwat, F. E., & Parwat, K. (2017). Effect of propolis coating on the quality of eggs: Microbial contamination and Haugh Unit. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 8*(2), 1776-1784.
15. Wichasit, N., Charoensook, R., Phoosathian, B., Plerdkhunthod, C., & Incharoen, T. (2017). Comparison of production performances and egg quality traits in White Leghorn and Rhode Island Red chickens under tropical condition. *KhonKaen Agriculture Journal, 45*(1), 753-757. (in Thai).