สารเคลือบไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูต่อคุณภาพไข่และอายุการเก็บรักษาไข่ไก่
Chitosan and Clove Essential Oil Coating on Egg Quality and Shelf Life of Chicken Eggs

ณัฐา จริยภมรกุร[1*] และ นิภารัตน์ ศรีธเรศ[1]
Nattha Jariyapamornkoon[1*] and Niparat Sritharet[1]

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูต่อคุณภาพไข่และอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ ทำการทดลองในไข่ไก่จำนวน 300 ฟอง เคลือบไข่ไก่ด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2 % ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยกานพลูเข้มข้น 1% 2.5% และ 5% เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง วัดค่าคุณภาพไข่ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก ค่าฮอกยูนิต ดัชนีไข่แดง ดัชนีไข่ขาว ความสูงของช่องอากาศ และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของไข่ขาว ในวันที่ 0 7 14 21 28 และ 35 ของการทดลอง ผลการทดลองพบว่า ไข่ไก่ที่ได้รับการเคลือบไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเข้มข้น 2.5% และ 5% มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก และค่าความสูงของช่องอากาศต่ำกว่าไข่ที่ไม่ได้รับการเคลือบอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในวันที่ 28 และ 35 นอกจากนี้ไข่ที่เคลือบสารประกอบของไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเข้มข้น 2.5% และ 5% สามารถรักษาค่าฮอกยูนิต ค่าดัชนีไข่ขาว ค่า pH ของไข่ขาวได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นในวันที่ 35 ผลดังกล่าวอาจเกิดจากความสามารถของสารเคลือบในการปิดรูพรุนบนผิวเปลือกไข่ จึงช่วยชะลอการสูญเสียน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกทางรูพรุน ดังนั้นการเคลือบไข่ไก่ด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ความเข้มข้น 2.5% และ 5.0% อาจรักษาคุณภาพไข่และยืดอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ได้นานถึง 35 วัน

คำสำคัญ: ไคโตซาน น้ำมันหอมระเหยกานพลู การเคลือบ คุณภาพไข่ ไข่ไก่

Abstract

The purpose of this study was to examine the effects of chitosan and clove essential oil coating on egg quality and shelf life of chicken eggs. A total of 300 chicken eggs were tested by coating a 2% chitosan mixture with clove essential oil concentrations of 1, 2.5 and 5 % before being stored at room temperature. Egg quality in terms of percentages of weight loss, Haugh unit, yolk and albumen indices, pH of albumen and air cell height was determined at days 0, 7, 14, 21, 28, and 35 of the study. Results revealed that the chicken eggs with chitosan and clove essential oil coating at 2.5 and 5 % had significantly ($P<0.05$) lower percentages of weight loss and air cell height than the uncoated eggs at day 28 and 35. Furthermore, chicken eggs with chitosan and clove essential oil coating at 2.5 and 5 % can maintain the highest values of Haugh unit, albumen index and pH of albumen on the

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

[1] Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

* Corresponding author, Email: jnattha@tu.ac.th

thirty-fifth day, compared to the other groups. These results may be due to the coating blocking eggshell pores, thereby reducing evaporation and carbon dioxide loss. Therefore, coating of chitosan and clove essential oil at 2.5 and 5% can preserve chicken egg quality and shelf life for up to 35 days.

Keywords: chitosan, clove essential oil, coating, egg quality, chicken eggs

คำนำ

คุณภาพของไข่ไก่มักลดลงเมื่อเวลาผ่านไป เนื่องจากความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เช่น การระเหยของน้ำ การสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านทางรูพรุนบนผิวเปลือกไข่ การแพร่เข้าของอากาศภายนอก ส่งผลทำให้คุณภาพของไข่ไก่เสื่อมลง เช่น การสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของคุณภาพไข่ขาว ไข่แดง การเพิ่มขึ้นของขนาดช่องอากาศ (air cell) ภายในฟองไข่ (Stadelman, 2017) นอกจากระยะเวลาแล้ว ปัจจัยในการเก็บรักษาเช่น อุณหภูมิ ความชื้น ตลอดจนเชื้อจุลชีพบนเปลือกไข่ ล้วนมีผลอย่างมากต่ออายุการเก็บรักษาของไข่ไก่ (Padron, 1990; Vlčková et.al., 2019) การใช้สารเคลือบเพื่อปิดรูพรุนบนผิวเปลือกไข่เป็นวิธีหนึ่งที่อาจช่วยชะลอการเสื่อมของคุณภาพไข่ไก่ และยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น ปัจจุบันมีข้อมูลการใช้สารต่าง ๆ ในการเคลือบเปลือกไข่ไก่ เช่น น้ำมันพืช (Nongtaodum et al., 2013) น้ำมันแร่ (Jirangrat et al., 2010) ขี้ผึ้ง (Mudannayaka et al., 2016) รวมทั้งไคโตซาน (Suresh et al., 2015) เป็นต้น

ไคโตซานเป็นสารโพลีเมอร์ชีวภาพ ซึ่งสังเคราะห์มาจากกระบวนการ deacetylation ของไคติน โดยทั่วไปไคตินเป็นสารที่สกัดจากส่วนประกอบของสัตว์เช่น เปลือกกุ้ง ปู แกนปลาหมึก รวมทั้งสาหร่าย เชื้อรา ยีสต์ (Bhale et al., 2003) ไคโตซานมีคุณสมบัติในการแตกตัวได้ดีในกรดอินทรีย์และมีความสามารถในการละลายที่สูงกว่าไคติน (Winterowd & Sandford, 1995; Pirak, 2012) ทำให้ไคโตซานสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบหลายหลาย เช่น สารละลาย แผ่นฟิล์ม เส้นใย เป็นต้น นอกจากนี้ไคโตซานยังเป็นสารค่อนข้างปลอดภัย ไม่เป็นพิษ และมีคุณสมบัติในการต้านจุลชีพหลายชนิด เช่น *S. aureus, E. coli* (Zheng & Zhu, 2003) ฟิล์มของไคโตซานจะรบกวนการส่งผ่านสารเข้าออกเซลล์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติการเลือกผ่านสารของเซลล์ ส่งผลให้เชื้อจุลชีพตาย (Zhong et al., 2011) และจากการศึกษาก่อนหน้าพบว่า มีการใช้สารละลายไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยหลายชนิด เช่น อบเชย โหระพา เพื่อเสริมฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลชีพในอาหาร (Zivanovic et al., 2005; Vandyousefi & Bhargava, 2017)

น้ำมันหอมระเหยกานพลูมีส่วนประกอบสำคัญคือ ยูจีนอล (eugenol) ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านแบคทีเรียและเชื้อรา (Nuñez & Aquino, 2012; Hu et al., 2018, Wang et al., 2018) จากการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่า ฟิล์มไคโตซานที่ผสมน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.0 ขึ้นไป สามารถช่วยลดจำนวนเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus, E. coli* และ *S. Typhimurium* ในหลอดทดลองได้ (Lekjing & Chinarak, 2018) ดังนั้นการประยุกต์ใช้สารละลายไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยกานพลูในการเคลือบไข่ไก่ จึงอาจเป็นการช่วยเสริมฤทธิ์กันเพื่อเคลือบปิดรูพรุนที่เปลือกไข่และเพิ่มความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ให้ดียิ่งขึ้น อาจส่งผลช่วยรักษาคุณภาพไข่และยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลการใช้สารเคลือบไข่ไก่ที่ประกอบด้วยไคโตซานร่วมกับน้ำมันหอมระเหยกานพลู การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารเคลือบไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูต่อคุณภาพไข่และอายุการเก็บรักษาไข่ไก่

วิธีการศึกษา

ตัวอย่างไข่ไก่และการเตรียมสารเคลือบไข่ไก่

ไข่ไก่สดที่มีน้ำหนักต่อฟองระหว่าง 60-70 กรัม จำนวน 300 ฟอง ใช้แผนแบบการทดลองสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design) โดยจัดกลุ่มทดลอง 5 กลุ่ม ดังนี้ 1) ไข่ไก่ที่ไม่มีสารเคลือบ (กลุ่มควบคุม) 2) ไข่ไก่ที่เคลือบด้วยไคโตซาน 3) ไข่ไก่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ความเข้มข้น 1% 4) ไข่ไก่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ความเข้มข้น 2.5% และ 5) ไข่ไก่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ความเข้มข้น 5%

เตรียมสารละลายไคโตซาน 2.0 % (w/v) โดยทำละลายไคโตซาน (540 kDa) ด้วยสารละลายกรดอะซีติก 2.0 % (v/v) ทำการเติมสาร Tween 80 ลงไป และกวนจนกว่าสารละลายเข้ากันดี จากนั้นเติมน้ำมันหอมระเหยกานพลู ที่ความเข้มข้น 1% 2.5% และ 5% กวนจนกว่าสารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

เคลือบไข่ไก่ตามกลุ่มทดลองที่กำหนดไว้ โดยทำการเคลือบด้วยแปรงซิลิโคน ทาให้สม่ำเสมอทั่วกันทั้งฟองและปล่อยให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง วางด้านแหลมลงบนชั้นวางไข่ที่กำหนดไว้ ไข่ทั้งหมดถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ทำการประเมินคุณภาพจากตัวอย่างไข่ไก่ 5 กลุ่ม กลุ่มทดลองละ 10 ฟอง ในวันที่ 0 7 14 21 28 และ 35 ของการทดลอง โดยทดสอบการสูญเสียน้ำหนัก (weight loss) ค่าฮอกยูนิต (Haugh Unit) ค่าดัชนีไข่แดง (yolk Index) ค่าดัชนีไข่ขาว (albumen Index) ค่ากรด-ด่างของไข่ขาว (pH of albumen) และค่าความสูงของช่องอากาศ (air cell height)

การวัดคุณภาพไข่

หาค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไข่ไก่ทั้งฟองระหว่างการเก็บรักษา ใช้เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง เพื่อชั่งน้ำหนักไข่ (กรัม) แล้วคำนวณจากสูตร %การสูญเสียน้ำหนัก = [(น้ำหนักไข่เริ่มต้น – น้ำหนักไข่หลังการเก็บรักษา) /น้ำหนักไข่เริ่มต้น] x 100

ทำการวัดค่าฮอกยูนิต (Haugh Unit) จากการวัดความสูงของไข่ขาวด้วยเครื่อง Tripod Micrometer (TSS ประเทศอังกฤษ) และวัดน้ำหนักไข่ไก่ เพื่อนำมาคำนวณจากสูตร Haugh unit (HU) = 100 x log (H - $1.7W^{0.37}$ + 7.57) (Haugh, 1937) แทนค่า H คือ ความสูงของไข่ขาว (มิลลิเมตร) และ W คือน้ำหนักของไข่ (กรัม)

วัดค่าดัชนีไข่แดง และไข่ขาว โดยทำการวัดความสูงของไข่แดงและไข่ขาวด้วยเครื่อง Tripod Micrometer (TSS ประเทศอังกฤษ) และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางไข่แดงและไข่ขาวด้วยเครื่องเวอร์เนียร์คาลิเปอร์แบบดิจิตอล เพื่อนำมาคำนวณหาค่าจากสูตร ค่าดัชนีไข่แดง = ความสูงของไข่แดง /ความกว้างของไข่แดง (Bhale et al., 2003) และ ค่าดัชนีไข่ขาว = ความสูงของไข่ขาว / ((ความยาวของไข่ขาว + ความกว้างของไข่ขาว)/2) (Heiman & Carver, 1936)

วัดค่ากรด-ด่าง (pH) ของไข่ขาว ด้วยเครื่อง pH meter (Apera รุ่น PH 60 pH tester ประเทศจีน) และบันทึกค่าที่ได้ วัดค่าความสูงของช่องอากาศ (air cell height) ด้วยเครื่องเวอร์เนียร์คาลิเปอร์แบบดิจิตอล โดยวัดจากระยะห่างระหว่างเปลือกไข่และเยื่อหุ้ม (มิลลิเมตร)

นำค่าที่ได้จากการทดสอบคุณภาพไข่ของแต่ละกลุ่มทดลองมาคำนวณค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P<0.05) โดยใช้โปรแกรม SPSS (IBM SPSS Statistics V22.0)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก

จากการประเมินการสูญเสียน้ำหนักพบว่า การสูญเสียน้ำหนักของไข่จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้ง 5 กลุ่มการทดลอง พบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุดในวันที่ 35 โดยพบว่า ไข่ที่เคลือบเฉพาะไคโตซาน ไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 1% 2.5% และ 5% มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าไข่ที่ไม่ได้รับการเคลือบ (กลุ่มควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในวันที่ 35 (Figure 1) ในขณะที่ผลการทดลองในวันที่ 21 พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไข่ที่ไม่ได้รับการเคลือบ (กลุ่มควบคุม) ไข่ที่เคลือบเฉพาะไคโตซาน ไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 1% 2.5% และ 5% ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ซึ่งผลอาจเกิดจากน้ำหนักเริ่มต้นและลักษณะเฉพาะของไข่แต่ละฟองในกลุ่มทดลอง และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ระหว่างไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 1% 2.5% และ 5% ในวันที่ 35 โดยไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 5% มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อย ผลการทดลองนี้บ่งชี้ว่า การเคลือบไข่ด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู อาจมีผลช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของไข่ไก่ได้ เนื่องจากสารเคลือบลักษณะเป็นชั้นเคลือบผิวภายนอก จึงช่วยปิดรูพรุนบนเปลือกไข่ ทำให้ชะลอการระเหยของน้ำ การสูญเสียความชื้นออกจากฟองไข่ จึงช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้

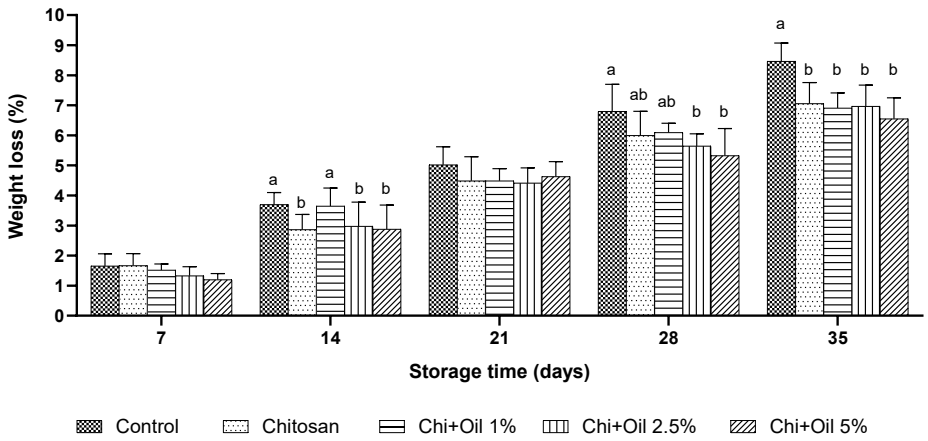

Figure 1 Percentage of weight loss of noncoated and coated eggs in 5 treatments. [ab] means significant difference (P<0.05) among different treatments in the same day.

จากการศึกษาก่อนหน้าพบว่า การเคลือบไข่ด้วยไคโตซานสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของไข่ไก่ได้ (Kim et al., 2009) และการใช้สารเคลือบที่มีส่วนประกอบของไคโตซานและน้ำมันแร่สามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้มากกว่าการเคลือบด้วยไคโตซานเพียงอย่างเดียว (Torrico et al., 2011) และการเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันหอมระเหยอบเชย (Vandyousefi & Bhargava, 2017) และน้ำมันถั่วเหลือง (Wardy et al., 2013) ในสารเคลือบไคโตซานสามารถช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักของไข่ไก่ได้มากขึ้น

ค่าฮอกยูนิต (Haugh unit, HU)

ค่าฮอกยูนิตเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณความสูงของไข่ขาวและน้ำหนักไข่ บ่งชี้ถึงคุณภาพ ความสด และเกรดของไข่ไก่ ค่าฮอกยูนิตที่สูงหมายถึงไข่ที่มีคุณภาพดี โดยทั่วไปค่าฮอกยูนิตจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แปรตามค่าความสูงไข่ขาวและน้ำหนักไข่ที่ลดลงเมื่อเวลาผ่านไปมากขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนโอโวมิวซินและไลโซไซม์ (ovomucin – lysozyme complex) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการรักษาสภาพความหนืด (viscoelasticity) ของไข่ขาวข้น ในระหว่างการเก็บรักษาไข่ไก่จะสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกทางรูพรุนบนผิวเปลือกไข่ ทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นจนมีผลต่อความเสถียรของโปรตีนดังกล่าว ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดของไข่ขาว จึงเป็นสาเหตุให้ไข่ขาวเหลวลง ความสูงไข่ขาวลดลง (Lucisano et al., 1996)

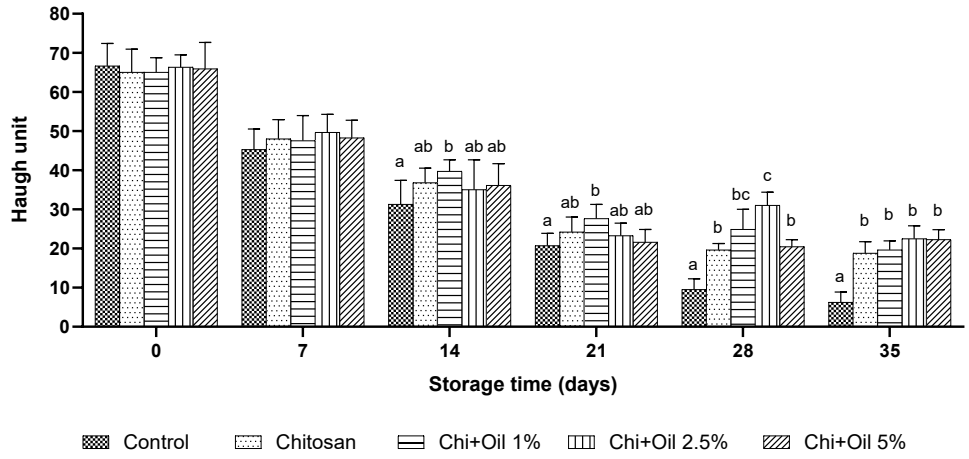

Figure 2 Haugh unit of noncoated and coated eggs in 5 treatments. ^{abc} means significant difference ($P<0.05$) among different treatments in the same day.

การทดลองนี้พบว่า ค่าฮอกยูนิตลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยไข่ที่ไม่ได้รับการเคลือบ (กลุ่มควบคุม) มีค่าฮอกยูนิตต่ำกว่าไข่ที่ได้รับการเคลือบ (ไข่ที่เคลือบเฉพาะไคโตซาน ไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 1% 2.5% และ 5%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในวันที่ 28 และ 35 (Figure 2) โดยไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 2.5% และ 5% มีค่าฮอกยูนิตสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นที่ได้รับการเคลือบเล็กน้อยในวันที่ 35 จากการศึกษาก่อนหน้าพบว่า การเคลือบไข่ด้วยไคโตซานสามารถช่วยชะลอการลดลงค่าฮอกยูนิตของไข่ไก่ได้ (Xu et al., 2018) การใช้สารเคลือบที่มีส่วนประกอบของไคโตซานและน้ำมันระเหยอบเชยสามารถช่วยรักษาค่าฮอกยูนิตได้มากกว่าการ

เคลือบด้วยไคโตซานเพียงอย่างเดียว และการเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันหอมระเหยอบเชยในสารเคลือบไคโตซานมีผลช่วยชะลอการลดลงค่าฮอกยูนิตของไข่ไก่ได้มากขึ้น (Vandyousefi & Bhargava, 2017) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสารเคลือบไข่ช่วยปิดรูพรุนบนเปลือกไข่ ทำให้ชะลอการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากฟองไข่ ค่า pH เปลี่ยนแปลงช้าลง ทำให้ไข่ขาวอ่อนตัวช้ากว่าไข่ที่ไม่มีการใช้สารเคลือบปิดรูพรุน

ค่าดัชนีไข่แดงและดัชนีไข่ขาว

ค่าดัชนีไข่แดงแสดงถึงคุณภาพและความสดของไข่ไก่ คำนวณจากความสูงและความกว้างของไข่แดง ซึ่งแปรตามคุณภาพของเยื่อหุ้มไข่แดง (vitelline membrane) โดยทั่วไปค่าดัชนีไข่แดงจะลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษา เนื่องจากความสูงของไข่แดงลดลงจากการอ่อนตัวลงของเยื่อหุ้มไข่แดง และการแพร่เข้าของน้ำจากไข่ขาวตามแรงดันออสโมซิส (Xu et al., 2018) ส่วนค่าดัชนีไข่ขาวบ่งชี้ถึงคุณภาพและความสดของไข่ไก่เช่นกัน โดยค่าดัชนีไข่ขาวจะลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านไป มีการอ่อนตัวลงของไข่ขาวข้น (Heiman & Carver, 1936) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนโอโวมิวซินและไลโซไซม์ ซึ่งแปรตามค่า pH ที่เพิ่มขึ้นจากการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Lucisano et al., 1996)

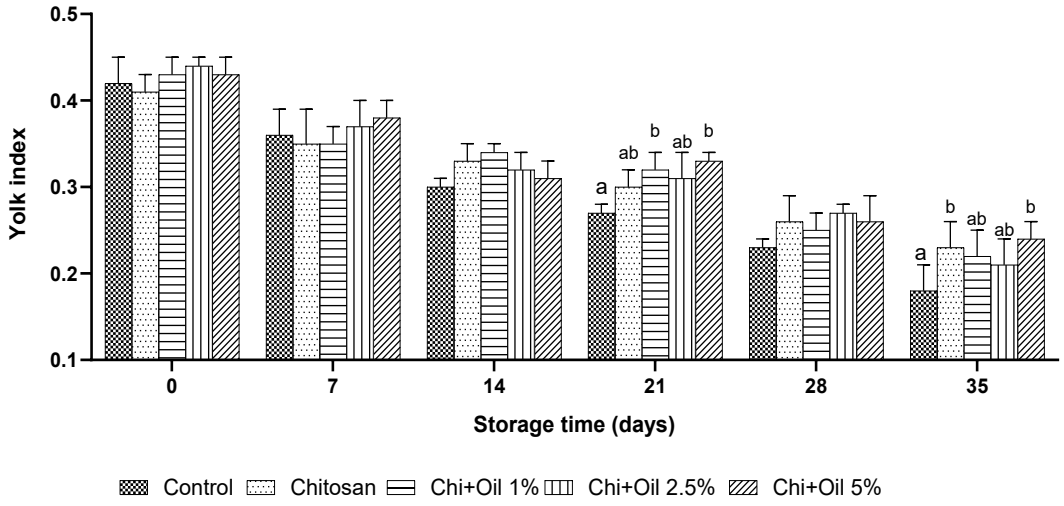

Figure 3 Yolk index of noncoated and coated eggs in 5 treatments. [ab] means significant difference ($P<0.05$) among different treatments in the same day.

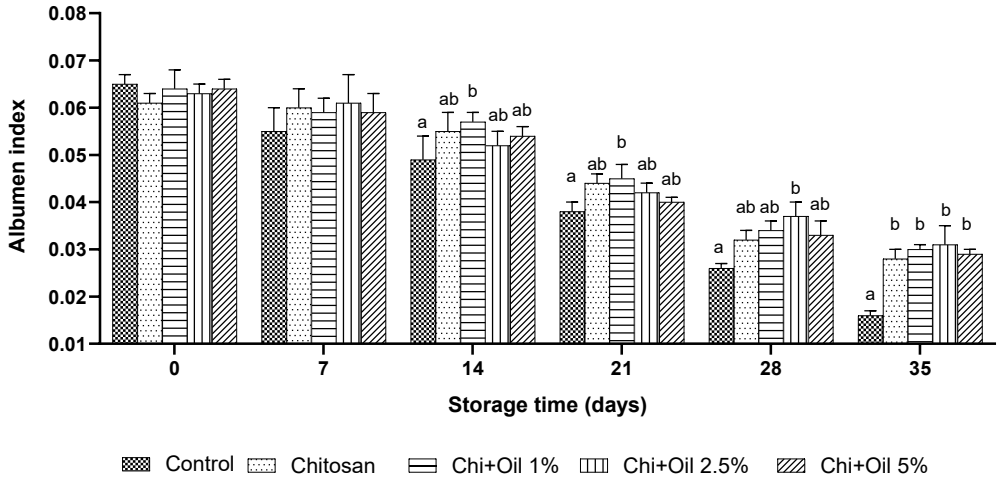

Figure 4 Albumen index of noncoated and coated eggs in 5 treatments. [ab] means significant difference (P<0.05) among different treatments in the same day.

จากการศึกษานี้พบว่า ค่าดัชนีไข่แดงและไข่ขาวของทุกกลุ่มทดลองลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษา (Figure 3 and 4) โดยพบว่า ค่าดัชนีไข่แดงของไข่ที่ไม่ได้รับการเคลือบ (กลุ่มควบคุม) มีค่าต่ำกว่าไข่ที่ได้รับการเคลือบ (ไข่ที่เคลือบเฉพาะไคโตซาน ไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 1% 2.5% และ 5%) ในวันที่ 21 และ 35 ของการทดลอง และพบว่า ไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 5% มีค่าดัชนีไข่แดงสูงกว่ากลุ่มอื่นที่ได้รับการเคลือบเล็กน้อยในวันที่ 21 และ 35 ของการทดลอง แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ระหว่างไข่ที่ได้รับการเคลือบ ส่วนค่าดัชนีไข่ขาวของไข่ที่ไม่ได้รับการเคลือบ (กลุ่มควบคุม) มีค่าต่ำกว่ากลุ่มไข่ที่ได้รับการเคลือบ (ไข่ที่เคลือบเฉพาะไคโตซาน ไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 1% 2.5% และ 5%) อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ในวันที่ 14 21 28 และ 35 และพบว่า ไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 2.5% มีค่าดัชนีไข่ขาวสูงกว่ากลุ่มทดลองอื่นที่ได้รับการเคลือบเล็กน้อย ในวันที่ 28 และ 35 การศึกษาก่อนหน้าที่พบว่า ไข่ไก่ที่เคลือบไคโตซานมีการลดลงของค่าดัชนีไข่แดงช้ากว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการเคลือบ หลังจากเก็บรักษานาน 5 สัปดาห์ (Bhale et al., 2003; Wardy et al., 2013) บ่งชี้ว่า การเคลือบไข่ด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู อาจมีผลช่วยชะลอการเสียสภาพของไข่แดงและไข่ขาว เนื่องจากสารเคลือบช่วยลดการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกทางรูพรุนบนเปลือกไข่ จึงชะลอการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนในไข่ขาว และลดการแพร่ของน้ำจากไข่ขาวเข้าสู่ไข่แดง (Xu et al., 2018)

ค่า pH ของไข่ขาว

ค่า pH ของไข่ขาวแสดงถึงคุณภาพไข่และความสดของไข่ ไข่สดที่เพิ่งออกมาจากแม่ไก่ ควรมีค่าระหว่าง 7.6 - 8.7 (Keener et al., 2001) และเมื่อเวลาผ่านไป ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในฟองไข่จะแพร่ออกสู่ภายนอก ทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น อาจพบค่า pH ได้ถึง 9.6-9.7 ในระหว่างการเก็บรักษา (Torrico et al., 2011) ผลการทดลองนี้พบว่า ตัวอย่างไข่ไก่มีค่า pH ของไข่ขาว ตั้งแต่ 8.44 - 9.68 ในระยะเวลา 35 วันของการทดลอง (Figure 5) โดยกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นไข่ที่ไม่มีการเคลือบ มีค่า pH มากกว่ากลุ่มไข่ที่ได้รับการ

เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 5% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในวันที่ 14 21 และ 35 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P>0.05) ระหว่างไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานเพียงอย่างเดียว และไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 1% 2.5% และ 5% การศึกษาก่อนหน้าพบว่า สารเคลือบไคโตซานผสมน้ำมันหอมระเหยอบเชยสามารถช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า pH ของไข่ขาวได้ (Vandyousefi & Bhargava, 2017) และสารเคลือบไคโตซานผสมน้ำมันถั่วเหลืองสามารถช่วยลดค่า pH ของไข่ขาวระหว่างเก็บรักษาไข่ไก่ได้ เนื่องจากสารเคลือบช่วยชะลอการสูญเสียก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Wardy et al., 2011)

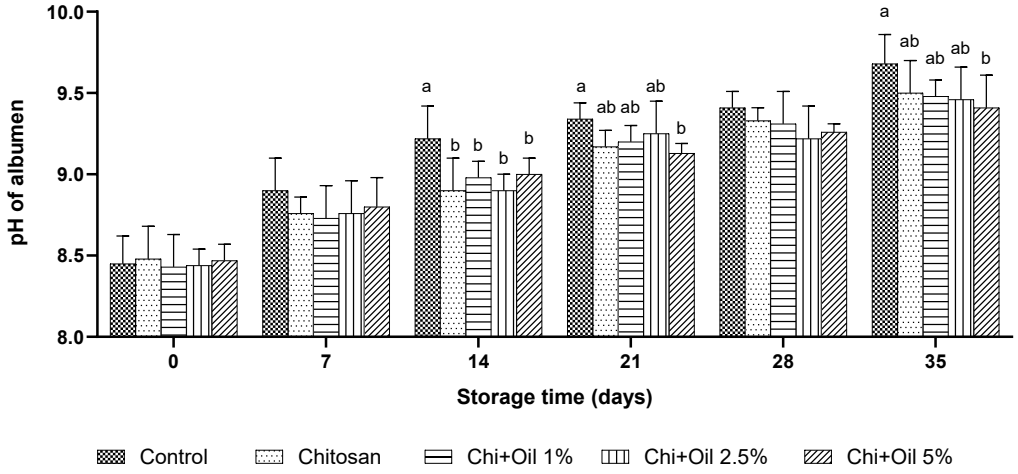

Figure 5 pH values of albumen in noncoated and coated eggs in 5 treatments. [ab] means significant difference (P<0.05) among different treatments in the same day.

ค่าความสูงของช่องอากาศ (air cell height)

ความสูงของช่องอากาศ (air cell) เป็นค่าที่วัดระหว่างเปลือกไข่และเยื่อหุ้ม บ่งชี้ถึงความสดของไข่ ในระหว่างเก็บรักษา ขนาดของช่องอากาศจะเพิ่มขึ้นจากการแยกกันของเยื่อหุ้มเปลือกไข่ชั้นนอกและชั้นใน เนื่องจากการสูญเสียน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไป และมีอากาศภายนอกเข้ามาแทน อายุการเก็บรักษาที่นาน ส่งผลให้ความสูงของช่องอากาศเพิ่มขึ้น (Samli et al., 2005)

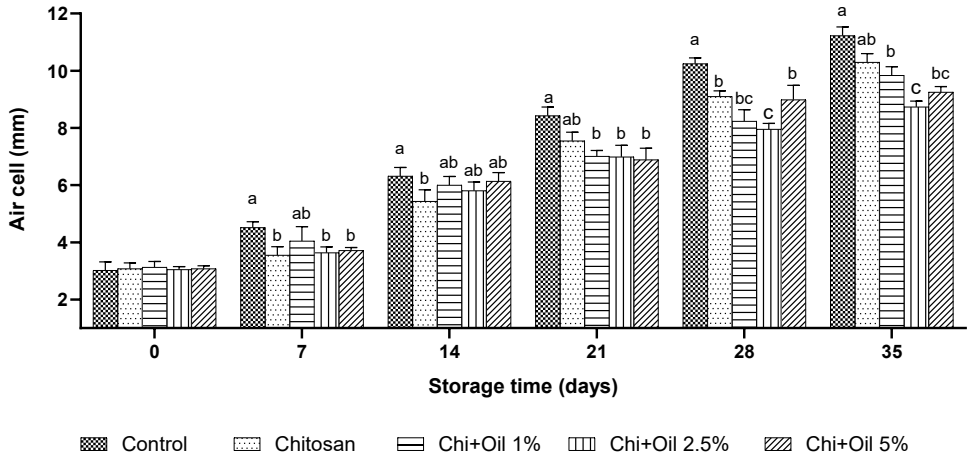

Figure 6 Air cell height of noncoated and coated eggs in 5 treatments. ^{abc} means significant difference (P<0.05) among different treatments in the same day.

ผลการทดลองนี้พบว่า ค่าความสูงของ air cell เพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาเก็บรักษาไข่ โดยกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นไข่ที่ไม่มีการเคลือบ มีค่า air cell มากที่สุดในวันที่ 7 14 21 28 และ 35 (Figure 6) และพบว่า ตัวอย่างที่เคลือบด้วยไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลู 2.5 และ 5 % ในวันที่ 28 และ 35 มีค่า air cell ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและตัวอย่างที่เคลือบด้วยไคโตซานเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) การศึกษาก่อนหน้าพบว่า การเคลือบไข่ไก่ด้วยไคโตซานผสมน้ำมันหอมระเหยอบเชย (Vandyousefi & Bhargava, 2017) และการเคลือบไข่ไก่ด้วยน้ำมันมะพร้าว น้ำมันถั่วเหลือง (Nongtaodum et al., 2013) สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า air cell ได้

การศึกษานี้พบว่า การใช้แปรงซิลิโคนในกระบวนการเคลือบไข่ไก่สามารถช่วยรักษาความหนาและความสม่ำเสมอในการเคลือบได้ดี เนื่องจากสารเคลือบมีความหนืดเมื่อทำการเคลือบผิวเปลือกไข่ นอกจากนี้ผลการทดลองพบว่า การใช้สารเคลือบสามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และลดความสูงของช่องอากาศได้ โดยไข่ที่เคลือบสารที่มีส่วนประกอบของไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเข้มข้น 2.5 และ 5% สามารถรักษาค่าฮอกยูนิต ค่าดัชนีไข่ขาว ค่า pH ของไข่ขาวได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นในวันที่ 35 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากคุณสมบัติการเคลือบผิวภายนอกเปลือกไข่ของไคโตซาน และคุณสมบัติต้านแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าผันแปรตามระดับความเข้มข้น ดังนั้นการศึกษาต่อไปอาจทำการทดสอบความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียของสารเคลือบไข่ไก่ที่มีส่วนประกอบของไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเพื่อเติมเต็มและพิสูจน์คุณสมบัติดังกล่าวของน้ำมันหอมระเหยกานพลูให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

สรุปผลการศึกษา

การใช้สารเคลือบไข่ไก่ที่มีส่วนประกอบของไคโตซานเข้มข้น 2% น้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ความเข้มข้น 1% 2.5% และ 5.0% สามารถช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักและลดความสูงของช่องอากาศได้ โดยไข่ที่เคลือบสารที่มีส่วนประกอบของไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูเข้มข้น 2.5% และ 5% สามารถ

รักษาค่าฮอกยูนิต ค่าดัชนีไข่ขาว ค่า pH ของไข่ขาวได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นในวันที่ 35 ดังนั้นสารเคลือบไคโตซานและน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ความเข้มข้น 2.5% และ 5.0 % อาจช่วยถนอมคุณภาพไข่และยืดอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ได้นานถึง 35 วัน

ผลงานวิจัยนี้อยู่ระหว่างยื่นจดทะเบียนอนุสิทธิบัตร เลขคำขอ 2203001220

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่สนับสนุนอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

Bhale, S., No, H. K., Prinyawiwatkul, W., Farr, A. J., Nadarajah, K., & Meyers, S. P. (2003). Chitosan Coating Improves Shelf Life of Eggs. **Journal of Food Science**. 68(7), 2378-2383. doi:10.1111/j.1365-2621.2003.tb05776.x

Haugh, R. (1937). A new method for determining the quality of an egg. **US Egg Poultry**. 39, 27-49.

Heiman, V., & Carver, J. S. (1936). The Albumen Index as a Physical Measurement of Observed Egg Quality. **Poultry Science**. 15(2), 141-148. doi:10.3382/ps.0150141

Hu, Q., Zhou, M., & Wei, S. (2018). Progress on the Antimicrobial Activity Research of Clove Oil and Eugenol in the Food Antisepsis Field. **Journal of Food Science**. 83(6), 1476-1483. doi:10.1111/1750-3841.14180

Jirangrat, W., Torrico, D. D., No, J., No, H. K., & Prinyawiwatkul, W. (2010). Effects of mineral oil coating on internal quality of chicken eggs under refrigerated storage. **International journal of food science and technology**. 45(3), 490-495. doi:10.1111/j.1365-2621.2009.02150.x

Keener, K.M., LaCrosse, J.D. & Babson, J.K. (2001). Chemical method for determination of carbon dioxide content in egg yolk and egg albumen. **Poultry Science**. 80(7), 983-983. doi: 10.1093/ps/80.7.983. PMID: 11469666.

Kim, S., Youn, D., No, H., Choi, S., & Prinyawiwatkul, W. (2009). Effect of chitosan coating and storage position on quality and shelf life of eggs. **International journal of food science and technology**. 44, 1351-1359. doi:10.1111/j.1365-2621.2009.01964.x

Lekjing, S., & Chinarak, K. (2018). Effect ofClove Essential Oil onFilm Properties, Antioxidant and Antimicrobial Activities of Chitosan Film. **KKU Research Journal (Graduate Studies)**. 19(4), 172-189.

Lucisano, M., Hidalgo, A., Comelli, E. M., & Rossi, M. (1996). Evolution of Chemical and Physical Albumen Characteristics during the Storage of Shell Eggs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. 44(5), 1235-1240. doi:10.1021/jf950485o

Mudannayaka, A., Rajapaksha, D. S., & Kodithuwakku, H. (2016). Effect of Beeswax, Gelatin and Aloe vera Gel Coatings on Physical Properties and Shelf Life of Chicken Eggs Stored at 30°C. 6-13. **Journal of World's Poultry Research**. 6(1), 171-179.

Nongtaodum, S., Jangchud, A., Jangchud, K., Dhamvithee, P., No, H. K., & Prinyawiwatkul, W. (2013). Oil coating affects internal quality and sensory acceptance of selected attributes of raw eggs during storage. **Journal of Food Science**. 78(2), S329-335. doi:10.1111/1750-3841.12035

Nuñez, L., & Aquino, M. D. (2012). Microbicide activity of clove essential oil (Eugenia caryophyllata). **Brazilian journal of microbiology**. 43(4), 1255-1260. doi:10.1590/S1517-83822012000400003

Padron, M. (1990). Salmonella typhimurium penetration through the eggshell of hatching eggs. **Avian Disease**. 34(2), 463-465.

Pirak, T. (2012). Chitosan: Alternative choice of antimicrobial agent and antioxidant in meats and meat products. **Food Journal**. 42(1), 24-29.

Samli, H. E., Agna, A. & Senkoylu, N. (2005). Effects of storage time and temperature on egg quality in old laying hens. **Journal of Applied Poultry Research**. 14(3), doi:548-533. 10.1093/japr/14.3.548

Stadelman, W. (2017). Quality identification of shell eggs. In: Stadelman, W.J., and Cotterill, O.J. **Egg science and technology** (pp. 39-66). Florida: CRC Press.

Suresh, P., Raj, K. R., Nidheesh, T., Pal, G. K., & Sakhare, P. (2015). Application of chitosan for improvement of quality and shelf life of table eggs under tropical room conditions. **Journal of Food Science and Technology**. 52(10), 6345-6354. doi: 10.1007/s13197-015-1721-7

Torrico, D. D., No, H. K., Sriwattana, S., Ingram, D., & Prinyawiwatkul, W. (2011). Effects of initial albumen quality and mineral oil–chitosan emulsion coating on internal quality and shelf-life of eggs during room temperature storage. **International journal of food science and technology.** 46(9), 1783-1792. doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02665.x

Vandyousefi, S., & Bhargava, K. (2017). Formulation and application of cinnamon oil–chitosan emulsion coating to increase the internal quality and shelf-life of shelled eggs. **Journal of Food Processing and Preservation**. 41(2), e12859.

Vlčková, J., T**ů**mová, E., Míková, K., Englmaierová, M., Okrouhlá, M., & Chodová, D. (2019). Changes in the quality of eggs during storage depending on the housing system and the age of hens. **Poultry Science**. 98(11), 6187-6193. doi:10.1111/jfpp.12859

Wang, Y.-F., Jia, J.-X., Tian, Y.-Q., Shu, X., Ren, X.-J., Guan, Y., & Yan, Z.-Y. (2018). Antifungal effects of clove oil microcapsule on meat products. **LWT - Food Science and Technology**. 89, 604-609. doi:10.1016/j.lwt.2017.11.042

Wardy, W., Torrico, D. D., Herrera Corredor, J. A., No, H. K., Zhang, X., Xu, Z., & Prinyawiwatkul, W. (2013). Soybean oil-chitosan emulsion affects internal quality and shelf-life of eggs stored at 25 and 4 C. **International journal of food science and technology**. 48(6), 1148-1156. doi:10.1111/ijfs.12068

Wardy, W., Torrico, D. D., Jirangrat, W., No, H. K., Saalia, F. K., & Prinyawiwatkul, W. (2011). Chitosan-soybean oil emulsion coating affects physico-functional and sensory quality of eggs during storage. **LWT - Food Science and Technology**. 44(10), 2349-2355. doi:10.1016/j.lwt.2011.07.009

Winterowd, J. G., & Sandford, P. A. (1995). **Chitin and chitosan**. New York: Marcel Dekker.

Xu, D., Wang, J., Ren, D., & Wu, X. (2018). Effects of chitosan coating structure and changes during storage on their egg preservation performance. **Coatings**. 8(9), 317. doi:10.3390/coatings8090317

Zheng, L.-Y., & Zhu, J.-F. (2003). Study on antimicrobial activity of chitosan with different molecular weights. **Carbohydrate polymer**. 54(4), 527-530. doi:10.1016/j.carbpol.2003.07.009

Zhong, Z., Aotegen, B., & Xu, H. (2011). The influence of the different inductivity of acetyl phenyl–thiosemicarbazone–chitosan on antimicrobial activities. **International journal of biological macromolecules**. 48(5), 713-719. doi:10.1016/j.ijbiomac.2011.01.029

Zivanovic, S., Chi, S., & Draughon, A. F. (2005). Antimicrobial activity of chitosan films enriched with essential oils. **Journal of Food Science**. 70(1), 45-51. doi:10.1111/j.1365-2621.2005.tb09045.x

วันรับบทความ (Received date) : 20 มิ.ย. 65
วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 26 ต.ค. 65
วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 16 ธ.ค. 65