บทความวิจัย

ผลของไคโตซานจากเปลือกกุ้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลากะพงขาวระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ[1]

Effect of Chitosan from Shrimp Shell on Quality Changes of Giant Perch (*Lates calcarifer*) Meat during Cold Storage[1]

วิไลลักษณ์ กล่อมพงษ์[2*]

Vilailak Klompong[2*]

บทคัดย่อ

ปลากะพงขาวเป็นผลิตผลทางการประมงที่มีมูลค่า และเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง แต่เนื้อปลาเกิดการเสื่อมเสียอย่างรวดเร็ว ไคโตซานซึ่งเป็นสารจากธรรมชาติและได้รับการยอมรับว่ามีความปลอดภัยอาจสามารถชะลอการเสื่อมเสียได้ การวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของไคโตซานต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลากะพงขาวหั่นชิ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำโดยตรวจติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงพีเอช ปริมาณไตรเมทิลามีนและปริมาณเบสที่ระเหยได้ทั้งหมด ปริมาณคอนจูเกตไดอีนและสารไธโอบาร์บิทูริก แอซิด รีแอคทีฟ พบว่า ไคโตซานสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงด้านต่างๆ ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่มีและไม่มีกรดแลกติกร้อยละ 1 โดยการเปลี่ยนแปลงของเนื้อปลากะพงขาวขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไคโตซาน ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามคุณภาพของทุกตัวอย่างด้อยลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ดังนั้นไคโตซานอาจสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปปลากะพงขาวหั่นชิ้นชนิดสำเร็จรูปพร้อมปรุงเพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาได้

คำสำคัญ: ไคโตซาน คุณภาพ ปลากะพงขาว อุณหภูมิต่ำ

---

[1] ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปีประมาณ 2555 จากมหาวิทยาลัยทักษิณ

[2] ผศ.ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[1] This research was supported by the Public Sector Services of Thaksin University in 2012

[1] Asst. Prof. Dr., Department of Food Science and Technology, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung 93210, Thailand

[*] Corresponding author: Tel.: 074-609605. E-mail address: vklompong@gmail.com

(Received: June 12, 2018; Revised: September 13, 2018; Accepted: September 18, 2018)

Abstract

Giant Perch (*Lates calcarifer*) is a high-value fishery product and recognized as nutritious food source. However, Giant Perch meat is perishable. Regarded as natural product and safety, chitosan could retard the deterioration of Giant Perch meat. The objective of this study was to investigate the effect of chitosan on quality changes of Giant Perch fillet during cold storage. Quality changes including weight loss, pH, trimethylamine and total volatile bases, conjugated diene and thiobarbituric acid reactive substance were monitored. The results showed that chitosan can retard quality changes when compared with control with or without 1% lactic acid. The quality changes of Giant Perch fillet were varied depending on chitosan concentrations ($p < 0.05$). Nevertheless, the qualities of Giant Perch meat were more deteriorate as the storage time increase. Consequently, chitosan could be used in processing industry to retard the quality changes and prolonging the shelf-life of ready to cook Giant Perch fillet.

Keywords: Chitosan, Quality, Giant Perch, Cold Storage

บทนำ

ปลากะพงขาวเป็นผลผลิตทางการประมงที่มีมูลค่าสูง เนื่องจากมีรสชาติดีและจัดเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ปลากะพงขาวมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย และได้รับความนิยมในการรับประทานทั้งในและต่างประเทศ แม้ปลากะพงขาวเป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ แต่ก็ยังเผชิญปัญหาในด้านการตลาดและการส่งออก เนื่องจากสามารถส่งไปขายต่างประเทศได้น้อยมาก เพราะอายุการเก็บรักษาสั้น จึงเป็นปัญหาอย่างมากต่อการกระจายสินค้า การแปรรูปปลากะพงขาวจึงอาจเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษา เพื่อขยายตลาดการส่งออก ซึ่งปัจจุบันปลากะพงขาวในรูปแบบที่พร้อมสำหรับการปรุง เช่น ปลาแล่หรือปลาชิ้นได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความสะดวกสบายและเพิ่มความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ให้กับผู้บริโภค อย่างไรก็ตามเนื้อปลากะพงขาวเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและเสื่อมเสียอย่างรวดเร็วจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และถูกย่อยสลายจากจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่อาจทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ รวมทั้งการย่อยสลายตัวเองเนื่องจากอุดมไปด้วยโปรตีนที่ย่อยง่ายและกรดอะมิโนจำเป็น และไขมันที่มีคุณภาพซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว [1] ส่งผลให้เกิดปัญหาทางคุณภาพ ด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส ทำให้สูญเสียคุณภาพและมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อปลาแล่ ประเภท Ready-to-cook ซึ่งมีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพียง 3-5 วัน [2] จึงเป็นปัญหาอย่างมากต่ออุตสาหกรรมการส่งออก เนื่องจากต้องใช้ระยะเวลาในการขนส่งและกระจายสินค้า

ไคโตซานเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากเปลือกแข็งของสัตว์จำพวกกุ้งและปู เป็นสารจากธรรมชาติที่ปลอดภัย ไม่เป็นพิษ [1] ราคาไม่สูง และย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ [3] มีประสิทธิภาพในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร ซึ่งช่วยส่งเสริมให้อาหารปลอดภัย [4] โดยมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ทั้งจุลินทรีย์

ก่อโรคและที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย เนื่องจากประจุบวกที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของกลูโคซามีนทำปฏิกิริยากับเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ซึ่งมีประจุลบ ทำให้เกิดการรั่วของเยื่อหุ้มเซลล์และเกิดการสูญเสียโปรตีนและสารภายในเซลล์ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เซลล์ตาย [5] และมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันเนื่องจากไคโตซานเป็น Chelating Agent โดยมีหมู่อะมิโนที่สามารถแตกตัวให้ประจุบวกซึ่งสามารถจับโลหะที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งแบบที่เกิดจากเอนไซม์และแบบที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง จึงช่วยคงคุณภาพด้านสีเนื่องจากยับยั้งการออกซิเดชันของไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อปลา และยืดอายุการเก็บรักษา ดังนั้นอาจสามารถใช้ไคโตซานทดแทนสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ได้ [6] รวมทั้งการที่ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ที่รับประทานได้ [5] ได้รับการรับรองให้เป็นสารเติมแต่งอาหาร (Food Additives) จึงมีแนวโน้มว่าจะมีการนำไคโตซานมาใช้ประโยชน์ทางอาหารเพิ่มขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคในปัจจุบันใส่ใจกับสุขภาพและพยายามหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี [3] การใช้ไคโตซานอาจช่วยลดปริมาณการใช้สารถนอมอาหารสังเคราะห์ หรือสามารถลดอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อช่วยลดการสูญเสียรสชาติและคงคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการถนอมอาหารของไคโตซานขึ้นอยู่กับชนิดและสภาวะการเก็บรักษาอาหาร ตลอดจนชนิดของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าการบรรจุในสภาวะดัดแปลงบรรยากาศ (Modified Atmosphere Packaging) (O_2 10 %, CO_2 80 %, N_2 10 %) สามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลากะพงขาวได้ เนื่องจากในสภาวะที่มีออกซิเจนต่ำ และมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียที่ต้องการอากาศและรา ยิ่งไปกว่านั้นยังมีการใช้ก๊าซเฉื่อยประเภทไนโตรเจนบรรจุเพื่อแทนที่ออกซิเจน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของไคโตซานต่อคุณภาพของเนื้อปลากะพงขาวหั่นชิ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

วัสดุอุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

นำปลากะพงขาวที่ผ่านการตกมาทำให้สลบด้วยน้ำแข็ง แล่เนื้อให้มีขนาด 2x3x0.4 เซนติเมตร นำเนื้อปลาแล่มาคลุกเคล้ากับสารละลายไคโตซานที่ละลายในกรดแลกติกร้อยละ 1 ที่ระดับความเข้มข้น 4 ระดับ คือ 5 10 50 และ 100 มิลลิกรัม/กรัม จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกชนิดโพลิเอทิลีน ถุงละ 200 กรัม ปิดผนึกด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตัวอย่างวันที่ 0 3 6 9 12 และ 15 มาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก [6] การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH), Trimethylamine (TMA) [7], Total Volatile Bases (TVB) [7], Conjugated Diene [8] และ Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) [9] เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมไคโตซาน และชุดควบคุมที่มีการเติมเฉพาะกรดแลกติกร้อยละ 1 โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD [10] วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

การสูญเสียน้ำหนัก

จากการศึกษาการสูญเสียน้ำหนัก พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นการสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p < 0.05$) (ภาพที่ 1a) โดยอัตราการสูญเสียน้ำหนักมีค่าเพิ่มขึ้นมากในช่วง 3 วันแรก หลังจากนั้นการสูญเสียน้ำหนักค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนถึงวันที่ 15 เมื่อเปรียบเทียบแต่ละตัวอย่างที่เก็บรักษาในระยะเวลาเดียวกันพบว่า วันที่ 0 ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นตัวอย่างที่เติมไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นแตกต่างจากตัวอย่างชุดควบคุมและตัวอย่างชุดที่ผสมกรดแลกติก เพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อความเข้มข้นของไคโตซานเพิ่มขึ้นการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาลดลง ($p < 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH)

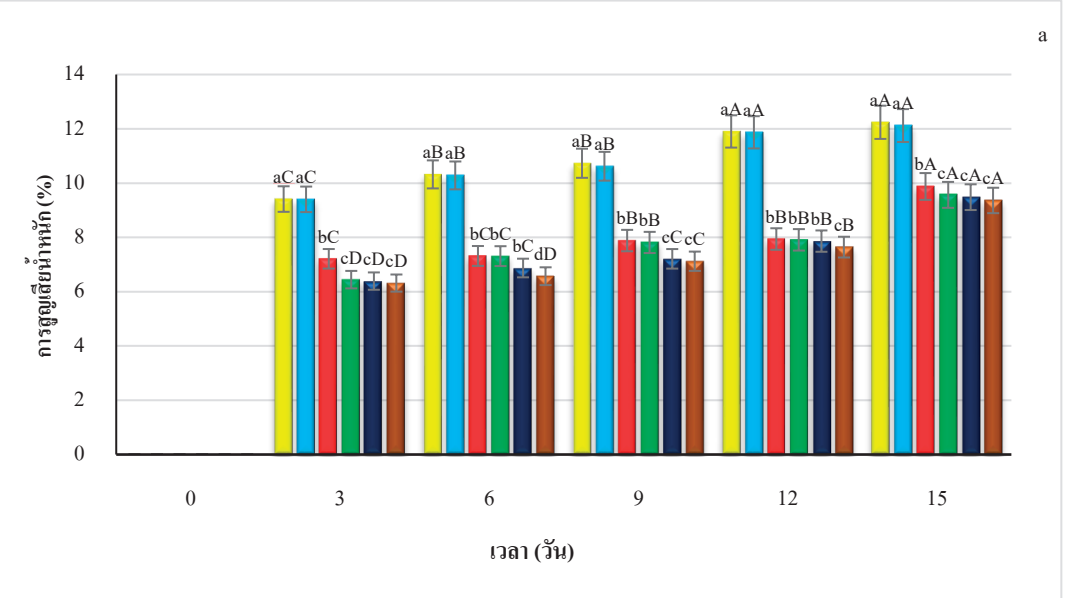
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเนื้อปลากะพงขาว พบว่า ค่า pH เริ่มต้นของเนื้อปลากะพงขาวอยู่ในช่วง 6.01 - 6.06 เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่า pH ของเนื้อปลากะพงขาวทุกตัวอย่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p < 0.05$) (ภาพที่ 1b) โดยที่ตัวอย่างชุดควบคุมมีค่าเพิ่มขึ้นสูงที่สุด รองลงมาคือ ตัวอย่างที่ผสมกรดแลคติกเพียงอย่างเดียวและตัวอย่างที่ใช้กรดแลกติกในการละลายไคโตซานตามลำดับ โดยทั่วไปแล้วตัวอย่างที่มีไคโตซานในระดับสูงมีการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ต่ำ ($p < 0.05$)

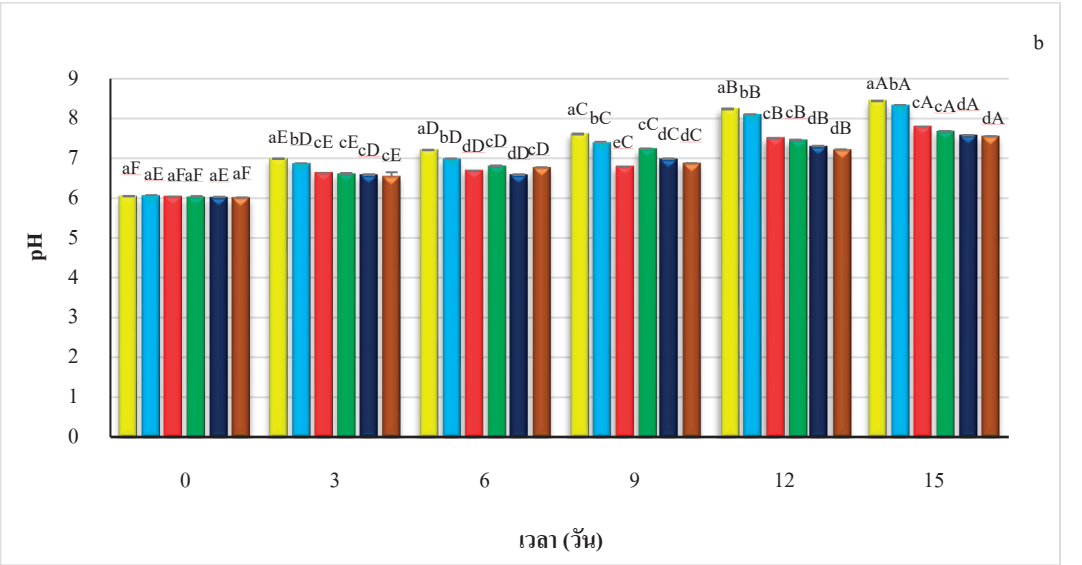
Trimethylamine (TMA) และ Total Volatile Bases (TVB)

จากการตรวจติดตามปริมาณ TMA และ TVB ในเนื้อปลากะพงขาวหั่นชิ้น พบว่า TMA และ TVB มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ($p < 0.05$) (ภาพที่ 2) อย่างไรก็ตามไคโตซานสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของ TMA และ TVB ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและชุดที่มีการเติมกรดแลกติกร้อยละ 1 โดยปริมาณความเข้มข้นของไคโตซานยิ่งมาก ยิ่งส่งผลชะลอการเกิด TMA และ TVB ในตัวอย่าง ตามลำดับ ($p < 0.05$)

Conjugated Diene และ Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS)

จากการศึกษาการเกิด Conjugated Diene และ Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 15 วัน (ภาพที่ 3a และ b) พบว่า เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น Conjugated Diene และ TBARS มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p < 0.05$) โดยตัวอย่างชุดควบมีการเกิดออกซิเดชันสูงที่สุดโดยมีค่า Conjugated Diene และ TBARS สูงที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาคือตัวอย่างที่ผสมกรดแลคติกเพียงอย่างเดียว ตามด้วยตัวอย่างที่ผสมกรดแลกติกที่ละลายไคโตซานเข้มข้น 5 10 50 และ 100 มิลลิกรัม/กรัม เนื้อปลา ตามลำดับ ($p < 0.05$)

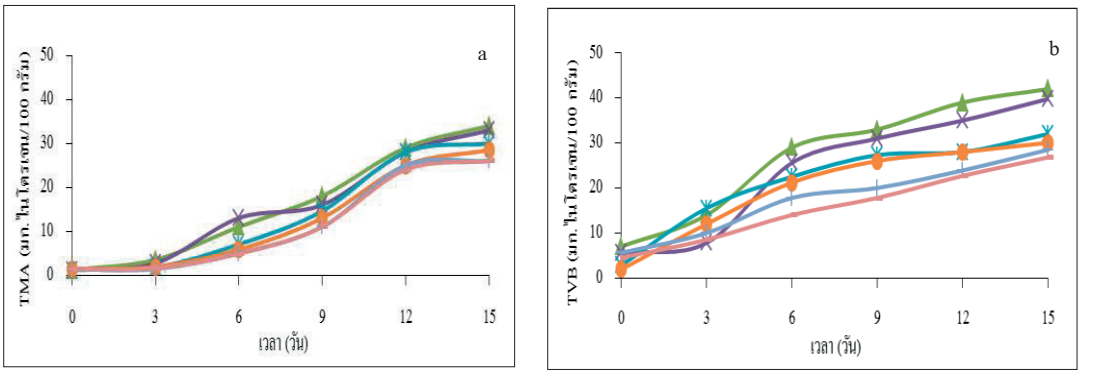




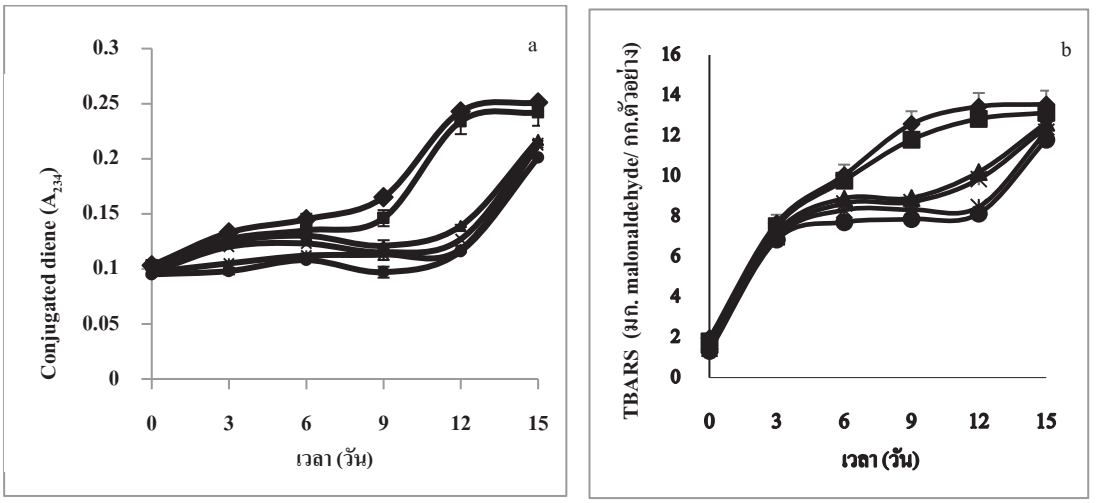
ภาพที่ 1 การสูญเสียน้ำหนัก (a) และการเปลี่ยนแปลง pH (b) ของเนื้อปลากะพงขาวชุดควบคุม (▭), ผสมกรดแลกติก ร้อยละ 1 (▭) และผสมกรดแลกติกร้อยละ 1 ที่ใช้ละลายไคโตซานเข้มข้น 5 (▭), 10 (▭), 50 (▭) และ 100 (▭) มิลลิกรัม/กรัม เนื้อปลา โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

[a-f] แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละตัวอย่างที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกัน

[A-F] แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในอย่างเดียวกันที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างกัน



ภาพที่ 2 Trimethylamine (TMA) (a) และ Total Volatile Bases (TVB) (b) ในเนื้อปลากะพงขาวที่ผสมไคโตซานที่ละลายในกรดแลกติกร้อยละ 1 เข้มข้น 5 (✶), 10 (◆), 50 (✦) และ 100 (●) มิลลิกรัม/กรัม เนื้อปลาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (▲) และชุดที่มีกรดแลกติกร้อยละ 1 (✕)



ภาพที่ 3 Conjugated Diene (a) และ Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS) (b) ของเนื้อปลากะพงขาวชุดควบคุม (◆), ผสมกรดแลกติกร้อยละ 1 (■), ผสมกรดแลกติกร้อยละ 1 ที่ใช้ละลายไคโตซานเข้มข้น 5 (▲), 10 (✕), 50 (✶) และ 100 (●) มิลลิกรัม/กรัม เนื้อปลา โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน

การอภิปรายผล

การสูญเสียน้ำหนัก

ตัวอย่างเนื้อปลากะพงขาวที่เติมไคโตซานทุกระดับความเข้มข้นสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าตัวอย่างชุดควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยระดับการสูญเสียน้ำหนักขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไคโตซาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากไคโตซานมีสมบัติในการจับและเก็บกักน้ำ [11] และมีหมู่อะมิโนที่สามารถแตกตัวให้ประจุบวก

จึงมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี [1] และช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าไคโตซานสามารถลดการละลายของโปรตีนในกล้ามเนื้อปลาในระหว่างการเก็บรักษาได้ [3]

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช (pH)

ตัวอย่างเนื้อปลากะพงที่มีไคโตซานในระดับสูง มีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ต่ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่าไคโตซานช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ [1] ส่วนตัวอย่างชุดควบคุมมีค่า pH สูงที่สุด เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญและย่อยสลายโปรตีนในเนื้อปลา แล้วปลดปล่อยแอมโมเนีย [12] ส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ของปลาเรนโบว์เทราต์ที่เคลือบไคโตซานแล้วเก็บรักษาในสภาวะแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 6 เดือน [3] โดยการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในเนื้อปลาสามารถบ่งชี้คุณภาพทางจุลินทรีย์ของเนื้อปลาได้

Trimethylamine (TMA) และ Total Volatile Bases (TVB)

การเปลี่ยนแปลงค่า pH นั้นสอดคล้องกับค่า TMA และ TVB ซึ่งไคโตซานสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของ TMA และ TVB ได้ เนื่องจากไคโตซานมีประสิทธิภาพในการการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ [1, 4-6] ในเนื้อปลา [3] ไคโตซานสามารถยับยั้งจุลินทรีย์โดยอาจจับกับ DNA ของแบคทีเรียนำไปสู่การยับยั้ง mRNA และการสังเคราะห์โปรตีน [3-4] หรือจับกับเยื่อหุ้มเซลล์และรบกวนการทำหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ หรือหมู่อะมิโน (NH_3^+) ที่มีประจุบวกของไคโตซานทำปฏิกิริยากับประจุลบบนพื้นผิวเซลล์จุลินทรีย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเยื่อหุ้มเซลล์ นำไปสู่การรั่วของออร์แกเนลล์ภายในเซลล์ ทำให้เซลล์ตาย นอกจากนี้ไคโตซานยังอาจสามารถจับกับลิโพพอลิแซคคาไรด์ของแบคทีเรียกรัมลบ หรือกรด Teichoic ของแบคทีเรียกรัมบวกส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียการทำหน้าที่และทำให้เซลล์แตกและตายในที่สุด [4] ตลอดจนไคโตซานมีความสามารถในการจับโลหะ ซึ่งโลหะดังกล่าวอาจจำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ และไคโตซานยังสามารถจับกับน้ำได้ดีซึ่งอาจรบกวนการทำหน้าที่ของเอนไซม์จำนวนมากที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ [3] ทั้งนี้จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิด TMA และ TVB [3] เนื่องจากมีเอนไซม์ Trimethylamine Oxidoreductase (TMAO Reductase) ซึ่งสามารถย่อย TMAO ที่มีอยู่ในเนื้อปลาให้กลายเป็น TMA และ TMA ที่เกิดขึ้นจะถูกเอนไซม์ TMA Dehydrogenase ซึ่งมีอยู่ในเนื้อปลาย่อยสลายต่อไปเป็น Dimethylamine (DMA), Formaldehyde (FA) และแอมโมเนีย ส่งผลให้เนื้อปลามีค่า TVB สูงขึ้น TVB ที่เกิดขึ้นบ่งบอกว่ามีการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และเกิดการย่อยสลายโปรตีนในระหว่างการเก็บรักษา [11] และการที่มีแอมโมเนียเกิดขึ้นในระบบส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อปลาสูงขึ้น [3] ซึ่งสอดคล้องกับค่า pH ที่เพิ่มขึ้น โดยปลาที่มีความสดและมีคุณภาพดีจะมีค่า TMA น้อยกว่า 1.5 มิลลิกรัม TMA-N/100 กรัม ตัวอย่าง แต่ถ้ามีปริมาณสูงถึง 10-15 มิลลิกรัม TMA-N/100 กรัม ตัวอย่างจะมีลักษณะไม่เป็นที่ยอมรับ เนื่องจากมีกลิ่นเหม็นเน่าและมีกลิ่นคาวปลาอย่างรุนแรง และมีรายงานว่าปลาซาร์ดีนจะเน่าเสียเมื่อมีค่า TVB มากกว่า 25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ในขณะที่ปลาที่อาศัยในเขตหนาวและเขตอบอุ่นจะเน่าเสียเมื่อมีค่า TVB ในช่วง 30 - 40 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม [13] สำหรับในงานวิจัยนี้พบว่าเนื้อปลากะพงขาวเริ่มเน่าเสียภายหลังวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ซึ่งมีค่า TMA และ TVB อยู่ในช่วง 11 ถึง 14 และ 17.8 ถึง 25 มิลลิกรัม

ไนโตรเจน/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าไคโตซานสามารถยืดอายุการเก็บรักษานานขึ้น 1 เท่าตัว ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Tayel [1] ที่พบว่าไคโตซานมีฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาไส้กรอกปลาได้

Conjugated Diene และ Thiobarbituric Acid Reactive Substance (TBARS)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไคโตซานสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อปลากะพงขาวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำได้ โดยสามารถยับยั้งทั้งการสร้าง Primary Product (Conjugated Diene) และ Secondary Product (TBARS) ของกระบวนการออกซิเดชันได้ โดยไคโตซานอาจมีความสามารถในการให้ไฮโดรเจนอะตอมหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระและอาจมีความสามารถในการรีดิวซ์ เนื่องจากมีหมู่อะมิโนที่สามารถให้โปรตอน [4] และหมู่ไฮดรอกซิลที่มีประสิทธิภาพในการจับอนุมูลอิสระ ตลอดจนอาจมีความสามารถในการจับโลหะ [1] และเฟอรรัส ไอออน [3] ซึ่งเป็น Pro-oxidant ที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า ฟิล์มจากไคโตซาน [11] และไคโตซาน [3] สามารถป้องกันการซึมผ่านของออกซิเจน จึงอาจช่วยชะลอการเกิดออกซิเดชันได้

Xavier และคณะ [11] รายงานว่าไคโตซานสามารถชะลอการเสื่อมเสียของเนื้อปลาทอดได้ เนื่องจากชะลอการเกิด TVB-N การเปลี่ยนแปลง pH การเกิดออกซิเดชันของไขมันจากการวัดค่าเพอร์ออกไซด์ และ TBARS และ Berizi และคณะ [3] ใช้ไคโตซานในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันและโปรตีนในปลาเรนโบว์เทราต์ทั้งตัวที่ผ่านการควักไส้แล้วเก็บรักษาในสภาวะแช่เยือกแข็งเป็นเวลา 6 เดือน โดยตรวจติดตามค่าเพอร์ออกไซด์ และ TBARS ยิ่งไปกว่านั้น Xavier และคณะ [11] และ Yuan และคณะ [14] ได้สรุปว่าไคโตซานช่วยคงคุณภาพอาหารสด อาหารแช่เยือกแข็ง และอาหารแปรรูปโดยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก การเจริญของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้

สรุปผลการวิจัย

ไคโตซานมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ และมีกิจกรรมการต้านออกซิเดชันในระบบอาหารจำพวกเนื้อปลากะพงขาวหั่นชิ้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ โดยการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลากะพงขาวขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไคโตซาน ซึ่งไคโตซานสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลากะพงขาวในด้านคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การเปลี่ยนแปลงค่า pH การเกิด TMA และ TVB และ Conjugated Diene และ TBARS ดังนั้น ไคโตซานซึ่งเป็นสารจากธรรมชาติ มีความปลอดภัยสูง และราคาไม่แพง อาจสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการแปรรูปปลากะพงขาวหั่นชิ้นชนิด Ready-to-cook เพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลากะพงขาวได้

เอกสารอ้างอิง

[1] Tayel, A. A. (2016). Microbial Chitosan as a Biopreservative for Fish Sausages. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 41-46.

[2] Gómez-Estaca, J., López de Lacey, A., López-Caballero, M. E., Gómez-Guillén, M. C., & Montero, P. (2010). Biodegradable Gelatinechitosan Films Incorporated with Essential Oils as Antimicrobial Agents for Fish Preservation. *Food Microbiology*, 27, 889-896.

[3] Berizi, E., Hosseinzadeh, S., Shekarforoush, S. S., & Barbieri, G. (2018). Microbial, Chemical, Textural and Sensory Properties of Coated Rainbow Trout by Chitosan Combined with Pomegranate Peel Extract During Frozen Storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 1004-1013.

[4] Ma, Z., Garrido-Maestu, A., & Jeong, K. C. (2017). Application, Mode of Action, and *in vivo* Activity of Chitosan and its Micro- and Nanoparticles as Antimicrobial Agents: A review. *Carbohydrate Polymers*, 176, 257-265.

[5] Bonilla, J., & Sobral, P. J. A. (2016). Investigation of the Physicochemical, Antimicrobial and antioxidant Properties of Gelatin-Chitosan Edible Film Nixed with Plant Ethanolic Extracts. *Food Bioscience*, 16, 17-25.

[6] Kaya, M., Dudakli, F., Asan-Ozusaglam, M., Cakmak, Y. S., Baran, T., Mentes, A., & Erdogan, S. (2016). Porous and Nanofiber A-Chitosan Obtained from Blue Crab (*Callinectes sapidus*) Tested for Antimicrobial and Antioxidant Activities. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 1109-1117.

[7] Conway, E. J., & Byrne, A. (1936). An Absorption Apparatus for the Micro Determination of Certain Volatile Substances I. The Micro Determination of Ammonia. *Journal of Biochemistry*, 27, 419-429.

[8] Frankel, E. N., Huang, S. W., & Aeschbach, R. (1997). Antioxidant activity of Green Teas in Different Lipid Systems. *Journal of American Oil Chemistry Society*, 74, 1309-1315.

[9] Lee, B. J., & Hendricks, D. G. (1997). Antioxidant Effects of L- carnosine on Liposomes and Beef Homogenates. *Journal of Food Science*, 62, 931-934.

[10] Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1980). *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*, New York. McGraw-Hill.

[11] Xavier, K. A. M., Hauzoukim, Kannuchamy, N., Balange, A. K., Chouksey, M. K., & Gudipati, V. (2017). Functionality of Chitosan in Batter Formulations for Coating of Fish Sticks: Effect on Physicochemical Quality. *Carbohydrate Polymers*, 169, 433-440.

[12] Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D., & Shahidi, F. (2012). Use of Protein Hydrolysate from Yellow Stripe Trevally (*Selaroides leptolepis*) as Microbial Media. *Food Bioprocess Technology*, 5, 1317-1327.

[13] Bennour, M., Marrakchi, A. E., Bouchriti, N., Hamama, A., & Ouadaa, M. (1991). Chemical and Microbiological Assessments of Mackerel (*Scomber scombrus*) Stored in Ice. *Journal of Food Protection*, 54, 789-792.

[14] Yuan, G., Chen, Z., & Li, D. (2016). Chitosan Films and Coatings Containing Essential Oils: The Antioxidant and Antimicrobial Activity, and Application in Food Systems. *Food Research International*, 89, 117-128.