

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟต่อการยืดอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ที่เก็บรักษาไว้ในตู้เย็น

Effects of Clove Oil Released in Active Packages on Shelf Life Extension of Egg During Storage under Refrigerator

สายฝน โพธิสุวรรณ¹, นฤมล มาแทน^{1*} และ วันชาติ ปรีชาติวงศ์²

¹วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

² วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมวัสดุ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

* Email: nnarumol@wu.ac.th; nnarumol@yahoo.com

บทคัดย่อ

ไข่ไก่สดมักนำมาเก็บรักษาไว้ภายในตู้เย็นเพื่อชะลอการเน่าเสีย อย่างไรก็ตามแบคทีเรียที่ทนความเย็นสามารถเจริญเติบโตได้ในตู้เย็นและมักเป็นสาเหตุทำให้ไข่เกิดการเน่าเสีย โดยแบคทีเรียที่ทนความเย็นบางชนิดอาจส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์เมื่อได้รับบริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ที่เก็บรักษาในตู้เย็นโดยใช้สารธรรมชาติของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู การทดลองทำโดยการเตรียมวัสดุห่อหุ้มที่มีน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ความเข้มข้น 20 40 และ 60 ไมโครกรัมต่อกรัม และใช้ชุดทดลองควบคุมเป็นชุดที่ไม่มีน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู จากนั้นจึงนำไข่ไก่มาวางไว้ในวัสดุห่อหุ้มดังกล่าว ซึ่งน้ำมันหอมระเหยจะค่อยๆ ระบายออกมาสัมผัสกับผิวเปลือกไข่ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 วัน ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาได้ทำการตรวจสอบคุณภาพไข่ไก่โดยการวัดปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นทั้งหมด ค่าการลดลงของน้ำหนักไข่ ค่าดัชนีไข่แดงและค่าฮอกยูนิต รวมถึงการทดสอบการยอมรับต่อกลิ่นและรสชาติของไข่ที่ผ่านการเก็บรักษาในน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูโดยใช้ 9 - Point Hedonic Scale ผลการศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัม มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นในไข่ไก่ได้ดีที่สุด โดยตรวจไม่พบแบคทีเรียที่ทนความเย็นในไข่ไก่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 45 วัน และพบว่าไข่ไก่ที่เก็บรักษาในวัสดุห่อหุ้มที่มีน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัม เมื่อนำมาต้มได้คะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบด้านกลิ่นและรสชาติที่ไม่แตกต่างจากไข่ต้มชุดควบคุม ($P > 0.05$) นอกจากนี้ไข่ไก่ที่เก็บรักษาในน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูยังมีการเปลี่ยนแปลงค่าคุณภาพของไข่ไก่ระหว่างการเก็บรักษาเพียงเล็กน้อยและอยู่ในมาตรฐานของไข่ไก่ โดยไข่ไก่ที่เก็บรักษาในน้ำมันหอมระเหยมีน้ำหนักลดลงเพียงร้อยละ 3.0 และมีค่าดัชนีไข่แดงเท่ากับ 0.41 ซึ่งมากกว่าไข่ไก่ในชุดควบคุม ($P < 0.05$) นอกจากนี้ยังมีค่าฮอกยูนิตไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ($P > 0.05$) ส่งผลให้การใช้สารธรรมชาติของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสามารถรักษาคุณภาพไข่ไก่ไว้ได้ยาวนานกว่าไข่ไก่ที่เก็บรักษาในความเย็นเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้สามารถตรวจพบสารยูจีนอลซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ตลอดอายุการเก็บรักษา ดังนั้นวิธีการนี้จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการเก็บรักษาไข่ไก่ให้มีความปลอดภัยและมีคุณภาพได้ยาวนานขึ้นได้

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหยจากกานพลู เชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็น ไข่ไก่ คุณภาพไข่

Abstract

It is very important to refrigerate eggs after reaching home to prevent illness from bacteria. However, psychrophilic bacteria can grow at refrigerator temperatures which may cause egg spoilage. Also, some bacteria on the egg are harmful to human health. The objective of the study was to investigate the effect of clove oil (20 40 and 60 $\mu\text{g g}^{-1}$) release from an adsorbent material on the shelf life extension of eggs stored at 4 ± 1 °C for 45 days. A control, without clove oil, was studied in the same way. Total psychrotrophic bacteria, weight, yolk index, and the Haugh unit during storage were investigated based on normal standards. In addition sensory evaluation of a treated boiled egg and control were also conducted using the 9 – Point Hedonic Scale. The results showed that there were no psychrotrophic bacteria in eggs kept in clove oil at 40 $\mu\text{g g}^{-1}$ for 45 days while in the control eggs this was well above the standard. The flavor and taste of the boiled egg after storage with clove oil at 40 $\mu\text{g g}^{-1}$ were not different from the control ($p>0.05$). The physiochemical properties of the eggs (weight loss, yolk index, Haugh unit) during storage were found to meet the standard quality used for eggs. The change in the weight loss of the egg was found to be only 3.0 %. The yolk index of the treated egg was 0.41 (higher than the control) ($p<0.05$) while the Haugh unit was not different from the control ($P>0.05$). The major constituent identified from the eggshell when kept in clove oil was eugenol. This finding indicates that the use of clove oil gives a longer shelf life and comparable egg quality compared with untreated eggs kept in a refrigerator only.

Keywords: Clove oil; psychrotrophic bacteria; egg; quality of egg

1. บทนำ

ไข่ไก่เป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง จึงทำให้ไข่ไก่เป็นวัตถุดิบที่ผู้บริโภคทั่วโลกนิยมรับประทาน อย่างไรก็ตามไข่ไก่จัดเป็นวัตถุดิบที่เสื่อมเสียได้ง่าย เนื่องจากมีอายุการเก็บรักษาที่ค่อนข้างสั้น และเปลือกไข่ยังมีลักษณะที่เปราะแตกได้ง่าย จึงทำให้เชื้อแบคทีเรียสามารถปนเปื้อนเข้าไปในไข่ไก่ได้ง่าย ทั้งนี้หากมีการจัดการในระหว่างการเก็บรักษา และการขนส่งที่ไม่ดีจะยิ่งเพิ่มโอกาสในการเสื่อมเสียได้ง่ายขึ้น ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการป้องกันปัญหาดังกล่าวที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือการเก็บรักษาไข่ไก่ในอุณหภูมิเย็น ซึ่งสามารถชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคบนผิวของเปลือกไข่ได้ รวมถึงชะลอการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไข่ไก่ได้ด้วย [1] เนื่องจากอุณหภูมิเย็นชะลออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซ (gas exchange) ระหว่างไข่และสิ่งแวดล้อม [2] แต่ทั้งนี้ยังมีรายงานว่าไข่ไก่ที่เก็บรักษาในอุณหภูมิเย็นยังสามารถตรวจพบเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็น (Psychotropic bacteria) บนผิวเปลือกไข่ได้ โดยเชื้อแบคทีเรียกลุ่มนี้มีโอกาสปนเปื้อนบนเปลือกไข่ได้ในทุกขั้นตอนของการจัดการไข่ไก่ตั้งแต่การวางไข่ของแม่ไก่จนถึงมือผู้บริโภค ซึ่งเชื้อแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถปรับตัวให้เจริญได้ในอุณหภูมิเย็น สามารถแบ่งตัวเพิ่มจำนวนได้จนเป็นสาเหตุให้ไข่ไก่เน่าเสีย [3], [6] โดยจากการศึกษาของ Utrarachkij et al., (2012) [3] พบว่าการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียบนไข่ไก่ส่วนหนึ่งเกิดจากการปนเปื้อนข้ามมาจากบรรจุภัณฑ์ที่สัมผัสผิวไข่ไก่ ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาวิธีการในการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียบนเปลือกไข่เพื่อควบคุมปริมาณเชื้อแบคทีเรียบนเปลือกไข่รวมถึงเชื้อแบคทีเรียที่อาจก่อให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหาร เช่น การใช้สารฆ่าเชื้อ การใช้ยาปฏิชีวนะ การอบแสงยูวี การฉายพลาสมา และการใช้น้ำมันหอมระเหย เป็นต้น [4], [5], [6] ซึ่งในการทดลองนี้มีแนวคิดในการนำวัสดุดูดซับที่มีน้ำมันหอมระเหยมาใช้ปลดปล่อยไอน้ำมันหอมระเหยให้สัมผัสกับผิวไข่

เพื่อดำเนินเชื้อจุลินทรีย์ที่ทนความเย็นบนผิวเปลือกไข่ เพื่อลดความเสี่ยงในการบริโภคไข่ และยืดอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ให้ยาวนานขึ้น เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูเป็นสารที่กลิ่นได้จากธรรมชาติจึงมีความปลอดภัยในการนำมาใช้กับบรรจุภัณฑ์อาหาร และเป็นสารที่มีคุณสมบัติที่ดีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย โดยมีรายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีคุณสมบัติในการบำบัดโรคในมนุษย์ได้ จึงมีประวัติทางการแพทย์ในการรักษา เช่น เป็นยาแก้ปวด ป้องกันการอักเสบ ลดอาการอาเจียน ขับลม แก้อาการท้องอืด เป็นต้น [16] ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีองค์ประกอบหลักคือสารยูจีนอล ซึ่งมีฤทธิ์ในการทำลายฟอสโฟลิปิดที่อยู่ในผนังเซลล์ของแบคทีเรียทำให้เกิดการรั่วของไซโตพลาสซึม [7] รวมถึงสามารถใช้ในการยับยั้งเอ็นไซม์ของเชื้อแบคทีเรียได้ [10] ซึ่งกลไกดังกล่าวนี้จึงมีแนวโน้มว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสามารถนำมายับยั้งเชื้อแบคทีเรียบนเปลือกไข่ได้ ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูจึงถูกนำไปใช้ถนอมอาหารอย่างแพร่หลายเช่น ผลไม้สด ขนมอบ [17] ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ [18] นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าน้ำมันหอมระเหยบางชนิดมีไอที่มีประสิทธิภาพในการต้านทานเชื้อแบคทีเรียที่สูงกว่าการใช้ น้ำมันหอมระเหยในรูปของเหลวโดยตรง เนื่องจากไอระเหยมีอนุภาคเล็กจึงทำให้ไอระเหยสามารถแทรกซึมเข้าไปภายในเนื้ออาหารได้อย่างทั่วถึงมากกว่า [8] ซึ่งเป็นผลให้เกิดการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในอาหารได้เพิ่มขึ้น

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 การคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นในไข่ไก่

2.1.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำโดยการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ Muller Hinton Broth (MHB) แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา

15 นาที รอให้เย็นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จึงนำมาเติมน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู น้ำมันหอมระเหยจากตะไคร้ต้น และน้ำมันหอมระเหยจากลาเวนเดอร์ ให้มีความเข้มข้นตั้งแต่ 10 ถึง 300 ไมโครกรัมต่อกรัมอาหารเลี้ยงเชื้อ (MHB) โดยการทดลองชุดควบคุมคืออาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีน้ำมันหอมระเหย

2.1.2 การเตรียมสารแขวนลอยเชื้อแบคทีเรียได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย *Salmonella enterica* serovar Typhimurium และ เชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่สามารถตรวจพบได้ในไข่ไก่ที่เก็บรักษาในที่เย็นได้ และมักก่อให้เกิดโรคในระบบทางเดินอาหาร เชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 สายพันธุ์ได้รับมาจากศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย โดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 สายพันธุ์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA) และบ่มด้วยตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ (ยี่ห้อ Binder รุ่น BD 53 E2 ประเทศเยอรมนี) ที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงเตรียมสารแขวนลอยเชื้อแบคทีเรียด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อปริมาตร 9 มิลลิลิตร และทำการปรับความเข้มข้นปริมาณเชื้อเริ่มต้นเป็น 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร

2.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหย ทำโดยการเติมสารแขวนลอยเชื้อแบคทีเรีย *S. Typhimurium* และ เชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงตรวจหาค่า Minimal inhibitory concentration (MIC) ของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

2.2 การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นในไข่ไก่

2.2.1 การเตรียมวัสดุชุดขับผสมน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ทำโดยการนำเยื่อของรากจอก (2.5 กรัม) และเยื่อถ่านกัลวย (2.5 กรัม) ผสมกับน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูให้ได้ความเข้มข้น 20 ($2 \times \text{MIC}$) 40 ($4 \times \text{MIC}$) และ 60 ($6 \times \text{MIC}$) ไมโครกรัมต่อกรัม แล้วนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 5 เซนติเมตรและยาว 20 เซนติเมตร หลังจากนั้นนำไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 16 ชั่วโมง หรือจนกว่าความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 12

2.2.2 การเก็บรักษาไข่ไก่ในวัสดุชุดขับที่มีน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ทำโดยการนำไข่ไก่เบอร์ 3 (น้ำหนัก 55 - 60 กรัม) จากฟาร์มในอำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช มาบรรจุลงในถาดไข่พลาสติกสำหรับบรรจุไข่จำนวน 6 ฟอง แล้วทำการวางแผ่นวัสดุชุดขับน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูไว้ด้านในของถาดไข่แล้วทำการปิดฝาให้ไข่บรรจุอยู่ในถาดไข่ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการตรวจนับเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นที่มีชีวิตรอดในไข่ โดยมิชุดควบคุมในการทดลองคือไข่ไก่ที่เก็บรักษาบนถาดไข่พลาสติกที่มีแผ่นวัสดุชุดขับแต่ไม่มีน้ำมันหอมระเหย และทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ

2.2.3 การตรวจเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นในไข่ไก่ โดยนำไข่ไก่มาซัง (เปลือก ไข่แดง และไข่ขาว) ให้ได้น้ำหนัก 25 กรัม แล้วนำไปเจือจางด้วยสารบัฟเฟอร์ 225 กรัม ตีปั่นด้วยเครื่องตีปั่นอาหารเป็นเวลา 2 นาที ทำการเจือจางสารละลาย จากนั้นนำมาหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียบนจานอาหาร Plate count agar (PCA) โดยบ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ในตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์อุณหภูมิ 4 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาหาปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ทนอุณหภูมิต่ำ โดยทำการตรวจนับจำนวนโคโลนี

บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และรายงานการลดลงของ
เชื้อแบคทีเรีย โดยคำนวณตามสมการที่ 1

ปริมาณการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย
(Log₁₀CFU g⁻¹) = (A) – (B)สมการที่ 1

เมื่อ A คือ ปริมาณเชื้อแบคทีเรียชุดควบคุม
(Log₁₀CFU g⁻¹)

ณ เวลา 24 ชั่วโมง

B คือ ปริมาณเชื้อแบคทีเรียหลังการเก็บรักษาไข่
ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู (Log₁₀
CFU g⁻¹) ณ เวลา 24 ชั่วโมง

2.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ที่บรรจุใน วัสดุดูดซับน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความ เข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัม ที่เก็บรักษาในความ เย็น

2.3.1 การศึกษาอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ทำโดย
การนำไข่ไก่บรรจุลงในถาดพลาสติกที่มีวัสดุดูดซับ

การลดลงของน้ำหนัก (ร้อยละ) = $\frac{\text{น้ำหนักไข่ไก่ก่อนเก็บรักษา} - \text{น้ำหนักไข่ไก่หลังเก็บรักษา}}{\text{น้ำหนักไข่ไก่ก่อนเก็บรักษา}} \times 100$ สมการที่ 2

ค. การวิเคราะห์ค่าออกยูนิต (Haugh unit)
ของไข่ขาว โดยทำการสุ่มไข่ไก่มาวัดความสูงของไข่
ขาวด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ (ยี่ห้อ WINTON
ขนาด 1/1000×6" ประเทศจีน) ในหน่วยมิลลิเมตร

$$\text{ค่าออกยูนิต (HU)} = 100 \log (H+7.57 - 1.7W^{0.37}) \dots \text{สมการที่ 3}$$

เมื่อ HU = ค่าออกยูนิต (Haugh unit)

H = ความสูงของไข่ขาว (มิลลิเมตร)

W = น้ำหนักของไข่ไก่ (กรัม)

น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 40
ไมโครกรัมต่อกรัม (ความเข้มข้นเริ่มต้นที่สามารถ
ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นในไข่ไก่ได้) โดย
การบรรจุไข่ในถาดไข่ทำเช่นเดียวกับข้อ 2.2.2 แล้ว
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45
วัน แล้วนำไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพของไข่ไก่ (ทำ
การทดลองจำนวน 3 ซ้ำ) ทุกๆ 5 วันของการเก็บ
รักษา ดังนี้

ก. การตรวจเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นใน
ไข่ไก่ตามวิธีการ 2.2.3

ข. การชั่งน้ำหนักของไข่ไก่ โดยทำการสุ่ม
ไข่ไก่มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4
ตำแหน่ง (ยี่ห้อ OHAUS รุ่น PA 214 ประเทศ
สหรัฐอเมริกา) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มา
คำนวณหาค่าร้อยละการลดลงของน้ำหนักไข่ไก่
ระหว่างการเก็บรักษา ดังสมการที่ 2

และชั่งน้ำหนักไข่ไก่ด้วยเครื่องชั่งสี่ตำแหน่ง
บันทึกค่าน้ำหนักในหน่วยกรัม หลังจากนั้นนำไป
คำนวณหาค่าออกยูนิต (Haugh unit) ดังสมการที่ 3
[2]

ง. ค่าดัชนีไข่แดง (Yolk index) โดยทำการ
สุ่มไข่ไก่มาวัดความสูงและความกว้างของไข่แดงด้วย
เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ในหน่วยมิลลิเมตร หลังจากนั้น
นำไปคำนวณหาค่าดัชนีไข่แดงในระหว่างการเก็บ
รักษา ดังสมการที่ 4

$$\text{ดัชนีไข่แดง (Yolk index)} = \frac{\text{ความสูงของไข่แดง (มิลลิเมตร)}}{\text{ความกว้างของไข่แดง (มิลลิเมตร)}} \dots \text{สมการที่ 4}$$

จ. การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งใช้ไวก์ที่ใช้ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสถูกเก็บรักษาในวัสดุดูดซับน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัม และชุดควบคุมคือไวก์ที่เก็บรักษาในสภาพพลาสติกที่ไม่มีน้ำมันหอมระเหย ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 วัน (เป็นระยะเวลาที่ตรวจพบน้ำมันหอมระเหยในไวก์มากที่สุด) หลังจากนั้นนำไวก์มาต้มจนสุกที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และตัดแบ่งเป็นชิ้นน้ำหนัก 5 กรัม จัดวางชิ้นไวก์ได้ต้มในงานสำหรับเลิฟท์ที่มีการระบุรหัสของตัวอย่างด้วยตัวเลข 3 หลัก ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ (9-Point Hedonic Scale) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 40 ซึ่งคุณลักษณะที่ใช้ในการทดสอบ คือ กลิ่นและรสชาติของไวก์ต้ม โดยมีคะแนนความชอบ 9 ระดับดังนี้

ไม่ชอบที่สุด	= 1
ไม่ชอบ	= 2
ชอบน้อย	= 3
ชอบน้อย-ปานกลาง	= 4
ชอบปานกลาง	= 5
ชอบปานกลาง-มาก	= 6
ชอบมาก	= 7
ชอบมาก-มากที่สุด	= 8
ชอบมากที่สุด	= 9

2.3.2 นำผลที่ได้จากการวัดค่าคุณภาพของไวก์ทั้งหมดมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Statistica software (StatSoft India Pvt. Ltd., USA) เพื่อหาความแตกต่างระหว่างคุณภาพของไวก์ที่เก็บรักษาในภาชนะพลาสติกและภาชนะชุดควบคุมที่ $P = 0.05$

2.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีบนเปลือกไวก์ในระหว่างการเก็บรักษา

นำเปลือกไวก์ที่ผ่านการเก็บรักษาในวัสดุดูดซับน้ำมันหอมระเหยกานพลู เป็นเวลา 1 วัน และ 45

วัน มาสกัดองค์ประกอบทางเคมีด้วยสารเอทิลอะซีเตต โดยนำเปลือกไวก์ละเอียดปริมาณ 1.00 ± 0.01 กรัม มาสกัดด้วยเอทิลอะซีเตต แล้วนำสารสกัดที่ได้มาพ่นด้วยแก๊สไนโตรเจนจนสารสกัดมีปริมาตรเหลือเท่ากับ 1 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของบนเปลือกไวก์ โดยใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี แมสสเปกโตรโกปี คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ DB-5 ซึ่งคอลัมน์มีความกว้างเท่ากับ 30 มิลลิเมตร กว้าง 0.25 มิลลิเมตร และหนา 0.25 มิลลิเมตร โดยตั้งสภาวะที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ดังนี้ ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นตัวพาที่เคลื่อนที่ (Mobile phase) ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1 มิลลิเมตรต่อนาที อุณหภูมิเข็มฉีด (Inlet) เท่ากับ 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิตัวตรวจจับ (Detector) เท่ากับ 250 องศาเซลเซียส ตั้งค่าสภาวะการทำงานของเตาอบโดยใช้การทำงานเป็นแบบ Split โดยมี Split ratio เท่ากับ 1:50 ให้เครื่องเริ่มต้นการทำงานที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และให้เตาอบเพิ่มอุณหภูมิเป็น 220 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิในตู้อบเท่ากับ 20 องศาเซลเซียสต่อนาที จากนั้นเพิ่มอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิในตู้อบเป็น 25 องศาเซลเซียสต่อนาที จนตู้อบมีอุณหภูมิเท่ากับ 280 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมิไว้ 3 นาที หลังจากนั้นทำการฉีดสารสกัดลงไปในเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี แมสสเปกโตรโกปี และนำข้อมูลที่ได้ไปทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล NIST 08.L (Database/chem-station data system) เพื่อระบุชนิดขององค์ประกอบทางเคมีที่พบบนเปลือกไวก์ก่อนและหลังการเก็บรักษา

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยที่มี

ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นในไข่ไก่

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นในไข่ไก่โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ MHB ให้ผลดัง Table 1 ซึ่ง

พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. Typhimurium* และ เชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* ได้ดีที่สุด โดยมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นได้คือ 10 ไมโครกรัมต่อกรัม ดังนั้นจึงได้ทำการคัดเลือกน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูไปใช้ในการทดลองต่อไป

Table 1 Minimal inhibitory concentration of essential oil against psychrotrophic bacteria

Essential oils	MIC ($\mu\text{g g}^{-1}$)	
	<i>S. Typhimurium</i>	<i>S. aureus</i>
Clove oil	10	10
Lavender oil	>400	300
<i>Litsea cubeba</i> oil	80	20

3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นในไข่ไก่

จากการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นในไข่ไก่ ได้ผลดัง Figure 1 โดยไข่ไก่มีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นในชุดควบคุม (ไม่มีน้ำมันหอมระเหย) ณ เวลา 24 ชั่วโมงเท่ากับ $2.8 \log_{10} \text{CFU g}^{-1}$ ซึ่งหลังจากเก็บรักษาไข่ไก่ในวัสดุดูดซับน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 40 และ 60 ไมโครกรัมต่อกรัม พบว่าเชื้อแบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวถูกยับยั้งอย่างสมบูรณ์ โดยไม่พบการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์บนเปลือกไข่ไก่ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อกรัมในวัสดุดูดซับมีฤทธิ์ในการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นได้ $0.26 \log_{10} \text{CFU g}^{-1}$ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียคือ สารยูจินอล [5] โดยกลไกการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของ

สารยูจินอลที่สำคัญคือการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ของเชื้อแบคทีเรีย โดยหมู่ไฮดรอกซิลของยูจินอลสามารถจับกับโปรตีนของเชื้อแบคทีเรียได้ จึงทำให้เกิดการยับยั้งการสร้างเอนไซม์ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสารยูจินอลสามารถทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียได้ จึงทำให้เซลล์แบคทีเรียลดจำนวนลง [10] ระหว่างการเก็บรักษาไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยและองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยได้ถูกปลดปล่อยออกมาจากวัสดุดูดซับ และเมื่อไอระเหยไปสัมผัสกับเชื้อแบคทีเรียบนเปลือกไข่ จึงทำให้เกิดการยับยั้งการแบ่งตัวเพื่อเพิ่มจำนวนของเชื้อแบคทีเรียบนเปลือกไข่ได้

3.3 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ที่บรรจุในวัสดุดูดซับน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัม ที่เก็บรักษาใน ความเย็น

ก. ผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเชื้อจุลินทรีย์ของไข่ไก่

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูในแผ่นดูดซับต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นบนเปลือกไข่ไก่แสดงดัง Figure 2 พบว่าวัสดุดูดซับที่มีน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู ที่ใช้เก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

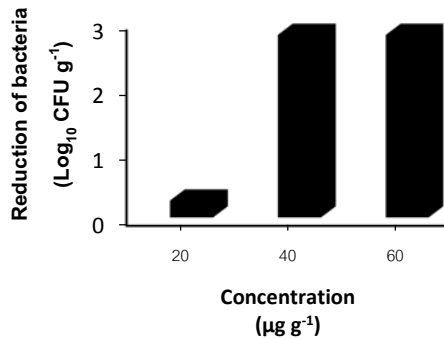


Figure 1: Effect of clove oil released from an absorbent at concentrations of 20, 40, and 60 $\mu\text{g g}^{-1}$ against psychrotrophic bacteria on eggshell after 24 hours

สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นบนเปลือกไข่ได้อย่างสมบูรณ์ตลอดอายุการเก็บรักษา 45 วัน ในขณะที่เมื่อเก็บรักษาไข่ไก่ในชุดควบคุม (ไม่มีน้ำมันหอมระเหย) ตรวจพบเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นในไข่ไก่ปริมาณ 3.2-3.6 $\text{Log}_{10} \text{CFU g}^{-1}$ ซึ่งปริมาณเชื้อแบคทีเรียทั้งหมดที่พบในไข่ไก่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความปลอดภัยในการบริโภคที่ เนื่องจากเชื้อแบคทีเรีย

ดังกล่าวเป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าเสียของไข่ไก่หากเก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน ดังนั้นการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำจึงสามารถลดความเสี่ยงในการบริโภคไข่ไก่ที่ปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียที่ และยังทำให้ไข่ไก่เสียได้ช้าลง จึงสามารถช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ให้ยาวนานขึ้น การทดลองนี้ ยังแสดงว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสามารถออกฤทธิ์ต้านทานเชื้อแบคทีเรียที่ทนความเย็นได้ [9]

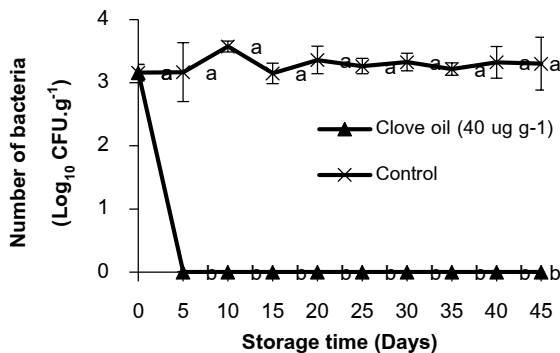


Figure 2: Number of psychrotrophic bacteria during storage

ข. ผลการวิเคราะห์การลดลงของค่าน้ำหนักของไข่ไก่

จากการศึกษาการลดลงของค่าน้ำหนักของไข่ไก่ที่เก็บรักษาในสภาวะที่มีน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัมและชุดควบคุม ได้ผลดัง Figure 3 ซึ่งพบว่าไข่ไก่ที่เก็บรักษาในน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัม มีค่าร้อยละการลดลงของน้ำหนักไข่เพียงร้อยละ 3.0 ทำให้ไข่ไก่หลังการเก็บรักษามีน้ำหนักเท่ากับ 56 กรัม ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไข่ไก่เบอร์ 3 (ไข่ไก่ที่ทดสอบมีน้ำหนักเริ่มต้น 57-58 กรัม) ในขณะที่ไข่ไก่ที่เก็บรักษาในชุดควบคุม มีค่า

ร้อยละการลดลงของน้ำหนักเท่ากับ 6.4 ซึ่งทำให้ไข่ไก่มีค่าน้ำหนักเหลือเท่ากับ 54 กรัม (เป็นน้ำหนักของไข่ไก่เบอร์ 4) การทดลองนี้พบว่าการเก็บรักษาไข่ไก่ในวัสดุดูดซับที่มีน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ช่วยลดการสูญเสีย น้ำหนัก [10] ของไข่ไก่ได้ เนื่องจากไอของน้ำมันหอมระเหยซึ่งมีสมบัติเป็นสารที่ไม่ชอบน้ำได้แพร่ไปเคลือบปิดบนผิวรูเปลือกไข่ ทำให้เปลือกไข่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ ส่งผลให้การระเหยของน้ำจากภายในไข่ไก่ออกสู่ด้านนอกเกิดขึ้นได้ช้าลง ทำให้ไข่ไก่มีการสูญเสียความชื้น น้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง [2], [11] จึงคงน้ำหนักของไข่ไก่ไว้ได้

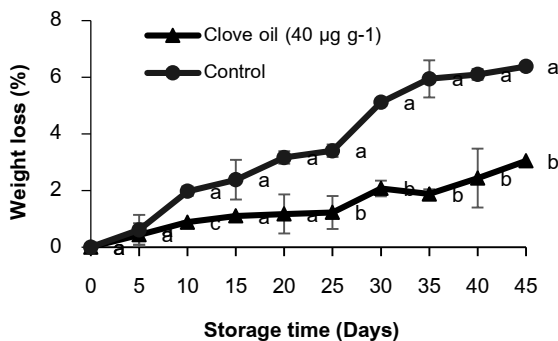


Figure 3. Change in weight loss of egg during storage

ค. ผลการวิเคราะห์ค่าฮอกยูนิต (Haugh unit)

จากการศึกษาค่าฮอกยูนิตของไข่ไก่ในน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัมและชุดควบคุม ได้ผลดัง Figure 4 พบว่าในช่วงแรกของการเก็บรักษาไข่ไก่มีค่าฮอกยูนิตเท่ากับ 83 ซึ่งอยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐานของไข่ไก่สดที่ได้กำหนดให้ไข่ไก่สดต้องมีค่าฮอกยูนิต อยู่ในช่วง 72-110 [11] หลังจากการเก็บรักษาไข่ไก่ในชุดทดลองและชุดควบคุม พบว่าค่าฮอกยูนิตของไข่ไก่ที่เก็บรักษาไว้มีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา โดยหลังการเก็บรักษาไข่ไก่เป็นเวลา 45

วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าไข่ไก่ที่เก็บรักษาในน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัม มีค่าฮอกยูนิตเท่ากับ 69.8 ส่วนไข่ไก่ที่เก็บรักษาในชุดควบคุมมีค่าฮอกยูนิตเท่ากับ 66.1 แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาไข่ไก่ภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทั้งในน้ำมันหอมระเหยและไม่มีน้ำมันหอมระเหยมีค่าฮอกยูนิตที่ไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) โดยการเก็บรักษาไข่ไก่ในตู้เย็นสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าฮอกยูนิตของไข่ไก่ได้ 30 วัน ซึ่งสามารถรักษาคุณภาพไข่ไก่ได้ดีกว่าการเก็บรักษาไข่ไก่ในสภาวะอุณหภูมิห้อง (30 ± 2 องศาเซลเซียส) [2] ทั้งนี้ค่าฮอกยูนิตสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงคุณภาพของอัลบูมิน

(Albumen) ได้ โดยเมื่อเก็บรักษาไข่ไก่ไว้นานขึ้นจะทำให้ค่าฮอกยูนิตมีค่าลดลง เนื่องจากไข่ขาวส่วนชั้นจะมีการสลายตัวเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ มีการสูญเสียโครงสร้างของโอโวมิวซิน (Ovomucin) โดยเฉพาะเบต้า โอโวมิวซิน (β -ovomucin) [1]

ส่งผลให้ไข่ไก่มีสถานะเป็นต่างและเกิดการเหลวตัวของไข่ขาวส่วนชั้นกลายเป็นไข่ขาวส่วนใสเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้คุณภาพของอัลบูมินลดลงด้วย

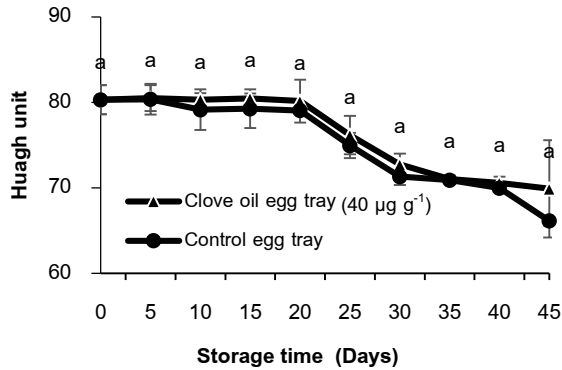


Figure 4. Change in Haugh unit of egg during storage

ง. ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีไข่แดง (Yolk index)

จากการศึกษาค่าดัชนีไข่แดงที่บรรจุในน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัมและชุดควบคุม ได้ผลดัง Figure 5 ซึ่งพบว่าในช่วงต้นของการเก็บรักษา ไข่แดงที่นำมาทดสอบมีค่าดัชนีไข่แดงเท่ากับ 0.43 ซึ่งการเก็บรักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสในชุดทดลองและชุดควบคุม สามารถคงสมบัติค่าดัชนีไข่แดงไว้ได้ตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 45 วัน อย่างไรก็ตาม ไข่ไก่ที่เก็บรักษาในวัสดุดูดซับที่มีน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูมีค่าดัชนีไข่แดงสูงกว่าไข่ไก่ที่เก็บรักษาในชุดควบคุมเล็กน้อย (0.41 และ 0.36 ตามลำดับ) ทั้งนี้ค่าดัชนีไข่แดงเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพของไข่แดงและความสดของไข่ โดยค่าดัชนีไข่แดงที่สูงบ่งบอกถึงการมีไข่แดงที่มีความสดและมีคุณภาพที่ดีกว่า ซึ่งตามมาตรฐานกำหนดให้ไข่ไก่สดต้องมีค่าดัชนีไข่แดงอยู่ในช่วง

0.30 - 0.50 [12] การเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีไข่แดงมีสาเหตุมาจากที่ไข่ขาวมีการเปลี่ยนแปลงให้เหลวเพิ่มขึ้น ทำให้ไข่แดงมีการดูดซึมน้ำจากไข่ขาวเข้ามา ส่งผลให้เยื่อหุ้มไข่แดงมีความแข็งแรงลดลง และเริ่มเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากทรงกลมให้แบนลง [13] ซึ่งโดยปกติการเก็บรักษาไข่ไก่ในตู้แช่เย็น 4 องศาเซลเซียส จะสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของไข่แดงได้เนื่องจากการเก็บในตู้แช่เย็นทำให้ไข่ขาวชั้นเปลี่ยนแปลงเป็นไข่ขาวใสได้ช้ากว่าปกติ เพราะอุณหภูมิเย็นสามารถชะลออัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซและไอน้ำออกจากเปลือกไข่ได้ จากการศึกษาพบว่า การเก็บรักษาไข่ไก่ด้วยน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากอัลบูมินในไข่ขาวผ่านทางรูเปลือกไข่ ชะลอการเสียสภาพของอัลบูมินและลดการดูดน้ำจากอัลบูมินของไข่แดง

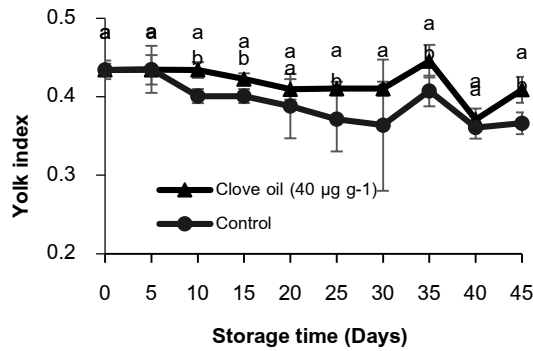


Figure 5: Change in Yolk index of egg during storage

จ. ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อไข่ไก่ที่ผ่านการเก็บรักษาในน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู

จากผลการทดสอบด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ไข่ไก่ที่บรรจุในวัสดุดูดซับที่มีน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัม เป็นระยะเวลา 1 วัน

(Figure 6) พบว่าผู้บริโภคได้ให้คะแนนการยอมรับต่อกลิ่นและรสชาติของไข่ไก่ที่มีน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูความเข้มข้น 40 ไมโครกรัมต่อกรัม ไม่แตกต่างจากไข่ไก่ที่เก็บรักษาไว้ในชุดควบคุม (ไม่เติมน้ำมันหอมระเหยในวัสดุดูดซับ) โดยให้คะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง ($P > 0.05$)

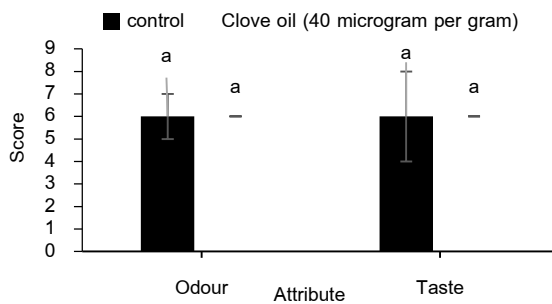


Figure 6: Sensory evaluation of boiled egg stored in 40 µg g⁻¹ of clove oil and control (without clove oil)

3.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีบนเปลือกไข่ไก่ในระหว่างการเก็บรักษา

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีบนผิวเปลือกไข่ที่เก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลา 1 วัน และ 45 วัน ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโต กราฟิ (Table 2) พบว่าตรวจพบสารยูจินอลซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของ

น้ำมันหอมระเหยกานพลูบนผิวเปลือกไข่ ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Matan, Saengkrajang & Matan, (2011) [14] และ Moon et al., (2011) [15] ที่สามารถตรวจพบสารยูจินอล (Eugenol) ในวัสดุที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลู โดยในวันที่ 1 ตรวจพบสารยูจินอลบน

เปลือกไข่ร้อยละ 97.99 ขององค์ประกอบทั้งหมด และหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 45 วัน พบว่าร้อยละ ของสารยูจีนอลมีค่าลดลงเนื่องจากการสูญเสีย องค์ประกอบของสารยูจีนอลออกไปจากการระเหย นอกจากนี้ยังสามารถตรวจพบสารคาร์ีโอโฟลีน (Caryophyllene) และสารฟีนอล (Phenol, 4-(2-propenyl)-) ที่สามารถเสริมฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ แบคทีเรียได้ด้วย ซึ่งจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูที่อยู่ในวัสดุดูดซับ สามารถระเหยไปเกาะติดอยู่บนเปลือกไข่ไก่ได้ และยังสามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ แบคทีเรียบนผิวไข่ไก่ในอุณหภูมิเย็น

4. สรุปและเสนอแนะ

การใช้น้ำมันหอมระเหยจากกานพลูในการเก็บ รักษาไข่ไก่ที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) พบว่า มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียที่ทน ความเย็นได้ และสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลง สภาพในไข่ไก่ได้มากกว่า 45 วัน ทำให้สามารถเพิ่ม อายุการเก็บรักษาไข่ไก่ในตู้เย็นให้ยาวนานกว่าการ เก็บรักษาในชุดควบคุม (0.5 เท่า) เดิมประมาณ 20 วัน ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูจึงเป็นอีก ทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ในการเก็บรักษาไข่ไก่ให้มี ความปลอดภัยและมีอายุการเก็บรักษาไข่ไก่ที่ ยาวนานขึ้นได้

Table 2 Components of clove oil found on eggshell during storage

Main component	Peak area (%)	
	1 day	45 days
Eugenol	97.99	96.50
Caryophyllene	0.17	0.64
Phenol, 4-(2-propenyl)-	0.22	0.24

จากความรู้ที่มีข้อเสนอแนะว่าสามารถนำ แผ่นด้านเชื้อแบคทีเรียที่มีน้ำมันหอมระเหยมาพัฒนา เป็นถาดไข่ผสมน้ำมันหอมระเหยจากกานพลู โดย สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการผลิตบรรจุภัณฑ์ อาหารด้านเชื้อแบคทีเรียเพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆได้ แต่ต้องมีการศึกษาระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอม ระเหยที่เหมาะสมกับการใช้งานในอาหารประเภท นั้นๆ

5. กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ทุนอุดหนุนประเภทเชื่อมโยงกับบัณฑิตศึกษา สัตยญา เลขที่ WU 58603 และทุนอุดหนุนการศึกษาสำหรับผู้มีศักยภาพเข้าศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาประจำปี การศึกษา 2557 สัตยญา เลขที่ 05/2557

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ รวมถึงทุนงบประมาณ แผ่นดินประจำปี 2560 สัตยญาเลขที่ WU60119

6. บรรณานุกรม

- [1] Torrico, D. D. and et al. 2014. Quality of eggs coated with oil–chitosan emulsion: Combined effects of emulsifier types, initial albumen quality, and storage. *LWT-Food Science and Technology*. 57 (1): 35-41.

- [2] Eke, M. O., Olaitan, N. I. and Ochefu, J. H. 2013. Effect of storage conditions on quality attributes of shell (table) eggs. **Nigerian Food Journal**. 31(2): 18-24.
- [3] Utrarachkij, F. and et al. 2012. Possible horizontal transmission of *Salmonella* via reusable egg trays in Thailand. **International Journal of Food Microbiology**. 154: 73–78.
- [4] Howard, Z. R. and et al. 2012. *Salmonella* Enteritidis in shell eggs: Current issues and prospects for control. **Food Research International**. 45: 755–764.
- [5] Ragni, L. and et al. Non-thermal atmospheric gas plasma device for surface decontamination of shell eggs. 2010. **Journal of Food Engineering**. 100(1): 125-132.
- [6] Matan, N., Nisoa, M., and Matan, N. 2014. Antibacterial activity of essential oils and their main components enhanced by atmospheric RF plasma. **Food Control**. 39: 97-99.
- [7] Gill, A. O. and Holly, R. A. 2006. Disruption of *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* and *Lactobacillus sakei* cellular membranes by plant oil aromatics. **International Journal of Food Microbiology**. 108: 1-9.
- [8] Inouye, S., and Asakura, M., 2003. Comparative study of antimicrobial and cytotoxic effects of selected essential oils by gaseous and solution contacts. **International Journal of Aromatherapy**. 13(1): 33-41.
- [9] Khaleque, M. A. and Bari, M. L. 2016. Use of cloves and cinnamon essential oil to inactivate *Listeria monocytogenes* in ground beef at freezing and refrigeration temperatures. **LWT-Food Science and Technology**. 74: 219-223.
- [10] Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. **International Journal of Food Microbiology**. 94(3): 223-253.
- [11] Stadelman, W. J and Cotterill, O. 2007. **Egg Science and Technology** (4th ed.). NY: AtateHaworth Press.
- [12] Ihekoronye, P. O. and Ngoddy A. I. 1985. **Integrated Food Science and Technology for Tropics**. London, England: Macmillan Press.
- [13] Torrico, D. D. and Osorio, L. F. 2011. Mineral oil-chitosan emulsion coatings affect quality and shelf-life of coated eggs during refrigerated and room temperature storage. **Journal of Food Science**. 76: S262-S268.
- [14] Matan, N., Saengkrajang, W., and Matan, N. 2011. Antifungal activities of essential oils applied by dip-treatment on areca palm (*Areca catechu*) leaf sheath and persistence of their potency upon storage. **International Biodeterioration & Biodegradation**. 65(1): 212-216.
- [15] Moon, S. E., Kim, H. Y., and Cha, J. D. 2011. Synergistic effect between clove oil and its major compounds and antibiotics against oral bacteria. **Archives of Oral Biology**. 56(9): 907-916.

- [16] Gulcin, W. 2004 Comparison of antioxidant activity of clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb.) buds and lavender (*Lavandula stoechas* L.). **Food Chemistry**. 87(3): 393-400.
- [17] Ju, J., Xu, X., Xie, Y., Guo, Y., Cheng, Y., Qian, H., and Yao, W. 2018. Inhibitory effects of cinnamon and clove essential oils on mold growth on baked foods. **Food Chemistry**. 240: 850-855.
- [18] Mulla, M., Ahmed, J., Al-Attar, H., Castro-Aguirre, E., Arfat, Y.A., and Auras, R. 2017. Antimicrobial efficacy of clove essential oil infused into chemically modified LLDPE film for chicken meat packaging, **Food Control**. 73: 663-671.