การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลานิลแล่ที่แช่ในสารละลายฟอสเฟตและเคลือบไคโตซานเก็บในสภาวะการแช่เย็น

Quality changes of Nile Tilapia fillets dipped in phosphate solution and coated with chitosan kept in refrigerated storage

ละอองวรรณ ศรีจันทร์[1*] ทิพย์ บุญล้ำ[2] และ ศิรินาถ ศรีอ่อนนวล[3]

[1,3] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ [2]อาจารย์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดนครศรีธรรมราช 80240

บทคัดย่อ

จากการศึกษาการจุ่มปลานิลแล่ในสารละลายโซเดียมไพโรฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ผสมโซเดียมไตรฟอสเฟต ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 จากนั้นเคลือบด้วยสารละลายไคโตซาน ความเข้มข้นร้อยละ 0.0, 0.3, 0.6,และ 0.9 บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน ปิดผนึกอย่างดี เก็บที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 15 วัน พบว่า ตัวอย่างทั้งหมดมีความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติและแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงความชื้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่า pH และTotal volatile base nitrogen (TVB-N) ของทุกตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น การเคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้นต่ำมีผลให้ pH ของเนื้อปลาลดลงมากกว่าการเคลือบด้วยไคโตซานความเข้มข้นสูง ในขณะที่ชุดควบคุม (ไม่แช่ไคโตซาน) มีค่า pH และ TVB-N สูงที่สุด การลดลงของ pH มีผลทำให้ความสามารถในการจับกับน้ำ (ค่า Water Holding Capacity (WHC) ของตัวอย่างลดลงด้วย เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไคโตซานค่า pH และค่า WHC เพิ่มขึ้น ด้านการเกิดออกซิเดชั่นพบว่าตัวอย่างที่แช่สารละลายไคโตซานร้อยละ 0.3 มีค่า Thiobarbituric acid (TBA) สูงที่สุดและลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณไคโตซาน ซึ่งน่าจะเนื่องมาจากสารละลายไคโตซานมีสภาพเป็นกรดมีผลต่อการเร่งปฏิกริยาย่อยไขมัน อย่างไรก็ตามไคโตซานมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในเนื้อปลาได้เป็นอย่างดี

Abstract

Dipping of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets in the mixture solution of 2.0% sodium pyrophosphate and 0.5%sodium triphosphate and coating with 0.0,0.3,0.6,0.9 % chitosan solutions, drained, packed in polyethylene bags, well sealed, stored at 4°C for 15 days were evaluated. The results showed, the moisture of all sample did not statistically difference and quite constant during storage. The pH and TVB-N value increased with the storage period for all sample, Coating with low concentration of chitosan resulted in lower pH fillets than higher concentration. The decreasing of pH resulted in decreasing of Water Holding Capacity (WHC) of the fillets. Increasing chitosan concentration increased pH and WHC. The oxidation of the samples revealed that the Thiobarbituric acid(TBA) of 0.3% chitosan was maximum and lower with increasing of chitosan concentration. Increasing of TBA may be because of acidity of chitosan solution activated fat hydrolysis. Nevertheless, chitosan coating effectively inhibited growth of microorganism in the fillets.

คำสำคัญ : ปลานิล สารประกอบฟอสเฟต การเคลือบไคโตซาน การแช่เย็น

Keywords : Nile Tilapia, Phosphate compound, Chitosan coating, refrigeration.

ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ laongwan_sri@hotmail.com โทร. 08 1797 6844

1. บทนำ

ปลานิล (Nile Tilapia) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งของไทย มีถิ่นกำเนิดเดิมอยู่ที่แอฟริกา พบทั่วไปตามหนองบึง และทะเลสาบในประเทศซูดาน ยูกันดา แทนแกนยิกา เนื่องจากปลาชนิดนี้เลี้ยงง่าย สามารถกินพืชและอาหารได้เกือบทุกชนิด รวมทั้งเศษอาหารต่าง ๆ สามารถแพร่ขยายพันธุ์ได้ในสภาวะทั่ว ๆ ไปและเติบโตเร็ว นอกจากนี้ ปลานิลยังเป็นปลาที่มีรสชาติดี สามารถนำมาเป็นอาหารได้หลายอย่าง และมีคนนิยมไปทำตากแห้งแบบปลาสลิดได้ ปัจจุบันปลานิลเป็นปลาที่นิยมบริโภคในหมู่ประชาชนทั่วไป FAO (2006) รายงานว่าประเทศไทยสามารถผลิตปลานิลได้เป็นอันดับ 4 ของภูมิภาคเอเชีย รองจากจีน ฟิลิปปินส์และอินโดนีเซีย

ปลานิลเป็นปลาที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของไทยนับตั้งแต่ปี 2508 เป็นต้นมา จากคุณสมบัติของปลานิลซึ่งเลี้ยงง่ายเจริญเติบโตเร็ว และเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทำให้เกษตรกรหันมานิยมเลี้ยงปลานิลอย่างกว้างขวาง ในปี 2553 พบว่ามีปริมาณการเลี้ยงปลานิลประมาณ 212,872 ตัน มูลค่าประมาณ 6,705.47 ล้านบาท(กรมประมง,2554) มูลค่าของปลานิลนั้นคิดเป็นร้อยละ 31.0 ของมูลค่าการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดทั้งหมดของไทย ซึ่งการเพาะเลี้ยงปลานิลของไทยร้อยละ 80 เป็นการเลี้ยงในบ่อ ส่วนที่เหลือนั้นเลี้ยงในนาข้าวและร่องสวน(ศูนย์สารสนเทศ กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง,2550)

การส่งออกปลานิลมีแนวโน้มการส่งออกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2552 มีปริมาณการส่งออกสูงถึง 19,745 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,298 ล้านบาทและในปี 2553 จะมีปริมาณการส่งออกถึง 50,000 ตัน โดยตลาดการส่งออกปลานิลจากไทยจะเป็นแบบทั้งที่มีชีวิต ปลานิลแช่เย็นและแช่แข็งทั้งตัว ปลาแล่เนื้อแช่เย็นและแช่แข็ง ตลาดที่สำคัญ เช่น กลุ่มประเทศตะวันออกกลาง สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา ภูมิภาคเอเชียกลุ่ม กลุ่มประเทศแอฟริกา และอื่นๆ (กองประมงต่างประเทศ,2555)

สารประกอบฟอสเฟต เป็นสารที่มีบทบาทในการเพิ่มคุณสมบัติในการจับกับน้ำของโปรตีนและนิยมในกันมากในอุตสาหกรรมอาหารทะเล โดยนิยมใช้หลายรูปแบบด้วยกัน เช่น Polyphosphate, Monophosphate, Tripolyphosphate ซึ่งนอกจากฟอสเฟตจะมีคุณสมบัติในการช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการอุ้มน้ำของอาหารหรือลดการสูญเสียน้ำออกจากอาหารแล้ว ฟอสเฟตยังมีบทบาทในการเป็นสารป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น การป้องกันการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารด้วย ((Pigott and Tucker ,1999)

ไคโตซาน (Chitosan) เป็นสารอินทรีย์ที่พบในเปลือกกุ้ง ปูและสัตว์มีกระดองประเภทต่างๆ นิยมนำไปใช้ในอาหาร เนื่องจากมีสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Antimicrobial agent) และป้องกันการเกิดออกซิเดชั่นในอาหาร ไคโตซานมีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารละลายกรดเจือจาง สามารถเกิดฟิล์มได้ดี นิยมใช้ในการป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากอาหาร นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ (Sathival et al, 2005) จากการศึกษาของ Mohan *et al* (2012) โดยการเคลือบไคโตซานร้อยละ 1 และ 2 ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาซาร์ดีนแล่(Filleted Indian oil Sardine)ในขณะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1-2 °ซ เป็นเวลา 11 วัน พบว่าสามารถยืดอายุการเสื่อมเสียได้เพิ่มขึ้นอีก 5 วัน และจากการศึกษาของ Fan *et al* (2009) โดยการเคลือบปลา Silver carp ด้วยสารละลายไคโตซานร้อยละ 2 แล้วเก็บรักษาปลาที่อุณหภูมิ -3 °ซ เป็นเวลา 30 วัน พบว่าการเคลือบไคโตซานสามารถรักษาคุณภาพปลาไว้ไดเอย่างดีโดยมีผลในการชะลอการเสื่อมเสียของปลาทั้งด้านจุลินทรีย์และกายภาพ Duan *et al* (2010) ศึกษาการเคลือบไคโตซานในปลา lingcod พบว่าสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและ Psychrotrophic count ในปลาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2±1°ซ และ 20°ซ ได้เป็นอย่างดี เมื่อเปรียบเทียบกับปลาที่ไม่เคลือบไคโตซาน

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงสนใจศึกษาผลของสารประกอบฟอสเฟตและปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมในการจุ่มและเคลือบชิ้นปลานิลแล่ที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น เพื่อช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลานิลแล่ และรักษาคุณภาพของปลานิลแล่ในระหว่างการขนส่งและการวางจำหน่าย

2.วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

2.1.1 การเตรียมสารละลายไคโตซาน ใช้ไคโตซานที่มี % deacetylated มากกว่าร้อยละ 75 (บริษัท Sigma chemical ประเทศญี่ปุ่น) ในปริมาณร้อยละ 0.3, 0.6 และ 0.9 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ละลายในสารละลายกรดอะซีติกความเข้มข้นร้อยละ 1 นาน 1 ชั่วโมง

2.1.2 การเตรียมปลา ทำโดยใช้ปลานิลจิตรลดาที่เลี้ยงในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช มีน้ำหนัก 500-600 กรัม /ตัว จัดซื้อจากแม่ค้าในตลาดจันดี อ.ฉวาง จ.นครศรีธรรมราช และขนส่งไปยัง ห้องปฏิบัติการแปรรูป คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ต.ทุ่งใหญ่ อ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช โดยใช้เวลาประมาณ 20 นาที ซึ่งปลายังมีชีวิตอยู่ จากนั้นขอดเกล็ด ตัดหัว แยกเครื่องในออก แล่เอาเฉพาะเนื้อ ล้างทำความสะอาดและวางไว้ให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำชิ้นปลาแล่ทั้งหมดแช่ในสารละลายฟอสเฟตซึ่งมีส่วนผสมของโซเดียมไตรฟอสเฟตร้อยละ 0.5 และโซเดียมไพโรฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ในอัตราส่วนปลา : สารประกอบฟอสเฟตเท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนัก แช่เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลา นำขึ้นสะเด็ดน้ำบนตะแกรงที่สะอาด เป็นเวลา 20 นาที แบ่งปลาเป็น 4 ชุดการทดลอง นำไปแช่ในสารละลายไคโตซานความเข้มข้นต่างๆที่เตรียมไว้ โดยแช่เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลา นำขึ้นจากน้ำแช่ วางบนตะแกรงที่สะอาดเพื่อสะเด็ดน้ำนาน 20 นาที ชุดควบคุม ทำโดยแช่ปลานิลในสารประกอบฟอสเฟตเพียงอย่างเดียว โดยไม่แช่สารละลายไคโตซาน จากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมไว้ทั้งหมด บรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน ปิดปากถุงให้สนิทด้วยเครื่องปิดผนึก นำไปเก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 15 วัน ตรวจสอบค่าต่างๆ ทุก 3 วัน ดังนี้

2.1.2.1 ค่าความเป็นกรดด่าง(pH) ทำโดยชั่งตัวอย่างเนื้อปลาที่ขูดละเอียดมา 2 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 มล. ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันดี วางทิ้งไว้ 10 นาที คนอีกครั้ง จากนั้นวัดค่าความเป็นกรดด่าง pH โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดด่างยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น Seveneasy ทำ 3 ซ้ำ

2.1.2.2 ค่าความชื้น ใช้วิธี AOAC (1990) ทำโดยชั่งตัวอย่างเนื้อปลาที่ขูดละเอียดอย่างละเอียด 2 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้ว อบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105°ซ นาน 3 ชั่วโมง จากนั้นเอาออกจากตู้ ใส่ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นอบซ้ำจนได้ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่ง 2 ครั้งติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม คำนวณค่าความชื้น(ร้อยละ) ในรูป(น้ำหนักน้ำที่หายไป/น้ำหนักปลาเริ่มต้น) X100 ทำ 3 ซ้ำ

2.1.2.3 ค่า Water Holding Capacity (WHC) ดัดแปลงวิธีของ Thorarinsdottir และคณะ (2001) ทำโดยชั่งน้ำหนักตัวอย่างปลาที่ขูดละเอียดมา 1.5 กรัม (บันทึกน้ำหนักละเอียด) โดยชั่งบนกระดาษกรองเบอร์ 41 ที่ทราบน้ำหนักแล้ว จากนั้นนำไปเซนตริฟิวจ์ด้วยความเร็ว 1,500 รอบ/นาที เป็นเวลา 15 นาที โดยใช้เครื่องเซนตริฟิวจ์ยี่ห้อKokusan รุ่น H-103 (ประเทศญี่ปุ่น) นำกระดาษมาชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น คำนวณค่า WHC (ร้อยละ) ในรูปน้ำหนักน้ำที่คงเหลืออยู่ในเนื้อปลา/น้ำหนักปลาเริ่มต้น ต่อน้ำหนักปลา 100 กรัม ทำ 3 ซ้ำ

2.1.2.4 ค่า Thiobarbituric acid (TBA) ใช้วิธีของ Buege and Aust(1978) ทำโดยชั่งตัวอย่างที่บดละเอียดแล้ว 0.5 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย TBA (ประกอบด้วย TBA 0.375 กรัม Trichloroacetic acid (TCA) 15 กรัมและกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.875 มล.ละลายในน้ำกลั่น 100 มล.) ลงไป 5 มล. เขย่าให้เข้ากันดี นำไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที จะเกิดสีชมพูหรือชมพูอมส้มขึ้นและมีความขุ่น วางไว้ให้เย็น จากนั้นเทเฉพาะส่วนใส ไปเซนตริฟิวจ์ที่ความเร็ว 3000 รอบ/นาที นาน 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร หาปริมาณ TBA โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ malondialdehyde bis (diethyl acetal) (Merck,เยอรมนี)

2.1.2.5 ค่า TVB-N ใช้วิธีของ Conway and Byrne (1936) ทำโดยชั่งเนื้อปลาที่บดละเอียดมา 4 กรัม เติม สารละลาย TCA ความเข้มข้นร้อยละ 4 ลงไป 16 มล. คนให้เข้ากัน วางไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที

คนนานๆ ครั้ง กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 41 เก็บตัวอย่างที่ –20°ซ (หากจำเป็น) นำไปวิเคราะห์ค่า TVB-N โดยใช้จาน Conway ซึ่งทำโดย เคลือบขอบนอกของจานด้วยกลีเซอรอล จากนั้นปิเปตกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 1 ปริมาณ 1 มล.ลงในวงในของจาน ปิเปตตัวอย่าง 1 มล.ลงในวงนอกของจาน และปิเปตสารละลายอิ่มตัว K_2CO_3 ลงไปผสมกับตัวอย่าง(ระวังอย่าให้สารวงในและวงนอกผสมกัน) ปิดฝาจาน นำจานไปบ่มที่อุณหภูมิ 37°ซ นาน 1 ชั่วโมง นำไปไตเตรทกับ 0.01 HCl หยดอินดิเคเตอร์ 2 หยด (อินดิเคเตอร์ประกอบด้วย Bromocresol green 0.1 กรัมและ Methyl red 0.2 กรัม ในเอทธานอล 100 มล.) ไตเตรทจนสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีชมพู ทำBlank โดยใช้ TCA ความเข้มข้นร้อยละ 4 แทนตัวอย่าง คำนวณค่า TVB-N โดยใช้สูตร

$$\text{TVB-N (mg/100g)} = \frac{(V_S-V_B) \times (N_{HCl} \times A_N) \times V_{EX} \times 100}{W_s}$$

เมื่อ V_S = ปริมาตรของ HCl ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง
V_B = ปริมาตรของ HCl ที่ใช้ในการไตเตรต Blank
N_{HCl} = Normality ของ HCl
A_N = น้ำหนักโมเลกุลของ N (14)
V_{EX} = ปริมาตรของ 4% TCA ที่ใช้ในการสกัด
W_S = น้ำหนักของตัวอย่าง (ก่อนสกัด)

2.1.2.6 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) และ Psychrophilic count ทำตามวิธีของ Bacteriological Analytical Manual (BAM) (2001)

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดด่าง จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างของปลานิลที่แช่สารประกอบฟอสเฟตแล้วเคลือบไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.0,0.3,0.6 และ 0.9 % เก็บรักษาที่ 4°ซ เป็นเวลา 15 วัน ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งเห็นว่า ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา ตัวอย่างที่แช่ไคโตซานมี pH ต่ำกว่าชุดควบคุม (ไม่แช่ไคโตซาน) ทุกตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องมาจากในการเตรียมไคโตซานต้องละลายไคโตซานในสารละลายที่มีกรดอะซีติกร้อยละ 1 ทำให้สารละลายมี pH ลดลง อย่างไรก็ตามพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของไคโตซานค่า pH ของปลาเพิ่มขึ้น โดยในวันแรกของการเตรียมตัวอย่าง ตัวอย่างที่แช่ไคโตซานร้อยละ 0.3 มีค่า pH ต่ำที่สุด คือ 5.82 ส่วนตัวอย่างที่แช่ไคโตซานร้อยละ 0.6 ,0.9 และ 0.0 มี pH 6.08, 6.12 และ 6.21 ตามลำดับ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Duan *et al* (2010);ซึ่งเคลือบไคโตซานในปลา Lingcod พบว่า pH ของปลาที่แช่ไคโตซานลดต่ำลงกว่าที่ไม่แช่ เนื่องจากอิทธิพลของสารละลายกรดอะซีติกซึ่งเป็นตัวช่วยในการละลายของไคโตซาน และจากการวิเคราะห์ค่า pH ของสารละลายไคโตซานร้อยละ 0.3 ,0.6 และ 0.9 พบว่ามี pH เท่ากับ 3.69, 3.80 และ 4.00 ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มปริมาณไคโตซาน ค่า pH เพิ่มขึ้น

จากรูปที่ 1 พบว่าเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้นค่า pH ค่อย ๆ เพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่เคลือบไคโตซานร้อยละ 0.3 มีค่า pH ต่ำสุด และตัวอย่างที่ไม่แช่ไคโตซานมีค่า pH สูงที่สุด และมีความแตกต่างทางสถิติ ($p< 0.05$) กับตัวอย่างที่แช่ไคโตซาน อย่างไรก็ตาม พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) ระหว่างปลาที่แช่ไคโตซานร้อยละ 0.6 และ 0.9 การเพิ่มขึ้นของ pH น่าจะเนื่องมาจากการเกิดสารระเหย (Volatile base) เช่น แอมโมเนีย หรือไตรเมทิลเอมีน จากการย่อยสลายโปรตีนในเนื้อปลา (Ruiz-Capillas and Moral,2001)

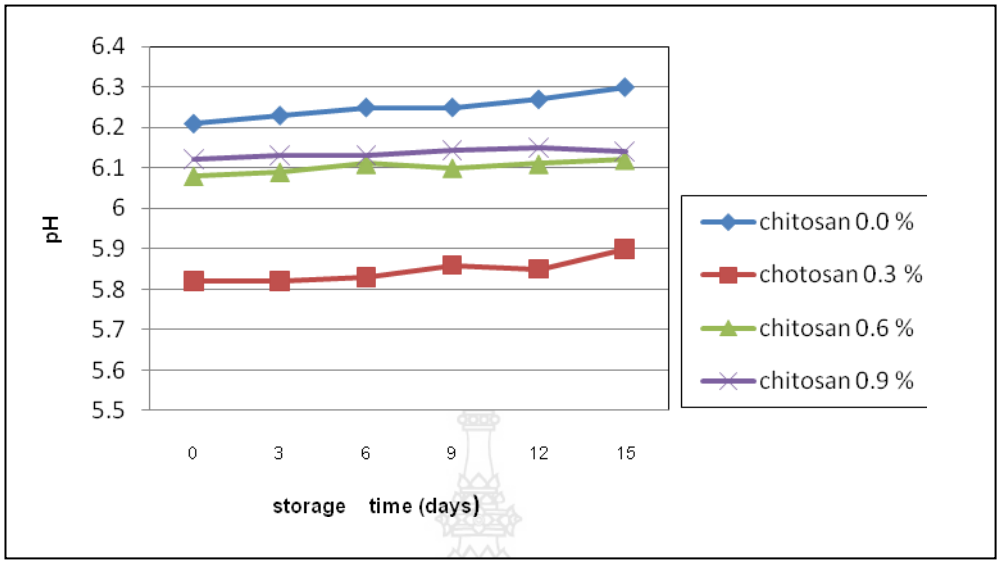


Fig 1 Changes in pH values of the chitosan coated samples during refrigerated storage.

3.2 การเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น

พบว่า เมื่อเก็บรักษาปลาไว้ 15 วัน ปริมาณความชื้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่ในวันแรกของการเตรียมตัวอย่างปลาที่แช่สารประกอบฟอสเฟตเพียงอย่างเดียวมีความชื้นสูงกว่าปลาที่แช่ไคโตซานเล็กน้อย (ร้อยละ81.40) ในขณะที่ปลาแช่ไคโตซานมีความชื้นร้อยละ 80.17-80.05 โดยมีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) ในวันแรกและวันที่ 3 ของการเก็บรักษา แต่ในช่วงการเก็บรักษา 6,9,12 และ 15 วัน ความชื้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p> 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Duan *et al* (2010) สาเหตุที่ความชื้นแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงน่าจะเนื่องมาจากการบรรจุปลาในถุงโพลีเอทธิลีน อย่างปิดสนิท ซึ่งสามารถป้องกันการระเหยน้ำออกจากเนื้อปลาได้ ส่วนการที่ปลาแช่ไคโตซานมีความชื้นต่ำกว่าปลาที่ไม่แช่ไคโตซานน่าจะมาจากความเป็นกรดของสารละลายไคโตซานซึ่งมีผลทำให้คุณสมบัติในการจับกับน้ำของโปรตีนในเนื้อปลาเปลี่ยนแปลง เกิดการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อปลาในขณะแช่เนื้อปลา โดยการสูญเสียน้ำจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณไคโตซาน โดยจะเห็นว่าปลาที่แช่ไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.3 ซึ่งมีค่า pH และมีค่าความชื้นต่ำที่สุด

Table 1 Moisture content of chitosan coated samples during refrigerated storage

Chitosan (%)	Moisture content (%) Storage time (days)					
	0	3	6	9	12	15
0.0	81.49 ± 0.52a	81.01±.0.91a	81.42±086a	81.07±0.45a	81.43±0.51a	81.41±0.94a
0.3	80.06 ±0.85b	80.05±0.52b	80.75±0.56a	80.36±0.68a	80.81±0.18a	80.62±0.46a
0.6	80.17±0.38b	80.33±0.25b	80.48±0.89a	80.04±0.30a	80.61±0.79a	80.54±.052a
0.9	80.82 ±0.45ab	80.18±0.82b	81.25±0.58a	80.69±.021a	80.57±0.26a	80.28±0.21a

a-b Means within the same column with different letters are significant different ($p<0.05$).

3.3 การเปลี่ยนแปลงค่า Water Holding Capacity (WHC) แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า WHC ในรูปที่ 2 ซึ่งจากรูปจะเห็นว่าปลานิลแล่ที่ไม่แช่สารละลายไคโตซานมีค่า WHC สูงที่สุด และปลาที่แช่สารละลายไคโตซานร้อยละ 0.3 มีค่า WHC ต่ำที่สุด ในขณะที่ปลาที่แช่สารละลายไคโตซานร้อยละ 0.6 และ 0.9 มีค่า WHC ใกล้เคียงกัน

และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (p>0.05) ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 15 วัน ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง pH ของเนื้อปลา โดยปลาที่แช่สารละลายไคโตซานร้อยละ 0.3 มีค่า pH ต่ำที่สุด เท่ากับ 5.82 ซึ่งใกล้กับจุด Isoelectric point ของโปรตีนในเนื้อปลา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.5-5.5 (Huss,1988) ในขณะที่ชุดควบคุมซึ่งไม่แช่สารละลายไคโตซาน มีค่า pH ประมาณ 6.2 โปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงน้อย จึงมีความสามารถในการจับกับน้ำได้ดีกว่า อย่างไรก็ตาม เมื่อเก็บปลาไว้ 15 วัน พบว่าทุกตัวอย่างมีค่า WHC ลดลง ซึ่งน่าจะเกิดจากการสูญเสียสภาพธรรมชาติของเนื้อปลา เมื่อเก็บที่อุณหภูมิต่ำ (จักรี, 2544) ซึ่งการลดลงของค่า WHC ในขณะเก็บรักษาจะพบโดยทั่วไปในการเก็บรักษาปลาชนิด ต่างๆ (Mohan, *et al* ,2012); Duan *et al*, 2010; Fan *et al*, 2009)

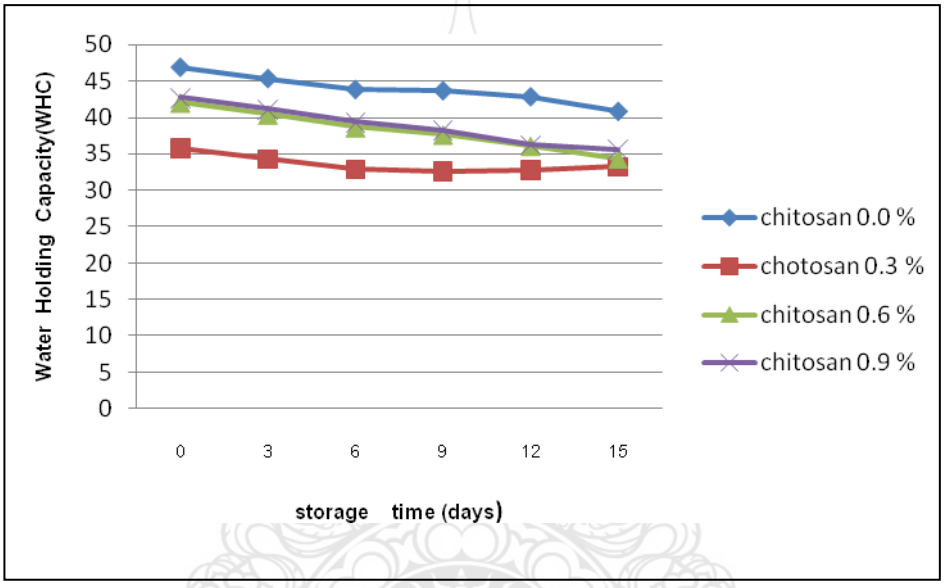


Fig 2 Changes in WHC values of the chitosan coated samples during refrigerated storage.

3.4 การเปลี่ยนแปลงค่า Total Volatile Base (TVB-N) แสดงในรูปที่ 3

จากภาพที่ 3 จะเห็นว่าปลาที่มีการแช่สารละลายไคโตซานร้อยละ 0.3 มีค่า TVB-N ต่ำที่สุด ส่วนปลาที่ไม่แช่สารละลายไคโตซานมีค่า TVB-N สูงที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติ (p< 0.05) ในขณะที่ปลาที่แช่ไคโตซานร้อยละ 0.6 และ 0.9 มีค่า TVB-N มากเป็นที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเคลือบเนื้อปลาด้วยสารละลายไคโตซานมีผลในการชะลอการเกิดสารประกอบไนโตรเจนหรือชะลอการเสื่อมเสียของเนื้อปลาได้ดีกว่าการไม่เคลือบ ค่า TVB-N ในวันที่ 15 ของการเก็บรักษาของตัวอย่างชุดควบคุมซึ่งแช่สารประกอบฟอสเฟตเพียงอย่างเดียว มีค่า 18.67 มก./100 กรัม ในขณะที่ตัวอย่างที่เคลือบไคโตซานร้อยละ 0.3,0.6 และ0.9 มีค่าเท่ากับ 12.69 17.92 และ14.87มก./100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างที่ไม่เคลือบไคโตซานมีสารระเหยไนโตรเจนสูงกว่าตัวอย่างที่เคลือบไคโตซาน ซึ่งน่าจะเกิดจากการมีจุลินทรีย์และเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนในเนื้อปลา (Kyrana *et al*,1997; Ojagh *et al*,2010) อย่างไรก็ตามปลาชุดทดลองดังกล่าวทั้ง 4 ตัวอย่างก็ยังมีค่า TVB-N ต่ำกว่า 30 มก./100 กรัม ซึ่งถือว่าปลายังมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Tome *et al* , 2001)

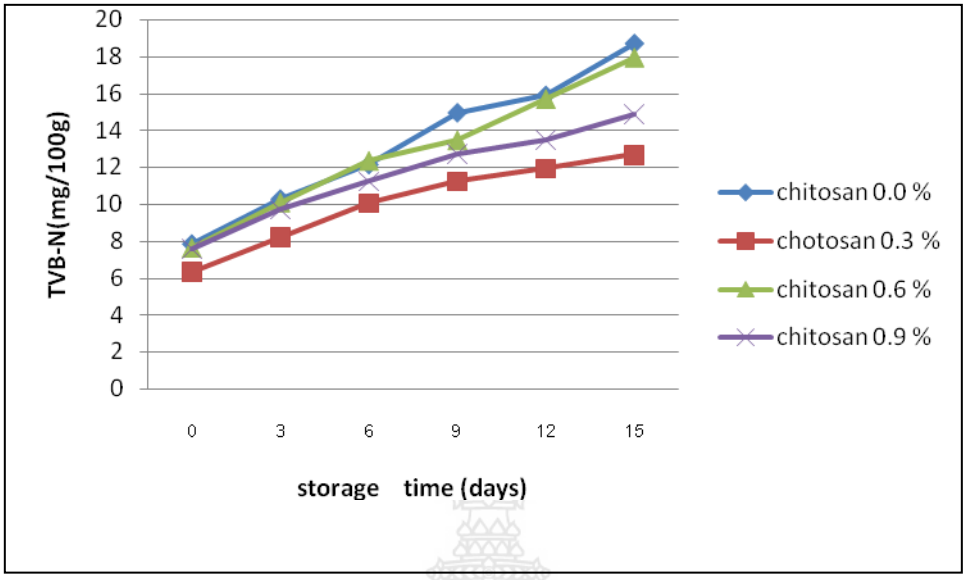
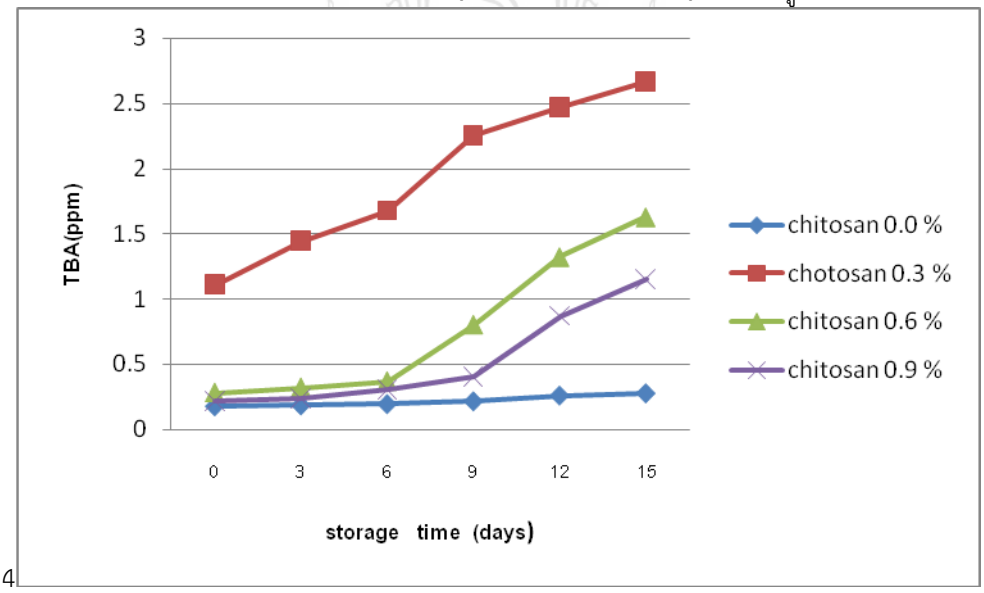


Fig 3 Changes in TVB-N values of the chitosan coated samples during refrigerated storage.

3.5.การเปลี่ยนแปลงค่า TBA (Thiobarbituric acid) แสดงในรูปที่



4

Fig 4 Changes in TBA values of the chitosan coated samples during refrigerated storage.

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าปลาที่แช่ไคโตซานร้อยละ 0.3 มีค่า TBA สูงที่สุด ส่วนปลาที่แช่ไคโตซานร้อยละ 0.6 และ 0.9 มีค่า TBA รองลงมาเป็นลำดับที่ 2 และ 3 ในขณะที่ปลาที่ไม่แช่สารละลายไคโตซานหรือชุดควบคุมมีค่า TBA ต่ำสุด โดยมีความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงว่าปลาที่แช่ในสารละลายไคโตซานเกิดปฏิกริยาออกซิเดชั่นของไขมันได้ดีกว่าปลาที่ไม่แช่สารละลายไคโตซาน แต่เมื่อเพิ่มปริมาณไคโตซานการเกิด TBA หรือการออกซิเดชั่นของไขมัน

ลดลง การเกิดลักษณะเช่นนี้น่าจะเนื่องมาจากสภาวะความเป็นกรดของสารละลายไคโตซาน ซึ่งในสภาวะเป็นกรดจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ของไขมันในปลา ทำให้เกิดกรดไขมันอิสระ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดออกซิเดชั่นของไขมันปลาได้ดี (นิธิยา , 2548) อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มปริมาณไคโตซานการเกิดออกซิเดชั่นเกิดน้อยลง เนื่องจากไคโตซานมีคุณสมบัติเป็นสารป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น (Park *et al*,2004 ; Dutta *et al*,2009) และการเติมไคโตซานมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดลดลง ดังผลการเปลี่ยนแปลง pH ในรูปที่ 1

3.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ (Total Plate Count and Psychrophilic Count) แสดงผลในรูปที่ 5

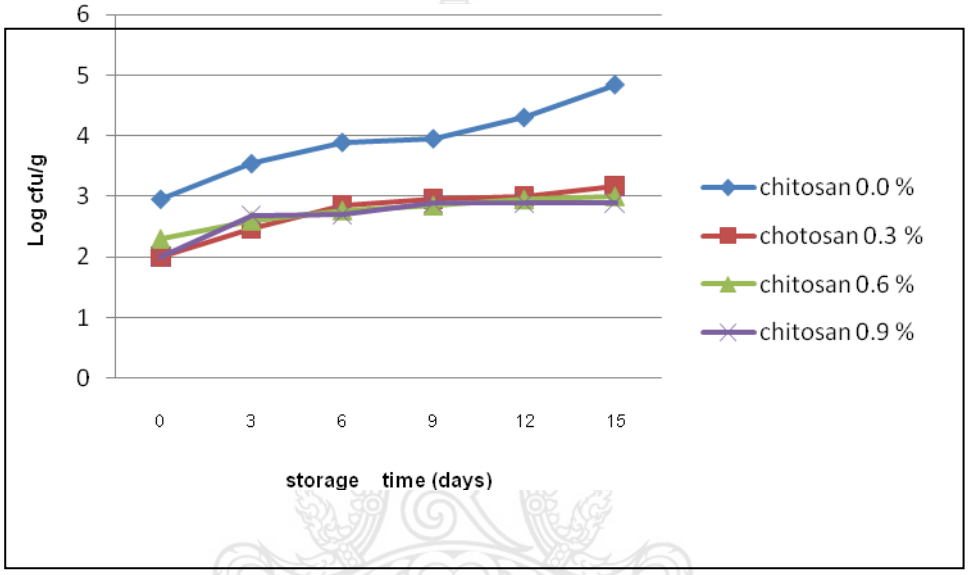


Fig 5 Changes in Total Plate Count values of the chitosan coated samples during refrigerated storage.

จากรูปที่ 5 จะเห็นว่าตัวอย่างที่แช่ในสารละลายไคโตซานทั้ง 3 ระดับ มีปริมาณจุลินทรีย์ใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p < 0.05$) กับชุดควบคุม โดยชุดควบคุมมีปริมาณจุลินทรีย์ที่สูงกว่าตัวอย่างที่แช่สารละลายไคโตซานอย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Duan *et al* (2010);Mohan *et al* (2012) ส่วนปริมาณ Psychrophilic Count พบว่าตัวอย่างที่แช่ในสารละลายไคโตซานทุกความเข้มข้น ไม่มีการเจริญเติบโตของ Psychrophilic bacteria ในขณะเก็บรักษา 15 วัน แต่ในตัวอย่างที่ไม่แช่สารละลายไคโตซานมีปริมาณสูงขึ้นตลอดระยะเวลาเก็บรักษาและในวันที่ 15 มีปริมาณจุลินทรีย์ 4.184 log CFU/g ซึ่งยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (มกอช.7001-2547) ซึ่งอนุญาตให้มีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตได้ไม่เกิน 5.301 log CFU/g ของเนื้อปลาไม่เกิน 3 ตัวอย่างใน 5 ตัวอย่าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากต้องการเก็บรักษาปลานิลแล่ในสภาวะแช่เย็นเป็นเวลา 15 วัน จะสามารถเก็บรักษาได้โดยใช้สารประกอบฟอสเฟตเพียงอย่างเดียวก็เพียงพอ ไม่จำเป็นต้องเคลือบไคโตซาน แต่หากต้องการเก็บรักษานานขึ้น การเคลือบไคโตซานก็จะเป็นผลดีต่อการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลา

4. สรุป

จากผลการศึกษาปริมาณไคโตซานที่เหมาะสมในการเคลือบเนื้อปลานิลแล่ สามารถสรุปได้ว่าไคโตซานมีบทบาทในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านที่ได้ศึกษาการใช้ไคโตซานในการเคลือบปลาชนิดต่างๆ อย่างไรก็ตามการใช้ไคโตซานในปริมาณที่น้อยเกินไปก็มีผลต่อคุณสมบัติธรรมชาติของโปรตีนในเนื้อปลา ทำให้ความสามารถในการจับกับน้ำลดลงและคุณสมบัติการละลายของไคโตซานในสารละลายกรดเจือจาง (กรดอะซีติกความเข้มข้นร้อยละ 1) ก็จะมีผลต่อการส่งเสริมการเกิด hydrolysis ของไขมันในปลา ทำให้เกิดกลิ่นหืนในปลามากขึ้นกว่าการไม่เคลือบไคโตซาน ดังนั้นหากจะใช้ไคโตซานเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาควรใช้ในปริมาณสูงกว่าร้อยละ 0.9 เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณไคโตซาน พบว่า ค่า pH และค่า WHC เพิ่มขึ้น และค่า TBA ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับศึกษาของ Duan,Cherian ,&Zhao(2010) ที่พบว่าการใช้ไคโตซานร้อยละ 3 ในการเคลือบปลา Lingcod ให้ผลดีในการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาในสภาพแช่เย็นและแช่แข็ง Mohan,Ravishankar,Lalitha,& Srinivasa Gopal(2012) ใช้ไคโตซานร้อยละ 1 และ 2 ในการเคลือบปลาซาร์ดีน พบว่าการใช้ร้อยละ 2 ให้ผลดีกว่าการใช้ร้อยละ 1

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตรที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ในการทดลอง และขอขอบคุณบุคลากรคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในการทำงานวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

กองประมงต่างประเทศ.2552.**สถิติการนำเข้าและส่งออกสินค้าประมง ประจำปี 2552**.กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.กรุงเทพมหานคร

จักรี ทองเรือง.2544.**ซูริมิ.**สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.325 หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์.2548.**วิทยาศาสตร์การอาหารของไขมันและน้ำมัน.**สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.กรุงเทพมหานคร. 256 หน้า

ศูนย์สารสนเทศ กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง.2550.**สถิติผลผลิตการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด ประจำปี 2550**. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.กรุงเทพมหานคร.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.2547.**มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ:ปลานิล.** (มกอช.7001-2547).กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.กรุงเทพมหานคร.

AOAC.1990. Official Method of Analysis 15th Edition, Association of **Official Analytical Chemists**. Washington, DC. U.S.A.

Bacteriological analytical manual. 2001.Chapter 3,Aerobic plate count. USFDA.8 p. (http://www.cfsan.fda.gov)

Buege,J.E. and Aust,S.D.1978.Microsomal lipid peroxidation.**Method Enzymol**,52:302-304.

Conway,E.J and Byrne,A.1936.An absorption apparatus for the micro-determinationof certain volatile substance1.The micro-determination of ammonia.**J. Biol Chem**,27:419-429.

Duan,J.; Cherian,G. and Zhao,Y.2010.Quality enhancement in fresh and frozen lingcod (*Ophiodon elongates*) fillets by employment of fish oil incorporated chitosan coatings. **Food Chemistry**,119:524-532.

Dutta,P.K.,Tripathi<S.,Mehrotra,G.K and Dutta,J.Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications.**Food Chemistry**.114:1173-1182.

Fan,W.,Sun.J.,Chen.Y.,Qui,J.,Zhang.Y and Chi.Y.2009.Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage.**Food Chemistry,**115:66-70.

FAO Year book. 2006. Fishery and Aquaculture Statistics. Food and Agriculture Organization(FAO) of the United State.

Huss,H.H..1988.Fresh fish:Quality and quality changes. Rome,Italy;Food and Agriculture Organization (FAO) of the United State.

Kyrana,V.R ., Lougovois,V.P. and Valsamis,D.S.1997. Assessment of shelf life of maricultured gilthead sea Bream (*Sparus aurata*) stored in ice. International **Journal of Food Science and Technology**,32:339-347.

Mohan,C.O.,Ravishankar,C.N.,Lalitha,K.V. and Srinivasa Gopal,T.K..2012.Effect of chitosan edible coating on the quality of double filleted Indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage.**Food Hydrocolloids**. 26:167-174.

Ojagh,S.M.,Razaei,M.,Razavi,S.H.and Hosseini,S.M.H.2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil the quality of refrigerated rainbow trout. **Food Chemistry**,120:193-198.

Pigott,G.M. and Tucker,B.W.1990.Seafood effects of technology on nutrition.Marcel Dekker,Inc. New York.

Ruiz-Capillas,C. and Moral,A.2001.Correlation between biochemical and sensory quality indices in hake stored in ice. **Food Research International**,34(5):441-447.

Sathivel,S and B.H.Himelbloom.2005.Effects of chitosan on quality of fish fillet and fish oil. **IFT Annual Meeting**, July 15-20,2005. New Orlean, Louisiana.

Thorarinsdottir,K.A.,S.Arason,S.G.Bogason and K.Kristbergsson.2001.Effects of phosphate on yield,quality, and water – holding capacity in the processing of salted cod (*Gadus morhua*). **J.Food Sci**.66:821-826.

Tome,EG.,M.Iglesiss,M.Kodaira, and A.Gonzalez.2001. Effect of storage temperature on the onset of rigor mortis and stability of cultured tilapia(Oreochromis spp). 2001 **IFT Annual Meeting**. New Orlean , Louisiana.