รายงานฉบับสมบูรณ์

การยืดอายุการเก็บรักษาไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทานด้วยบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ

Shelf life extension of ready-to-eat boiled salted eggs using active packaging

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรเวทย์ อุทโธ
สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

โครงการวิจัยทุนอุดหนุนจากเงินรายได้คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
เพื่อการพัฒนาและสนับสนุนงานวิจัย
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

บทสรุปผู้บริหาร

ผู้วิจัยได้ดำเนินการใช้บรรจุภัณฑ์แอคทีฟ โดยใช้ซองดูดซับออกซิเจนและการบรรจุสุญญากาศ ตลอดจนการเคลือบไข่เค็มด้วยสารเคลือบผิวไคโตซาน เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาไข่เค็ม ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ตัวอย่างไข่เค็มจากกลุ่มอาชีพไข่เค็ม ต. บึงบูรพ์ อ. บึงบูรพ์ จ. ศรีสะเกษ จากการศึกษาพบว่าการบรรจุภัณฑ์แอคทีฟและ/หรือการเคลือบผิวนั้น ยังไม่สามารถชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อซาโมเนลล่า ซึ่งเป็นจุลินทรีย์สำคัญก่อโรคในไข่และสัตว์ปีก จากการศึกษาและหารือกับผู้ประกอบการพบว่าจำเป็นต้องมีการใช้ความเย็นเข้าร่วมในการเก็บรักษาไข่เค็ม ดังนั้นการจัดจำหน่ายไข่เค็มด้วยการบรรจุสุญญากาศซึ่งจำหน่ายในช่องทางออนไลน์หรือวางจำหน่ายในท้องตลาดจึงมีความสงสัยในความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้สารเคลือบผิวไข่ที่จัดจำหน่ายในท้องตลาดอาจต้องใช้ในระดับที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นเพื่อชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ แต่ต้องมีการศึกษาต่อไปในประเด็นของสารตกค้าง ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ไข่เค็มเพื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องอาจมีการประยุกต์ใช้ระบบการปล่อยไอระเหยที่สามารถชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น ไอระเหยเอทานอลและน้ำมันหอมระเหย เข้าร่วมในบรรจุภัณฑ์แต่ต้องมีการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคโดยเฉพาะด้านกลิ่นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ กลุ่มอาชีพไข่เค็ม ต. บึงบูรพ์ อ. บึงบูรพ์ จ. ศรีสะเกษ ในความร่วมมือระหว่างการดำเนินงานวิจัย ความมีน้ำใจและการหารือร่วมกันของผลการศึกษาทั้งแบบพบกันและสื่อสารผ่านโซเชียลมีเดีย (ทาง Line) บริษัท ไบโอเซฟ จำกัด จำกัด สำหรับสารเคลือบผิวไข่ BIONET คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณคณบดี คณะเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุน ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ โดยเฉพาะคุณอุไรวรรณ บัวสอน ที่ได้ประสานการวิจัยนี้และดำเนินการเรื่องเอกสารทางราชการและการเงินที่ดีเสมอมา

ผู้วิจัย
สิงหาคม 2560

สารบัญ

บทสรุปผู้บริหาร ..... ก
กิตติกรรมประกาศ ..... ข
1 ที่มาของโครงการและความสำคัญ 1
2 ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิด (Conceptual Framework) ของโครงการวิจัย (วิธีการเชื่อมโยงโครงการวิจัยย่อย กรณีเป็นชุดโครงการวิจัย) 1
3 วัตถุประสงค์ของโครงการ 3
4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
5 ขอบเขตของโครงการวิจัย 3
6 วิธีการดำเนินการวิจัย 3
6.1 วัตถุดิบ 3
6.2 การตรวจวัดคุณภาพของไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทาน 3
6.3 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์สถิติ 3
7 ผลการดำเนินงานที่สำคัญ 4
7.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้การบรรจุแอคทีฟเพื่อการบรรจุไข่เค็มต้มสุก 4
7.2 ศึกษาเบื้องต้นในการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไข่เค็มต้มสุกในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (เก็บรักษา 1 เดือน) 4
7.2.1 ข้อสรุปเบื้องต้นของการทดลองที่ 1 7
7.3 การทดลองครั้งที่ 2 8
7.3.1 ข้อมูลทั่วไปของการดำเนินการศึกษา 8
7.3.2 ผลการศึกษาระบบการบรรจุไข่เค็มต้มสุกส่วนที่ 1 (3 เม.ย. 2558-3 มิ.ย. 2558) 8
7.3.3 ผลการทดลอง 8
7.3.4 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพ และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ 15
7.3.5 ผลการศึกษาระบบการบรรจุไข่เค็มต้มสุกส่วนที่ 2 (25 พค – 25 มิ.ย 2558) 17
7.3.6 ผลการศึกษาระบบการบรรจุไข่เค็มต้มสุกครั้งที่ 3 (25 มิย – 25 สค 2558) 21
8 สรุป 30
9 เอกสารอ้างอิง 30

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ไข่เค็มแบบขายปลีก....2
ภาพที่ 2 แนวคิดการพัฒนาบรรจุภัณฑ์แอคทีฟเพื่อกำจัดออกซิเจนออกจากบรรยากาศรอบๆไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทาน....2
ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์ถุง Nylon/PE ที่ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non OAB) และมีซองดูดซับออกซิเจน (OAB) ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 เดือน....4
ภาพที่ 4 ลักษณะไข่เค็มทั้งลูกภายในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB) และบรรจุภัณฑ์ที่มีซองดูดซับออกซิเจน (OAB) ภายหลังการเก็บรักษาครบ 1 เดือน....5
ภาพที่ 5 ลักษณะไข่เค็มภายหลังการปอกเปลือกในบรรจุภัณฑ์ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB) และบรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟ (OAB) ภายหลังการเก็บรักษาครบ 1 เดือน....6
ภาพที่ 6 ลักษณะไข่เค็มก่อนปอกเปลือก และภายหลังการปอกเปลือกในบรรจุภัณฑ์ธรรมดา (Ctrl)....6
ภาพที่ 7 ลักษณะไข่เค็มทั้งลูกภายในบรรจุภัณฑ์ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB) และบรรจุภัณฑ์มีซองดูดซับออกซิเจน (OAB) ภายหลังการเก็บรักษาครบ 45 วัน....7
ภาพที่ 8 ลักษณะไข่เค็มภายหลังการปอกเปลือกในบรรจุภัณฑ์ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB) และบรรจุภัณฑ์ซองดูดซับออกซิเจน (OAB) ภายหลังการเก็บรักษาครบ 45 วัน....7
ภาพที่ 9 การตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส (ค่าแรงสูงสุด (N)) ในไข่ขาวของไข่แดงต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน.9
ภาพที่ 10 การตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส (ค่าแรงสูงสุด (N)) ในไข่แดงต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน....10
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน....11
ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเขียว (a*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน....12
ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน....12
ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน....13
ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเขียว (a*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน....14
ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน....15
ภาพที่ 17 การตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัมผัสของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 31 วัน....23
ภาพที่ 18 การตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัมผัสของไข่แดงในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน....23
ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงสี L* ของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟเป็นระยะเวลา 30 วัน....24
ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงสี a* ของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟเป็นระยะเวลา 30 วัน....25
ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงสี b* ของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน....25
ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงสี L* ของไข่แดงในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน....26
ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงสี a* ของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน....27
ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงสี b* ของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน....27

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางด้านกายภาพของไข่เค็มต้มสุกเก็บรักษาในระบบการบรรจุต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 2 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง..... 16
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ในไข่เค็มต้มสุกเก็บรักษาในระบบการบรรจุต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 2 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง..... 17
ตารางที่ 3 ลักษณะปรากฏของเปลือกไข่ ไข่ขาว และไข่แดง ของไข่เค็มต้มสุกเก็บรักษาในระบบการบรรจุต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง..... 18
ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางด้านกายภาพของไข่เค็มต้มสุกเก็บรักษาในระบบการบรรจุต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง..... 19
ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ในไข่เค็มต้มสุกเก็บรักษาในระบบการบรรจุต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง..... 20
ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของไข่เค็มต้มสุก 28

1 ที่มาของโครงการและความสำคัญ

ไข่เค็มเป็นผลิตภัณฑ์อาหารไข่ประเภทหนึ่งที่มีการผลิตและจัดจำหน่ายในอุตสาหกรรมขนาดจิ๋วและขนาดเล็ก ผู้วิจัยได้พบกับผู้ประกอบการไข่เค็มในจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดศรีสะเกษหลายผู้ประกอบการ ในการอบรม/บริการของคณะเกษตรศาสตร์กลยุทธ์พัฒนาอาหารพื้นบ้านและการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารในระหว่างปี 2552-2556 ทำให้ทราบว่าผู้ประกอบการเหล่านี้มีปัญหาในการเก็บรักษาไข่เค็มเพื่อให้ได้อายุเกิน 1 เดือนขึ้นไป ภายใต้สภาวะการเก็บรักษาอุณหภูมิห้อง (35-40ºC) แม้ว่าผู้ประกอบการบางท่านได้ทำการแช่เย็นไขเค็มที่ต้มแล้วก่อนทำการขนส่ง ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวสามารถที่ชะลอการเน่าเสียได้เมื่อเปรียบเทียบกับไข่เค็มที่ต้มแล้วและเก็บหรือวางจำหน่ายในอุณหภูมิห้อง ทั้งนี้การใช้ความเย็นในการเก็บรักษานั้นดูเหมือนว่าอาจไม่สามารถทำได้จริงทั้งห่วงโซ่อุทาน (Supply chain) เนื่องจากผู้ขนส่งและ/หรือผู้ขายรายย่อยไม่ได้ใช้ห้องเย็นหรือตู้เย็นในการขนส่งและจัดจำหน่าย ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของไขเค็มที่ต้มแล้วนั้นจึงมีอายุเฉลี่ย 1 เดือน นอกจากนี้การยืดอายุการเก็บรักษาไข่เค็มนั้นสามารถเป็นข้อเจรจาการค้าสำหรับผู้ส่งออกไข่เค็มไปยังกลุ่มประเทศอาเซียนหรือสหรัฐอเมริกา โดยอายุการเก็บรักษาที่ต้องการของตลาดดังกล่าวนั้นมากกว่า 1 เดือนขึ้นไป

ข้าพเจ้าในฐานะนักวิจัยด้านเทคโนโลยีการบรรจุ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้พิจารณาว่าการยืดอายุไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทานนั้นมีความเป็นไปได้โดยประยุกต์ใช้การบรรจุแอคทีฟ (Active packaging) ประเภทการกำจัดก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศรอบๆ ไข่เค็ม ซึ่งก๊าซออกซิเจนเป็นสาเหตุสำคัญหนึ่งที่ส่งผลให้อายุของไข่เค็มนั้นลดลง จากการทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ที่นำไปสู่การพัฒนากลิ่นที่ไม่พึงประสงค์หรือการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ที่บริเวณเนื้อไข่หรือเยื้อบริเวณเปลือกไข่ด้านใน ทั้งนี้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นกระบวนการสำคัญหนึ่งที่ส่งผลทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย และการเกิดปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นได้ในอัตราที่สูงในสภาวะอุณหภูมิสูง เช่น อุณหภูมิห้อง (Robertson, 1993a)จากการศึกษาเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องพบว่าการกำจัดออกซิเจนภายในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์จะช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นระหว่างออกซิเจนกับองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์อาหารได้ และการใช้ซองดูดซับออกซิเจน (Oxygen scavenging sachet) เป็นแนวทางที่ง่ายในการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารและมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษา ดังเช่นในกรณีของขนมไหว้พระจันทร์ของบริษัท เอส แอนด์ พี จำกัด ในปัจจุบันยังไม่ได้มีการพัฒนาการบรรจุแอคทีฟประเภทดังกล่าวกับไข่เค็ม ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความคล้ายคลึงกับขนมไหว้พระจันทร์ เช่น ในด้านส่วนประกอบและความชื้น ดังนั้นข้าพเจ้าจึงขอเสนองานวิจัยเพื่อพัฒนาการบรรจุแบบแอทีฟสำหรับไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทาน

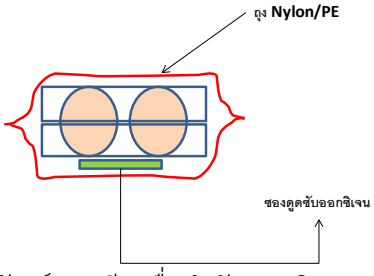
2 ทฤษฎีหรือกรอบแนวความคิด (Conceptual Framework) ของโครงการวิจัย (วิธีการเชื่อมโยงโครงการวิจัยย่อย กรณีเป็นชุดโครงการวิจัย)

เปลือกไข่เป็นวัสดุที่มีความเป็นรูพรุน ซึ่งเป็นช่องทางทำให้เกิดการถ่ายโอนและแลกเปลี่ยนก๊าซ ความชื้นและไอระเหย ระหว่างภายในและภายนอกเปลือกไขได้ (ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์, 2530) จากหลักการถ่ายโอนมวลพบว่าก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศรอบๆ ไข่ มีแนวเกิดการถ่ายเทจากภายนอกไข่ไปยังภายในไข่ผ่านรูพรุน และทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของไข่ทำให้เกิดการเร่งการเสื่อมเสียของไข่ (ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิก, 2529) ดังนั้นจึงมีการพัฒนาสารเคลือบ (Coating material) เช่น KU-Ovaguardโดย คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งมีวัสดุแป้งข้าวเป็นวัสดุฐาน (Coating based material) โดยสารเคลือบนั้นจะไปปิดรูพรุนของเปลือกไข่ทำให้ลดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างภายในและภายนอกไข่ อันส่งผลให้เกิดการยืดอายุการเก็บรักษาไข่ออกไป การอย่างไรก็ตามการเคลือบด้วยสารดังกล่าวต้องอาศัยเครื่องเคลือบที่เป็นแบบสเปรย์พ่น ซึ่งต้องมีการสร้างเครื่องมือตามสิทธิบัตรของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงเป็นผลให้ผู้ประกอบการขนาดจิ๋ว(Micro-entrepreneur) และขนาดเล็ก(Small-scale entrepreneur) ยังไม่สามารถลงทุนในอุปกรณ์ดังกล่าว

ปัจจุบันผู้ประกอบการจำหน่ายไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทานในระดับขายปลีกแบบแพค 4, 6 12 หรือ 24 ลูก ในบรรจุภัณฑ์ที่หลากหลาย แต่ที่ได้รับความนิยมคือการบรรจุในถาดหลุมพลาสติก (ภาพที่ 1) เนื่องจากเป็นวัตถุที่มีความแข็งแรงและยืดหยุ่น ซึ่งสามารถป้องกันผิวของไข่ไม่ให้เกิดการแตกร้าวได้ง่าย นอกจากนี้บรรจุภัณฑ์ยังให้ภาพปรากฏที่สะอาดและปลอดภัยต่อการบริโภค ดังนั้นการพัฒนาบรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟเพื่อยกระดับคุณภาพและอายุการเก็บรักษาคุณภาพไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทาน จึงไม่ควรปรับเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์ที่ผู้บริโภคคุ้นเคยมากจนเกินไป

ภาพที่ 1 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ไข่เค็มแบบขายปลีก
ที่มา http://www.manager.co.th/iBizchannel/ViewNews.aspx?NewsID=9540000103028 (19 ส.ค. 2557)

ซองดูดซับก๊าซออกซิเจนหรือซองกำจัดก๊าซออกซิเจน (Oxygen scavenging or absorbing sachet) เป็นซองขนาดเล็ก เช่น 1 × 1 นิ้ว โดยในซองบรรจุผงเหล็ก ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้(Rooney, 1995)ทั้งนี้ซองดูดซับออกซิเจนควรใช้กับบรรจุภัณฑ์ที่สามารถต้านการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนได้สูง เพื่อป้องกันไม่ให้ซองดูดซับฯ เกิดการอิ่มตัวเร็วจนเกินไป วัสดุดังกล่าว เช่น ฟิล์มอะลูมิเนียมฟอล์ย หรือฟิล์มNylon/PE ซึ่งเป็นฟิล์มพลาสติกสำหรับบรรจุข้าวแบบสุญญากาศ (Vacuum packaging) (Robertson, 1993b)ดังนั้นหากนำซองดูดซับฯ ใส่ลงไปในบรรจุภัณฑ์ไข่เค็มที่แสดงในภาพที่ 1 ผู้วิจัยคาดว่าซองดูดซับจะหมดความสามารถในการดูดซับออกซิเจนภายใน 24 ชั่วโมง และไม่ส่งผลอย่างชัดเจนต่อการยืดอายุการเก็บรักษาไข่เค็มจากข้อจำกัดดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดการใช้หลักการ Tray-in-bag โดยจะได้นำถาดไข่ใส่ลงไปในถุงพลาสติกใส ซึ่งผู้บริโภคสามารถมองเห็นสินค้าในบรรจุภัณฑ์ได้แล้วตามด้วยการใส่ซองดูดซับออกซิเจน จากนั้นจึงทำการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ด้วยความร้อน (Heat-sealing) ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยซองดูดซับออกซิเจนอยู่ภายนอกถาดไข่ ซึ่งน่าจะลดความกังวลของผู้บริโภคลงต่อซองที่เพิ่มขึ้นในบรรจุภัณฑ์ได้ แม้ว่าซองดูดซับฯ สามารถสัมผัสกับอาหารได้



ภาพที่ 2 แนวคิดการพัฒนาบรรจุภัณฑ์แอคทีฟเพื่อกำจัดออกซิเจนออกจากบรรยากาศรอบๆไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทาน

3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทานในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟประเภทกำจัดออกซิเจน

4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ผู้ผลิตสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์เพื่อการปรับปรุงการผลิต
- เผยแพร่งานวิจัยผ่านการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการหรือเอกสารการประชุม (Proceeding)

5 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- ใช้ไข่เข็มต้มสุกพร้อมรับประทาน
- บรรจุภัณฑ์ถาดพลาสติก Polystyrene (PS) และถุงฟิล์มพลาสติก Nylon/PE
- ซองดูดซับออกซิเจน (บรรจุ 1 ซอง ต่อ บรรจุภัณฑ์)

6 วิธีการดำเนินการวิจัย

6.1 วัตถุดิบ

ไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประท่าน ซื้อจากกลุ่มอาชีพไข่เค็ม ต. บึงบูรพ์ อ. บึงบูรพ์ จ. ศรีสะเกษ โดยผู้ประกอบการจัดส่งจาก จ. ศรีสะเกษ มายัง มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บรรจุภัณฑ์ถาดพลาสติกและถุง Nylon/PE ซื้อจากบริษัท จิตราบรรจุภัณฑ์ จำกัด (กรุงเทพฯ) และซองดูดซับออกซิเจน RP-100 จัดซื้อจากบริษัท เจนจรัสเคมซัพพลาย จำกัด

6.2 การตรวจวัดคุณภาพของไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทาน

คุณภาพของไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทาน ที่จะศึกษามีดังนี้

- ค่าเนื้อสัมผัสของไข่ขาวและไข่แดง โดยใช้เครื่อง Lloyd Instrument
- ค่าสีในระบบ L*, a* และ b* ด้วยเครื่อง HunterLab โดยจะทำการวัดทั้งบริเวณไข่ขาวและไข่แดง
- ปริมาณคลอไรด์ในรูป NaCl ในไขขาวและไข่แดง (AOAC 1995)
- คุณภาพทางจุลินทรีย์ ประกอบด้วย จุลินทรีย์ทั้งหมดและ ยีสต์และรา (AOAC 1990)
- การทดสอบการยอมรับของกลุ่มผู้บริโภค โดยใช้วิธีการทดสอบแบบ Home Use Test กับผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 50 คน ทดสอบรับประทานไข่เค็มที่เสนอให้พร้อมตอบแบบสอบถาม ซึ่งคุณลักษณะที่จะดำเนินการทดสอบ ประกอบด้วย ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และ เนื้อสัมผัส โดยที่ผู้วิจัยจะได้ตรวจคุณภาพทางจุลินทรีย์ก่อนเพื่อกำหนดช่วงเวลาที่ปลอดภัยในการทดสอบฯ ซึ่งระดับคุณภาพจุลินทรีย์ที่ปลอดภัยต่อการบริโภค คือ จำนวนของจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน $1x10^4$ โคโลนีต่อกรัมตัวอย่าง

6.3 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์สถิติ

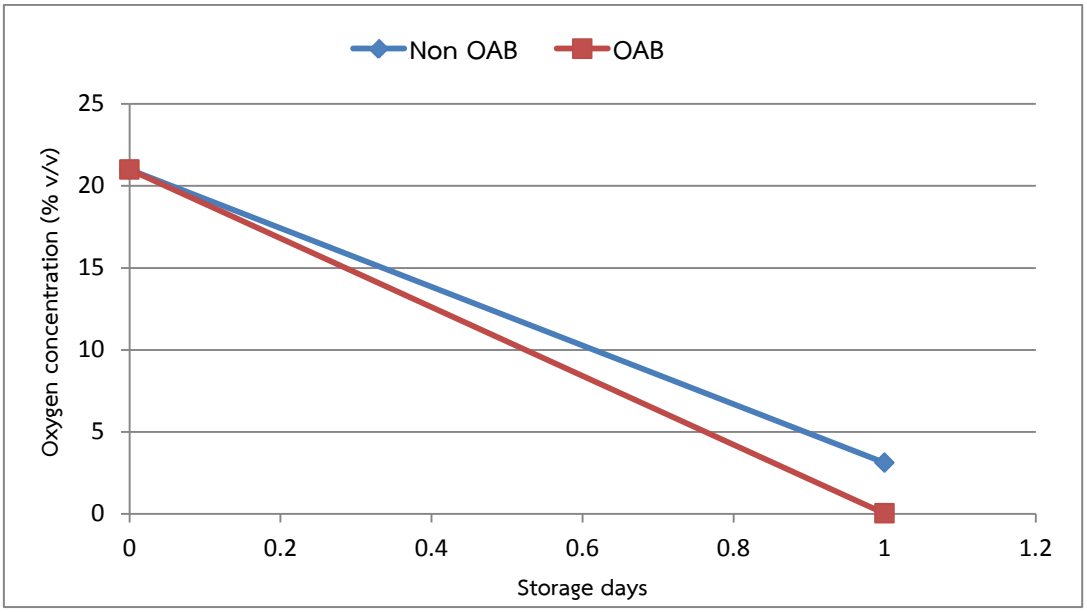
ในการทดลองนี้จะดำเนินการศึกษาผลของบรรจุภัณฑ์ ต่อคุณภาพไข่เค็มต้มสุกพร้อมรับประทาน (จำนวน 4 ลูก ต่อบรรจุภัณฑ์) ทั้งนี้บรรจุภัณฑ์ประกอบด้วย (1) บรรจุภัณฑ์ดังแสดงในภาพที่ 2 (ตัวย่อ NY-MAb) (2) บรรจุภัณฑ์ดังแสดงในภาพที่ 2 แต่ไม่ใส่ซองดูดซับออกซิเจน (ตัวย่อ NY-NoAb) และ (3) บรรจุภัณฑ์บรรจุไข่ลงในถาด

พลาสติกเท่านั้น (จัดเป็นตัวอย่างควบคุม-Control) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomised Design; CRD) เก็บรักษาเป็นจำนวน 3 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง (35°C) โดยทำการสุ่มตัวอย่างมาเพื่อวัดค่าในทุกๆ 30 วัน ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance) และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคุณภาพที่ทำการวัดจากไข่ในแต่ละบรรจุภัณฑ์และช่วงเวลาด้วย Duncan Multiple Range Test (DMRT) ณ $p \leq 0.05$ โดยใช้โปรแกรม Statistical Package For the Social Sciences For Windows (SPSS)

7 ผลการดำเนินงานที่สำคัญ

7.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้การบรรจุแอคทีฟเพื่อการบรรจุไข่เค็มต้มสุก

ในการศึกษาพบว่า เมื่อทำการบรรจุไข่เค็มต้มสุกในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก Nylon/PE พบว่าความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลดลงจาก 20% (v/v) เหลือประมาณ 3.12% (v/v) (ภาพที่ 3) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกิดกระบวนการดูดซับออกซิเจนในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์โดยไข่ และอาจนำไปสู่การเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีอื่นๆต่อไป ในขณะที่บรรจุภัณฑ์ไข่เค็มต้มสุกที่มีการบรรจุซองดูดซับออกซิเจน พบว่ามีระดับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนต่ำมาก ประมาณ 0.03% (v/v) (ภาพที่ 3) ซึ่งแสดงถึงศักยภาพของซองดูดซับออกซิเจนในการกำจัดออกซิเจนในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์ ทำให้ผู้วิจัยทำการศึกษาต่อในการเก็บรักษาไข่เค็มต้มสุกโดยใช้ซองดูดซับออกซิเจน



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศบรรจุภัณฑ์ถุง Nylon/PE ที่ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non OAB) และมีซองดูดซับออกซิเจน (OAB) ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 เดือน

7.2 ศึกษาเบื้องต้นในการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพไข่เค็มต้มสุกในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (เก็บรักษา 1 เดือน)

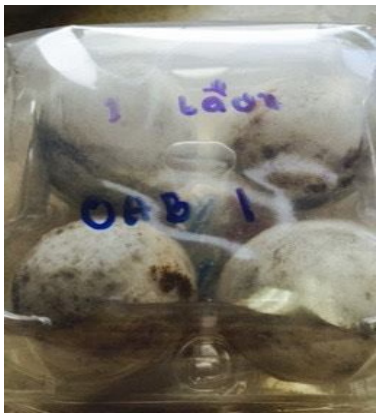
จากการเก็บรักษาคุณภาพไข่เค็มโดยการนำการบรรจุแบบแอคทีฟมาประยุกต์ใช้ในการทำงานโดยระบบการบรรจุแบบแอคทีฟใช้ซองดูดซับออกซิเจนมาบรรจุเข้าในกล่องแบบจุไข่ เปรียบเทียบกับการบรรจุไข่

ในกล่องพลาสติกที่ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน และมีการใส่ถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE หุ้มอีกชั้นหนึ่งซึ่งถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE มีคุณสมบัติในการป้องการการซึมผ่านของออกซิเจนได้ดี เนื่องจากสมมุติฐานการทดลองที่ทางผู้วิจัยตั้งไว้ว่าสาเหตุที่ส่งผลต่อการเสื่อมเสียของไข่เค็มภายหลังการเก็บรักษาไว้ไม่เกิน1 เดือน จะเกิดการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เช่น กลิ่นรสชาติที่มีผลมาจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นสมควรที่จะนำซองดูดซับออกซิเจนมาใช้ร่วมในการเก็บรักษาไข่เค็มในครั้งนี้

จากผลการเก็บรักษาไข่เค็มภายในบรรจุภัณฑ์แบบใช้ซองดูดซับออกซิเจน จำนวน 1 ซอง เปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ที่ไม่ใช้ซองดูดซับออกซิเจน และนำกล่องไข่เค็มมาบรรจุภายในถุงพลาสติกชนิด Nylon/PE และทำการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง (30°C) เป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาครบ 1 เดือน บริเวณภายนอกเปลือกไข่ของทั้งสองบรรจุภัณฑ์มีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์รอบๆเปลือกไข่ทั่วทั้งใบ ซึ่งจากการสังเกตคร่าวๆ นั้นน่าจะเป็นลักษณะของการเจริญของเชื้อยีส และเชื้อรา เนื่องจากมีสปอร์ของเชื้อเกิดรอบๆเปลือกไข่มีลักษณะเป็นสีดำ (ภาพที่ 4) นอกจากนี้จากการสังเกตภายในบรรจุภัณฑ์ยังมีการเกิดของหยดน้ำเกาะอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ นั้นแสดงให้เห็นว่าในระหว่างการเก็บรักษาไข่เค็มมีการคายน้ำหรือการแพร่ของน้ำจากภายในออกมาภายนอกของเปลือกไข่ ดังนั้นไอน้ำอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนช่วยให้เชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญและส่งผลต่อการเสื่อมเสียของไข่เค็มได้

บรรจุภัณฑ์ไข่เค็มที่ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน(Non-OAB)

บรรจุภัณฑ์ไข่เค็มไม่มีซองดูดซับออกซิเจน(Non-OAB)



บรรจุภัณฑ์มีซองดูดซับออกซิเจน (OAB)

ภาพที่ 4 ลักษณะไข่เค็มทั้งลูกภายในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB) และบรรจุภัณฑ์ที่มีซองดูดซับออกซิเจน (OAB) ภายหลังการเก็บรักษาครบ 1 เดือน

เมื่อนำไข่เค็มที่ผ่านการเก็บรักษาครบ 1 เดือน มาปอกเปลือกและสังเกตลักษณะของไข่ขาว และ ไข่แดง (ภาพที่ 5) จากการสังเกตบริเวณผิวไข่ขาวยังไม่มีร่องรอย หรือจุดดำที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ลักษณะของพื้นผิวไข่ขาวยังคงมีลักษณะปกติเหมือนไข่ขาวของไข่เค็มทั่วไป และลักษณะของไข่แดงยังคงมีลักษณะปกติ แต่มีบางส่วนตรงบริเวณขอบๆของไข่แดงมีรอยคล้ำติดอยู่ ซึ่งนั้นอาจเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ และคุณลักษณะทางด้านกลิ่นของไข่เค็มมีกลิ่นผิดปกติ คือมีกลิ่นเหม็นแต่ยังไม่รุนแรงมากนักแต่สัมผัสได้ถึงการเปลี่ยนแปลง แม้ไข่เค็มจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณเกลือ หรือความเค็มสูงแต่ในขั้นตอนการต้มอาจส่งผลให้ความเค็มบริเวณเปลือกไข่ลดลง ดังนั้นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติในด้านทนเกลือ หรือความเค็มสามารถเจริญได้ดี

ลักษณะภายในไข่เค็มบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีการบรรจุซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB)

ลักษณะภายในไข่แดงของไข่เค็มในบรรจุภัณฑ์ซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB)

ลักษณะภายในไข่ขาวของไข่เค็มภายในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟ (OAB)

ลักษณะภายในไข่แดงของไข่เค็มภายในบรรจุภัณฑ์ แอคทีฟ (OAB)

ภาพที่ 5 ลักษณะไข่เค็มภายหลังการปอกเปลือกในบรรจุภัณฑ์ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB) และบรรจุภัณฑ์แบบแอคทีฟ (OAB) ภายหลังการเก็บรักษาครบ 1 เดือน

เมื่อทำการศึกษาการเก็บรักษาไข่เค็มที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ทั่วไปที่ผู้ประกอบใช้ ในระยะเวลา 1 เดือน (ภาพที่ 6) จากการสังเกตลักษณะภายนอกของเปลือกไข่พบเห็นลักษณะการเกิดของสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์รอบบริเวณเปลือกไข่เช่นเดียวกันกับที่เก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าบรรจุภัณฑ์ไม่มีส่วนในการทำให้เชื้อจุลินทรีย์ แม้จะใช้บรรจุภัณฑ์แบบปกติก็ยังมีการเสื่อมเสียที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ได้เช่นเดิมซึ่งจากการสังเกตจะเริ่มเห็นการเจริญของเชื้อราภายหลังการเก็บรักษา 20 วัน เมื่อเก็บรักษาครบ 30 วัน ยิ่งเห็นสปอร์ของเชื้อราชัดเจนมากยิ่งขึ้น และเมื่อปอกเปลือกปละทำการสังเกตลักษณะของไข่ขาว และไข่แดง (ภาพที่ 6) พบว่าไข่ขาวยังไม่มีร่องรอยของการเจริญเชื้อราเช่นเดียวกันกับตัวอย่างในบรรจุภัณฑ์อื่นที่ทำการเก็บรักษา และไข่แดงยังคงมีลักษณะปกติเช่นเดิม แม้ว่ากลิ่นของไข่เค็มที่เก็บรักษาจะมีการเปลี่ยนแปลง คือมีกลิ่นเหม็นเน่าซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้สามารถแสดงให้ผู้วิจัยเห็นว่าควรมีการคำนึงถึงปัจจัยใดในการเก็บรักษาไข่เค็ม

ลักษณะไข่เค็มบรรจุภัณฑ์ทั่วไปของผู้ประกอบการ

ลักษณะภายนอกเปลือกไข่ทั่วไปของผู้ประกอบการ

ลักษณะภายในไข่ขาวของไข่เค็มภายในบรรจุภัณฑ์ทั่วไปของผู้ประกอบการ

ลักษณะภายในไข่แดงของไข่เค็มภายในบรรจุภัณฑ์ทั่วไปของผู้ประกอบการ

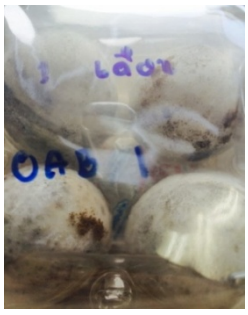
ภาพที่ 6 ลักษณะไข่เค็มก่อนปอกเปลือก และภายหลังการปอกเปลือกในบรรจุภัณฑ์ธรรมดา (Ctrl)

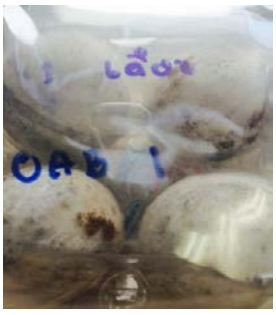
ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรักษาไข่ในบรรจุภัณฑ์แอคทีฟและธรรมดาต่อไปเป็นเวลา 45 วัน พบว่า บริเวณเปลือกไข่เห็นได้ชัดเจนว่ามีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (ภาพที่ 7) ซึ่งลักษณะของการเจริญของที่มีสปอร์ของเชื้อยีสและรา จากการสังเกตลักษณะของสปอร์เป็นสีดำเกิดขึ้นทั่วทั้งเปลือกไข่ และภายในบรรจุภัณฑ์นั้นมีหยดน้ำเกิดขึ้น จากการสังเกตซองดูดซับออกซิเจนน่าจะเกิดการอิ่มตัวของออกซิเจน และภายในน่าจะเกิดการเกิดตัวของผงเหล็กภายในซองซาเช่ และเกิดเป็นสนิมของผงเหล็ก ที่เกิดจากความชื้นซึมเข้าภายในและทำ

ปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้เกิดสนิม โดยมีออกซิเจนที่อยู่ภายในบรรจุภัณฑ์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ภายในซองดูดซับออกซิเจนเกิดสนิมได้เร็วขึ้น หากมีปริมาณออกซิเจนเพิ่มสูงขึ้นปฏิกิริยายิ่งเกิดเร็วมากขึ้น (ภาพที่ 7) และประสิทธิภาพของซองหมดไปในการสังเกตครั้งนี้เมื่อเปิดถุงไข่ออกมาจะได้กลิ่นเน่าชัดเจนของไข่เค็ม เนื่องจากมีไนไข่มีความชื้นสูงเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีผลต่อการเสื่อมเสียของไข่ โดยเฉพาะการเสื่อมเสียทางด้านกลิ่น

บรรจุภัณฑ์ไข่เค็มที่ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (OAB)

บรรจุภัณฑ์ไข่เค็มไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (OAB)


บรรจุภัณฑ์มีซองดูดซับออกซิเจน (OAB)


บรรจุภัณฑ์มีซองดูดซับออกซิเจน (OAB)

ภาพที่ 7 ลักษณะไข่เค็มทั้งลูกภายในบรรจุภัณฑ์ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB) และบรรจุภัณฑ์มีซองดูดซับออกซิเจน (OAB) ภายหลังการเก็บรักษาครบ 45 วัน

เมื่อทำการปอกเปลือกไข่เพื่อสังเกตภายในบริเวณไข่ขาว และไข่แดง (ภาพที่ 8) พบว่า บริเวณไข่ขาวยังคงปกติไม่มีร่องรอยการเกิดจุดดำที่บ่งบอกถึงการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ แต่ที่น่าสังเกตคือไข่แดงบริเวณรอบๆไข่แดงจะมีรอยคล้ำที่ชัดเจน ซึ่งน่าจะเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ และอีกประการหนึ่งคือ ไข่แดงจะมีลักษณะของน้ำที่ไหลเยิ้มออกมานั้นอาจจะแสดงให้เห็นว่าไข่แดงถูกทำลายจากเชื้อจุลินทรีย์ และกลิ่นของไข่ที่สัมผัสได้มีกลิ่นเหม็น

ลักษณะภายในไข่ขาวของไข่เค็มในบรรจุภัณฑ์ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB)

ลักษณะภายในไข่แดงของไข่เค็มในบรรจุภัณฑ์ที่ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB)

ลักษณะภายในไข่ขาวของไข่เค็มภายในบรรจุภัณฑ์ที่มีซองดูดซับออกซิเจน (OAB)

ลักษณะภายในไข่แดงของไข่เค็มภายในบรรจุภัณฑ์ ซองดูดซับออกซิเจน (OAB) (OAB)

ภาพที่ 8 ลักษณะไข่เค็มภายหลังการปอกเปลือกในบรรจุภัณฑ์ไม่มีซองดูดซับออกซิเจน (Non-OAB) และบรรจุภัณฑ์ซองดูดซับออกซิเจน (OAB) ภายหลังการเก็บรักษาครบ 45 วัน

7.2.1 ข้อสรุปเบื้องต้นของการทดลองที่ 1

- ไข่เกิดการปนเปื้อนของเชื้อที่บริเวณผิวของเปลือกไข่ โดยผู้ประกอบการให้ข้อมูลว่าเป็นสิ่งที่อาจเกิดขึ้นได้ในกระบวนการผลิต จึงทำให้สามารถสรุปในเบื้องต้นได้ว่าการบรรจุแอคทีฟไม่ได้เป็นตัวเร่งให้เกิดการเน่าเสียดังที่ได้นำเสนอข้างต้น เนื่องการเก็บรักษาแบบควบคุมก็เกิดการเจริญของเชื้อในระดับสูงเหมือนกัน

- จากการศึกษาเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องและหารือกับผู้เชี่ยวชาญด้านจุลินทรีย์อาหาร พบว่าการเสื่อมเสียที่ผิวและต่อถึงระดับเนื้อของไข่นั้น อาจมีสาเหตุสำคัญจากกลุ่มของราที่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่ความชื้นต่ำมากและมีความเค็ม แต่หากกระบวนการผลิตมีการควบคุมที่ดีก็สามารถลดการปนเปื้อนได้
- ผู้วิจัยจึงได้วางแผนการใช้สารเคลือบที่มีส่วนผสมของไคโตซาน เพื่อเป็นการลดเชื้อจุลินทรีย์ที่บริเวณผิวเปลือกไข่ ก่อนทำการเก็บรักษาต่อไป

7.3 การทดลองครั้งที่ 2

7.3.1 ข้อมูลทั่วไปของการดำเนินการศึกษา

จากการให้คำปรึกษาแก่ผู้ประกอบการครั้งที่ 1 ผู้วิจัยและผู้ประกอบการได้ข้อสรุปว่าจะดำเนินการทดลองเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาไข่เค็ม ที่เก็บรักษา ณ อุณหภูมิห้อง (หรืออุณหภูมิปกติ) ให้มีอายุการเก็บรักษา เท่ากับ 2 เดือน จากเดิมที่มีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 เดือน ในการศึกษาได้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วย <u>ส่วนที่ 1</u> ดำเนินการศึกษา ระหว่าง 3 เมษายน 2558- 3 มิถุนายน 2558 (ครบกำหนด 60 วัน) และ <u>ส่วนที่ 2</u> ดำเนินการศึกษา ระหว่าง 25 พฤษภาคม 2558- 25 กรกฎาคม 2558 (ปัจจุบันเก็บรักษาได้เวลา 30 วัน)

ในรายงานนี้ได้รายงานผลการศึกษาในแต่ละส่วน พร้อมกับสรุปผลการทดลองทั้งสองส่วนและนำเสนอข้อเสนอแนะถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาเทคโนโลยีการบรรจุภัณฑ์สำหรับไข่เค็มเพื่อการส่งออก

7.3.2 ผลการศึกษาระบบการบรรจุไข่เค็มต้มสุกส่วนที่ 1 (3 เม.ย. 2558-3 มิ.ย. 2558)

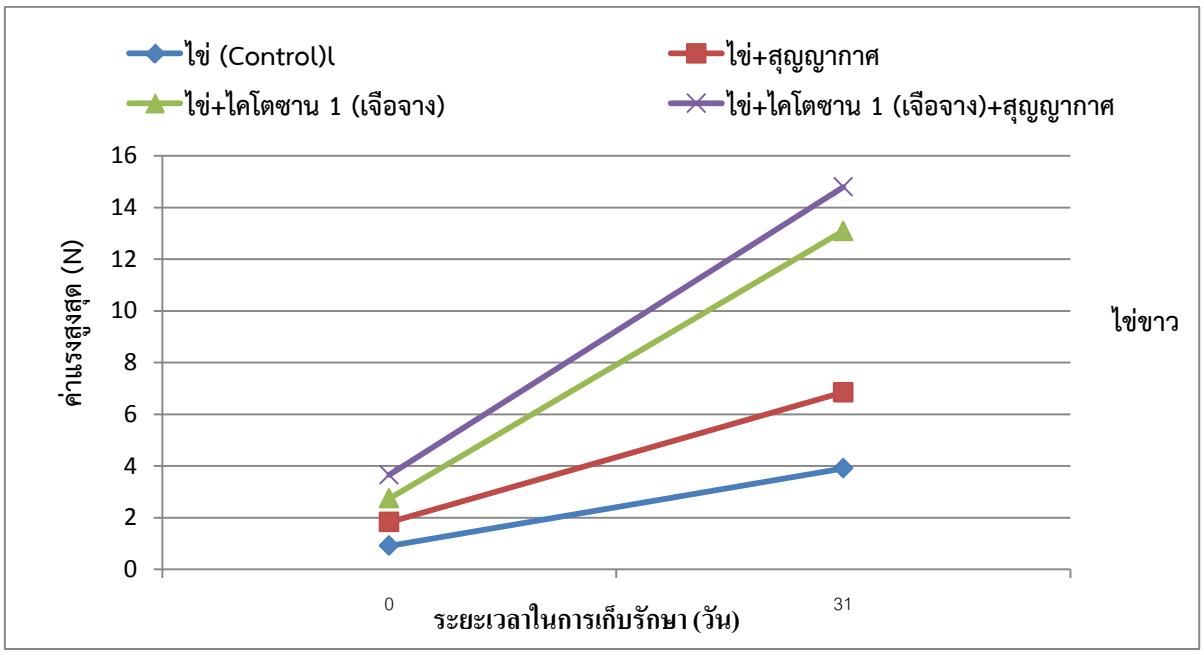
ระบบการบรรจุไข่เค็มต้มสุกที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

1. ไข่เค็มธรรมดา (ไม่ได้บรรจุ หรือ เคลือบด้วยสารไคโตซาน)
2. ไข่เค็มเคลือบสารไคโตซานBIONET-FM2 บริษัท GC POLYTECH จำกัด (ประเทศไทย)ในการศึกษานี้จะใช้ตัวย่อว่า <u>BIONET</u> (อัตราส่วนสารเคลือบ คือ 1 ต่อ 3-ไคโตซาน ต่อ น้ำ โดยปริมาตร)
3. ไข่เค็มธรรมดา บรรจุในถุงสุญญากาศ (ไข่ 1 ลูก ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์)
4. ไข่เค็มเคลือบสารไคโตซานBIONETบรรจุในถุงสุญญากาศ (ไข่ 1 ลูก ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์)

7.3.3 ผลการทดลอง

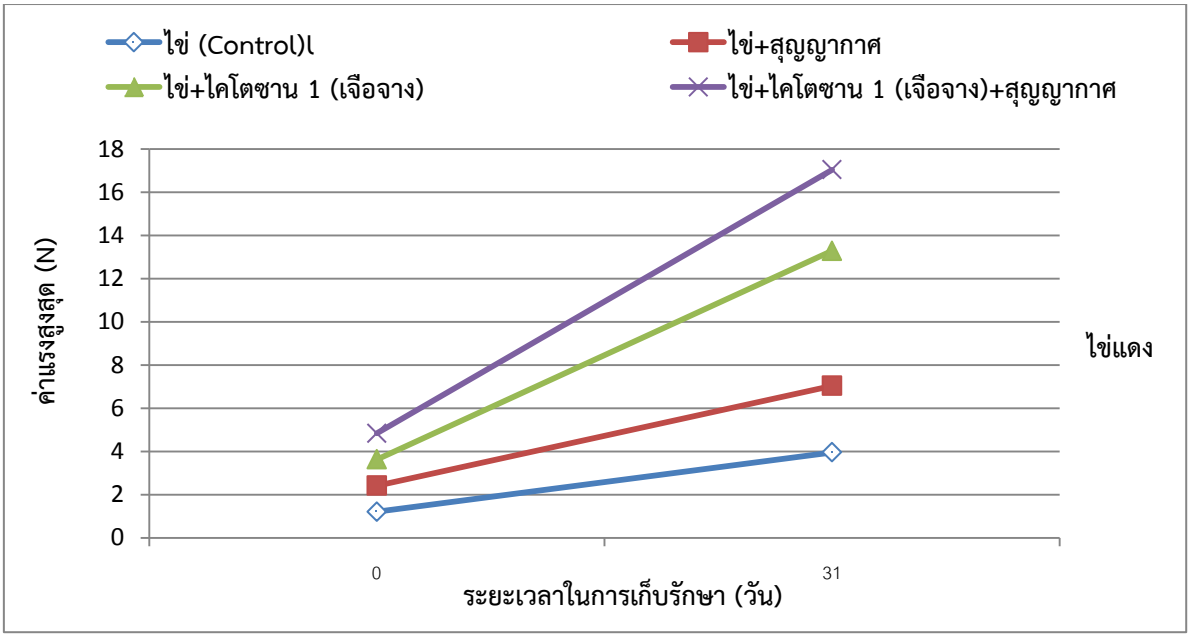
ทำการเก็บรักษาไข่ที่บรรจุในระบบต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน โดยทำการตรวจคุณภาพของไข่เค็มทุกๆ 30 วัน และได้ทำการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงลักษณะปรากฏที่ผิวของเปลือกไข่ (เช่น การเกิดใยสีดำ การแตกของเปลือก และการไหลเยิ้มของน้ำ) ทุกๆ 2 สัปดาห์ ส่วนการตรวจสอบคุณภาพเชื้อ (เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และ Salmonella) เนื้อสัมผัส และสีของไข่แดงและไข่ขาว (เมื่อทำการปอกเปลือก) จากผลการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสไข่ขาว และไข่แดง ของไข่เค็มต้มสุก พบว่า เมื่อทำการเก็บรักษาไข่เค็มต้มสุกในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และเก็บรักษาแบบปกติ (Control) ดังที่ได้กล่าวในวิธีการ

ข้างต้น แสดงให้เห็นว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นครบ 1 เดือนไข่ขาว และไข่แดงมีคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสที่ที่แข็งแน่นมากขึ้น (แสดงผลเป็นค่าแรงสูงสุด) (ภาพที่ 9และ ภาพที่ 10) พบว่า ไข่เค็มที่ผ่านการเคลือบไคโตซาน 1 บรรจุในถุงสุญญากาศ มีค่าสูงที่สุด ไข่เค็ม เคลือบไคโตซาน และไข่เค็มบรรจุสุญญากาศ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับไข่เค็ม (Control) ที่มีค่าทางด้านประสาทสัมผัสต่ำที่สุด อาจเนื่องจากไข่เค็มต้มสุกที่มีการใช้บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟร่วมในการเก็บรักษามีการแพร่ของเกลือเข้าสู่ภายในของไข่เค็มจากไข่ขาวไปสู่ไข่แดงได้มากจึงส่งผลต่อไข่แดงมีค่าแรงสูงสุดเพิ่มขึ้น เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาไข่เค็มนั้นเกลือที่อยู่ภายในไข่ขาวแพร่ไปยังบริเวณไข่เค็มที่มีปริมาณเกลือน้อยกว่าทำให้เกิดกระบวนการดึงน้ำออกจากตัวของไข่แดงที่อยู่ภายในโดยเกลือ ส่งผลให้โปรตีนที่อยู่ภายในหันมาจับตัวกันมากขึ้นจึงส่งผลให้ไข่แดงมีความเหนียวมากขึ้น (ณรงค์ นิยมวิทย์ และสุชาดา งามประภาวัฒน์, 2553)



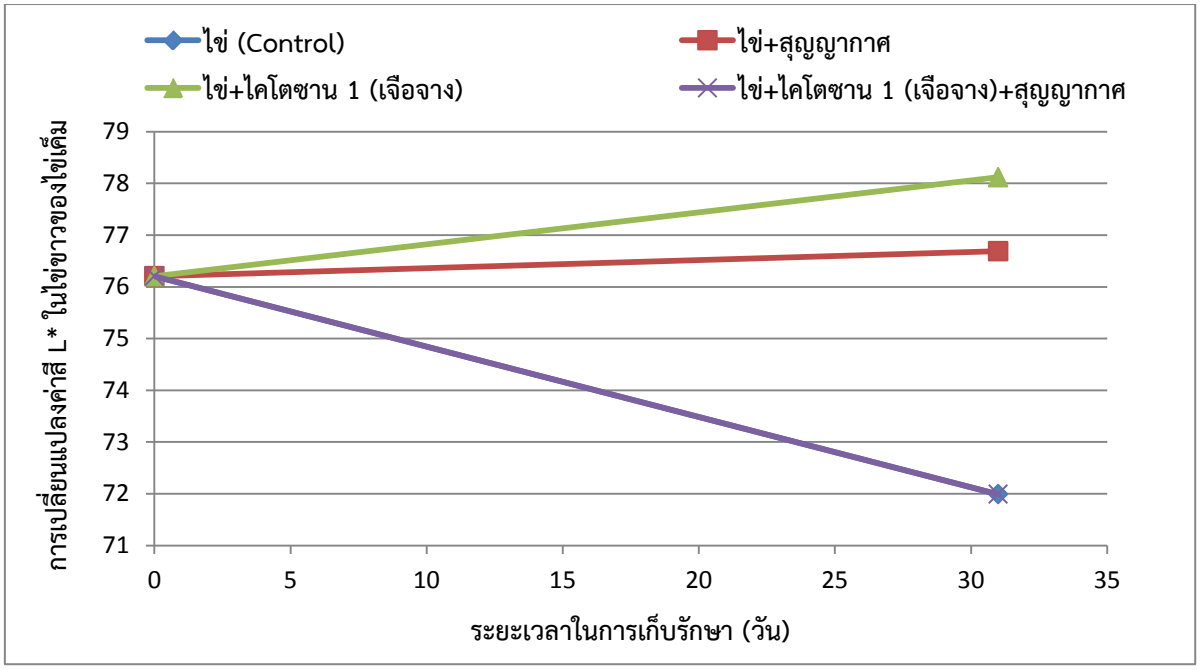
ภาพที่ 9 การตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส (ค่าแรงสูงสุด (N)) ในไข่ขาวของไข่แดงต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของไข่ขาวของไข่เค็มต้มสุกที่ผ่านการเก็บรักษาคุณภาพในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และสภาวะปกติ (Control) พบว่า เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นลักษณะไข่แดงของไข่เค็มต้มสุกมีลักษณะเหนียวมากขึ้นจึงส่งผลให้มีค่าแรงสูงสุดเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 10) โดยเฉพาะในไข่เค็มต้มสุกที่มีการเคลือบด้วยไคโตซาน และบรรจุภายในถุงสุญญากาศ อาจเนื่องจากการเคลือบไคโตซานมีผลทำให้เกลือไม่สามารถแพร่ออกมาภายในได้จึงมีการสะสมอยู่บริเวณผิวไข่ขาว และแพร่ผ่านไปสู่ไข่แดง ซึ่งเกลือมีผลทำให้ไข่ขาวเกิดการสูญเสียน้ำ เนื่องจากเกลือมาทำการดึงน้ำออกจากไข่ขาวที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่จึงมีผลทำให้โปรตีนมีการจับตัวกันแน่นมากขึ้นส่งผลให้ไข่ขาวมีความเหนียวมากขึ้นส่งผลต่อค่าแรงสูงสุดสูงขึ้นตามไปด้วย (ณรงค์ นิยมวิทย์ และสุชาดา งามประภาวัฒน์, 2553)



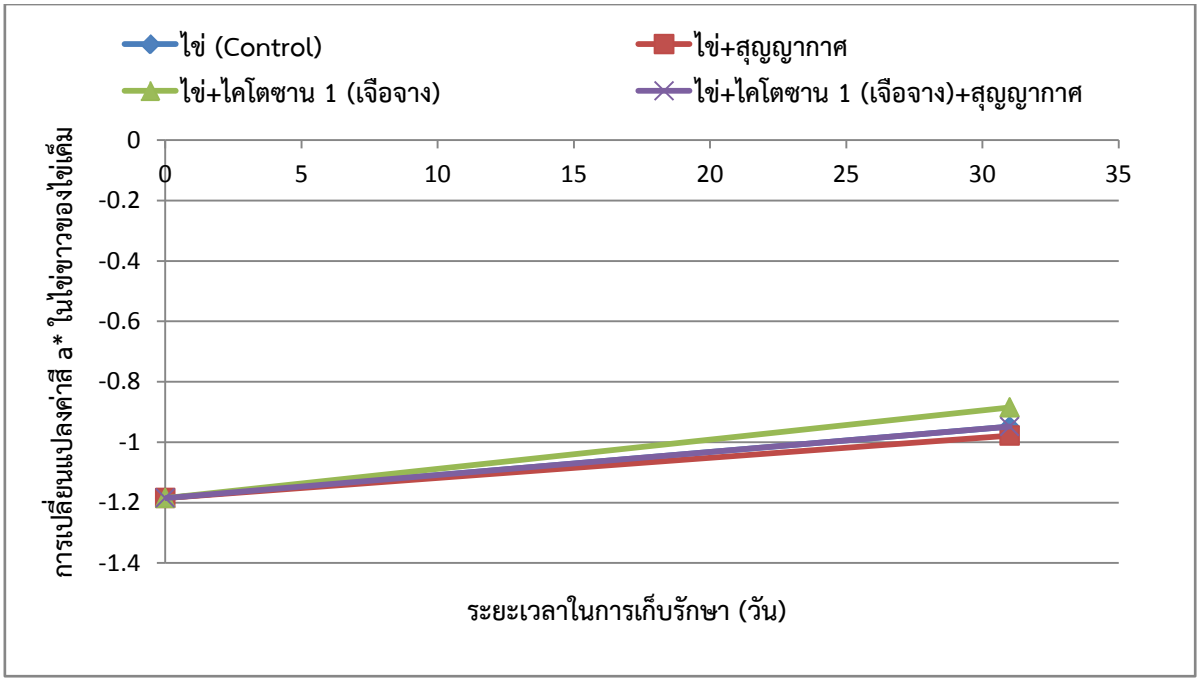
ภาพที่ 10 การตรวจสอบคุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส (ค่าแรงสูงสุด (N)) ในไข่แดงต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน

จากการศึกษาคุณภาพไข่ขาว และไข่แดงของไข่เค็มต้มสุกที่ผ่านการเก็บรักในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และ ไข่ธรรมดา (Control) ในการศึกษาคุณภาพได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีในไข่ขาว และไข่แดง ในระหว่างการเก็บรักษา โดยเป็นการวัดค่า L* a* b* ของไข่เค็มที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน ในสภาวะอุณหภูมิห้อง โดยการนำไข่เค็มปอกเปลือกมาวัดค่าสีของไข่ขาว และไข่แดง เมื่อทำการตรวจสอบการเปลี่ยนค่าสีในไข่ขาวของไข่เค็มต้มสุก แสงให้เห็น การเปลี่ยนค่า L* หรือค่าความสว่าง (ภาพที่ 11) ของไข่ขาว เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาครบ 30 วัน พบว่า ไข่ขาวในตัวอย่างที่เคลือบด้วยไคโตซาน (ไม่มีการบรรจุถุงสุญญากาศ) มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น เนื่องจากไคโตซานมีคุณสมบัติในการป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ส่งผลต่อการเน่าเสียของไข่ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่สร้างใยดำให้เกิดขึ้นที่ส่งผลต่อการลดลงของค่าความสว่าง เพราะไคโตซานสามารถจับกับเซลล์เมมเบรน ของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีน และสารอื่นๆ ออกมานอกเซลล์จนจุลินทรีย์ไม่สามารถเติบโต และลดจำนวนลง เช่นเดียวกันกับตัวอย่างไข่เค็มบรรจุในถุงสุญญากาศที่มีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อาจเนื่องจากไข่ที่บรรจุในถุงสุญญากาศแม้จะไม่มีสารเคลือบมาช่วยในการป้องกันการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ แต่สภาวะสุญญากาศอาจช่วยชะลอการเจริญของเชื้อจุลิทรีย์ที่ส่งผลให้ไข่เค็มเน่าเสียได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างไข่เค็มที่มีการเคลือบไคโตซาน และบรรจุในถุงสุญญากาศ พบว่ามีค่าความสว่างลดต่ำลงมากเมื่อระยะเวลาครบ 30 วัน อาจเนื่องจากมีการเสื่อมเสียจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างรอยดำบนไข่เค็ม แม้ว่าจะมีการเคลือบไคโตซานก็ตามแต่ด้วยสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเนื่องจากมีการแพร่ของน้ำจากตัวไข่ออกมาประกอบกับบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์เป็นสุญญากาศเหมาะแก่การเจริญของเชื่อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศเป็นอย่างมาก

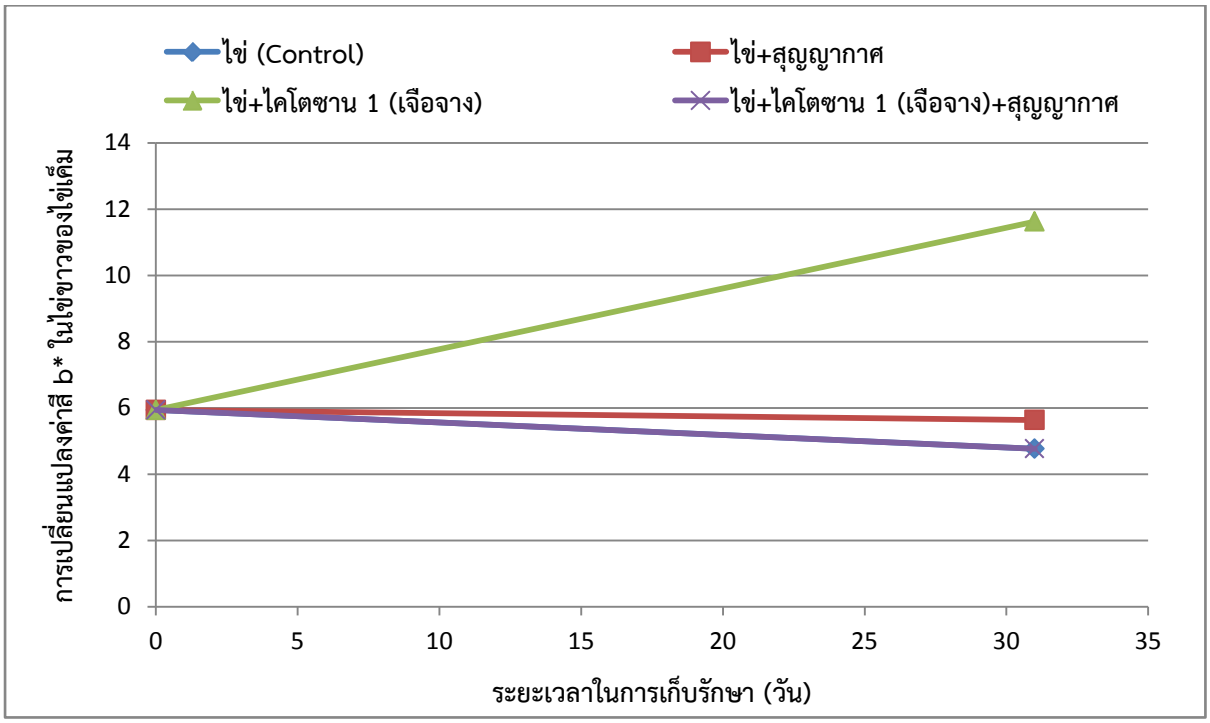


ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าสีของไข่ขาว โดยทำการตรวจสอบค่า a* จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเขียวถึงสีแดง a* (ภาพที่ 12) ของไข่ขาวที่ผ่านการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไข่ธรรมดา (Control) เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า ค่า a* ของตัวอย่างไข่เค็มเคลือบไคโตซานที่ไม่บรรจุสุญญากาศมีแนวโน้มค่าจาก -1.2 เป็น -0.9 แสดงให้เห็นว่าไข่ขาวมีความเป็นสีเขียวและสีแดงลดน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองค่า L* ที่มีความสว่างเพิ่มขึ้น ตามด้วยตัวอย่างที่ไข่ธรรมดา (Control) ไข่บรรจุถุงสุญญากาศ และไข่เคลือบไคโตซานบรรจุถุงสุญญากาศ ที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาไข่อาจมีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ยังมองด้วยตาเปล่าไม่เห็นแต่ส่งผลต่อค่าสี a* ของไข่จึงมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น นอกจากนี้ได้ทำการตรวจสอบค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของไข่ขาว (ภาพที่ 13) จากผลการทดลอง พบว่าไข่เคลือบไคโตซานไม่บรรจุสุญญากาศมีแนวโน้มของค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากว่าไข่ขาวที่ผ่านการเคลือบไคโตซานแม้จะเคลือบไว้ภายนอกเปลือกไข่ แต่ไข่มีรูพรุน ส่งผลให้ไคโตซานที่เคลือบอยู่ภายนอกเปลือกสารมารถแพร่เข้ามาภายในไข่และเคลือบอยู่ผิวไข่ขาวและเมื่อนำไปวัดค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับไข่ (Control) ไข่บรรจุถุงสุญญากาศ และไข่เคลือบไคโตซานบรรจุถุงสุญญากาศที่มีค่าความเป็นสีเหลืองลดลงเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากในระหว่างการเก็บรักษาอาจมีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์บ้างแม้จะมองไม่เห็นใยดำแต่อาจส่งผลให้ไข่ขาวมีความคล้ำที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นด้วย

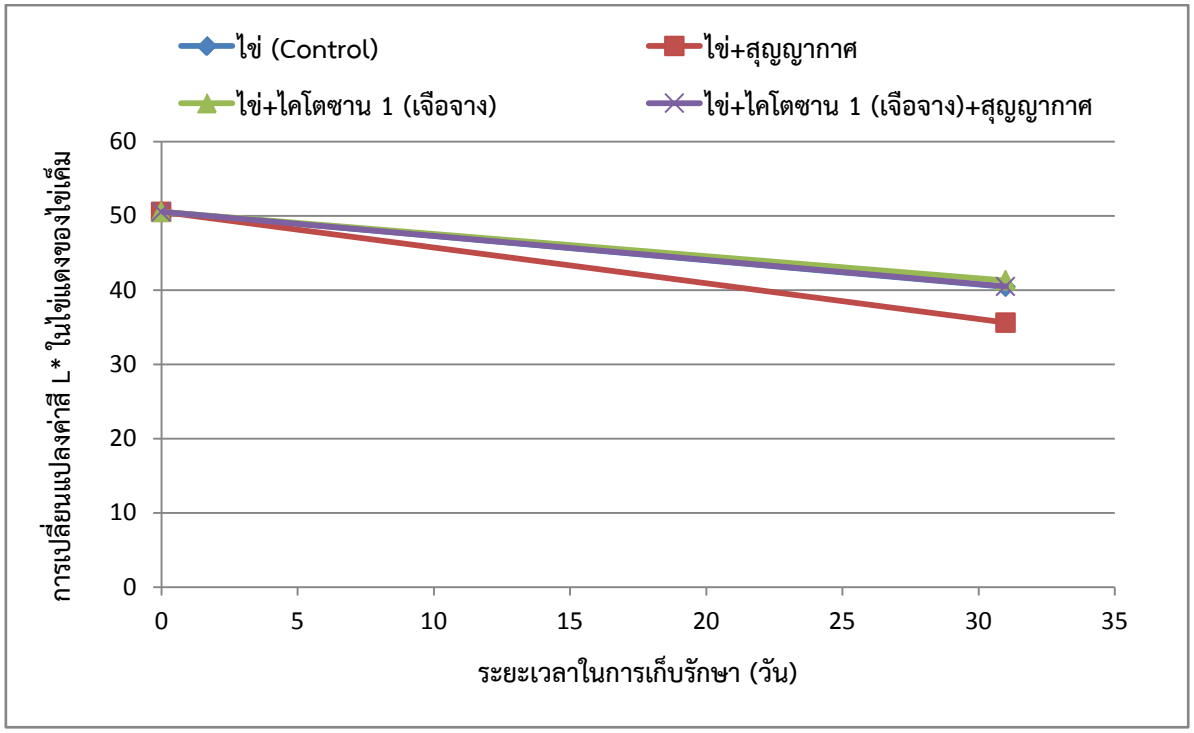


ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเขียว (a*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน

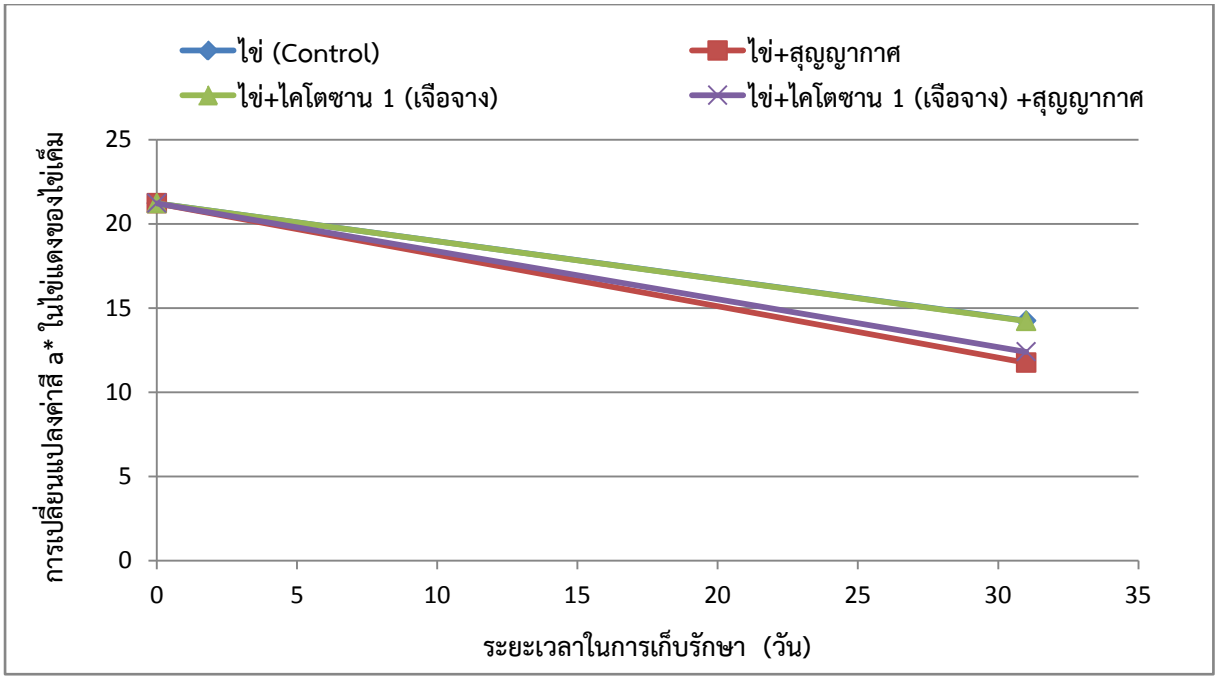


ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน

จากการศึกษาคุณภาพการเปลี่ยนแปลงสีของไข่ขาวดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ยังได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าสีของไข่แดงประกอบไปด้วยค่า L* a* และ b* เช่นเดียวกันกับการศึกษาในไข่ขาว จากการศึกษาค่าความสว่าง (L*) ของไข่แดงที่ผ่านการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่มีการบรรจุ **เป็นระยะเวลา** 30 วัน พบว่า ค่าความสว่างของไข่แดง (ภาพที่ 14) มีแนวโน้มลดลงในทุกสิ่งทดลอง โดยเฉพาะไข่เค็มที่บรรจุในถุงสุญญากาศที่ไม่มีการเคลือบไคโตซาน มีแนวโน้มลดลงต่ำที่สุด อาจเนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาไข่มีการแพร่ของน้ำออกมาสู่บรรจุภัณฑ์เมื่อมีการแพร่ของน้ำออกมามากขึ้นสีของไข่แดงยิ่งมีสีเข้มมากขึ้นส่งผลให้ค่าความสว่างลดน้อยลง ซึ่งในทางกลับกันหากระหว่างกระบวนการเก็บรักษาไข่แดงได้มีการดูดซับน้ำหรือความชื้นเข้าไปภายในจะทำให้ไข่มีสีซีดจางลงและค่าความสว่างจึงจะเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่า a* หรือค่าความเป็นสีเขียวหรือสีแดง พบว่า จากการทดลองตัวอย่างเป็นไข่บรรจุถุงสุญญากาศมีแนวโน้มค่า a* ลดลงมากที่สุด (ภาพที่ 15) เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษามีน้ำไหลออกมาจากตัวผลิตภัณฑ์มากขึ้นส่งผลให้ลักษณะของไข่แดงมีความเข้มข้น และอาจมีผลจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ภายในไข่แดงที่ส่งผลไข่แดงมีสีเปลี่ยนไป ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความสว่างที่มีค่าลดลงเช่นเดียวกัน

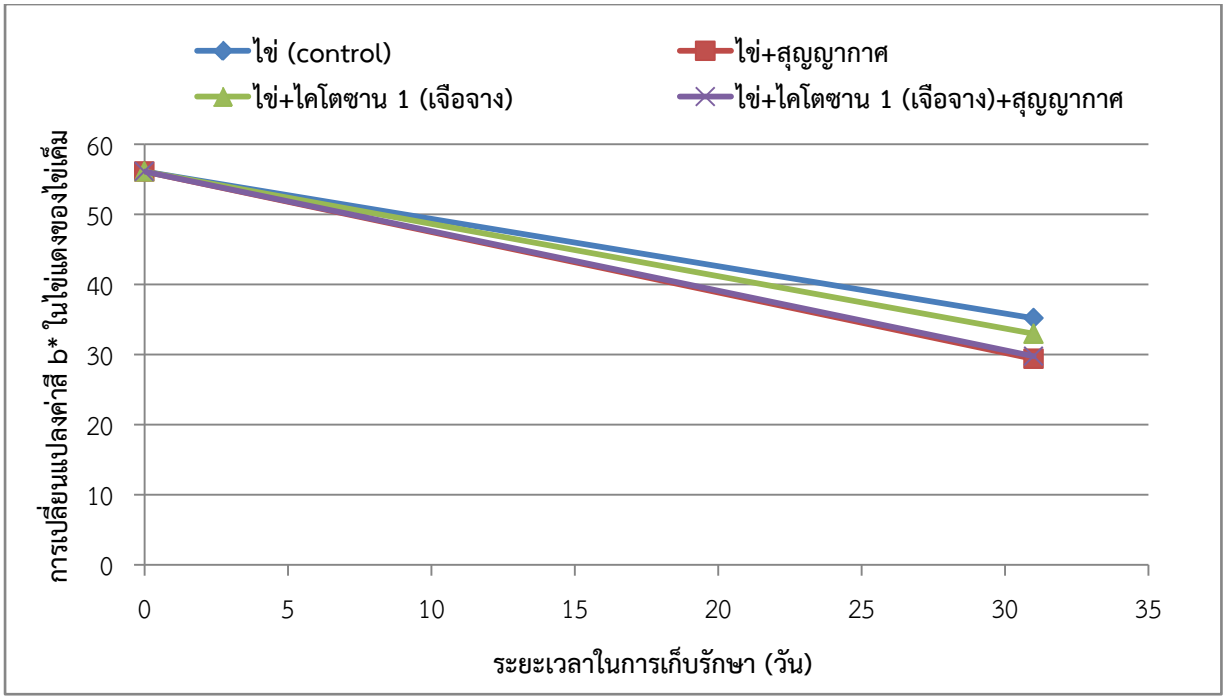


ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง (L*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเขียว (a*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน

นอกจากนี้จากการทดลองยังพบว่า ในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาไข่เค็มในบรรจุภัณฑ์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น เมื่อพิจารณาค่าสีของไข่แดง พบว่า ค่า b* หรือ ค่าความเป็นสีเหลือง (ภาพที่ 16) ของไข่แดงมีลักษณะลดลงจากค่าเริ่มต้นในวันที่ 0 โดยเมื่อทำการเก็บรักษาไข่เค็มครบ 30 วัน พบว่า ไข่เค็มต้มสุกบรรจุในถุงสุญญากาศ และไข่เค็มต้มสุกเคลือบไคโตซานบรรจุในถุงสุญญากาศมีค่าความเป็นสีเหลืองต่ำที่สุด อาจสืบเนื่องจากการที่บรรจุไข่เค็มในถุงสุญญากาศส่งผลต่อการแพร่น้ำจากตัวไข่ออกมาส่งผลให้ไข่แดงเกิดการแข็งตัวและมีความกระด้าง เนื่องจากสูญเสียน้ำเป็นจำนวนมากซึ่งหากภายในไข่มีปริมาณน้ำหลงเหลือภายในจำนวนมากไข่แดงจะมีลักษณะสีอ่อนและซีดจาง ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความสว่างที่สูงขึ้น หากไข่แดงได้มีการดูดซับน้ำหรือความชื้นเข้าไปภายในจะทำให้ไข่มีสีซีดจางลงและค่าความสว่างจึงจะเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ในไข่แดงของไข่เค็มต้มสุก เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน

7.3.4 ผลการศึกษาคุณลักษณะทางด้านกายภาพ และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

1. ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 จากการตรวจสอบลักษณะการเกิดใยสีดำบนเปลือกไข่เค็มต้มสุกที่ผ่านการเก็บรักษาระยะเวลา 30 วัน พบว่า ไข่ธรรมดาที่ไม่มีการเคลือบ และมีการเคลือบไคโตซาน BIONET โดยไม่มีการบรรจุถุงสุญญากาศไม่มีการเกิดใยสีดำเกิดขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองไข่ธรรมดาบรรจุในถุงสุญญากาศ และไข่ธรรมดาเคลือบไคโตซานประเภทที่ 1 บรรจุในถุงสุญญากาศมีการเกิดใยสีดำเกิดขึ้นภายการเก็บรักษาได้ 30 วัน (ตารางที่ 1)

2. เมื่อพิจารณาลักษณะภายนอกของไข่เค็มต้มสุก โดยทำการสังเกตการณ์แตกร้าวบนเปลือกไข่ที่เกิดจากการกดทับ พบว่า จากการสังเกตด้วยตาเปล่าในทุกสิ่งทดลองที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 60 วัน ไม่มีรอยร้าวที่เกิดขึ้นบริเวณผิวเปลือกไข่ซึ่งหากเกิดรอยร้าวอาจส่งผลต่อการเน่าเสียของไข่เค็มต้มสุกได้

3. ทั้งนี้ได้ทำการสังเกตการณ์ไหลเยิ้มของน้ำที่ออกมาจากภายในของไข่เค็ม พบว่า ในการทดลองครั้งนี้ไม่มีสิ่งทดลองใดๆ ที่มีน้ำไหลเยิ้มออกมาสู่ภายนอกของเปลือกไข่ (ตารางที่ 1)

4. เมื่อพิจารณาผลการวัดคุณภาพเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า ในเดือนที่ 1 ในทุกระบบการบรรจุไม่พบเชื้อ แซลโมเนลล่า (Salmonella) (ทดสอบโดยใช้ชุดทดสอบ RapidChek Select Salmonella Food System OSKON Co. Ltd)อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บรักษา 2 เดือน พบเชื้อแซลโมเนลล่าในไข่ที่เคลือบและไม่เคลือบไคโตซาน (ตารางที่ 2) ทั้งนี้ไข่เค็มในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศทุกประเภทไม่ได้ทำการทดสอบในเดือนที่ 2 เนื่องจากเกิดใยสีดำที่เปลือกไข่ในเดือนที่ 1 ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของผู้บริโภค

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางด้านกายภาพของไข่เค็มต้มสุกเก็บรักษาในระบบการบรรจุต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 2 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง

สิ่งทดลอง	ส่วนประกอบ	คุณภาพในการวิเคราะห์							
		เดือนที่ 1				เดือนที่ 2			
		คุณลักษณะทางด้านกายภาพของไข่เค็ม				คุณลักษณะทางด้านกายภาพของไข่เค็ม			
		กลิ่นเหม็น	รอยร้าวบนเปลือกไข่	น้ำไหลเยิ้ม	ภาพลักษณะปรากฏของไข่เค็ม	กลิ่นเหม็น	รอยร้าวบนเปลือกไข่	น้ำไหลเยิ้ม	ภาพลักษณะปรากฏของไข่เค็ม
1	ไข่ธรรมดา	ไม่มีกลิ่นเหม็น	ไม่พบ	ไม่พบ		ไม่มีกลิ่นเหม็น	ไม่พบ	ไม่พบ	
2	ไข่ธรรมดา+บรรจุสุญญากาศ	ไม่มีกลิ่นเหม็น	ไม่พบ	ไม่พบ		ไม่ได้ทำการวัดคุณภาพในเดือนที่ 2 เนื่องจากเกิดลักษณะใยของเชื้อจุลินทรีย์สีดำบนผิวไข่ในเดือนที่ 1			
3	ไข่ธรรมดา + ไคโตซานประเภทที่ BIONET	มีกลิ่นสาบเล็กน้อย	ไม่พบ	ไม่พบ		มีกลิ่นสาบเล็กน้อย	ไม่พบ	ไม่พบ	
4	ไข่ธรรมดา + ไคโตซาน BIONET+บรรจุสุญญากาศ	มีกลิ่นสาบเล็กน้อย	ไม่พบ	ไม่พบ		ไม่ได้ทำการวัดคุณภาพในเดือนที่ 2 เนื่องจากเกิดลักษณะใยของเชื้อจุลินทรีย์สีดำบนผิวไข่ในเดือนที่ 1			

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ในไข่เค็มต้มสุกเก็บรักษาในระบบการบรรจุต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 2 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง

สิ่งทดลอง	ส่วนประกอบ	คุณภาพในการวิเคราะห์					
		เดือนที่ 1			เดือนที่ 2		
		การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์			การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์		
		แซลโมเนลลาร์	เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์ และ รา	แซลโมเนลลาร์	เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์ และ รา
1	ไข่ธรรมดา	ไม่พบ	N/A	N/A	**พบ**	N/A	N/A
2	ไข่ธรรมดา+บรรจุสุญญากาศ	ไม่พบ	N/A	N/A	ไม่ได้ทำการวัดเชื้อจุลินทรีย์ในเดือนที่ 2 เนื่องจากเกิดลักษณะใยของเชื้อจุลินทรีย์สีดำบนผิวไข่ในเดือนที่ 1		
3	ไข่ธรรมดา + ไคโตซานประเภทที่ 1 (อัตราส่วน 1:3)	ไม่พบ	N/A	N/A	**พบ**	N/A	N/A
4	ไข่ธรรมดา + ไคโตซานประเภทที่ 1 (อัตราส่วน 1:3) +บรรจุสุญญากาศ	ไม่พบ	N/A	N/A	ไม่ได้ทำการวัดเชื้อจุลินทรีย์ในเดือนที่ 2 เนื่องจากเกิดลักษณะใยของเชื้อจุลินทรีย์สีดำบนผิวไข่ในเดือนที่ 1		

หมายเหตุ N/A แสดงถึง ปริมาณโคโลนีที่นับได้ของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด มีค่าน้อยกว่า30×10^3 โคโลนีและเชื้อยีสต์และรา มีค่าน้อยกว่า30×10^4 โคโลนี

7.3.5 ผลการศึกษาระบบการบรรจุไข่เค็มต้มสุกส่วนที่ 2 (25 พค – 25 มิ.ย 2558)

ภายหลังจากการศึกษาส่วนที่ 1 ได้เป็นเวลา 30 วัน ผู้วิจัยและผู้ประกอบการพบว่าการเก็บไข่เค็มต้มสุกในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศมีการเจริญของเส้นใยสีดำขึ้นที่ผิวของไข่เค็ม ซึ่งลักษณะดังกล่าวไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยผู้วิจัยและผู้ประกอบการสันนิษฐานว่าอาจเกิดจากสาเหตุที่สำคัญ คือความชื้นที่มีอยู่ในตัวไข่ที่เกิดการแพร่จากภายในไข่ผ่านเปลือกไข่ที่มีรูพรุนที่สูง มายังผิวหน้าของเปลือกไขและเกิดการสะสมในบรรจุภัณฑ์ เมื่อความชื้นที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ จึงปรากฏเห็นลักษณะใยสีดำดังกล่าวเกิดขึ้น จากผลการทดลองดังกล่าวผู้วิจัยได้หารือกับผู้ผลิตไคโตซาน BIONET และผู้ประกอบการแนะนำว่าควรใช้ BIONET เข้มข้น (ไม่ละลายน้ำ) เนื่องจากมีผู้ประกอบการไข่เป็ดได้ใช้แบบเข้มข้นและสามารถเก็บรักษาไข่เป็ดดิบได้นาน 2 เดือน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทดลองใช้โคโตซาน BENEFIT จัดจำหน่ายโดย บริษัทไบโอเซฟ จำกัด เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับไคโตซาน BIONET ด้วย และจากข้อสันนิษฐานด้านความชื้นที่สูงในบรรจุภัณฑ์ ผู้วิจัยได้เพิ่มซองดูดซับความชื้นเข้าไปในบรรจุภัณฑ์เพื่อทำการลดความชื้นที่จะเกิดขึ้น

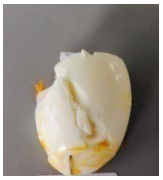
ระบบการบรรจุไข่เค็มต้มสุกที่ทำการศึกษาครั้งที่ 2 (25 พค – 25 มิ.ย 2558) ประกอบด้วย

- ไข่เค็มธรรมดา (ไม่ได้บรรจุ หรือ เคลือบด้วยสารไคโตซาน)

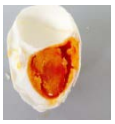
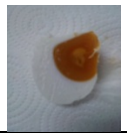
- ไข่เค็มธรรมดา บรรจุในถุงสุญญากาศ (ไข่ 1 ลูก ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์) ภายในมีซองดูดซับความชื้นบรรจุอยู่ด้วย
- ไข่เค็มเคลือบสารไคโตซาน BIONET (เจือจาง)
- ไข่เค็มเคลือบสารไคโตซาน BIONET (เจือจาง) บรรจุสุญญากาศ (ไข่ 1 ลูก ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์)ภายในมีซองดูดซับความชื้นบรรจุอยู่ด้วย

ทำการเก็บรักษาไข่ที่บรรจุในระบบต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน (ปัจจุบันรายงานผลการศึกษา 30 วัน) โดยทำการตรวจสอบคุณภาพเหมือนกับการศึกษาส่วนที่ 1 ผลจากการศึกษาแสดงใน ตารางที่ 3 ตารางที่ 4 และตารางที่ 5

ตารางที่ 3 ลักษณะปรากฏของเปลือกไข่ ไข่ขาว และไข่แดง ของไข่เค็มต้มสุกเก็บรักษาในระบบการบรรจุต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง

ไข่เค็มธรรมดา	ไข่ธรรมดา+บรรจุสุญญากาศ	ไข่ธรรมดา+BIONET	ไข่ธรรมดา + ไคโตซาน BIONET+ สุญญากาศ + ซองดูดซับความชื้น	ไข่ธรรมดา+ ไคโตรซานBENEFIT	ไข่ธรรมดา + ไคโตรซานBENEFIT + สุญญากาศ + ซองดูดซับความชื้น
					

ตารางที่ 4 คุณลักษณะทางด้านกายภาพของไข่เค็มต้มสุกเก็บรักษาในระบบการบรรจุต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง

สิ่งทดลอง	ส่วนประกอบ	กลิ่นเหม็น	รอยร้าวบนเปลือกไข่	น้ำไหลเยิ้ม	ภาพลักษณะปรากฏของไข่แดง	หมายเหตุ
1	ไข่ธรรมดา	มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย	ไม่พบ	ไม่พบ		
2	ไข่ธรรมดา+บรรจุสุญญากาศ+ซองดูดความชื้น	มีกลิ่นเหม็น	พบ	พบ		เปลือกไข่แตก
3	ไข่ธรรมดา+ไคโตซาน BIONET (เข้มข้น)	มีกลิ่นเหม็น	พบ	พบ		เปลือกไข่แตก
4	ไข่ธรรมดา + ไคโตซาน BIONET(เข้มข้น)+ บรรจุสุญญากาศ + ซองดูดซับความชื้น	มีกลิ่นเหม็น	พบ	พบ		เปลือกไข่แตก
5	ไข่ธรรมดา+ ไคโตรซาน BENFIT	มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย	ไม่พบ	ไม่พบ		
6	ไข่ธรรมดา + ไคโตรซาน BENFIT + บรรจุสุญญากาศ + ซองดูดซับความชื้น	มีกลิ่นเหม็น	พบ	พบ		เปลือกไข่แตก

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ในไข่เค็มต้มสุกเก็บรักษาในระบบการบรรจุต่างๆ ในระหว่างการเก็บรักษา 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง

สิ่งทดลอง	ส่วนประกอบ	ซาโมเนลลาร์	เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด	ยีสต์ และ รา	หมายเหตุ
1	ไข่ธรรมดา	**พบ**	N/A	N/A	
2	ไข่ธรรมดา+บรรจุสุญญากาศ+ซองดูดความชื้น	**พบ**	N/A	N/A	เปลือกไข่แตก
3	ไข่ธรรมดา+ไคโตซาน BIONET(เข้มข้น)	**พบ**	N/A	N/A	เปลือกไข่แตก
4	ไข่ธรรมดา + ไคโตซาน BIONET (เข้มข้น)+ บรรจุสุญญากาศ + ซองดูดซับความชื้น	**พบ**	N/A	N/A	เปลือกไข่แตก
5	ไข่ธรรมดา+ ไคโตรซาน BENFIT	**พบ**	N/A	N/A	
6	ไข่ธรรมดา + ไคโตรซาน BENFIT + บรรจุสุญญากาศ + ซองดูดซับความชื้น	**พบ**	N/A	N/A	เปลือกไข่แตก

หมายเหตุ N/A แสดงถึง ปริมาณโคโลนีที่นับได้ของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด มีค่าน้อยกว่า30×10^3 โคโลนีและเชื้อยีสต์และรา มีค่าน้อยกว่า30×10^4 โคโลนี

สรุปประเด็นสำคัญจากการศึกษา

1. ไข่เค็มต้มสุกที่บรรจุในถุงสุญญากาศไม่ว่าจะเคลือบ หรือไม่เคลือบไคโตซานก็ส่งผลให้เกิดใยสีดำขึ้น เนื่องจากภายในไข่มีความชื้นสูงและความชื้นภายในสูงจึงทำให้เกิดใยสีดำ
2. ไข่แดงที่ผ่านการเก็บรักษาในทุกสิ่งทดลองเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาครบ 1 และ 2 เดือน มีลักษณะคล้ายน้ำมันไหลเยิ้มออกมา
3. ไข่เค็มต้มสุกที่มีรอยร้าวบนเปลือกไข่มีแนวโน้มของการเน่าเสียที่สูงมาก โดยเฉพาะสิ่งทดลองที่มีการบรรจุแบบสุญญากาศจะมีแนวโน้มในการเน่าเสียสูงมาก
4. จากการศึกษาสี และเนื้อสัมผัสของไข่เค็มต้มสุกในทุกสิ่งทดลองที่เป็นไข่ธรรมดาทั้งที่เคลือบ และไม่เคลือบไคโตซานมีลักษณะสีเข้มตามมาตรฐานของผู้ประกอบการ และเนื้อสัมผัสแน่น

5. จากการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญ โดยเฉพาะเชื้อ Salmonella ในการทดลองส่วนที่ 1 พบว่า มีเชื้อ Salmonella ภายหลังการเก็บรักษาครบ 2 เดือน ในทุกสิ่งทดลอง ส่วนการทดลองส่วนที่ 2 พบเชื้อ Salmonella ภายใน 1 เดือน
6. จากการหารือกับผู้ประกอบการทำให้ทราบว่า ไข่เค็มที่ใช้ในการทดลองส่วนที่ 1 (อัตราส่วน เกลือ ต่อ ดินสอพลอง เท่ากับ 2:3) นั้น มีความเค็มมากกว่าไข่เค็มที่ใช้ในการทดลองส่วนที่ 2(อัตราส่วน เกลือ ต่อ ดินสอพลอง เท่ากับ 1:3)สาเหตุที่ต้องทำให้มีความเค็มมากขึ้น เนื่องจากต้องมีการจำหน่ายในช่วงฤดูร้อน (เมษายน 2558) ซึ่งสภาวะดังกล่าวมีอุณหภูมิที่สูงมาก ทำให้ไข่เกิดการเสียคุณภาพอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ ความเค็มที่เพิ่มขึ้นสามารถชะลอการเสื่อมเสียคุณภาพได้ ดังนั้นนักวิจัยจึงได้ข้อสรุปในเบื้องต้นว่า หากต้องการอายุการเก็บรักษา หรือระยะเวลาการจำหน่ายประมาณ 1-1.5 เดือน ผู้ประกอบการควรใช้ไข่เค็มที่มีสูตรเพิ่มความเค็มมาก โดยการบรรจุภัณฑ์ สามารถวางจำหน่าย ในบรรจุภัณฑ์ปกติที่ใช้อยู่ (ถาดหลุมพลาสติกบรรจุ 4 หรือ 6 ลูก) หรือ อาจมีการห่อหุ้มบรรจุภัณฑ์ถาดพลาสติกด้วยกล่อกระดาษแข็งแบบพับได้ (Folding carton) หรือ แถบกระดาษ ที่ทำหน้าที่เป็นฉลาก หรือ ส่วนตกแต่งบรรจุภัณฑ์ได้
7. ในกรณีของไข่เค็มที่มีความเค็มน้อยกว่า ผู้วิจัยกำลังดำเนินการวิจัยต่อเพื่อให้ได้สภาวะในการเก็บรักษาที่เหมาะสมภายใต้บรรยากาศปกติ

7.3.6 ผลการศึกษาระบบการบรรจุไข่เค็มต้มสุกครั้งที่ 3 (25 มิย – 25 สค 2558)

ภายหลังจากการศึกษาส่วนที่ 1 ได้เป็นเวลา 30 วัน ผู้วิจัยและผู้ประกอบการพบว่าการเก็บไข่เค็มต้มสุกในบรรจุภัณฑ์สุญญากาศมีการเจริญของเส้นใยสีดำขึ้นที่ผิวของไข่เค็ม ซึ่งลักษณะดังกล่าวไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค โดยผู้วิจัยและผู้ประกอบการสันนิษฐานว่าอาจเกิดจากสาเหตุที่สำคัญ คือความชื้นที่มีอยู่ในตัวไข่ ที่เกิดการแพร่จากภายในไข่ผ่านเปลือกไข่ที่มีรูพรุนที่สูง มายังผิวหน้าของเปลือกไขและเกิดการสะสมในบรรจุภัณฑ์ เมื่อความชื้นที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ จึงปรากฏเห็นลักษณะใยสีดำดังกล่าวเกิดขึ้น จากผลการทดลองดังกล่าวผู้วิจัยได้หารือกับผู้ผลิตไคโตซาน BIONET และผู้ประกอบการแนะนำว่าควรใช้ BIONET เข้มข้น (ไม่ละลายน้ำ) เนื่องจากมีผู้ประกอบการไข่เป็ดได้ใช้แบบเข้มข้นและสามารถเก็บรักษาไข่เป็ดดิบได้นาน 2 เดือน นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทดลองใช้โคโตซาน BENEFIT จัดจำหน่ายโดย บริษัทไบโอเซฟ จำกัด เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับไคโตซาน BIONET ด้วย และจากข้อสันนิษฐานด้านความชื้นที่สูงในบรรจุภัณฑ์ ผู้วิจัยได้เพิ่มซองดูดซับความชื้นเข้าไปในบรรจุภัณฑ์เพื่อทำการลดความชื้นที่จะเกิดขึ้น

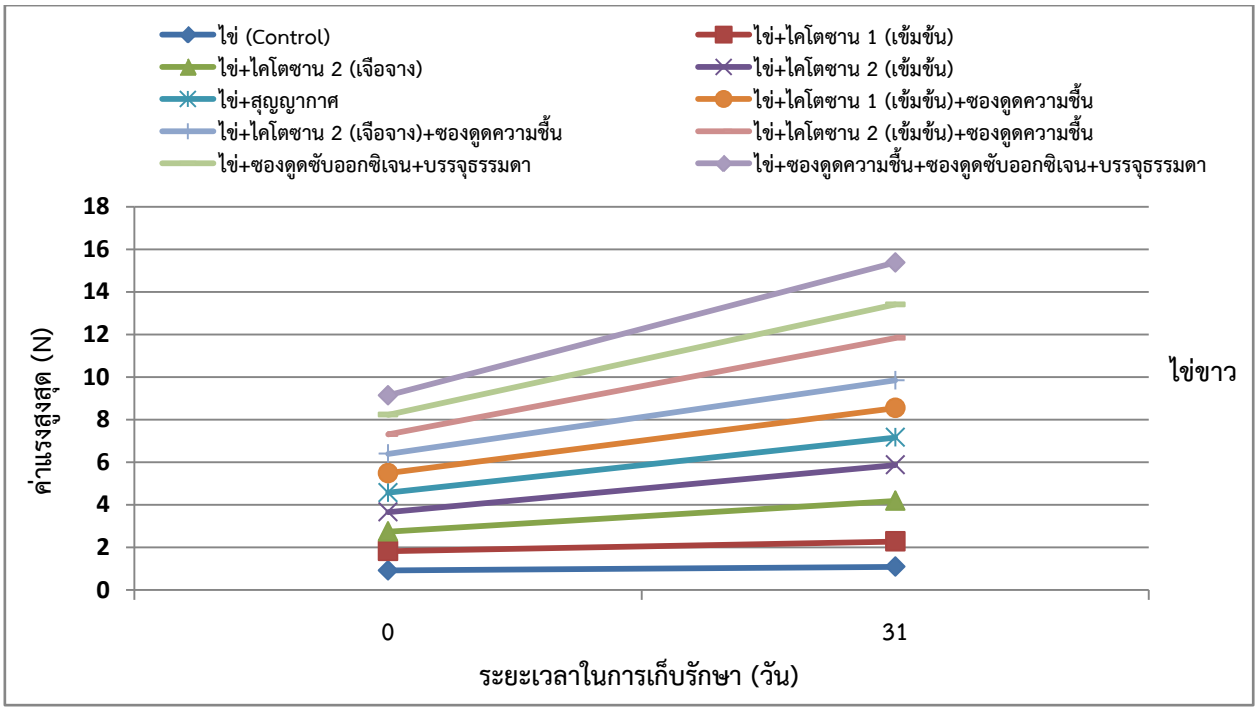
ระบบการบรรจุไข่เค็มต้มสุกที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

- ไข่เค็มธรรมดา (ไม่ได้บรรจุ หรือ เคลือบด้วยสารไคโตซาน)
- ไข่เค็มธรรมดา บรรจุในถุงสุญญากาศ (ไข่ 1 ลูก ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์) ภายในมีซองดูดซับความชื้นบรรจุอยู่ด้วย
- ไข่เค็มเคลือบสารไคโตซาน BIONET (เข้มข้น)
- ไข่เค็มเคลือบสารไคโตซาน BENEFIT (เจือจาง)
- ไข่เค็มเคลือบสารไคโตซาน BENEFIT (เข้มข้น)

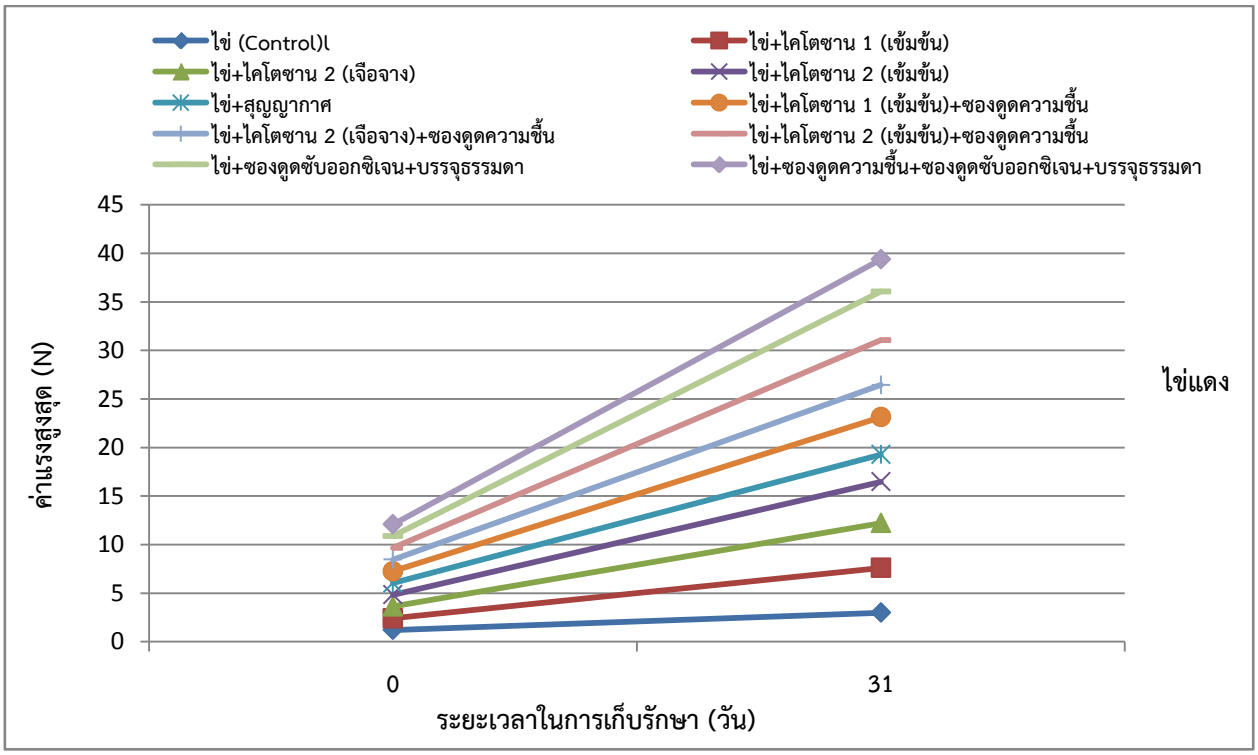
- ไข่เค็มเคลือบสารไคโตซาน BENEFIT (เจือจาง) บรรจุสุญญากาศ (ไข่ 1 ลูก ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์) ภายในมีซองดูดซับความชื้นบรรจุอยู่ด้วย
- ไข่เค็มเคลือบสารไคโตซาน BIONET (เข้มข้น) (ไข่ 1 ลูก ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์)ภายในมีซองดูดซับความชื้นบรรจุอยู่ด้วย
- ไข่เค็มเคลือบสารไคโตซาน BENEFIT (เจือจาง) (ไข่ 1 ลูก ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์)ภายในมีซองดูดซับความชื้นบรรจุอยู่ด้วย
- ไข่เค็มธรรมดา บรรจุในถุงธรรมดา (ไข่ 1 ลูก ต่อ 1 บรรจุภัณฑ์) ภายในมีซองดูดซับความชื้นและซองดูดซับออกซิเจนบรรจุอยู่ด้วย

ทำการเก็บรักษาไข่ที่บรรจุในระบบต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 60 วัน โดยทำการตรวจสอบคุณภาพเหมือนกับการศึกษาครั้งที่ 2

จากการศึกษาคุณภาพของไข่เค็มภายหลังการเก็บรักษาคุณภาพภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เปรียบเทียบกับที่ไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ โดยทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 31 วัน ในสภาวะอุณหภูมิห้อง (30°C) เมื่อศึกษาคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก (ภาพที่ 17) พบว่า ไข่ขาวจากไข่ที่เก็บรักษาบรรจุภัณฑ์ธรรมดาที่ภายในบรรจุซองดูดซับออกซิเจน และซองดูดซับความชื้น มีค่าแรงสูงสุด เนื่องจากภายในบรรจุภัณฑ์มีซองดูดซับความชื้นอยู่ภายใน เมื่อเกลือแพร่เข้าไปในไข่และดึงน้ำออกมายังภายนอกถูกซองดูดซับความชื้นจับไว้ และเมื่อโปรตีนเกิดการเสียน้ำและสูญเสียสภาพจึงเกิดการรวมตัวและจับตัวกันแน่นมากขึ้นจึงส่งผลให้ไข่ขาวมีความแน่นเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับบรรจุภัณฑ์ชนิดกลุ่มที่มีการใช้ซองดูดซับความชื้นร่วมกันกับการบรรจุสุญญากาศมีผลในการเก็บรักษาคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของไข่เค็มได้ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของไข่แดง (ภาพที่ 18) แสดงให้เห็นว่าไข่ที่เก็บรักษาบรรจุภัณฑ์ธรรมดาที่ภายในบรรจุซองดูดซับออกซิเจน และซองดูดซับความชื้น มีค่าแรงสูงสุด เนื่องจากไข่แดงมีปริมาณเกลือสูงขึ้นเมื่อเกลือเข้าไปแทนที่น้ำ และน้ำถูกดึงออกส่งผลให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพและเมื่อ โปรตีนเรียงตัวกันใหม่จะจับกันแน่นมากขึ้นส่งผลให้ไข่แดงมีความเหนียวมากขึ้นตามไปด้วย



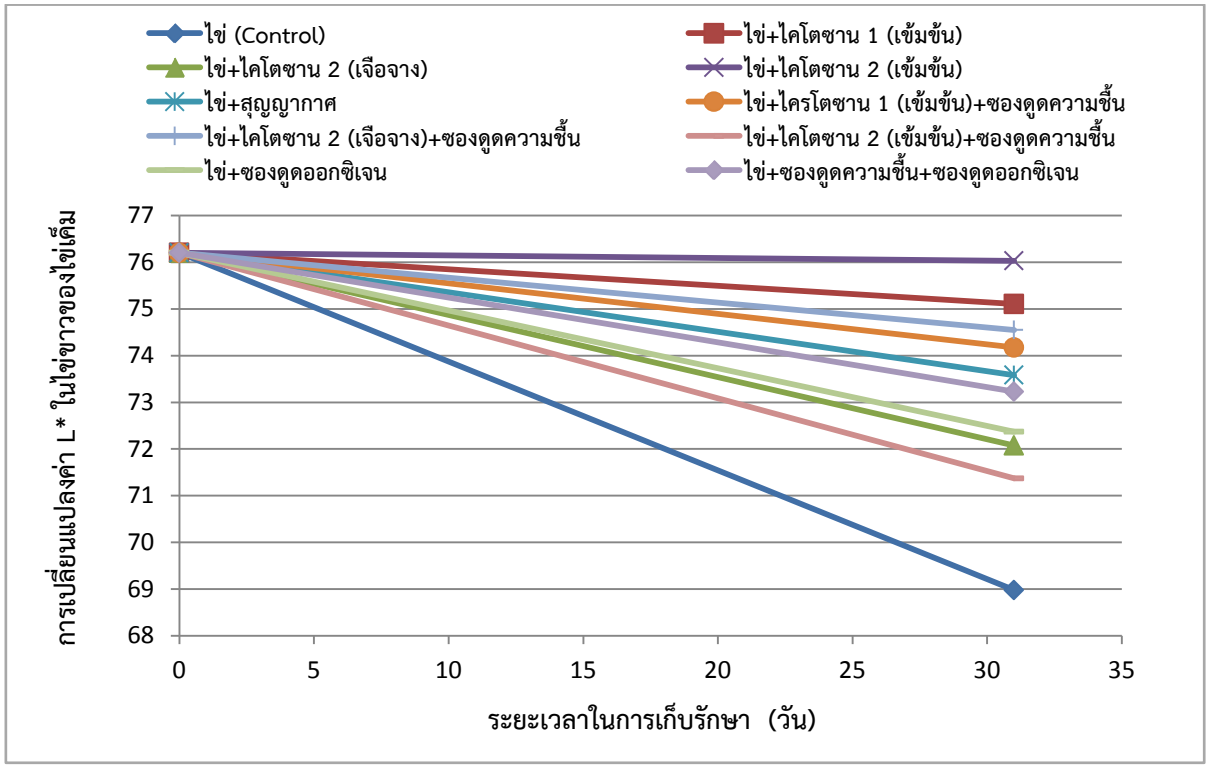
ภาพที่ 17 การตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัมผัสของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 31 วัน



ภาพที่ 18 การตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัมผัสของไข่แดงในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน

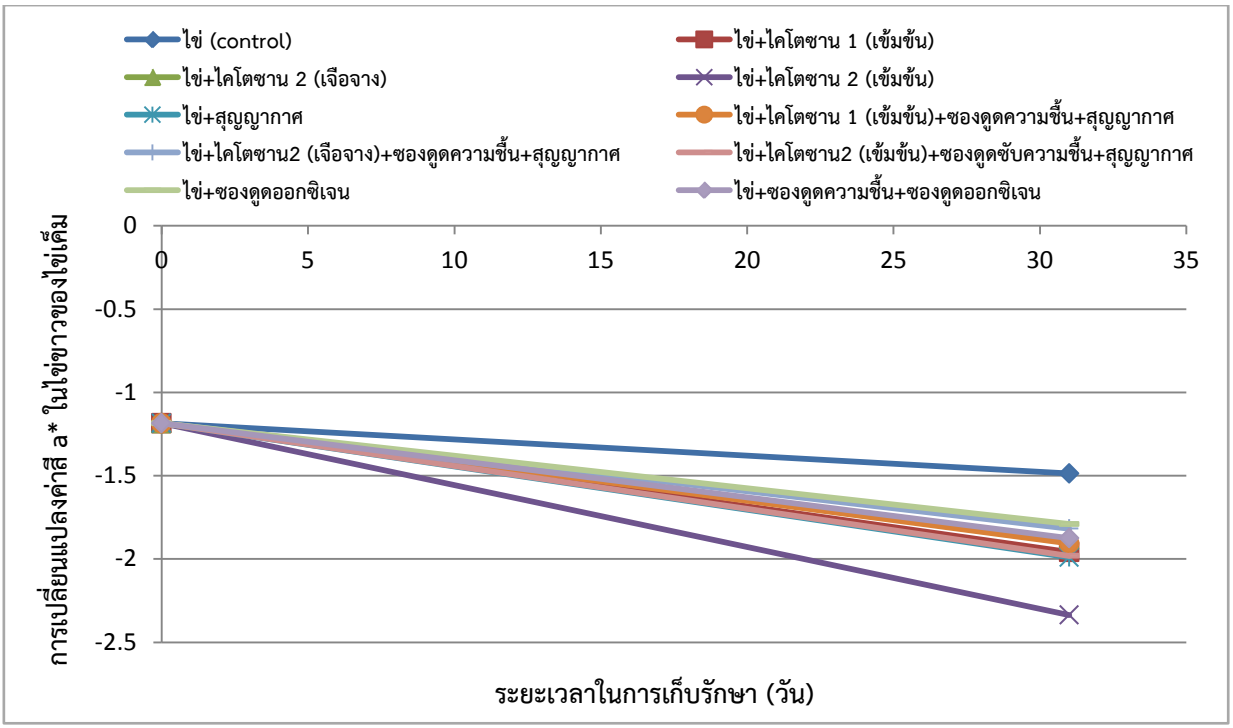
ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านการเปลี่ยนแปลงสีของไข่ขาว ในไข่เค็มที่ผ่านการเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และเปรียบเทียบกับไข่ที่ไม่ได้บรรจุในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ โดยทำการตรวจสอบค่าสี L* (ความสว่าง) ค่า a* (ค่าความเป็นสีเขียวหรือสีแดง) และค่า b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) ซึ่งคุณภาพที่ดีของไข่ขาวของไข่เค็ม คือ ไข่ขาวต้องมีลักษณะสีขุ่น จากผล

การทดลองการศึกษาค่า L* ของไข่ขาว (ภาพที่ 19) เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาครบ 30 วัน พบว่า ค่าความสว่างของไข่ขาวมีแนวโน้มลดลงในทุกสิ่งทดลอง ยกเว้นสิ่งทดลองในกลุ่มของไข่เคลือบไคโตซานประเภทที่ 2 (เจือจาง) และไข่เคลือบไคโตซานประเภทที่ 2 (เจือจาง) บรรจุภายในถุงสุญญากาศและมีซองดูดซับความชื้น แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นอัตราการแพร่ของเกลือเข้าสู่ภายในไข่ขาวยิ่งมากขึ้น โดยเฉพาะหากมีไคโตซานเคลือบผิวเปลือกไข่ไว้ยิ่งส่งผลให้เกลือสามารถแพร่เข้าไปได้ในทิศทางเดียว

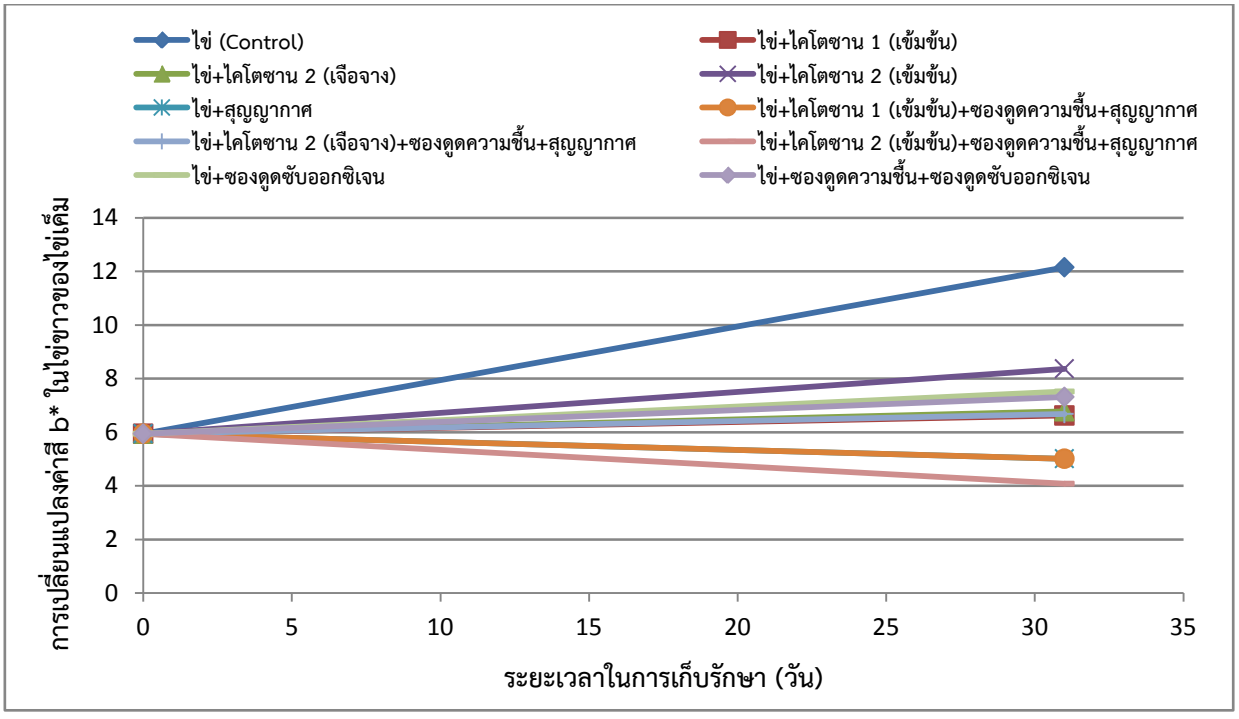


ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงสี L* ของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน

จากการศึกษาค่าความเป็นสีเขียวหรือแดง (a*) แสดงในภาพที่ 20 เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาครบ 30 วัน พบว่าค่า a* มีแนวโน้มลดลงในทุกสิ่งทดลอง โดยเฉพาะกลุ่มของไข่เคลือบไคโตซาน 2 (เข้มข้น) มีค่าความเป็นสีเขียวต่ำที่สุด เนื่องจากเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นการแพร่ของเกลือเพิ่มขึ้นส่งผลให้ไข่ขาวมีสีขุ่นอมเหลืองเพิ่มมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้ค่าความเป็นสีเขียว (a*) เพิ่มมากขึ้น ส่วนผลการศึกษาค่าความเป็นสีเหลืองของไข่ขาว (b*) (ภาพที่ 21) พบว่า ค่าความเป็นสีเหลืองของไข่ขาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกสิ่งทดลอง เนื่องจากภายในไข่เค็มมีเกลืออยู่ ซึ่งจะเกิดลักษณะออสโมซิสทำให้น้ำในอาหารถูกดึงออกส่งผลให้น้ำหนักของอาหารลดลง และส่งผลให้ไข่ขาวมีสีขาวอมเหลืองเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ยกเว้นในกลุ่มทดลองไข่เคลือบไคโตซาน 1 (เข้มข้น) บรรจุในถุงสุญญากาศและภายในมีซองดูดซับความชื้น และไข่เคลือบไคโตซาน 2 (เข้มข้น) บรรจุในถุงสุญญากาศและภายในมีซองดูดซับความชื้น ที่มีแนวโน้มค่าความเป็นสีเหลืองลดลง อาจเนื่องจากซองดูดซับความชื้นมีส่วนช่วยให้ไข่ขาวมีสีขาวขุ่นอมเหลืองน้อยลง



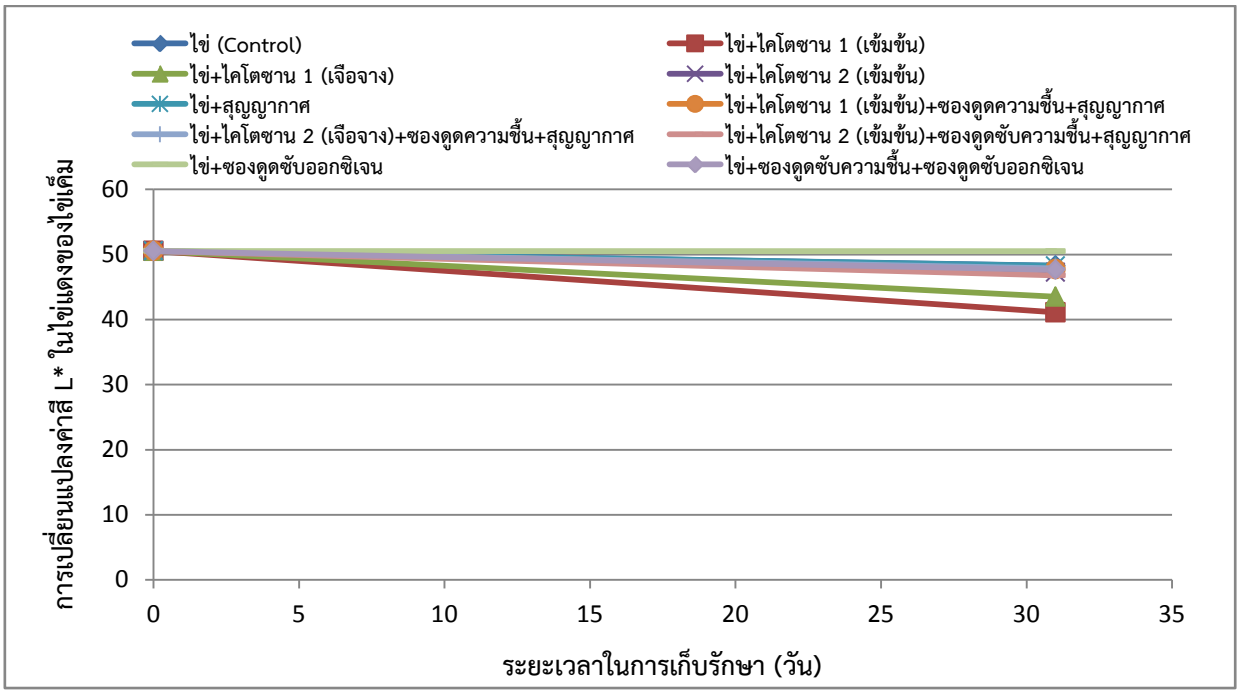
ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงสี a* ของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน



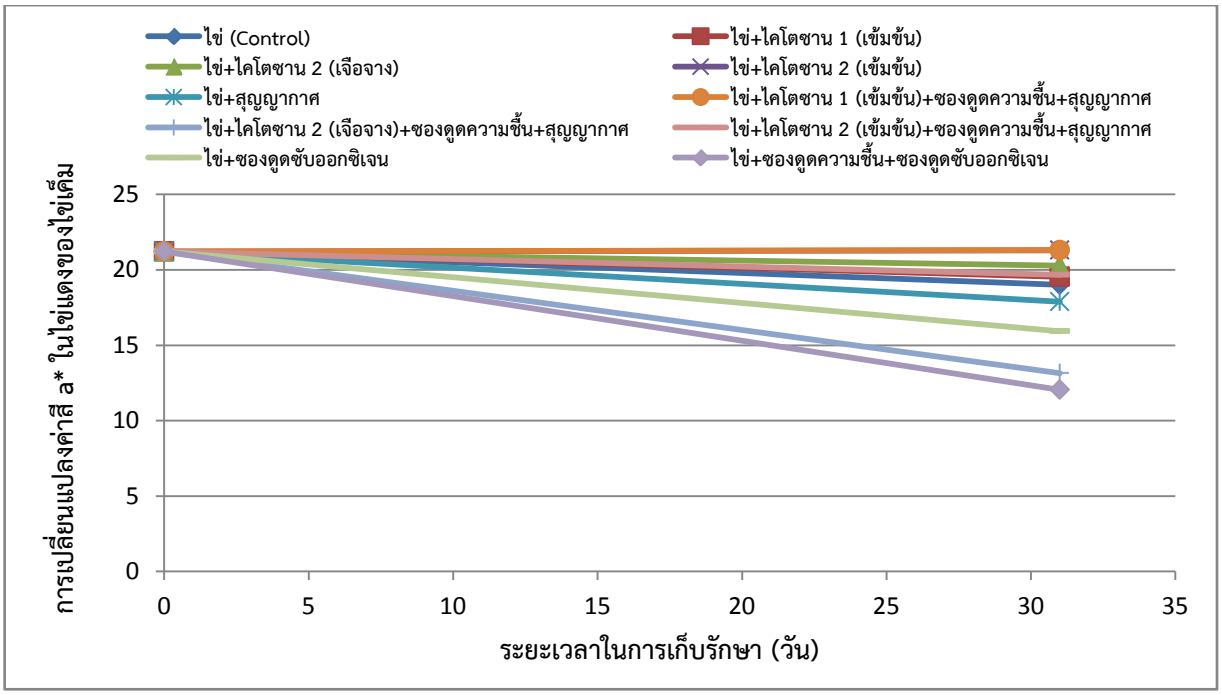
ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงสี b* ของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน

จากผลการทดลองคุณภาพการเปลี่ยนแปลงค่าสี L* a* และb* ของไข่แดงในไข่เค็มต้มสุก (ภาพที่ 22-ภาพที่ 24) ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 30 วัน เมื่อพิจารณาค่าความสว่าง (L*) ของไข่แดง (ภาพที่ 28) พบว่า ไข่แดงของไข่เค็มต้ม

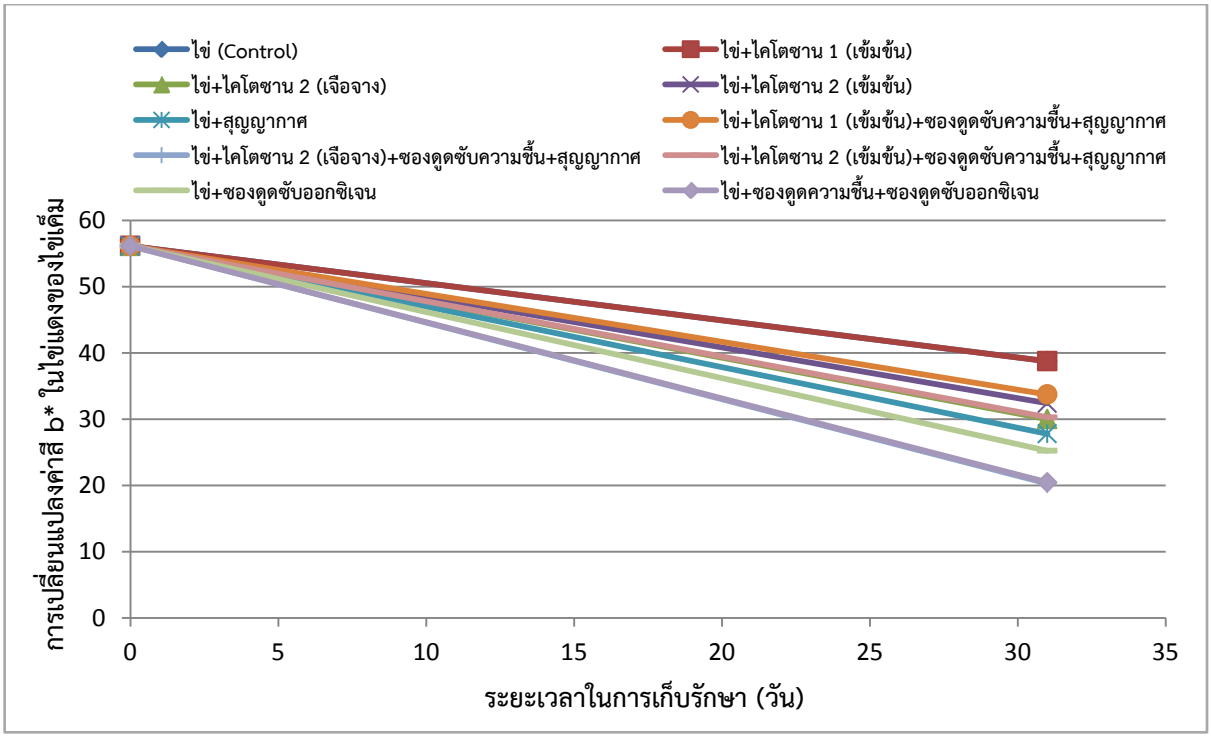
สุกมีค่าความสว่างลดลง โดยเฉพาะในกลุ่มสิ่งทดลองไข่เคลือบไคโตซาน 1 (เจือจาง) และ ไข่เคลือบไคโตซาน 1 (เข้มข้น) เนื่องจากไข่เค็มมีส่วนผสมของเกลือและเกลือมีการแพร่เข้าสู่ภายในไข่แดง เกลือจะมีผลทำให้โมเลกุลของโปรตีนเปลี่ยนสมบัติไป ซึ่งเกลือจะส่งผลต่อการดึงน้ำออกจากไข่แดงของไข่เค็มส่งผลให้ไข่แดงมีสีแดงเข้มมากขึ้น จึงส่งผลให้ไข่แดงมีค่าความสว่างลดลง สอดคล้องกับการทดลองค่า a* ของไข่แดง (ภาพที่ 23) พบว่า ไข่บรรจุสุญญากาศ ไข่บรรจุซองดูดซับความชื้น และซองดูดซับออกซิเจน และไข่บรรจุซองดูดซับออกซิเจน มีแนวโน้มของค่าความเป็นสีเขียวลดลง เนื่องจากไข่แดงถูกดึงน้ำออกไปจำนวนมากและถูกดูดซับโดยซองดูดซับความชื้นจึงส่งผลให้ไข่แดงมีสีเข้มมากขึ้น จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นสีเขียวลดลง เพราะสีของไข่แดงมีสีแดงอมส้มมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองกลุ่มอื่นๆมีค่าความเป็นสีเขียวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากมีค่าความสว่างลดลง จึงส่งผลให้ไข่แดงมีสีเข้มทำให้ค่าความเป็นสีเขียวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากการตรวจสอบค่าความเป็นสีเหลืองของไข่เค็ม (ภาพที่ 24) พบว่า ไข่แดงทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกสิ่งทดลอง จะสังเกตได้จากไข่แดงมีค่าความสว่างลดลงและมีค่าความเป็นสีเขียวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากผลของไข่เค็มที่ผ่านการถูกดึงน้ำออกและเกลือเข้าไปแทนที่น้ำทำให้ไข่มีสีแดงเข้มมากขึ้น และยังมีแนวโน้มไปยังค่าสีเขียว จึงส่งผลให้ค่าความเป็นสีเหลืองของไข่เค็มลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นด้วย



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงสี L* ของไข่แดงในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน



ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงสี a* ของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน



ภาพที่ 24 การเปลี่ยนแปลงสี b* ของไข่ขาวในไข่เค็มต้มสุก ภายในบรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ และไม่ใช่บรรจุภัณฑ์เชิงแอคทีฟ เป็นระยะเวลา 30 วัน

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ของไข่เค็มต้มสุก

สิ่งทดลอง	องค์ประกอบ	คุณภาพในการวิเคราะห์												หมายเหตุ
		เดือนที่ 1						เดือนที่ 2						
		การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์			คุณลักษณะของไข่เค็ม			การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์			คุณลักษณะของไข่เค็ม			
		Salmonella	TPC	Yeast and mo	สีเปลือกไข่	ไข่แดง	ไข่ขาว	*Salmonella*	TPC	Yeast and mo	สีเปลือกไข่	ไข่แดง	ไข่ขาว	
1	ไข่ธรรมดา	×	√	√	-สีขาวนวล	-สีแดงอมส้มและมีน้ำมันไหลเยิ้ม	-สีขาวนวล	√	√	√	-สีขาวอมเหลืองเล็กน้อย	-สีเหลืองอมแดง	-สีขาวนวลอมเหลือง	
2	ไข่ธรรมดา+สุญญากาศ	×	√	√	-สีขาวนวล	-สีแดงอมส้ม และมีน้ำมันไหลเยิ้ม	-สีขาวนวล	√	√	√	-สีขาวนวล	-สีเหลืองอมแดง	-สีขาวนวลอมเหลือง	
3	ไข่ธรรมดา+ ไคโตซาน 1 (เข้มข้น)	×	√	√	-สีขาวนวล	-สีเหลืองและมีขอบสีดำ	-สีขาวอมเหลืองเล็กน้อย	√	√	√	-สีขาวนวล	-สีเหลืองอมแดง	-สีขาวมีอมเหลือง	
4	ไข่ธรรมดา+ไคโตซาน 2 (เจือจาง)	×	√	√	-สีขาวนวล	-สีเหลืองและขอบมีสีดำ	-สีขาวอมเหลืองเล็กน้อย	√	√	√	-สีขาวนวล	-สีเหลืองอบแดง	-สีขาวมีอมเหลือง	

สิ่งทดลอง	องค์ประกอบ	คุณภาพในการวิเคราะห์												หมายเหตุ
		เดือนที่ 1						เดือนที่ 2						
		การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์			คุณลักษณะของไข่เค็ม			การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์			คุณลักษณะของไข่เค็ม			
		Salmonella	TPC	Yeast and mo	สีเปลือกไข่	ไข่แดง	ไข่ขาว	*Salmonella*	TPC	Yeast and mo	สีเปลือกไข่	ไข่แดง	ไข่ขาว	
5	ไข่ธรรมดา+ไคโตซาน 2 (เข้มข้น)	×	√	√	-สีขาวนวล	-สีแดงอมส้มและมีน้ำมันไหลเยิ้ม	-สีขาวนวล	√	√	√	-สีขาวอมเหลืองเล็กน้อย	-สีเหลืองอมแดง	-สีขาวนวลอมเหลือง	
6	ไข่ธรรมดา+ ไคโตซาน 1 (เข้มข้น) + ของลดความชื้น+สุญญากาศ	×	√	√	-มีรอยดำทั่วทั้งลูก	-สีแดงอมส้ม และมีน้ำมันไหลเยิ้ม	-สีขาวนวล	√	√	√	-มีรอยดำทั่วลูก	-สีเหลืองอมแดง	-สีขาวมีจุดดำเกิดขึ้น	
7	ไข่ธรรมดา+ ไคโตซาน 2 (เจือจาง) + ของลดความชื้น+สุญญากาศ	×	√	√	-มีรอยดำทั่วทั้งลูก	-สีเหลือง	-สีขาวอมเหลืองเล็กน้อย	√	√	√	-มีรอยดำทั่วลูก	-สีเหลืองขอบเป็นสีดำ	-สีขาวมีจุดดำเกิดขึ้น	
8	ไข่ธรรมดา+ไคโตซาน 2 (เข้มข้น) + ของลดความชื้น+สุญญากาศ	×	√	√	-มีรอยดำเกิดขึ้น	-สีเหลือง	-สีขาวอมเหลืองเล็กน้อย	√	√	√	-มีรอยดำเกิดทั้งลูก	-สีเหลืองขอบเป็นสีดำ	-สีขาวมีจุดดำเกิดขึ้น	

สิ่งทดลอง	องค์ประกอบ	คุณภาพในการวิเคราะห์												หมายเหตุ
		เดือนที่ 1						เดือนที่ 2						
		การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์			คุณลักษณะของไข่เค็ม			การวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์			คุณลักษณะของไข่เค็ม			
		Salmonella	TPC	Yeast and mo	สีเปลือกไข่	ไข่แดง	ไข่ขาว	*Salmonella*	TPC	Yeast and mo	สีเปลือกไข่	ไข่แดง	ไข่ขาว	
5	ไข่ธรรมดา+ไคโตซาน 2 (เข้มข้น)	×	√	√	-สีขาวนวล	-สีแดงอมส้มและมีน้ำมันไหลเยิ้ม	-สีขาวนวล	√	√	√	-สีขาวอมเหลืองเล็กน้อย	-สีเหลืองอมแดง	-สีขาวนวลอมเหลือง	
6	ไข่ธรรมดา+ไคโตซาน 1 (เข้มข้น) + ซองลูดความชื้น+สุญญากาศ	×	√	√	-มีรอดำทั่วทั้งฟอง	-สีแดงอมส้มและมีน้ำมันไหลเยิ้ม	-สีขาวนวล	√	√	√	-มีรอดำทั่วฟอง	-สีเหลืองอมแดง	-สีขาวมีจุดดำเกิดขึ้น	
7	ไข่ธรรมดา+ไคโตซาน 2 (เจือจาง) + ซองลูดความชื้น+สุญญากาศ	×	√	√	-มีรอดำทั่วทั้งฟอง	-สีเหลือง	-สีขาวอมเหลืองเล็กน้อย	√	√	√	-มีรอดำทั่วฟอง	-สีเหลืองขอบเป็นสีดำ	-สีขาวมีจุดดำเกิดขึ้น	
8	ไข่ธรรมดา+ไคโตซาน 2 (เข้มข้น) + ซองลูดความชื้น+สุญญากาศ	×	√	√	-มีรอดำเกิดขึ้น	-สีเหลือง	-สีขาวอมเหลืองเล็กน้อย	√	√	√	-มีรอดำเกิดทั่วฟอง	-สีเหลืองขอบเป็นสีดำ	-สีขาวมีจุดดำเกิดขึ้น	
9	ไข่ธรรมดา+ซองลูดซับออกซิเจน	×	√	√	-สีขาวนวล	-สีเหลือง	-สีขาวนวล	√	√	√	-สีขาวนวล	-สีเหลือง	-สีขาวอมเหลือง	
10	ไข่ธรรมดา+ซองลูดซับความชื้น+ ซองลูดซับออกซิเจน	×	√	√	-สีขาวนวล	-สีเหลือง	-สีขาวนวล	√	√	√	-สีขาวนวล	-สีเหลือง	-สีขาวอมเหลือง	

สรุปประเด็นสำคัญจากการศึกษาการทดลองครั้งที่ 3

1. ไข่เค็มต้มสุกที่บรรจุในถุงสุญญากาศไม่ว่าจะเคลือบ หรือไม่เคลือบไคโตซานก็ส่งผลให้เกิดใยสีดำขึ้นภายหลังการเก็บรักษาครบ 60 วัน เนื่องจากภายในไข่มีความชื้นสูงและความชื้นภายในสูงจึงทำให้เกิดใยสีดำจากการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์
2. ลักษณะของไข่ขาว และไข่แดง ในทุกสิ่งทดลอง พบว่ามีลักษณะของไข่แดงมีสีเข้ม และไข่ขาวมีลักษณะขาวขุ่นตามลักษณะที่ดีของไข่เค็ม
3. จากการศึกษาไข่แดงที่ผ่านการเก็บรักษาในทุกสิ่งทดลองเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาครบ 1 และ 2 เดือน มีลักษณะคล้ายน้ำมันไหลเยิ้มออกมา ที่มีผลจากการเข้าไปเป็นสมบัติของโปรตีนให้มีการละลายน้ำและไม่ละลายนำได้ และมีผลให้ไข่แดงเกิดการไหลเยิ้มของน้ำมันได้
4. จากการศึกษาสี และเนื้อสัมผัสของไข่เค็มต้มสุกในทุกสิ่งทดลองที่เป็นไข่ธรรมดาทั้งที่เคลือบ และไม่เคลือบไคโตซานมีลักษณะสีเข้มเพิ่มมากขึ้น และเนื้อสัมผัสแน่น ตามระยะเวลาในการเก็บรักษา
5. จากการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญ โดยเฉพาะเชื้อ Salmonella ในการทดลอง พบว่า มีเชื้อ Salmonella ภายหลังการเก็บรักษาครบ 2 เดือน ในทุกสิ่งทดลอง
6. จากการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพของไข่เค็มทางด้านกายภาพ เช่น กลิ่นเหม็น รอยร้าว และการไหลเยิ้ม ของน้ำ พบว่าเมื่อเก็บรักษาไข่เค็มเป็นระยะเวลานาน 2 เดือน พบว่าไข่เค็มจะเริ่มมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อยในกลุ่มของไข่ที่เคลือบไคโตซาน และบรรจุในถุงสุญญากาศ รวมทั้งการไหลเยิ้มของน้ำด้วย

8 สรุป

จากผลการศึกษาการพัฒนาบรรจุภัณฑ์แอคทีฟสำหรับไข่เค็ม พบว่า การเก็บรักษาไข่เค็มนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการใช้อุณหภูมิแช่เย็นเข้าร่วมด้วย เพราะการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ซาโมเนล่า ทั้งนี้การลดความเข้มข้นก๊าซออกซิเจนด้วยซองดูดซับออกซิเจน หรือการบรรจุสุญญากาศ หรือการเคลือบผิวหน้าไม่สามารถชะลอการเจริญของเชื้อเหล่านี้ได้ ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้ทราบว่าการจำหน่ายไข่เค็มด้วยการบรรจุสุญญากาศ เช่น ในเว็ปไซต์ Alibaba หรือการจำหน่ายในตลาดสด จึงเป็นที่น่าสงสัยในคุณภาพและความปลอดภัย นอกจากนี้การเคลือบผิวไข่เค็มด้วยสารเคลือบผิวไคโตซานซึ่งมีฤทธิ์ชะลอการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการยับยังการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ จึงอาจมีการใช้ Hurdle Technology อื่นๆมาประกอบ ซึ่งอาจเป็นไอระเหยเอทานอลหรือไอระเหยจากน้ำมันหอมระเหย เช่น กานพลู หรือตะไคร้หอม ทั้งนี้จำเป็นต้องศึกษาผลต่อประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

9 เอกสารอ้างอิง

2553.

ปัญญาโพธิ์ฐิติรัตน์. 2530. การเลือกซื้อไข่. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมบัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพบูลย์ธรรมรัตน์วาสิก. 2529. การเสื่อมเสียและการแปรรูปไข่ .สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ศิริลักษณ์ สินธวาลัย. 2525. ทฤษฎีอาหารเล่ม 1 หลักการประกอบอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 247 น.

Aam, B. B., Heggset, E. B., Norberg, A. L., Sørlie, M., Vårum, K. M., & Eijsink, V. G. H. 2010. Production of Chitooligosaccharides and Their Potential Applications in Medicine. Marine Drugs, 8(5), 1482-1517.

Arroyo, P.T., Karganilla, J.S. and Diongco, O.T. 1973. Egg Studies. I salt curing of chicken and duck egg. Phil. J. Sci. 102 (4) pp. 101-113.

Robertson, G.L. 1993a. Deterioration reactions in foods. In 'Food Packaging: Principles and Practice' pp. 252-302. Marcel Dekker: New York.

Robertson, G.L. 1993b. Permeability of thermoplastic polymers. In 'Food Packaging: Principles and Practice' pp. 73-110. Marcel Dekker: New York.

Rooney, M.L. 1995. Overview of active food packaging.In 'Active Food Packaging'.Ed. M. L. Rooney pp. 1-37.Blackie Academic & Professional: Glasgow.

Trougphanick, K., and Dawson, L.E. 1974. Quality and acceptability of brine pickeld duck eggs. Pouttry Sci. 53: pp. 1129-1133.