

ผลของการประยุกต์ใช้น้ำแข็งดัดแปลงต่ออายุการเก็บรักษาปลาน้ำจืด

The effects of modified ice on shelf life of freshwater fish during storage

คำนำ

ในปัจจุบันความปลอดภัยด้านอาหาร (Food safety) มีความสำคัญอย่างยิ่งในประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งต้องมีการควบคุมกระบวนการผลิตตลอดห่วงโซ่อาหาร สำหรับประเทศไทยยุทธศาสตร์คนไทยแข็งแรง เมืองไทยแข็งแรง และครัวไทยสู่โลก เป็นยุทธศาสตร์แห่งชาติ ที่ภาครัฐและภาคเอกชนให้ความสนใจเป็นอย่างสูง เพราะผู้ซื้อ/ผู้บริโภคในปัจจุบันได้คำนึงถึงคุณภาพและความปลอดภัย รวมถึงเรียกร้องระบบคุณภาพที่สูงมากขึ้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคเอง

ปัญหาสินค้าสัตว์น้ำที่ถูกกักกันของประเทศไทย มักถูกปฏิเสธการนำเข้าอย่างต่อเนื่อง และถูกส่งกลับเป็นปริมาณมาก ซึ่งมักมีสาเหตุมาจากสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพ โดยพบว่าสาเหตุหลักมาจากวัตถุดิบที่ไม่ได้รับการดูแลและการจัดการให้มีคุณภาพตั้งแต่หลังจากการจับจากแหล่งน้ำ การซื้อขายบริเวณสะพานปลา ตลาดปลา หรือตลาดสด การขนส่งมายังโรงงานผลิตตลอดจนการจัดการนำวัตถุดิบมาสู่ผู้บริโภค และพบว่าผู้ผลิต หรือผู้ขาย ขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการเก็บรักษาให้วัตถุดิบสัตว์น้ำคงสภาพความสด การจัดการด้านสุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงาน เครื่องมือ อุปกรณ์ ภาชนะบรรจุ โดยถ้าสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้จะเป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุซึ่งจะเป็นผลดีต่ออุตสาหกรรมการผลิตและผู้บริโภคเป็นอย่างมาก รวมถึงยังเป็นการแก้ปัญหาของตลาดเพื่อการบริโภคภายในประเทศเอง ที่ประสบปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพด้านความสดของสัตว์น้ำ ซึ่งเสื่อมเสียคุณภาพรวดเร็วกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้มูลค่าของสัตว์น้ำลดต่ำลงจนบางครั้งถึงขั้นต้องทิ้งไปโดยที่ยังไม่ได้ใช้ประโยชน์ ทำให้เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างไม่คุ้มค่าและสิ้นเปลืองพลังงาน โดยสาเหตุหลักมาจากขาดความเข้าใจในการจัดการและดูแลสัตว์น้ำที่ถูกต้องตั้งแต่ชาวประมง ผู้ค้าส่ง ผู้ค้าปลีก จนถึงผู้บริโภค คณะวิจัยจึงได้มีแนวความคิดที่จะศึกษาวิธีการควบคุมคุณภาพสัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาน้ำจืดที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อาหารที่มีความสำคัญเนื่องจากมีผลโดยตรงต่อสุขภาพของผู้บริโภค เพื่อผู้ประกอบการและผู้ที่เกี่ยวข้องจะได้นำไปใช้เป็นแนวทางในการดูแลรักษาคุณภาพสัตว์น้ำที่วางจำหน่ายในท้องตลาดให้ได้มาตรฐาน สะอาดและปลอดภัยต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำแข็งร่วมกับกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพและความสดของปลาน้ำจืด
2. ศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำแข็งร่วมกับไคโตซานและสารยับยั้งจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อคุณภาพและความสดของปลาน้ำจืด

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สัตว์น้ำเป็นสินค้าที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มักได้รับความนิยมในการบริโภคแพร่หลายทั้งภายในประเทศ และเป็นสินค้าส่งออก สัตว์น้ำเป็นอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูง โดยเฉพาะโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย แต่เนื่องจากสัตว์น้ำจะเสื่อมเสียคุณภาพและเน่าเสียเร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์เลื้อคลานอื่นๆ โดยปฏิกิริยาของจุลินทรีย์และน้ำย่อย เริ่มตั้งแต่สัตว์น้ำถูกจับขึ้นมาจากแหล่งน้ำ การขนส่งไปยังท่าเทียบเรือ สะพานปลา โรงงานแปรรูปสัตว์น้ำและตลาดจำหน่ายจนถึงมือผู้บริโภค สัตว์น้ำอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากแหล่งน้ำ และจากสถานแปรรูปสัตว์น้ำ ฯลฯ อาจจะมีทั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย นอกจากนั้นการดูแลรักษาสัตว์น้ำที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำ เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนก็จะทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนขึ้น จึงควรเก็บรักษาสัตว์น้ำด้วยวิธีการที่เหมาะสมในทันทีที่จับได้ เพื่อให้สัตว์น้ำมีคุณภาพที่ดี จนกว่าจะนำมาแปรรูป ถ้ามีการใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพดี จะทำให้ผู้บริโภคเกิดความปลอดภัย และสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่มีคุณภาพดีได้ ตรงกันข้ามถ้าหากใช้สัตว์น้ำที่ด้อยคุณภาพแล้ว ไม่ว่าจะใช้กระบวนการผลิต และมีการควบคุมคุณภาพที่ดีเพียงใดก็ตาม ก็ไม่สามารถทำให้ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำที่ผลิตได้นั้นมีคุณภาพดีขึ้นได้

การเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำ (Huss, 1995)

สัตว์น้ำที่ถูกจับขึ้นมาจากแหล่งน้ำแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทั้งภายนอกและภายในและจะตายในที่สุด เมื่อสัตว์น้ำตายชั่วขณะหนึ่งก็จะเกิดการเกร็งตัว (rigor mortis) หลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางชีววิทยา อันมีผลต่อคุณภาพของสัตว์น้ำ การที่สัตว์น้ำเสื่อมคุณภาพหรือการเน่าเสียเกิดขึ้นจากขบวนการ 3 อย่างด้วยกันคือ

- ขบวนการเสื่อมเสียคุณภาพโดยน้ำย่อย (Autolysis)
- ขบวนการเสื่อมเสียคุณภาพโดยแบคทีเรีย (Bacterial reaction)
- ขบวนการเสื่อมคุณภาพโดยการเติมออกซิเจน (Oxidation reaction)

ซึ่งขบวนการเสื่อมคุณภาพหรือการเน่าเสียทั้ง 3 ขบวนการนี้มีความสัมพันธ์อยู่กับการเปลี่ยนแปลงหลังจากที่สัตว์น้ำตายลง การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสัตว์น้ำหลังจากสัตว์น้ำตาย แบ่งออกเป็น 3 ระยะด้วยกัน คือ ระยะก่อนการเกร็งตัว (Pre- rigor mortis) ระยะเกร็งตัว (Rigor mortis) และระยะหลังการเกร็งตัว (Post- rigor mortis)

1. ระยะก่อนการเกร็งตัว (Pre- rigor mortis)

เมื่อสัตว์น้ำตายจะไม่มีการสร้าง ATP (Adenosine triphosphate) ก็จะใช้ไกลโคเจน (Glycogen เป็นสารประกอบที่สัตว์น้ำเก็บไว้ใช้เพื่อสร้างพลังงาน) เมื่อสัตว์น้ำตายแล้วออกซิเจนที่จะช่วยให้เกิดการสันดาปโดยสมบูรณ์หมดไป ทำให้เกิดกรดแลคติก แทนที่จะเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ เมื่อไกลโคเจนหมด สัตว์น้ำก็จะเกร็งตัวเข้าสู่ระยะ Rigor mortis

2. ระยะเกร็งตัว (Rigor mortis)

เมื่อไกลโคเจนในตัวสัตว์น้ำหมดไป สัตว์น้ำก็จะเปลี่ยนสภาพเข้าไปอยู่ในระยะเกร็งตัว หรือเรียกว่า rigor mortis ตัวปลาที่อ่อนนุ่มก็จะแข็ง ระยะเกร็งตัวของสัตว์น้ำจะสั้นกว่าสัตว์อื่นๆ เนื่องจากสัตว์น้ำมีไกลโคเจนน้อยมาก

3. ระยะหลังการเกร็งตัว (Post-rigor mortis)

เมื่อสัตว์น้ำตายลง น้ำย่อยที่เคยใช้ย่อยอาหารต่างๆ ที่สิ่งมีชีวิตกินเข้าไปก็เริ่มย่อยอาหารและส่วนต่างๆ เช่น การที่ปลาหลังเขียวที่มีอาหารอยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้มากๆ การย่อยตัวเองจะเห็นได้ชัดเจนว่าที่หน้าท้องจะมีสีเขียวดำและบวม ในพวกกุ้งจะเกิดปัญหาจุดสีดำขึ้นเนื่องจากน้ำย่อยเช่นกัน (กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ (2547) ขบวนการย่อยสลายตัวเองเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสัตว์น้ำ โดยน้ำย่อยจะย่อยเนื้อสัตว์ให้อ่อนนุ่ม เป็นการเตรียมสภาพของแบคทีเรียเข้าไปทำลายได้ง่าย แบคทีเรียจะอาศัยอาหารที่น้ำย่อยของสัตว์น้ำได้ เพื่อการดำรงชีวิตในระยะแรกๆ ต่อมาจะสร้างน้ำย่อยของแบคทีเรียเอง เพื่อใช้ย่อยเนื้อสัตว์น้ำต่อไป ซึ่งการเน่าเสียโดยแบคทีเรีย อาจแบ่งการเน่าเสียเป็น 2 ระยะ คือ

- โปรตีนเปลี่ยนเป็น เปปไทด์ (peptide) และอะมิโนแอซิด (amino acid)
- การเกิดเอมีน (amine) อินโดล (indole) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulphide)

การเน่าเสียในระยะที่สองนี้ เกิดจากการกระทำของแบคทีเรียทั้งสิ้น แบคทีเรียที่ทำให้สัตว์น้ำเน่าเสีย นั้นจะเจริญเติบโต และแพร่พันธุ์ ระหว่างที่แบคทีเรียใช้สิ่งต่างๆ เป็นอาหาร ทำให้เนื้อสัตว์น้ำมีกลิ่นและรสชาติแตกต่างไปจากธรรมชาติเมื่อสัตว์น้ำยังสด การย่อยสลายของสารประกอบหลายอย่างด้วยกัน เช่น

1. การเกิดเอมีน

เอมีนเกิดจากกระบวนการ decarboxylation ของอะมิโนแอซิด ซึ่งโดยมากจะเกิดจากการกระทำของน้ำย่อยที่เกิดจากแบคทีเรีย เช่น

Histidine	→	Histamine
Lysine	→	Cadavarine
Ornithine	→	Putrescine
Tyrosine	→	Tyramine

2. การเกิดด่างระเหยทั้งหมด (total volatile bases, TVB)

Total volatile bases ประกอบด้วย แอมโมเนีย และ Trimethylamine nitrogen โดย volatile bases ที่เกิดส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของแบคทีเรียในระยะ post-rigor

ปริมาณด่างระเหยทั้งหมด (TVB) ฮีสตามีน และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด สามารถใช้เป็นดัชนีที่ใช้ในการวัดการเสื่อมเสียคุณภาพของสัตว์น้ำได้ รวมทั้งการใช้วิธีการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งจะใช้ประสาทสัมผัส เช่น เนื้อแน่น เนื้อยุ่ย และเนื้อเละ เป็นเครื่องบ่งชี้ความเสื่อมคุณภาพ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทางเคมี และการกระทำของแบคทีเรียหลังจากสัตว์น้ำตายลง

ดังนั้น วิธีการที่จะป้องกันหรือชะลอการเน่าเสียของสัตว์น้ำให้ช้าลง สัตว์น้ำจะต้องได้รับการดูแล และเอาใจใส่อย่างดีตั้งแต่เริ่มจับสัตว์น้ำ ตลอดจนการขนส่งและการดูแลรักษาสัตว์น้ำระหว่างการแปรรูป สัตว์น้ำ เพื่อหยุดยั้งการเน่าเสียของสัตว์น้ำโดยการกระทำของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาของน้ำย่อย

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำ (มัทนา, 2548)

สรุปได้ดังนี้

1. ชนิดของสัตว์น้ำ ถ้าสัตว์น้ำมีขนาดใหญ่ จะเสื่อมคุณภาพได้ช้ากว่าสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็ก การที่สัตว์น้ำขนาดเล็กมีการเสื่อมคุณภาพได้เร็วกว่าเพราะผ่านระยะ rigor mortis เร็ว
2. สภาพของสัตว์น้ำที่จับ ปกติสัตว์น้ำจะคืนทำให้ไกลโคเจนหมดไป สัตว์น้ำอ่อนเพลียและขาดออกซิเจน สัตว์น้ำที่กินอาหารอิ่มจะเสื่อมเสียคุณภาพได้เร็วกว่าสัตว์น้ำที่ไม่ได้กินอาหารเพราะแบคทีเรียในท้องสัตว์น้ำมีมาก
3. จำนวนของแบคทีเรียที่ติดมา เช่น น้ำ คน จากเครื่องจักร และสภาพแวดล้อม สัตว์น้ำที่มีแบคทีเรียติดมามากเน่าเสียเร็วมาก
4. อุณหภูมิ ควรทำให้สัตว์น้ำจับได้เย็นทันทีที่ 0 องศาเซลเซียส เพื่อยืดระยะเวลาในการเก็บรักษา
5. ชนิดของแบคทีเรียที่ติดมากับสัตว์น้ำ ส่วนใหญ่มักติดมากับเมือกสัตว์น้ำ ได้แก่ *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *micrococcus*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Serratia*, *Vibrio*, *Bacillus* นอกจากนี้ก็ยังมีแบคทีเรียพวกที่ชอบความเย็นอื่นๆ ทำให้สัตว์เสื่อมเสียได้เร็วยิ่งขึ้น

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในสัตว์น้ำ

แหล่งของการปนเปื้อน (source of contamination)

1. สภาพแวดล้อมที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่
2. ปนเปื้อนจากเครื่องมืออุปกรณ์ในการจับสัตว์น้ำ
3. ปนเปื้อนในขั้นตอนการขนส่ง และแปรรูป
4. การปนเปื้อนในระหว่างการเก็บรักษา และการจัดจำหน่าย

สัตว์น้ำแตกต่างจากสัตว์บกคือ จะพบจุลินทรีย์ปะปนอยู่ตามอวัยวะต่างๆ เช่น หนัง เหงือก และอวัยวะภายใน แบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่ในสัตว์น้ำเป็นผลมาจากคุณภาพและสุขลักษณะในระหว่างการจับสัตว์น้ำ กระบวนการในการจัดการและเก็บรักษาสัตว์น้ำ แหล่งของการปนเปื้อนอาจมาจากมนุษย์ หรือสัตว์อื่นๆ ในเรือประมงมาสัมผัส นอกจากนี้การปนเปื้อนอาจมาจากวิธีการทำการประมง วิธีการจับสัตว์น้ำ รวมถึงสถานะในการเก็บรักษา การปนเปื้อนจะพบในปริมาณสูงจากสัตว์น้ำที่มาจากกระแสน้ำอุ่น หรือแหล่งน้ำที่มีน้ำเสียปล่อยลงมาโดยไม่ผ่านการบำบัด โดยเฉพาะในหอย (mollusk) ซึ่งกินอาหารโดยการกรอง (filter feeding) จะพบแบคทีเรียและไวรัสที่เป็นสาเหตุของโรคในปริมาณสูง Huss et al. (1997)

กล่าวถึงการปนเปื้อนที่เพิ่มขึ้นระหว่างการขนถ่ายวัตถุดิบจากบ่มสายพานลำเลียงหรือน้ำ อาจนำจุลินทรีย์ชนิดใหม่มาปนเปื้อนได้ การปฏิบัติต่อสัตว์น้ำด้วยความรุนแรงจะเกิดบาดแผล นำไปสู่การปนเปื้อนของจุลินทรีย์สู่เนื้อเยื่อของสัตว์น้ำได้ การใช้เครื่องมือที่ไม่สะอาด เสื้อผ้าของชาวประมงที่ไม่สะอาด น้ำแข็งหรือน้ำเย็นที่มีจุลินทรีย์อยู่ก็จะนำไปสู่การปนเปื้อนได้เช่นเดียวกัน

หลักการดูแลรักษาสัตว์น้ำสด (สุทธิวัฒน์, 2548)

โดยทั่วไปการเตรียมตัวอย่างสัตว์น้ำ มักกระทำโดยการแบ่งแยกส่วนที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียออกจากสัตว์น้ำ มีผลให้อายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำนานขึ้น นอกจากนี้การลดน้ำหนักสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง การตัดแต่งให้ได้รูปร่าง ขนาด ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องการของลูกค้า ส่งผลให้มีความสำเร็จในการวางจำหน่ายในท้องตลาดมากขึ้น ซึ่งวิธีการที่นิยมในการดูแลรักษาสัตว์น้ำสด คือ ระบบการเก็บรักษาสัตว์น้ำด้วยความเย็น คือ ใช้น้ำแข็งและการติดตั้งเครื่องทำความเย็น การลดอุณหภูมิสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ ทั้งในสัตว์น้ำและเอนไซม์จากจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสีย เนื่องจาก psychrophile และ psychrotroph สามารถเจริญที่อุณหภูมิแช่เย็น ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีอื่นร่วมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการชะลอการเน่าเสีย

เนื่องจากอุณหภูมิมีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพและการเน่าเสีย ดังนั้นจึงมีข้อตกลงของประเทศมากกว่า 20 ประเทศ ในการกำหนดมาตรฐานสำหรับการขนส่งอาหารที่เน่าเสียง่ายรวมถึงกับสัตว์น้ำโดยกำหนดให้แช่ในสัตว์น้ำในน้ำแข็ง และอุณหภูมิของสัตว์น้ำจะต้องไม่เกิน 2 องศาเซลเซียส ในประเทศอังกฤษ กำหนดให้อุณหภูมิของสัตว์น้ำไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส เนื่องจากยากในการควบคุมให้มีอุณหภูมิต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส ในแต่ละประเทศมีข้อกำหนดเกี่ยวกับ maximum safety limits ในสัตว์น้ำสดดังนี้

ประเทศสหรัฐอเมริกา	7.2 องศาเซลเซียส
ประเทศฝรั่งเศส	0-3 องศาเซลเซียส
ประเทศเนเธอร์แลนด์	7 องศาเซลเซียส
ประเทศสวีเดน	8 องศาเซลเซียส

การใช้น้ำแข็งในการเก็บรักษาสัตว์น้ำ (กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ, 2547 ; สุทธิวัฒน์, 2548)

การใช้น้ำแข็งในการเก็บรักษาสัตว์น้ำมีมานานแล้ว ทั้งนี้เนื่องจากน้ำแข็งมีข้อดีหลายประการดังนี้

1. น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำ

น้ำแข็งสามารถลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ได้ประมาณ 0 องศาเซลเซียส มีผลให้การเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสีย รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคต่ำลง ส่งผลให้ลดอัตราการเน่าเสียและลดอัตราเสี่ยง (Safety risk) นอกจากนี้ อุณหภูมิที่ลดลงมีผลลดปฏิกิริยาของเอนไซม์ชนิดต่างๆ ดังนั้น การลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำ ควรจะกระทำทันทีภายหลังสัตว์ตายโดยเฉพาะในช่วงเกร็งตัว (rigor mortis)

2. น้ำแข็งสามารถให้ความชื้นกับสัตว์น้ำ

น้ำแข็งที่ละลายสามารถป้องกันการแห้งหรือการสูญเสียน้ำของผิวสัตว์น้ำ (surface dehydration) และลดการสูญเสียน้ำหนักของสัตว์น้ำ น้ำที่เกิดการละลายมีผลเพิ่มการถ่ายเทความร้อนระหว่างสัตว์น้ำและผิวหน้าของน้ำแข็ง ทั้งนี้ น้ำสามารถนำความร้อนได้ดีกว่าอากาศ ดังนั้น การใช้ น้ำผสมน้ำแข็งจึงมักใช้เพื่อเพิ่มอัตราการให้ความเย็น เช่น การใช้ น้ำทะเลผสมน้ำแข็ง (chilled sea water : SW)

3. น้ำแข็งมีสมบัติทางกายภาพที่ดีหลายประการ

น้ำแข็งมีสมบัติทางกายภาพในการทำเย็นสูง (cooling capacity)

ความร้อนแฝงของน้ำแข็งมีค่าประมาณ 80 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม การลดอุณหภูมิของสัตว์ 1 กิโลกรัม อาศัยน้ำแข็งปริมาณเล็กน้อย เช่น การลดอุณหภูมิให้มีความเท่ากับ 0 องศาเซลเซียส ในทางปฏิบัติจริง จำเป็นต้องใช้ น้ำแข็งปริมาณสูงกว่าที่คำนวณไว้ เพื่อชดเชยการสูญเสียความร้อน (thermal loss) การใช้ภาชนะบรรจุที่มีฉนวน (insulated container) จึงมีผลป้องกัน thermal loss โดยเฉพาะในเขตร้อน

การละลายของน้ำแข็งก่อให้เกิดระบบการควบคุมอุณหภูมิในตัวเอง

การละลายเป็นการเปลี่ยนสภาพจากน้ำแข็งเป็นน้ำ และจะเกิดที่อุณหภูมิคงที่ คือ 0 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ น้ำแข็งที่ละลายสามารถแพร่กระจายอย่างทั่วถึงบนผิวของสัตว์น้ำ ซึ่งต่างจากการให้ความเย็นในระบบทางกล (mechanical refrigeration system) เช่น การใช้ อากาศเย็น หรือการใช้ น้ำทะเล ซึ่งบางครั้งการกระจายความเย็นอาจเกิดขึ้นไม่ทั่วถึง โดยเฉพาะการให้ความเย็นกับสัตว์ปริมาณมาก

4. มีความสะดวก

เป็นวิธีที่ง่ายต่อการขนย้าย การเก็บหรือการใช้ นอกจากนี้สามารถกระจายได้อย่างสม่ำเสมอรอบตัวสัตว์น้ำ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของน้ำแข็ง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำแข็งหาได้ง่ายและมีอยู่ทั่วไป อย่างไรก็ตาม น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำที่สะอาด และต้องปฏิบัติอย่างเหมาะสม

มีราคาถูก

มีความปลอดภัย

5. สามารถยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำ

น้ำแข็งสามารถใช้ยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำ มีผลให้สามารถขนส่งสัตว์น้ำไปยังประเทศข้างเคียง ส่งผลต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ

ประสิทธิภาพในการให้ความเย็นของน้ำแข็งขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิของน้ำแข็งและรูปร่างของน้ำแข็ง โดยน้ำแข็งสามารถผลิตได้หลายรูปแบบ ได้แก่

- น้ำแข็งเกล็ด (flake)
- น้ำแข็งแผ่น (plate)
- น้ำแข็งหลอด (tube)
- น้ำแข็งก้อน (block)

- น้ำแข็งบด (crushed)

น้ำแข็งแต่ละชนิดมีสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางฟิสิกส์ของน้ำแข็งชนิดต่างๆ

Type	Approximate dimension	Specific Volume (m ³ /t)	Specific wt (t/m ³)
Flake	10/20 -2-3 mm	2.2-2.3	0.45-0.43
Plate	30/50 -8/15 mm	1.7-1.8	0.59-0.55
Tube	50-10/12 mm	1.6-2.0	0.62-0.5
Block	Variable (25 or 50 Kg)	1.08	0.92
Block crushed	Variable	1.4-1.5	0.71-0.66

ที่มา : Huss (1995)

การฉายรังสี

มีผลต่อการทำลาย DNA ของจุลินทรีย์ส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ รวมทั้งสามารถลดการสูญเสียทางด้านโภชนาการ โดยทั่วไปปลาที่มีไขมันต่ำเหมาะสมในการฉายรังสี มากกว่าปลาที่มีไขมันสูง เนื่องจากการฉายรังสีมีผลเร่งการเกิดออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของสัตว์น้ำเช่นกัน นอกจากนี้จุลินทรีย์ส่วนใหญ่มีความคงทนต่อรังสีเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง แต่การใช้อุณหภูมิสูงจะมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์

การดัดแปลงบรรยากาศ

สามารถควบคุมสัดส่วนของก๊าซที่ใช้ ยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำให้นานขึ้น แบบสุญญากาศ มีผลยับยั้งจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน รวมทั้งลดการเกิดออกซิเดชัน แต่มีปัญหาคือ การยุบตัวของผลิตภัณฑ์ การไหลเวียนของน้ำ การเปลี่ยนแปลงสี และการเปลี่ยนแปลงด้านประสาทสัมผัส

การใช้สารเคมีในการยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำ

สารเคมีมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ โดยมีผลในการปรับปรุงคุณภาพ รวมทั้งสมบัติเชิงหน้าที่ของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามมีการใช้สารเคมีหลายชนิดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำตลอดจนชะลอการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาเคมี เอนไซม์ รวมทั้งจุลินทรีย์ส่งผลให้สัตว์น้ำมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

สารเคมีที่ใช้ในการยับยั้งจุลินทรีย์

การใช้สารเคมีซึ่งมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำ สารเคมีที่ต้องได้รับการรับรองว่าปลอดภัยต่อผู้บริโภค (GRAS : generally recognized as safe) นอกจากนี้ เอนไซม์บางชนิดสามารถใช้ในการยับยั้งจุลินทรีย์ ดังนั้นการใช้สารเคมีอย่างเหมาะสมเป็นแนวทางปฏิบัติที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

โพแทสเซียมซอร์เบท

โพแทสเซียมซอร์เบท เป็นเกลือโพแทสเซียมของกรดซอร์บิก ($C_6H_8O_2$) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ละลายในน้ำได้ดี ซึ่งแตกต่างจากกรดซอร์บิกซึ่งละลายน้ำได้น้อยมาก โพแทสเซียมซอร์เบททำงานได้ดีในสถานะที่ไม่แตกตัว (undissociated form) การใช้โพแทสเซียมซอร์เบทในสัตว์น้ำ สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การเติมลงในสัตว์น้ำโดยตรง โดยผสมโพแทสเซียมซอร์เบทในปริมาณที่ต้องการลงในผลิตภัณฑ์และผสมให้เข้ากัน หรือการจุ่มหรือแช่สัตว์น้ำโดยตรง โดยผสมโพแทสเซียมซอร์เบทที่ทราบความเข้มข้น แล้วแช่ตัวอย่างสัตว์น้ำลงไปในช่วงเวลาที่แน่นอน ทั้งให้สะอาดแล้วบรรจุในภาชนะที่เหมาะสม

กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์เป็นสารประกอบที่มีอนุภาค carboxylic acid จึงรวมถึงกรดไขมัน กรดอะมิโน มีโครงสร้างโมเลกุลเป็น $R-COOH$ แต่อย่างไรก็ตาม ไม่ใช่สารประกอบทั้งหมดดังกล่าวจะมีผลต่อจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร กรดอินทรีย์มีฤทธิ์ด้านแบคทีเรียเป็นจำพวกสูตรโครงสร้างสั้น ($C1-C7$) อาจเป็นไปได้ทั้งชนิด monocarboxylic acid อย่างง่าย เช่น กรดฟอร์มิก โพรพิโอนิก บิวทีริก หรืออาจเป็น carboxylic ที่มีไฮดรอกซิลกรุป เช่น กรดแลคติก ivalic ทาทริก และ ซิตริก เกลือของกรดเหล่านี้บางตัวก็แสดงผลที่ดีต่อสัตว์กระเพาะเดี่ยว กรดอื่นๆ เช่น กรดซอร์บิก ฟูมาริก มีผลด้านเชื้อราบางชนิด การแช่หรือล้างรวมทั้งการสเปรย์สัตว์น้ำด้วยสารละลายกรดอินทรีย์มีผลเพิ่มอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำ โดยกรดอินทรีย์มีสมบัติในการยับยั้ง หรือฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ กรดอินทรีย์ซึ่งเป็นกรดอ่อน จึงไม่แตกตัว และสามารถซึมผ่านผนังเซลล์จุลินทรีย์โดยการแพร่แล้วเกิดการแตกตัวและลดค่าความเป็นกรด-ด่างในเซลล์ ส่งผลต่อการลดเมแทบอลิซึมของเซลล์ กรดอินทรีย์ส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำ (น้อยกว่า 5.5) ซึ่งกิจกรรมการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์ขึ้นกับปัจจัยหลัก 3 ปัจจัย คือ (Smulders, 1999)

1. ผลของความเป็นกรด-ด่าง
2. ระดับการแตกตัว
3. ผลจำเพาะของโมเลกุลกรด

อย่างไรก็ตาม ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง การแตกตัวของกรดเท่ากัน กิจกรรมการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แตกต่างกันตามชนิดของกรด และผลจำเพาะของกรดอินทรีย์สัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้คือ

1. ความสามารถในการซึมผ่านผนังเซลล์
2. ส่วนของเซลล์ซึ่งสัมผัสกับกรด

3. ธรรมชาติทางเคมีของการทำลายเชื้อจุลินทรีย์

กรดอินทรีย์และอนุพันธ์ที่นิยมใช้ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid) กรดเบนโซอิก (benzoic acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) กรดซอร์บิก (sorbic acid) (ศิวาพร, 2535)

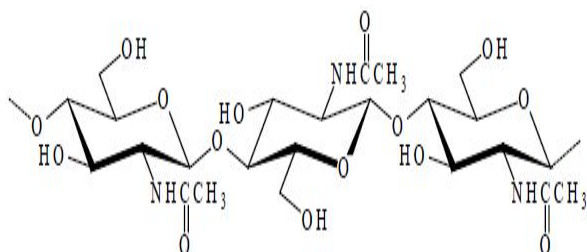
การใช้กรดเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของระบบให้ต่ำกว่าค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ เป็นแนวทางในการควบคุมกิจกรรมของเอนไซม์ อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบของเอนไซม์ ชนิดของสับสเตรต เป็นต้น การใช้กรด เช่น กรดซิตริก กรดมาลิก และกรดฟอสฟอริก มีผลลดค่าความเป็นกรด-ด่างให้ต่ำกว่า 3 ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างที่สามารถหยุดยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ (Richard and Hyslop, 1985) กรดซิตริกเป็นกรดที่นิยมใช้มากที่สุดในการอุตสาหกรรมอาหารโดยมักใช้ในระดับ ร้อยละ 0.1-0.3 โดยปกติ กรดอินทรีย์ส่วนใหญ่ทำหน้าที่เป็น สารจับโลหะ (chelator) ดังนั้น กรดซิตริกทำหน้าที่ลดค่าความเป็นกรด-ด่างและสามารถจับกับทองแดงในบริเวณเร่งของเอนไซม์ โดยสามารถทำงานร่วมกับกรดแอสคอร์บิก หรือกรดอิริทโรบิก การใช้กรดแลคติก ร้อยละ 1 ร่วมกับ 1-hexylresorcinol ร้อยละ 0.0025 สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในกุ้งสีน้ำตาล (Benner et al., 1994)

ไคตินและไคโตซาน (chitin and chitosan)

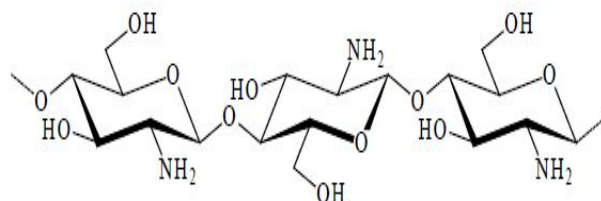
ไคตินเป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติที่มีมากเป็นอันดับสองของโลกรองจากเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อไม้ โดยพบเป็นองค์ประกอบของเปลือกแข็งของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจำพวก แมลง กุ้ง ปู ปลาหมึก เป็นต้น ไคตินและไคโตซานจัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตพหุ (heteropolysaccharide) ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีไนโตรเจนเกาะอยู่ในโมเลกุล ทำให้มีสมบัติเฉพาะตัวในการเกิดปฏิกิริยากับสารหลายชนิด ไคตินละลายยากจึงมักใช้ในรูปของแข็งโดยตรง ส่วนไคโตซานซึ่งเกิดปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซิติล (deacetylation) ของไคตินด้วยด่าง ทำให้ไคโตซานละลายได้ดีในกรดอินทรีย์

ไคตินมีชื่อทางเคมีว่า Poly-[β -(1,4)-2-acetamido-2-deoxy-D-glucopyranose] เป็นสารชีวภาพที่มีโครงสร้างคล้ายกับเซลลูโลส แตกต่างกันที่ตำแหน่ง C-2 โดยเซลลูโลสจะประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ส่วนไคตินจะประกอบด้วยหมู่อะซิทามิโด () กล่าวคือ หน่วยย่อยของเซลลูโลสเป็น D-glucose ส่วนหน่วยย่อยของไคตินเป็นอนุพันธ์ของกลูโคส คือ N-acetyl-D-glucosamine สำหรับสายโซ่ของพอลิเมอร์เป็นลักษณะเดียวกัน ไคตินไม่สามารถละลายในตัวทำละลายมีขั้วและไม่มีขั้ว โดยทั่วไปมักพบไคตินในผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ เช่น เห็ด รา รวมทั้งเปลือกของแมลงและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังประเภท มีข้อและปล้อง เช่น กุ้ง ปู และแกนปลาหมึก ซึ่งในการผลิตเชิงพาณิชย์มักใช้เปลือกกุ้ง กระดองปู และแกนปลาหมึกเป็นวัตถุดิบ

ไคโตซาน มีชื่อทางเคมีว่า Poly- $[\beta\text{-(1,4)-2-amino-2-deoxy-D-glucopyranose}]$ คือ อนุพันธ์ของไคตินที่เอาหมู่ acetyl ของน้ำตาล N-acetyl-D-glucosamine ออกตั้งแต่ 50% ขึ้นไป และมีสมบัติละลายได้ในกรดอ่อน



ภาพ 1 โครงสร้างของไคติน



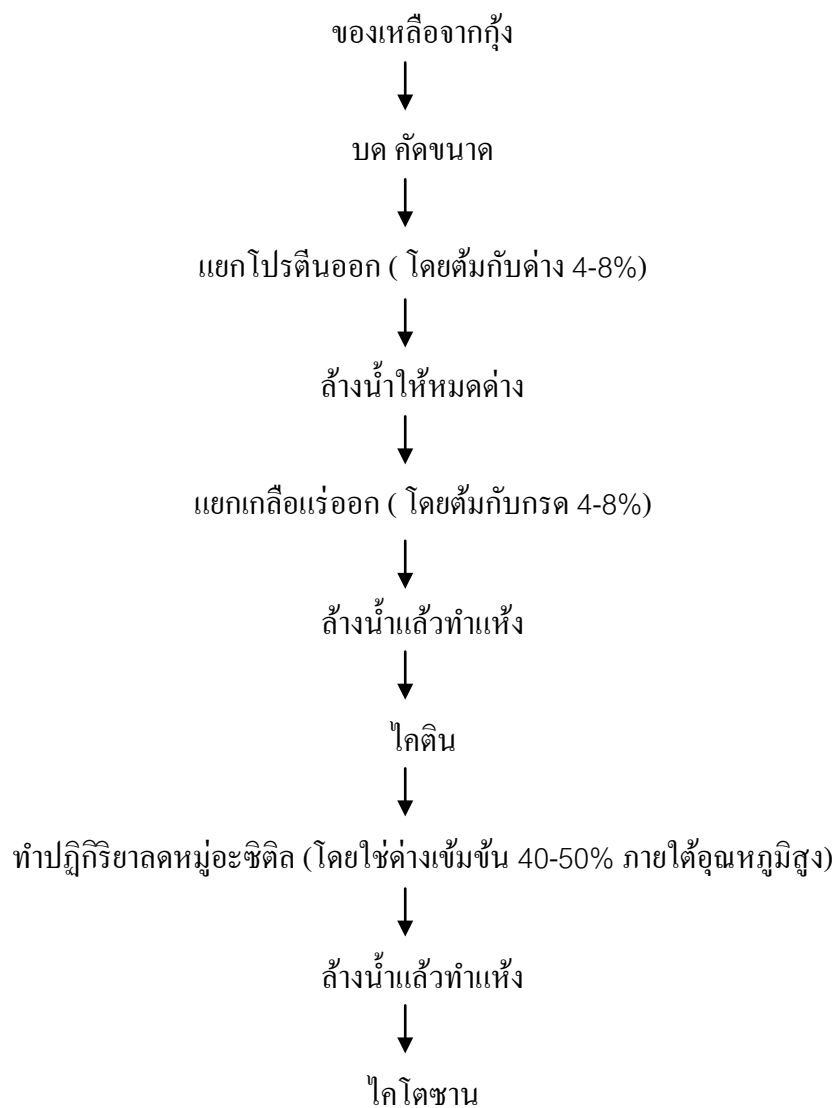
ภาพ 2 โครงสร้างของไคโตซาน

กระบวนการผลิตไคตินและไคโตซาน

1. กระบวนการกำจัดโปรตีน (deproteination) โดยการทำปฏิกิริยากับด่าง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้โซดาไฟ (NaOH) ในกระบวนการนี้โปรตีนส่วนใหญ่จะถูกกำจัดออกไปจากวัตถุดิบ พร้อมกันนี้ไขมันบางส่วนและรงควัตถุบางชนิดมีโอกาสดูกำจัดออกไปด้วย

2. กระบวนการกำจัดเกลือแร่ (demineralization) โดยการนำวัตถุดิบซึ่งผ่านกระบวนการกำจัดโปรตีนมาทำปฏิกิริยากับกรด ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กรดเกลือ (HCL) ทำให้เกลือแร่ส่วนใหญ่ ได้แก่ หินปูน (CaCO_3) จะถูกกำจัดออกไปโดยเปลี่ยนไปเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) พร้อมกันนี้บางส่วนของรงควัตถุและโปรตีนที่ละลายได้ในกรดจะถูกกำจัดออกไปด้วย วัสดุที่ได้หลังจากกระบวนการกำจัดเกลือแร่คือ ไคติน

3. กระบวนการกำจัดหรือลดหมู่อะซิติก (deacetylation) เป็นการกำจัดหรือลดหมู่อะซิติก ($\text{CH}_3\text{CO-}$) ที่มีอยู่บนโมเลกุลของไคตินเพื่อให้เกิดเป็นไคโตซาน เป็นไคโตซาน เป็นการเพิ่มขึ้นของหมู่อะมิโน (-NH_2) บนโมเลกุลของไคติน และหมู่อะมิโนตัวนี้มีความสามารถในการรับโปรตรอนจากสารละลาย ซึ่งช่วยให้ความสามารถในการละลายดีขึ้น เพราะมีสมบัติเป็นประจุบวก ส่วนใหญ่เมื่อปริมาณของหมู่อะซิติกถูกกำจัดไปมากกว่าร้อยละ 60 ขึ้นไป สารไคโตซานที่ได้สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดอะซิติก กรดโฟพานิก กรดแลคติก และกรดบิวทีริก เป็นต้น การลดหมู่อะซิติกทำได้โดยใช้ด่างที่ความเข้มข้นสูงตั้งแต่ร้อยละ 40 ขึ้นไป ดังนั้น พารามิเตอร์ที่สำคัญในการพิจารณาคุณภาพของไคโตซานก็คือ ค่าระดับการกำจัดหมู่อะซิติก (degree of deacetylation, %DD)



ภาพ 3 การผลิตไคตินและไคโตซานจากเปลือกกุ้ง ที่มา : วันชัย (2542)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไคตินและไคโตซาน

สมบัติและหน้าที่	การประยุกต์ใช้และผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปใช้แล้ว
1. โพลีอิเล็กโตรไลต์และคีเลต (B)	ตัวรวมตะกอนและตัวตกตะกอน และการทำน้ำที่แคทอนอนิกสำหรับบำบัดน้ำเสีย ตัวตกตะกอนโปรตีนที่เป็นกรด และตัวตกตะกอนเพื่อแยกยูเรเนียม และโลหะจำเพาะบางชนิด ตลอดจนโลหะกัมมันตภาพรังสี
2. การขึ้นรูปเป็นลักษณะต่างๆ (A,B)	ขึ้นรูปเป็นเส้นใย สิ่งทอ ขึ้นรูปเป็นแผ่นเยื่อบาง เพื่อใช้ในการกรองแยก เช่น แยกน้ำออกจากแอลกอฮอล์ ขึ้นรูปเป็นเม็ด เป็นแคปซูลเพื่อการเพาะเซลล์
3. การเป็นเจลที่อุ้มน้ำ (B)	การใช้หุ้มเซลล์ และหุ้มเอนไซม์ เป็นตัวกลางสำหรับการแยกด้วยวิธีโครมาโตกราฟีแบบเจล การขึ้นรูปเป็นรูพรุนแบบฟองน้ำ เซโอโรเจล
4. การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (A,B)	ตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ การทำวัสดุผสมกับคาร์บอนไดออกไซด์
5. การย่อยสลายด้วยน้ำ (A,B)	ผลิตสารกฏโคชามิน และโพลิโกเมอร์ของน้ำตาลต่างๆ (โดยทางเคมีและเอนไซม์)
6. สารเหนียวและอุ้มน้ำ (B)	เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง สำหรับบำรุงรักษาผิวและผม
7. การดูดซับโมเลกุลต่างๆ (A,B,C)	ใช้เป็นตัวกลางเพื่อทำโครมาโตกราฟีแบบต่างๆ เช่น แบบดูดซับและแบบแลกเปลี่ยน เพื่อแยกเลคติน ไคตินเนส และไลโซไซม์
8. ปฏิกิริยาเคมี (A,B)	การสร้างกลีโนรส การขจัดกลิ่นของฟอร์มัลดีไฮด์ การสังเคราะห์สารอนุพันธ์ต่างๆ เป็นสารต่อเนื่อง
9. การนำไฟฟ้า (B)	การนำแผ่นเยื่อบางไคโตซานผสมลิเทียมไตรเฟลทที่ใช้เป็นอิเล็กโตรไลต์ในแบตเตอรี่ ที่ปราศจากมลพิษ
10. การเคลือบ (B)	การทำสีในการพิมพ์ การย้อมและสารเติมแต่งต่างๆ การทำสีทา การทำล้าโพง ทำเครื่องดนตรี เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมกระดาษ เคลือบผิวผลไม้ ผัก เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา เคลือบรักษามะล็ดพันธุ์พืช

ตารางที่ 2 คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไคตินและไคโตซาน (ต่อ)

สมบัติและหน้าที่	การประยุกต์ใช้และผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปใช้แล้ว
11. ตัวดึงออกมา (A,B,C)	เป็นตัวเหนียวของโปรตีนที่ก่อให้เกิดโรคได้ สารที่ใช้ในการเกษตร เช่น การเคลือบเมล็ด การพ่น เคลือบใบ
12. ตัวต้านจุลินทรีย์ (B)	ใช้ในการเก็บรักษาอาหารและผลไม้
13. ส่งเสริมพวงจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ (A,B)	ช่วยในการปรับปรุงจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ เช่น ในดินและน้ำ ในสัตว์และในลำไส้คน
14. สารที่ปราศจากพิษ	เป็นมิตรต่อสิ่งมีชีวิต จึงใช้ได้ทั่วไป
15. สร้างภูมิคุ้มกันได้ (A,B,C)	เป็นตัวเหนียวนำไลโซไซม์ในเนื้อเยื่อและในเลือด ต่อต้านสารก่อมะเร็ง
16. สมานแผล (A,B,C)	ใช้เป็นตัวรักษาแผล โดยเฉพาะไฟไหม้ และแผลที่ผิวหนัง สำหรับคนสัตว์และต้นไม้ (ทำผิวหนังเทียม) รักษากระดูก เอ็น และซ่อมแซมพวกเอ็นยึดอวัยวะต่างๆ
17. ย่อยสลายได้ในธรรมชาติ (A,B,C)	ทำไหมเย็บแผลที่ละลายได้ สารปลดปล่อยยาอย่างช้าๆ ควบคุมการย่อยสลายของเอนไซม์
18. ลดโคเลสเตอรอล (B)	ใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพและใช้เติมแต่งในอาหารสัตว์ ลดความดันเลือด
19. ห้ามเลือดต่อต้านการเกิดลิ่มเลือด (C)	ทำยาห้ามเลือด ใช้ทำเส้นเลือด ใช้ทำคอนแทกเลนส์ตา
20. ใช้เป็นฟิล์มเคลือบผลไม้ (B)	ช่วยให้ผลไม้และผักสดอยู่นาน
21. เข้ากันได้กับอวัยวะร่างกาย (A,B,C)	รักษาแผล ไหมเย็บแผล

หมายเหตุ A คือ สารไคติน
 B คือ สารไคโตซาน
 C คือ อนุพันธ์ของสารไคตินและไคโตซาน
 ที่ขีดเส้นใต้ คือ ผลิตภัณฑ์ที่มีออกวางขายแล้วในตลาด

ที่มา : กลุ่มวิจัยอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ (2548)

น้ำแข็ง (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กองควบคุมอาหาร. 2545.)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอากาศร้อน และนับวันจะร้อนมากขึ้นทุกที สภาพอากาศ ร้อนเช่นนี้ “น้ำแข็ง” จึงเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของทุกคน เพราะน้ำแข็ง จะช่วยบรรเทาให้คลายร้อน จึงเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย นอกจากจะนำน้ำแข็งมารับประทานโดยตรงแล้ว ยังมีการนำน้ำแข็งมาใช้ประโยชน์ได้หลายทาง เช่น ผสมเครื่องดื่ม ใช้แช่อาหารสดเพื่อถนอมอาหาร รักษาสภาพของอาหาร และใช้ในอุตสาหกรรมประมง เป็นต้น หากน้ำแข็งที่ใช้รับประทานโดยตรงไม่สะอาดพอ มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคปนเปื้อนอยู่ก็อาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดอาการป่วยจากโรคติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการบริโภคน้ำแข็ง สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา จึงควบคุมการผลิตโดยการกำหนดคุณภาพมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 78 (พ.ศ.2527) และ ฉบับที่ 137 (พ.ศ.2534) เรื่อง น้ำแข็ง เพื่อกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน กรรมวิธีการผลิต การใช้น้ำในการผลิต สถานที่เก็บรักษาน้ำแข็ง การใช้ภาชนะบรรจุน้ำแข็ง ตลอดจนการแสดงฉลาก เรื่องความรู้ที่เกี่ยวกับน้ำแข็งยังมีอีกมากมายหลายเรื่องติดตามอ่านกันได้

ความหมายของน้ำแข็ง

“น้ำแข็ง” หมายถึง น้ำที่นำมาผ่านกรรมวิธีทำให้เยือกแข็ง ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด ตามกรรมวิธีการผลิตดังนี้

1. น้ำแข็งชนิดซอง เป็นน้ำแข็งที่ผลิตโดยวิธีการแช่แข็งในบ่อน้ำเกลือ มี 2 ชนิด คือ
 - 1.1 น้ำแข็งใช้รับประทานได้ จะต้องใช้น้ำที่ผ่านขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพแล้วนำไปผลิตเป็นน้ำแข็งก้อนใหญ่ จะมีขั้นตอนการเป่าลมเพื่อให้น้ำแข็งทั้งก้อนใส
 - 1.2 น้ำแข็งใช้รับประทานไม่ได้ นิยมใช้ในทางการประมงเพื่อแช่อาหารทะเล กรรมวิธีเช่นเดียวกับน้ำแข็งที่ใช้รับประทานได้เพียงแต่ไม่มีขั้นตอนการเป่า ลม ทำให้กึ่งกลางก้อนน้ำแข็งไม่ใส มีสีขาวขุ่น
2. น้ำแข็งชนิดก้อนเล็ก เป็นน้ำแข็งที่ทำด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ มีลักษณะเป็นก้อนหรือหลอดหรือเกล็ด ซึ่งมักเรียกกันติดปากว่า “น้ำแข็งหลอด” โดยจะนำน้ำที่ผ่านขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพแล้วเข้าเครื่องทำน้ำแข็งอัตโนมัติ

กรรมวิธีการผลิตน้ำแข็ง

ในการผลิตน้ำแข็งไม่ว่าจะเป็นน้ำแข็งซองหรือน้ำแข็งหลอดจำเป็นต้องเริ่มต้นจาก สถานที่การผลิตที่ถูกสุขลักษณะ การควบคุมการผลิตที่ถูกต้อง รวมทั้งการควบคุมสุขลักษณะส่วนบุคคลของผู้ปฏิบัติงานตามหลักเกณฑ์วิธีการที่ ดีในการผลิต หรือ จีเอ็มพี (GMP: Good Manufacturing Practice) ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 193) พ.ศ.2543 เรื่อง

วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร ตามหลักเกณฑ์ที่ดีในการผลิตอาหารว่า ด้วยสัญลักษณ์ทั่วไป การผลิตน้ำแข็งซองและน้ำแข็งหลอด ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ เป็นกระบวนการปรับปรุงน้ำดิบ ให้มีคุณภาพเทียบเท่าน้ำบริโภค ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 61 (พ.ศ.2524) และฉบับที่ 135 (พ.ศ.2534) เรื่องน้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท

2. กระบวนการแช่แข็งน้ำ มี 2 ลักษณะคือ

- น้ำแข็งซอง เป็นกระบวนการแช่น้ำให้แข็งในบ่อน้ำเกลือ ซึ่งมีสารทำความเย็นหล่อลื่นน้ำเกลือให้เย็น และกระจายความเย็นไปยังซองน้ำแข็ง ทำให้น้ำในซองแข็งตัวจนเต็มทั้งซอง จึงยกขึ้นถอดซองน้ำแข็งออก

- น้ำแข็งหลอด เป็นกระบวนการทำให้น้ำเป็นน้ำแข็งภายในเครื่องผลิตน้ำแข็งหลอดระบบปิด

3. กระบวนการบรรจุและขนส่ง

- น้ำแข็งซอง ไม่มีการบรรจุ เพียงฉีดน้ำล้างทำความสะอาดภายนอก ตัดเป็นก้อนแล้วนำขึ้นรถขนส่ง บางครั้งจะมีการบดบรรจุกระสอบแล้วนำขึ้นรถขนส่ง

- น้ำแข็งหลอด มีการบรรจุในถุงพลาสติก ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัม และบรรจุในกระสอบ ขนาดบรรจุ 20 กิโลกรัม หลังจากนั้นจัดเก็บแล้วนำขึ้นรถขนส่งเพื่อจำหน่ายต่อไป

คุณสมบัติของน้ำที่ใช้ผลิตน้ำแข็ง

การผลิตน้ำแข็งเพื่อจำหน่ายที่มีวัตถุประสงค์ให้ใช้รับประทานนั้นจะต้องใช้น้ำสะอาดและได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 78 (พ.ศ.2527) และฉบับที่ 137 (พ.ศ. 2534) เรื่อง น้ำแข็ง ดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ น้ำ ที่นำมาผลิตน้ำแข็งจะต้องไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แต่จะไม่รวมถึงกลิ่นคลอรีน ความขุ่นจะต้องไม่เกิน 5.0 ซิลิกาเฮล และค่าความเป็นกรด-ด่าง ต้องอยู่ระหว่าง 6.5 ถึง 8.5

2. คุณสมบัติทางเคมี น้ำที่นำมาผลิตน้ำแข็งจะต้องมีคุณสมบัติทางเคมี เช่น ปริมาณสาร ทั้งหมด (Total-Solid) ไม่เกิน 500.0 มิลลิกรัมต่อน้ำสะอาด 1 ลิตร ความกระด้างทั้งหมด โดยคำนวณเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตไม่เกิน 100.0 มิลลิกรัมต่อน้ำสะอาด 1 ลิตร แคลเมียมไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อน้ำสะอาด 1 ลิตร และเหล็กไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อน้ำสะอาด 1 ลิตร เป็นต้น

3. คุณสมบัติเกี่ยวกับจุลินทรีย์ น้ำที่นำมาผลิตน้ำแข็งจะต้องไม่มีแบคทีเรียชนิด อี.โคไล (Escherichia Coli) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และตรวจพบแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 2.2 ต่อน้ำสะอาด 100 มิลลิลิตร โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (Most Probable Number)

การเก็บรักษาและภาชนะบรรจุ

ในการจำหน่ายน้ำแข็ง จำเป็นต้องมีวิธีเก็บรักษา สถานที่เก็บรักษาและภาชนะบรรจุที่ถูกต้องเพื่อความปลอดภัยในการบริโภคน้ำแข็ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ในการเก็บรักษาน้ำแข็ง ห้ามมิให้ใช้เกลบ จี๋เลื่อย กระสอบ กาบมะพร้าว เลื่อ หรือวัสดุอย่างอื่น ในทำนองเดียวกันปกคลุมหรือห่อหุ้มน้ำแข็ง

2. สถานที่เก็บรักษาน้ำแข็งเพื่อจำหน่าย หรือ ที่จำหน่ายน้ำแข็งที่มีวัตถุประสงค์ใช้รับประทาน จะต้องมีความสมบัติดังนี้

- สะอาดและมีระดับสูงกว่าทางเดินภายในบริเวณสถานที่เก็บรักษาน้ำแข็ง
- ทำด้วยวัสดุที่ไม่เป็นพิษและเป็นวัสดุพื้นผิวเรียบรักษาความสะอาดได้ง่าย
- มีลักษณะที่ง่ายต่อการทำความสะอาดและมีลักษณะปกปิดที่ป้องกันมิให้สิ่งหนึ่งสิ่งใดจากภายนอกปนเปื้อนน้ำแข็งได้

3. ภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุน้ำแข็งเพื่อจำหน่ายหรือที่จำหน่ายน้ำแข็งที่มีวัตถุประสงค์ใช้ รับประทานจะต้องมีความสมบัติดังนี้

- ภาชนะต้องสะอาด ไม่มีโลหะหนัก หรือสารอื่นออกมาปนเปื้อนกับน้ำแข็งในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- ต้องไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และไม่มีสื่อออกมาปนเปื้อนกับอาหาร
- ต้องไม่เคยใช้บรรจุหรือหุ้มห่อปุ๋ย วัตถุมีพิษ หรือวัตถุที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- ต้องทำด้วยวัสดุที่ไม่เป็นพิษ และเป็นวัสดุพื้นผิวเรียบรักษาความสะอาดได้ง่าย
- ต้องง่ายต่อการทำความสะอาด และมีลักษณะปกปิดป้องกันมิให้สิ่งหนึ่งสิ่งใดจากภายนอกมาปนเปื้อนน้ำแข็งได้
- ต้องไม่เคยบรรจุผลิตภัณฑ์อื่นนอกจากน้ำแข็ง และไม่มีรูรอยประดิษฐ์หรือข้อความใดที่แสดงว่าเป็นภาชนะบรรจุที่ใช้บรรจุสิ่งของอื่น
- ภาชนะบรรจุพลาสติกที่เป็นแผ่นหรือถาดจะต้องไม่มีสี หรือไม่ทำขึ้นจากพลาสติกที่ใช้แล้ว ยกเว้นกรณีพลาสติกลามิเนต (Laminate) เฉพาะชั้นที่ไม่สัมผัสโดยตรงกับอาหาร

บริโภคน้ำแข็งอย่างไรให้ปลอดภัย

เพื่อให้ น้ำแข็งที่จำหน่ายหรือบริโภคสะอาดปลอดภัยไม่มีสิ่งปนเปื้อน โดยเฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย ผู้ขนส่ง และผู้บริโภคควรจะต้องปฏิบัติดังนี้

1. ผู้ผลิต ผู้จำหน่าย และผู้ขนส่ง วิธีการที่จะช่วยลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้ คือ ขณะทำการขนส่งน้ำแข็งควรมีภาชนะรองรับ ไม่วางกับพื้นโดยตรง หากจำเป็นหรือมีข้อจำกัดของพื้นที่ ขอให้แยกพื้นที่ทำการขนส่งเป็นสัดส่วน และทำความสะอาดฆ่าเชื้อพื้นอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะก่อนทำการขนส่ง นอกจากนี้ผู้ปฏิบัติงาน ณ บริเวณขนส่งควรแต่งกายด้วยเสื้อผ้าที่สะอาด ล้างมือทุกครั้งก่อนปฏิบัติงาน สวมรองเท้าที่สะอาด และควรเป็นรองเท้าคนละคู่กับรองเท้าที่ปนเปื้อนจากนอกบริเวณขนส่ง ไม่สูบบุหรี่หรือมีพฤติกรรม อื่น ๆ ที่น่ารังเกียจขณะทำการขนส่งและที่สำคัญห้ามใช้เท้าสัมผัสน้ำแข็ง ในส่วนของรถขนส่ง

นั้น ต้องเป็นรถที่สะอาด โดยเฉพาะพื้นรถที่วางน้ำแข็งต้องมีการล้างฆ่าเชื้อก่อนทำการขน และมีมาตรการควบคุมอุณหภูมิน้ำแข็งให้สม่ำเสมอ

2. ผู้บริโภค ก่อนจะซื้อน้ำแข็งควรจะต้องเลือกซื้ออย่างระมัดระวัง สำหรับน้ำแข็งหลอดที่บรรจุถุง ผู้บริโภคควรจะต้องสังเกตรายละเอียดบนฉลาก ฉลากต้องมีข้อความภาษาไทย แต่จะมีภาษาต่างประเทศด้วยก็ได้ และจะต้องมีข้อความแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

-ชื่ออาหาร(ถ้ามี)

-เลขสารบบอาหารในเครื่องหมาย อย.

-ข้อความว่า“น้ำแข็งใช้รับประทานได้”ด้วยตัวอักษรสีน้ำเงิน

-ชื่อและที่ตั้งของผู้ผลิต

-น้ำหนักสุทธิเป็นระบบเมตริก

นอกจากนี้ น้ำแข็งหลอดที่ตัดแบ่งจำหน่ายตามร้านค้าทั่วไป หรือตามร้านอาหารจะเป็นน้ำแข็งที่จำหน่ายโดยไม่ต้องมีฉลาก ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยในการบริโภคน้ำแข็งดังกล่าว ผู้บริโภคควรสังเกต น้ำแข็ง สถานที่เก็บรักษา ภาชนะที่บรรจุต้องสะอาด ไม่มีการปนเปื้อน หากเป็นน้ำแข็งของควรซื้อมาบริโภค ทั้งก้อน โดยนำมาล้างน้ำให้สะอาดก่อนทุบหรือบด และเมื่อทุบหรือบดแล้วก็ควรใส่ไว้ในภาชนะบรรจุที่สะอาดด้วย

จะเห็นได้ว่าการผลิตน้ำแข็งบริโภคนั้น จะต้องผ่านกระบวนการหลายอย่างกว่าจะถึงมือผู้บริโภค ถ้าหากผู้ผลิตไม่มีความระมัดระวังตั้งแต่ต้น เริ่มจากคุณภาพของน้ำที่นำมาผลิต การเก็บ การขนส่ง รวมถึงภาชนะที่ใช้บรรจุน้ำแข็ง หากไม่สะอาดพอก็อาจก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ ดังนั้น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาจึงได้ควบคุมผู้ผลิตน้ำแข็งเพื่อจำหน่ายใน เรื่องของคุณภาพมาตรฐานต่าง ๆ เช่น ต้องมีวิธีการผลิตที่ถูกสุขลักษณะ ต้องมีการควบคุมกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับข้อกำหนดหลักเกณฑ์วิธีการที่ดีในการผลิต หรือ จีเอ็มพี เพื่อลดปัญหาการปนเปื้อนดังกล่าว หากฝ่าฝืน ไม่ปฏิบัติตามจะมีโทษปรับไม่เกิน 10,000 บาท ส่วนในด้านผู้บริโภค ก่อนที่จะซื้อน้ำแข็งก็ควรจะระมัดระวังในการเลือกซื้อมาบริโภค โดยการสังเกตฉลากน้ำแข็ง สถานที่เก็บรักษา และภาชนะบรรจุต้องสะอาด เพื่อความปลอดภัยในการบริโภคด้วย

การตรวจวัดคุณภาพสัตว์น้ำ

คุณภาพสัตว์น้ำหมายถึง ระดับความแตกต่างของสัตว์น้ำแต่ละชนิด หรือสิ่งที่สอดคล้องกับความต้องการ อาจจะเป็นรูปร่าง ลักษณะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ขนาด เพศ อายุ ฤดูกาล แหล่งจับ แหล่งเลี้ยง วิธีการจับ อาหารที่ใช้เลี้ยง รวมไปถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคด้วย ซึ่งสามารถตรวจวัดได้จากสารที่มีอยู่ หรือสารที่เกิดจากการสลายตัวของเนื้อสัตว์น้ำ หรือตรวจวัดจากคุณลักษณะต่างๆ ที่สามารถรับรู้

จากประสาทสัมผัส โดยการวัดแต่ละอย่างแสดงค่าออกมาเป็นปริมาณ หรือขนาดที่สามารถแบ่งออกเป็นระดับคุณภาพของสัตว์น้ำชนิดนั้นๆได้

วิธีการตรวจวัดคุณภาพสัตว์น้ำ แบ่งได้ดังนี้

1. การตรวจวัดทางประสาทสัมผัส (Sensory methods) โดยใช้ระบบประสาทสัมผัสทั้งห้า เพื่อใช้ในการแบ่งแยกความแตกต่างของคุณภาพ หรือปริมาณได้ดี และต้องมีความแม่นยำของการตรวจวัดด้วย โดยการกำหนดค่าของตัวเลขแสดงเป็นระดับคะแนน และใช้วิธีทางสถิติเข้ามาช่วยในการสร้างความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้ตรวจวัดได้

2. การตรวจวัดทางกายภาพ (Physical methods) เป็นการตรวจวัดทางคุณภาพด้านความสดด้วยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี สามารถวัดได้ง่ายและรวดเร็ว เช่น

- การตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ถ้าตัวอย่างมีสภาพเป็นกลาง (6-7) และสภาพเป็นกรดต่ำ (5-6) แสดงว่าตัวอย่างจัดอยู่ในสภาพสดที่ยังไม่ถูกแบคทีเรียย่อยสลาย

- การตรวจวัดความแน่นเนื้อของสัตว์น้ำด้วยเครื่องมือ (Texture analyzer) โดยสัตว์น้ำสดมาก เนื้อจะแน่นมาก ซึ่งวิธีนี้เช่นเดียวกับการวัดด้วยการสัมผัส โดยการกดดูความแน่นเนื้อ แต่คนไม่สามารถแสดงออกมาเป็นค่าตัวเลขได้

- การตรวจวัดจากเครื่องวัดสี (Color meter) จะแตกต่างตามชนิดของสัตว์น้ำนั้นๆ แต่ส่วนใหญ่เนื้อสัตว์น้ำสดจะใส หรือแดงโปร่งใส และจะค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีแดงขุ่นขาว ทึบแสง

3. การตรวจวัดทางเคมีและชีวเคมี (Chemical and Biochemical Methods) เป็นการตรวจวัดสารเคมีต่างๆที่อยู่ในสัตว์น้ำ เพื่อเป็นตัวชี้วัดคุณภาพด้านความสดและความปลอดภัยของผู้บริโภค

- ค่า K (K-value) เป็นตัวชี้วัดคุณภาพด้านความสด เป็นค่าที่มาจากการวัดสารที่แตกตัวจากสาร ATP ปริมาณ K ที่ได้ใช้แปรผลคือ ถ้าค่าปริมาณต่ำมากแสดงว่าสดมาก ค่ายิ่งสูงความสดยิ่งลดลง

- การเกิดเอมีนต่างๆ (Amine) และค่าทั้งหมด (TVB-N) เป็นปริมาณไนโตรเจนที่ระเหยได้ทั้งหมดจากการสลายของโปรตีน และสารที่ไม่ใช่โปรตีน โดยสัตว์น้ำสดจะมีค่า TVB-N น้อยกว่า 12 มิลลิกรัม/ตัวอย่าง

4. การตรวจวัดทางจุลินทรีย์ (Microbiological Methods) เป็นการตรวจวัดทางด้านความปลอดภัย เพราะเชื้อจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารและสร้างพิษ เป็นสาเหตุทำให้อาหารเน่าเสีย เมื่อผู้บริโภคได้รับเข้าไป มีผลทำให้เกิดโรคต่างๆ ตามมา

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. ปลา ปลาสดที่ตายใหม่ๆ ลูกตาดูต้องสดใส หนุน เต่งตึง น้ำรอบๆ ลูกตาดูต้องใส ไม่ขุ่น เนื้อปลาเมื่อเริ่มเสื่อมคุณภาพ ลูกตาจะแบนราบ และจมลงในเบ้าตา น้ำรอบๆ ลูกตาจะขุ่นมัว ไม่สดใส

2. เหงือก ปลาสดเมื่อเปิดดูกระพุ้งแก้มดู เหงือกจะมีสีสดใส เมื่อความสดลดลง เหงือกจะมีสีแดง

จาง ปลาที่เสื่อมคุณภาพเหงือกจะมีสีน้ำตาล จนน้ำตาลอ่อนหรือจางลง เมื่อดมบริเวณเหงือกจะมีกลิ่นคาวแรง หรือกลิ่นแอมโมเนียอย่างชัดเจน และมีเมือกขุ่นที่เหงือก

3. ผิวหนัง ปลาสดเกล็ดจะติดแน่น หรือผิวหนังเป็นมันวาวไม่ขุ่น มีปลาบางชนิดมีเมือกที่ผิวหนังซึ่งแบคทีเรียสร้างขึ้น ถ้าปลายังสดจะมีเมือกน้อย เป็นเมือกใสไม่ขุ่น ปลาที่เสื่อมคุณภาพ ผิวหนังจะขุ่นมัว สีซีด มีเมือกมากและมีกลิ่นเหม็น สีของเลือด ปลาสดเลือดจะมีสีแดงสดเมื่อความสดลดลง สีของเลือดจะเปลี่ยนเป็นสีแดงคล้ำ น้ำตาล หรือดำ

4. อวัยวะภายใน และหนังท้อง ปลาสดอวัยวะภายในมีสภาพดี ท้องแน่น มีกลิ่นปกติ ไม่มีคราบน้ำย่อย ปลาที่เสื่อมคุณภาพหนังท้องจะนิ่ม สีชมพู มีคราบน้ำย่อยปรากฏ มีกลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นหืน เนื้อปลาที่สดสีของเนื้อจะสดใส สีขาวขุ่น เนื้อสัมผัสแน่น ชีดยหยุ่น กลิ่นหวาน หรือปราศจากกลิ่นคาว ปลาที่เสื่อมคุณภาพเนื้อปลานิ่ม ไม่ยืดหยุ่น สีขาวซีดคล้ำมีเนื้อแยกออกจากกัน

5. รสชาติ ปลาแต่ละชนิดจะมีรสชาติแตกต่างกันออกไป ปลาสดจะมีรสชาติดหวาน เมื่อความสดลดลง รสหวานของเนื้อปลาจะลดลง หรือจืดชืด เมื่อปลาเริ่มเน่าเสีย เนื้อปลาจะมีรสขม (กรมประมง, ม.ป.ป.)

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

1. ปลาทับทิม (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis mossambicus*) น้ำหนักเฉลี่ย 500-600g/ตัว
2. น้ำแข็ง
3. ถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน(polyethylene - PE) ขนาด 6x9 นิ้ว

สารเคมี

1. Ascorbic acid
2. Citric acid
3. Chitosan
4. Potassium Sorbate
5. NaCl

เครื่องมือ

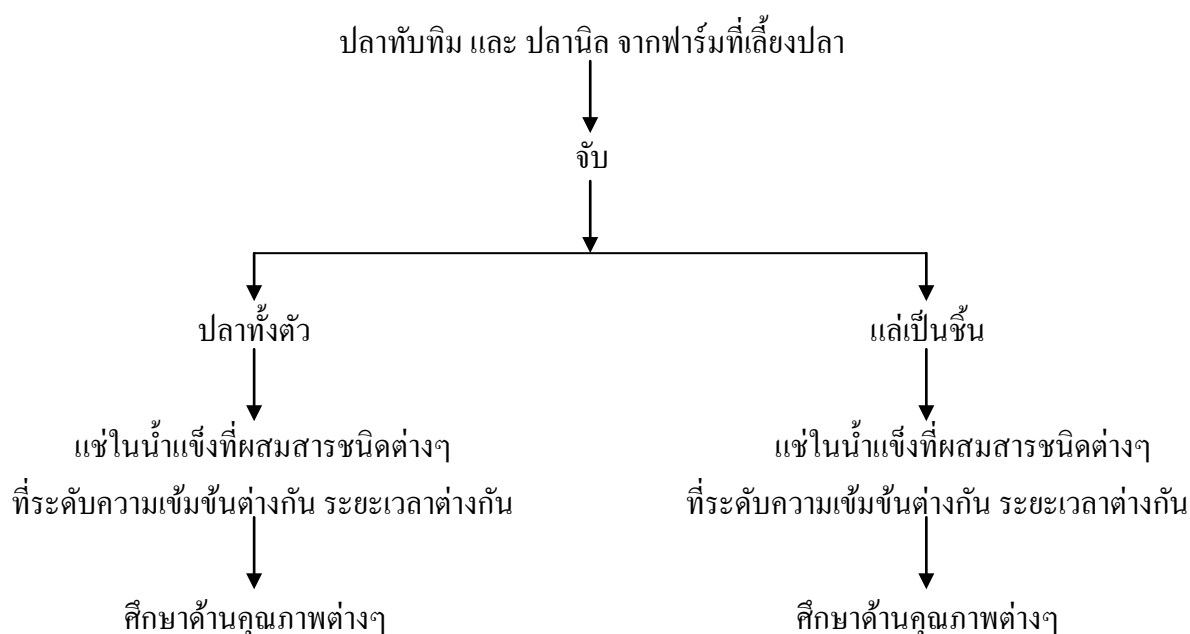
1. เครื่องวัด a_w ที่ควบคุมอุณหภูมิได้ประมาณ 25 °ซ
2. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
3. ตู้อบแห้งแบบถาด (Tray dryer)
4. เครื่องปั่นเหวี่ยงอุณหภูมิต่ำ (Refrigerated centrifuge)
5. เครื่องวัดสี Hunter lab (DP 9000)
6. เครื่องมือวิเคราะห์โปรตีนด้วยวิธี Kjeldahl method
7. เครื่องมือวิเคราะห์ไขมันด้วยวิธี Soxhlet
8. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ความชื้น ได้แก่ ถ้วยวิเคราะห์ความชื้น (Moisture can) และ โถดูดความชื้น (Desiccator)
9. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์
10. เครื่องแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ
11. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง(Sartorius 121 9 MP)
12. เทอร์โมมิเตอร์ 100° ซ
13. เตาแก๊ส
14. ตู้แช่เย็น อุณหภูมิ 2 - 4 °ซ

15. เครื่องบรรจุแบบสุญญากาศ
16. ถังบรรจุน้ำแข็ง
17. Conway's unit
18. Micro – burette
19. อุปกรณ์เครื่องครัว
20. ชุดคอมพิวเตอร์ พร้อมเครื่องพิมพ์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผล

วิธีดำเนินการ

1. ศึกษาชนิด ปริมาณและสถานะที่เหมาะสมของการประยุกต์ใช้สารในการดูแลรักษาความสดของปลาน้ำจืด ชนิดทั้งตัวและแล่เป็นชิ้น

โดยสารที่คัดเลือกนำมาศึกษาได้แก่ กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก โพแทสเซียมซอร์เบท และไลโคซาน โดยใช้ร่วมกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ โดยศึกษาสารเคมีชนิดละ 3 ระดับความเข้มข้น โดยการทดลองดังภาพที่ 4



ภาพ 4 วิธีการทดลองการใช้น้ำแข็งร่วมกับกรดอินทรีย์และไลโคซานในการรักษาคุณภาพของปลาน้ำจืด

การศึกษาด้านคุณภาพต่างๆ ในระหว่างกระบวนการแช่ด้วยน้ำแข็ง โดยวิเคราะห์ดังนี้

- pH
- TVB
- Peroxide value (Buge and Augt, 1978)
- TBARS (Buge and Augt, 1978)
- สี
- จุลินทรีย์ (APHA., 1992)
- คุณภาพทางประสาทสัมผัส วิธีการให้คะแนนเป็นแบบ 9-point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบ

ทั่วไปไม่ต่ำกว่า 30 คน ในการวิจัยนี้เป็นการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่ไม่ผ่านการฝึกฝน

2. วิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบการยอมรับ โดยการนำข้อมูลที่ได้มาประเมินผล ความแตกต่างด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.00

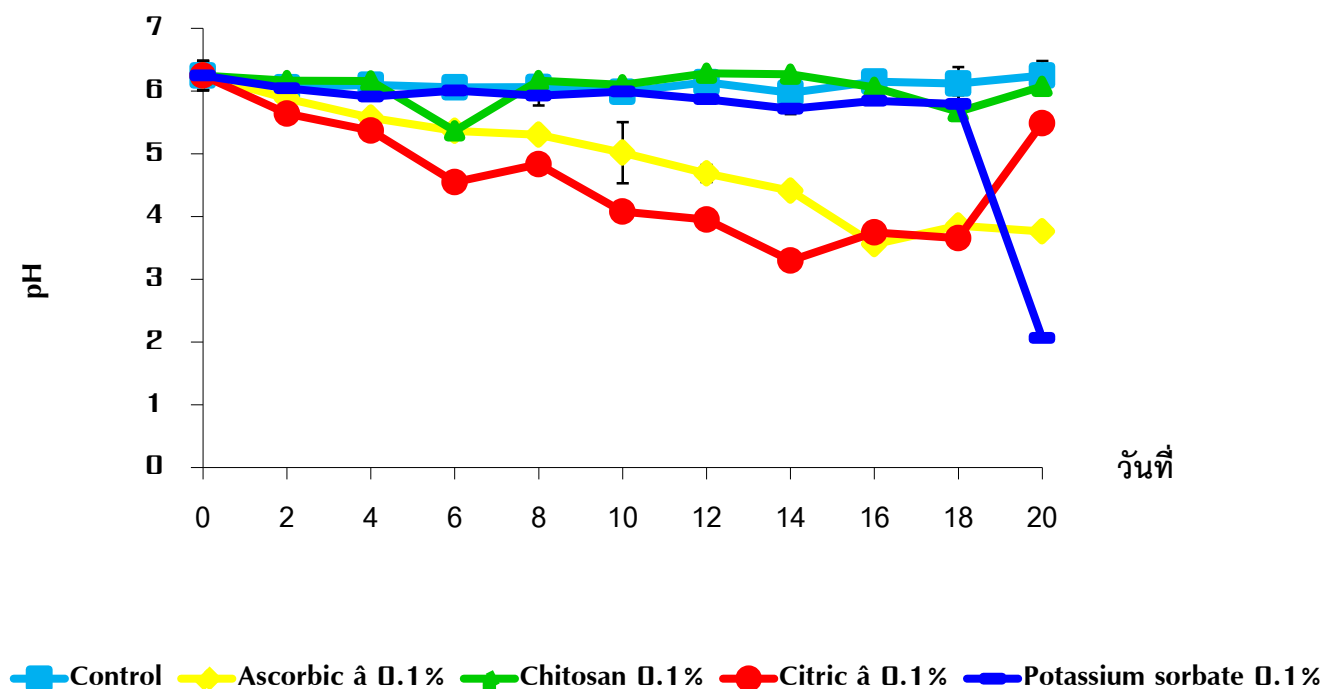
สถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

ผลการทดลอง

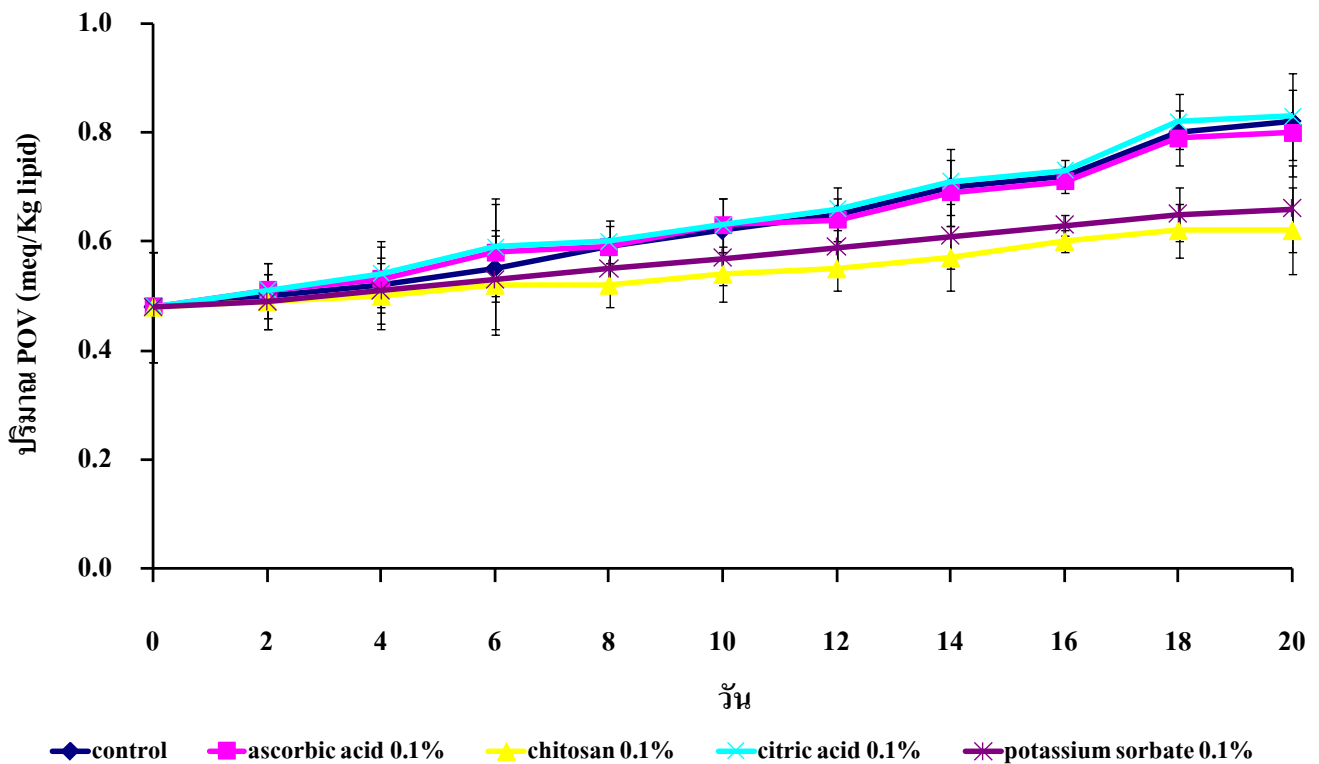
จากการศึกษาชนิด ปริมาณและสภาวะที่เหมาะสมของการประยุกต์ใช้สารในการดูแลรักษาความสดของปลาน้ำจืด ชนิดทั้งตัวและแ่งเป็นชิ้นโดยสารที่คัดเลือกนำมาศึกษาได้แก่ กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก โพแทสเซียมซอร์เบต และไลโคซาน โดยใช้ร่วมกับเกลือโซเดียมคลอไรด์ โดยศึกษาสารเคมีชนิดละ 3 ระดับความเข้มข้นคือที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 0.2 และ 0.3 พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.2 และ 0.3 ไม่มีผลต่อการการยืดอายุการเก็บรักษาปลาทั้งตัวแช่เย็น ดังนั้นในรายงานฉบับนี้จึงขอนำเสนอผลการศึกษาผลของได้แก่ กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก โพแทสเซียมซอร์เบต และไลโคซานที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ร่วมกับเกลือโซเดียมคลอไรด์

การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งตัดแปรเป็นเวลา 20 วัน พบว่า pH มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในตัวอย่างการใช้น้ำแข็งร่วมกับกรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ระหว่างการเก็บรักษา ส่วนการใช้น้ำแข็งร่วมกับไลโคแซน และโพแทสเซียมซอร์เบต ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 และตัวอย่างควบคุม มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 5) เนื่องจากเมื่อพิจารณากรดแอสคอร์บิก และกรดซิตริก ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด และเมื่อเติมสารผสมลงไปในตัวอย่งทำการเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 20 วัน จึงทำให้ค่า pH ในตัวอย่างมีค่าที่ลดลง และเมื่อพิจารณาไลโคแซน และ โพแทสเซียมซอร์เบต ซึ่งมีคุณสมบัติที่ไม่มีฤทธิ์เป็นกรด จึงทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย แต่โดยปกติการเปลี่ยนแปลง pH จะเกิดจากหลายสาเหตุ นั่นคือ เมื่อสัตว์น้ำตายลง pH มีค่าลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการไกลโคไลซิส ซึ่งก่อให้เกิดกรดแลคติก ทั้งนี้ปริมาณกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณไกลโคเจนที่สะสมในร่างกายสัตว์น้ำก่อนการตาย รวมทั้งการปฏิบัติต่อสัตว์น้ำ ส่วนการเพิ่มขึ้นของ pH อาจมีสาเหตุจากเนื้อปลาเกิดการย่อยสลายตัวเองโดยเอนไซม์ ทำให้โปรตีนเสียสภาพหรือเกิดการแตกตัวของโปรตีน เกิดเป็นสารประกอบไนโตรเจนและสารประเภทเอมีนที่มีฤทธิ์เป็นด่างออกมา อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลง pH ของปลาจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ฤดูกาล ลักษณะการจับ ชนิดของปลา และปัจจัยอื่นๆ ด้วย



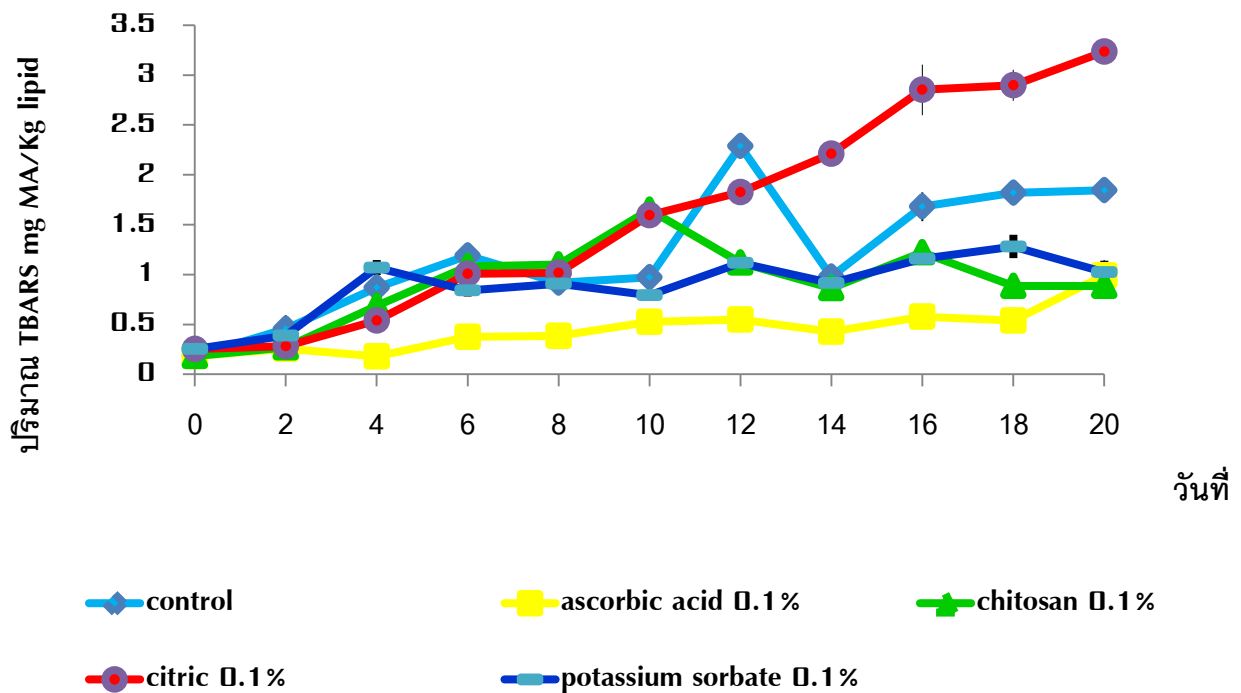
ภาพ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเนื้อปลาทับทิมระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งตัดแปรร

การเปลี่ยนแปลงค่า PV ในการเก็บรักษาปลาทับทิมแช่น้ำแข็งตัดแปรร พบว่าค่า PV ของเนื้อปลาในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 ± 0.01 meq/kg lipid และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่า PV มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกตัวอย่างที่เก็บรักษา โดยพบว่าตัวอย่างปลาทับทิมแช่น้ำแข็งผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.1 มีการเพิ่มขึ้นของค่า PV สูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ meq/kg lipid เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน ในขณะที่ปลาทับทิมแช่น้ำแข็งผสมไคโตซานร้อยละ 0.1 มีค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ PV น้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน โดยมีค่าคือ meq/kg lipid (ภาพ 6)



ภาพ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า PV ของเนื้อปลาหีบหีบแต่ละระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งตัดแปร

การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้น้ำแข็งร่วมกับกรดซิตริก มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด ($P < 0.05$) เนื่องจากเมื่อพิจารณากรดซิตริกซึ่งเป็นสารจับโลหะที่มีประสิทธิภาพดีมาก ทำให้สามารถช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ แต่ถ้าหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไป ก็จะทำให้ตัวมันเองเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (prooxidant) ได้เช่นเดียวกัน ในขณะที่การใช้น้ำแข็งร่วมกับ กรดแอสคอบิก ไลโคเตน และโพแทสเซียม ซอร์เบท พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ภาพที่ 7) เนื่องจาก ไลโคเตนจะมีคุณสมบัติช่วยการจับกับอนุมูลอิสระ โดยที่ ไลโคเตนจะมีการให้ประจุบวกที่สามารถจะไปจับกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อปลาได้และ กรดแอสคอบิกจะมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลที่จะมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนจับกับอนุมูลอิสระ (ฉัตรชัย, 2553) ซึ่งคุณสมบัติของสาร ไลโคเตน และ กรดแอสคอบิกจะยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน ของเนื้อปลาได้ โดยการห็นของเนื้อและผลิตภัณฑ์มีสาเหตุจากการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งเอนไซม์ออกซิเดส (oxidase) จะเข้าทำปฏิกิริยา oxidation ทำให้เกิดสารที่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติ นอกจากนี้ออกซิเจนในอากาศยังเข้าออกซิไดส์โดยตรงกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อและผลิตภัณฑ์



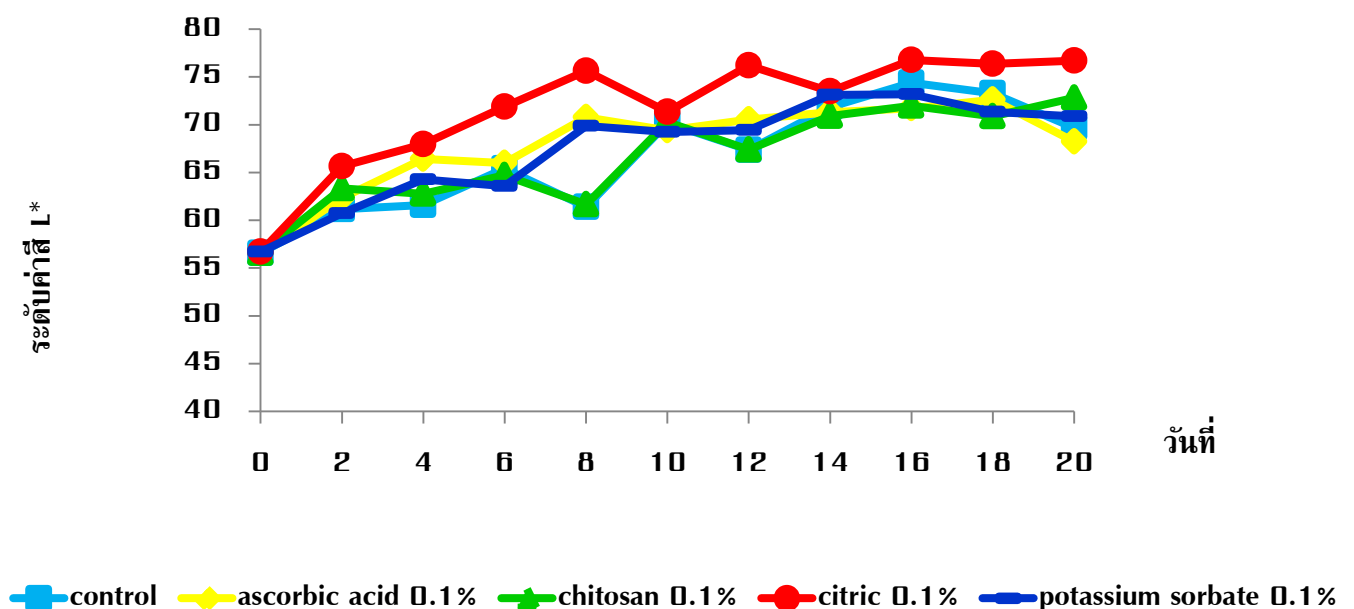
ภาพ 7 การเปลี่ยนแปลงค่าTBARS ของเนื้อปลาหับทิมแลระหว่างการรักษาในน้ำแข็งตัดแปรร

สีและการเปลี่ยนสีของอาหารมีความสำคัญต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ ถึงแม้ว่าสีจะไม่บ่งบอกถึงคุณค่าทางอาหาร รส หรือคุณสมบัติในการนำไปใช้งาน แต่สีให้ความสำคัญในแง่ของความชอบของผู้บริโภค สีในอาหารเกิดจากเม็ดสีเช่น ไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์หรือเกิดจากสารที่ไม่ใช่เม็ดสีเช่น การเกิดสีน้ำตาลเมื่อนำน้ำตาลไปเคี่ยวเป็นต้น สีอาหารอาจเกิดจากสีโดยธรรมชาติหรือเป็นการแต่งเติมสีโดยตั้งใจของผู้ผลิต ในเรื่องของอาหารสีจะบ่งบอกถึงความแตกต่างของความแก่-อ่อน (maturity) ของผักและผลไม้บางชนิดได้ดี บางครั้งอาจใช้สีอาหารเป็นดัชนีในการคัดเลือกวัตถุดิบ ควบคุมขั้นตอนการผลิต และจัดแบ่งชั้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ดังนั้นจึงเกิดความจำเป็นในการศึกษานวัตกรรมสีอาหารและผลิตภัณฑ์

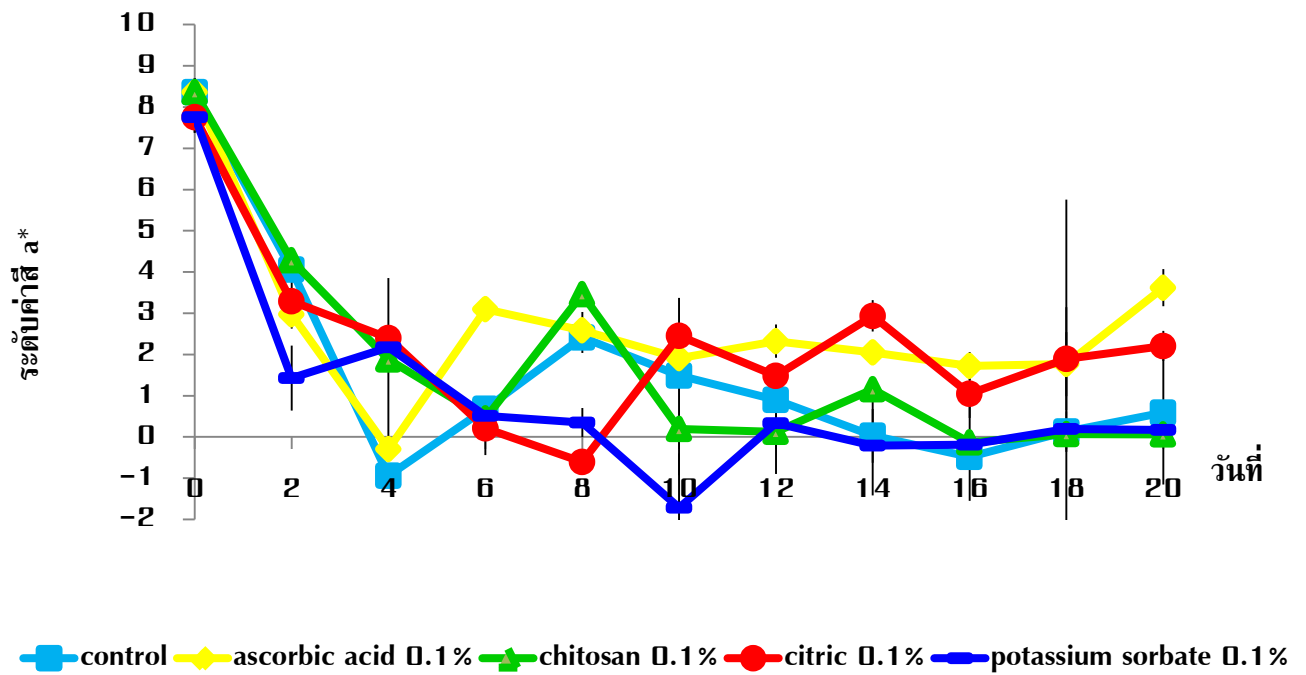
วัดค่าสี ด้วยเครื่อง HUNTER LAB ซึ่งบันทึกค่าในระบบ CIE Lab วัดค่า L^* , a^* และ b^* และรายงานผลเป็นค่า ค่าความแตกต่างของสี (ΔE^*) เท่ากับ $(\Delta L^* + \Delta a^* + \Delta b^*)^{1/2}$ โดยที่ค่า L^* คือค่าแสดงความสว่างของสี ซึ่งค่า L^* มีค่า 0 ถึง 100 ถ้าค่า L^* มากแสดงว่าสีสว่างมาก โดยที่ระดับ L^* เท่ากับ 0 จะเป็นสีดำ ค่า a^* คือค่าแสดงระดับสีแดง-เขียว เมื่อค่า a^* เป็นบวกจะแสดงถึงลักษณะสีแดง และเมื่อค่า a^* เป็นลบจะแสดงถึงลักษณะสีเขียว โดยที่เมื่อค่าห่างจาก 0 มาก แสดงถึงค่าสีแดง หรือสีเขียวมาก ค่า b^* คือค่าแสดงระดับสีเหลือง-น้ำเงิน เมื่อค่า b^* มีค่าบวกจะแสดงถึงลักษณะสีเหลือง และเมื่อค่า b^* เป็นลบจะแสดงถึงลักษณะสีน้ำเงิน โดยที่เมื่อค่าห่างจาก 0 มาก แสดงถึงค่าสีเหลืองหรือสีน้ำเงินมากขึ้น (จิตรนา แจ่มเมฆ, 2545)

การวัดค่าสี พบว่า ค่า L^* ของทุกๆ ตัวอย่างมีค่าที่เพิ่มขึ้นโดยจะอยู่ในช่วง 55.0-80.0 ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ น้ำแข็งร่วมกับไคโตแซน และ กรดแอสคอบิกมีการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* น้อยที่สุด เนื่องจาก chitosan มีคุณสมบัติเป็นสารเคลือบผิวของผลิตภัณฑ์อาหารในรูปฟิล์มที่รับประทาน โดยช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อปลาได้ และกรดแอสคอบิกมีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน ของเนื้อปลาได้ โดยเป็นสารต้านอนุมูลที่จะมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนจับกับอนุมูลอิสระ จึงทำให้สีความสว่างเนื้อปลามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีการใช้น้ำแข็งร่วมกรดซิตริก โพแทสเซียม ซอเบท และตัวอย่างควบคุม ในขณะการใช้กรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* สูงที่สุด เนื่องจากสารทำปฏิกิริยากับรงควัตถุในเนื้อปลาทำให้มีสีขาวขุ่น เม็ดสีแดงในเนื้อปลาหายไป (ภาพที่ 8)

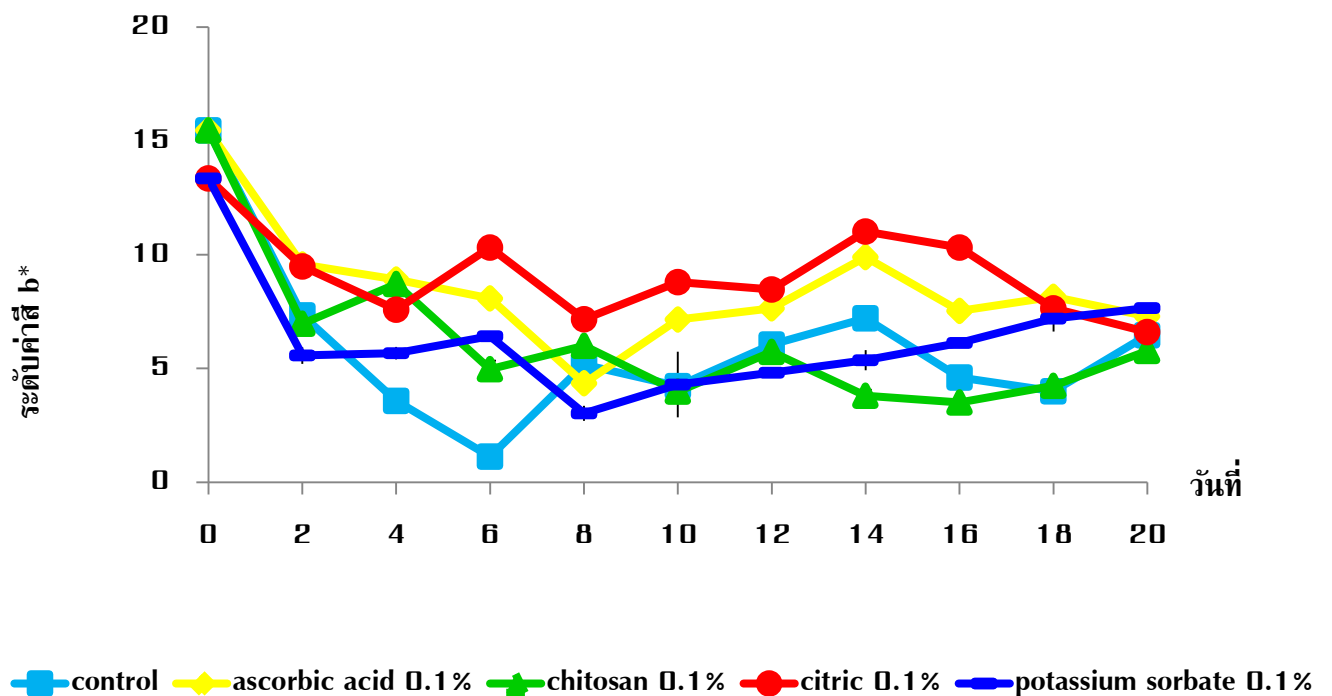
ค่า a^* (สีแดง) จะอยู่ในช่วง -2.0 ถึง 9.0 (ภาพที่ 9) และค่า b^* (สีเหลือง) จะอยู่ในช่วง 2.0-16.0 (ภาพที่ 10) โดยทั้งค่า a^* และค่า b^* มีระดับค่าสีที่ลดลงระหว่างการเก็บรักษาในทุกๆ ตัวอย่าง ซึ่งค่า a^* (สีแดง) และ b^* (สีเหลือง) ของเนื้อปลาในทุกๆ ตัวอย่างจะมีค่าลดลงซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องมาจากองค์ประกอบหรือโครงสร้างของเนื้อปลา เมื่อพิจารณาตัวอย่างที่มีการใช้น้ำแข็งร่วมกับ ไคโตแซนจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า a^* (สีแดง) และ b^* (สีเหลือง) ที่ลดลงน้อยกว่าตัวอย่างที่มีการใช้น้ำแข็งร่วมกรดแอสคอบิก กรดซิตริก โพแทสเซียม ซอเบทและตัวอย่างควบคุมตามลำดับ และการวัดค่าสี a^* (สีแดง) และ b^* (ค่าสีเหลือง) นั้นลดลงเพียงเล็กน้อย



ภาพ 8 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ของเนื้อปลาทั้บทีมแล้ระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัดแปร

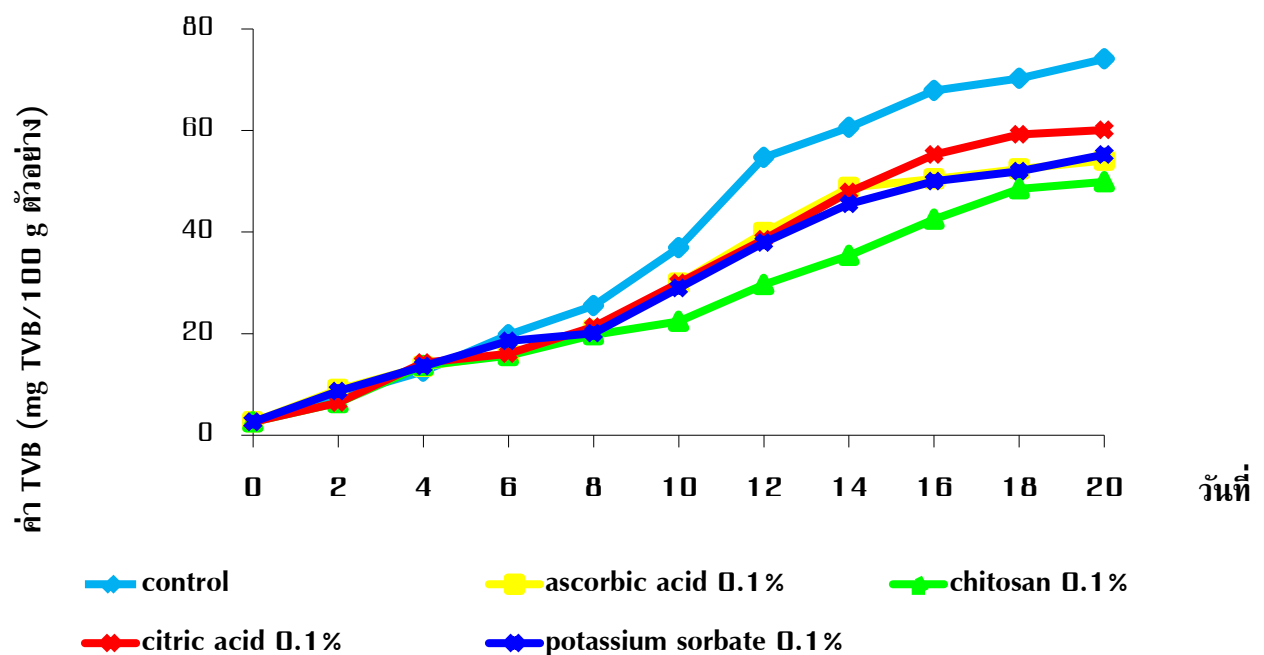


ภาพ 9 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ของเนื้อปลาหีบต้มระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัดแปรรูป



ภาพ 10 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ของเนื้อปลาหีบต้มระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัดแปรรูป

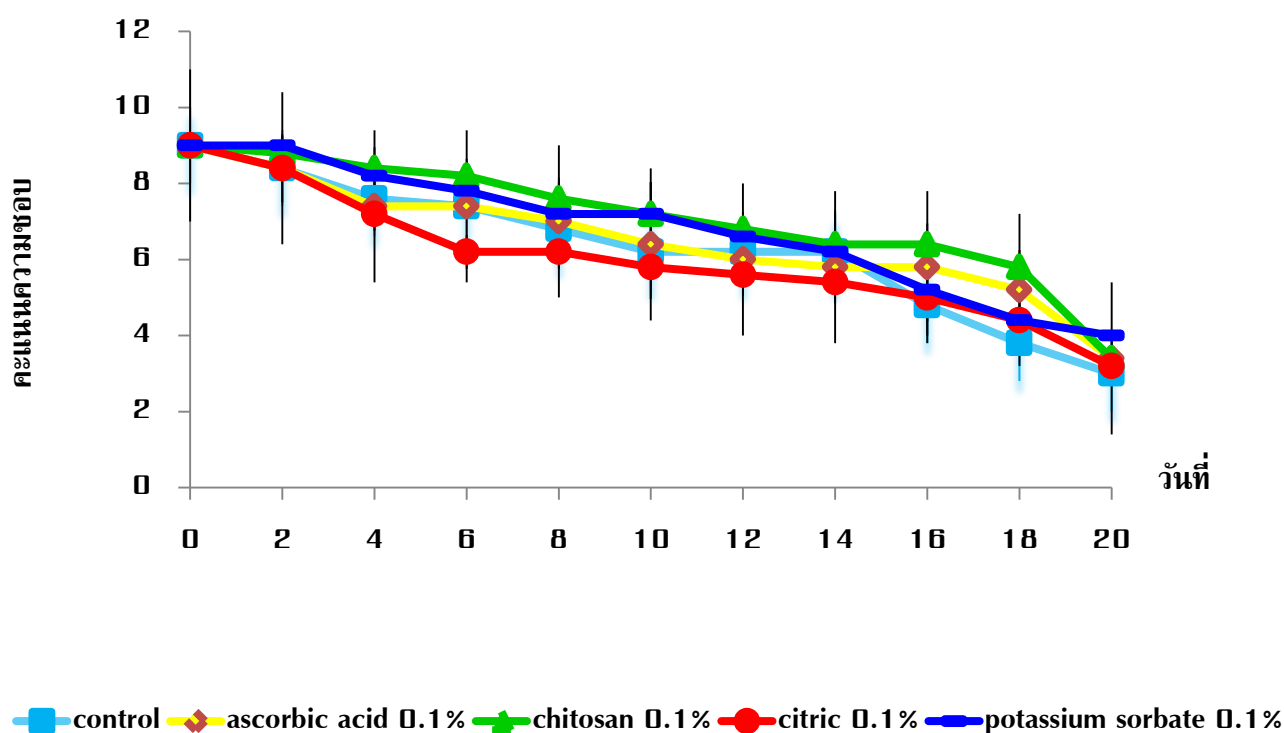
จากผลการทดสอบค่า TVB ที่แสดงถึงความสดของสัตว์น้ำ พบว่าค่า TVB จะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 11) โดยพบว่าการใช้น้ำแข็งร่วมกับไคโตแซน จะมีปริมาณค่า TVB เพิ่มขึ้นน้อยกว่าการใช้น้ำแข็งร่วมกับ กรดซิตริก โพแทสเซียม ซอร์เบต กรดแอสคอบิก และตัวอย่างควบคุม ($P < 0.05$) แสดงว่าการใช้น้ำแข็งร่วมกับสารไคโตแซนมีฤทธิ์ในการคงความสดของเนื้อปลาที่หมักแล้วได้มากกว่าสารชนิดอื่น เนื่องจากสมบัติของสารไคโตแซนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อแบคทีเรียได้ดี โดยมีกลไกคือ ไคโตแซนมีประจุบวกสามารถจับกับเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ที่มีประจุลบได้ ทำให้เกิดการรั่วไหล ของโปรตีนและสารอื่นของเซลล์ และไคโตแซนมีคุณสมบัติเป็นสารเคลือบผิวของผลิตภัณฑ์อาหารในรูปฟิล์มที่รับประทาน โดยช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จึงสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาปลาที่หมักแล้วได้ยาวนานขึ้น (คุชฎี อดุลภาพ) ทั้งนี้ ค่า TVB เป็นค่าที่แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระเหยได้ ที่เกิดจากการเสื่อมเสียของปลา โดยมักเกิดจากจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียของสัตว์น้ำ (Botta, 1995)



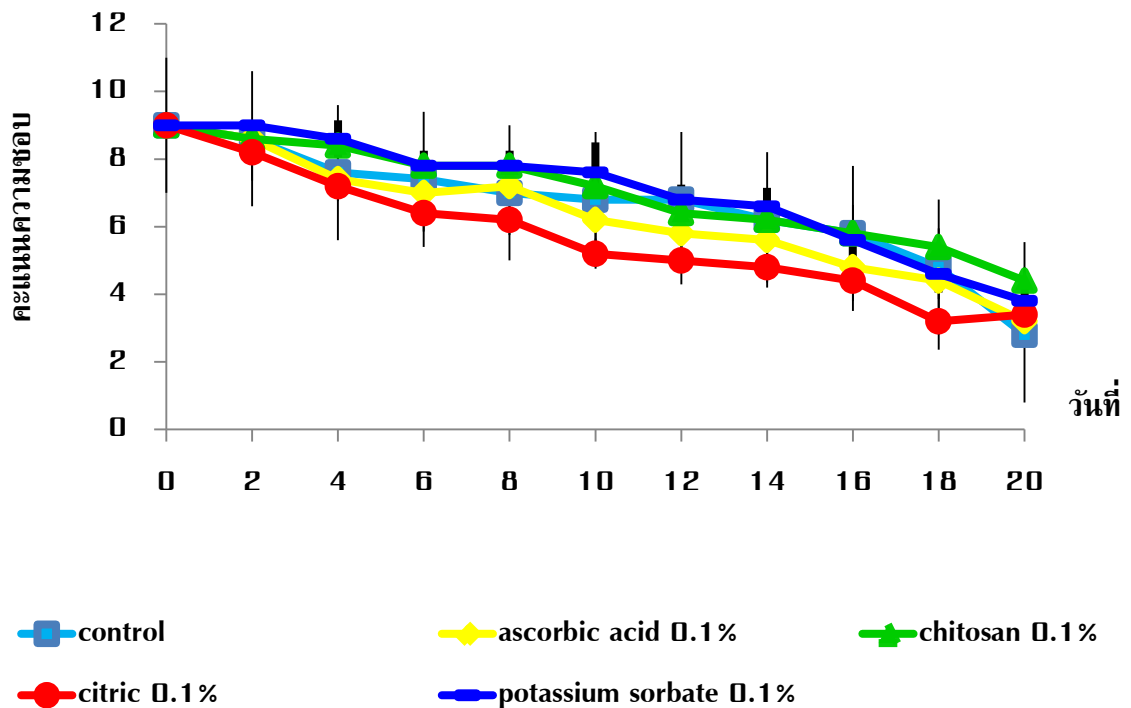
ภาพ 11 การเปลี่ยนแปลงค่าTVB ของเนื้อปลาที่หมักแล้วระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งตัดแปรรูป

ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านการสัมผัส ในผลิตภัณฑ์ปลาหมึกแช่เย็นระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัดแปร์ โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 7 คน ค่าคะแนนการทดสอบดังนี้

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อความชอบโดยรวม พบว่า การใช้ น้ำแข็งร่วมกับไคโตแซน ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติของสาร ไคโตแซนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อแบคทีเรียได้ดี โดยมีกลไกคือ ไคโตแซนมีประจุบวกสามารถจับกับเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ที่มีประจุลบได้ ทำให้เกิดการรั่วไหล ของโปรตีนและสารอื่นของเซลล์ และไคโตแซนมีคุณสมบัติเป็นสารเคลือบผิวของผลิตภัณฑ์อาหารในรูปฟิล์มที่รับประทาน โดยช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (คหุฎิ อุฎทพ) จึงทำให้สี กลิ่น ผิวหน้ัง เนื้อสัมผัส ของเนื้อปลาหมึกแช่เย็นยังคงมีระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมีมากกว่าเนื้อปลาหมึกแช่เย็นร่วมกับสารอื่น ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับตั้งแต่วันที่ 16 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 12) เนื่องจากตัวอย่างควบคุมไม่มีการเติมวัตถุเจือปนลงไปผสมกับน้ำแข็งจึงเสื่อมเสียได้ง่ายกว่าตัวอย่างอื่นๆ



ภาพ 12 การทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อคะแนนความชอบโดยรวมของเนื้อปลาหมึกแช่เย็นระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัดแปร์



ภาพ 13 การทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อคะแนนความชอบสีของเนื้อปลาทับทิมระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัปปะ

ส่วนผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสีพบว่าการใช้น้ำแข็งร่วมกับไคโตแซนได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติของสารไคโตแซนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อแบคทีเรียได้ดี โดยมีกลไกคือไคโตแซนมีประจุบวกสามารถจับกับเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ที่มีประจุลบได้ ทำให้เกิดการรั่วไหล ของโปรตีนและสารอื่นของเซลล์ และไคโตแซนมีคุณสมบัติเป็นสารเคลือบผิวของผลิตภัณฑ์อาหารในรูปฟิล์มที่รับประทาน โดยช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ทำให้เนื้อปลาทับทิมมีสีที่เข้มขึ้น โดยสีของปลาทับทิมแช่ในน้ำแข็งร่วมกับไคโตแซนมีค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด (คุยฎี อุดภาพ) (ภาพที่ 13) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านผิวหนัง กลิ่น และเนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่ามีความแตกต่างกันในทุกสภาวะการเก็บรักษา และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยในปลาสดในสภาวะควบคุม คือไม่มีการเติมสารใดเลยในน้ำแข็งคัดแปร์ มีอัตราการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุดที่อายุการเก็บรักษา 20 วัน โดยมีปริมาณ $6.49 \pm 0.12 \log \text{ cfu/กรัม}$ ส่วนปลาที่หมักแล้วแช่เย็นในน้ำแข็งผสมไคโตแซนร้อยละ 0.1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดคือ $2.59 \pm 0.78 \log \text{ cfu/กรัม}$ ซึ่งค่าที่พบในการทดลองนี้ยังพบว่าในตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารใดเลยน้ำแข็งมีค่าเกิน 10^6 cfu/กรัม แสดงให้เห็นผลการเสื่อมเสียมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์ ถึงแม้จะมีการเก็บรักษาปลาที่อุณหภูมิต่ำแล้วก็ตาม ในขณะที่การเติมสารในน้ำแข็งมีการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ในปริมาณที่น้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากสารคุณสมบัติของสารที่ใช้ในน้ำแข็งคัดแปร์ มีคุณสมบัติสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้นั่นเอง โดยพบว่าน้ำแข็งผสมไคโตแซนร้อยละ 0.1 จะมีการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ที่น้อยกว่าการเติมสารชนิดอื่นๆ ทั้งนี้จากการศึกษาฤทธิ์ของไคโตแซน (94% DD, 43 kDa) ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่พบในอาหารที่ความเข้มข้น 40-750 mg/l (Devlieghere, F., Vermeulen, A., and Debevere, J., 2004) พบว่า แบคทีเรียแกรมลบมีความไวสูงต่อไคโตแซน ในขณะที่ความไวของแบคทีเรียแกรมบวกจะแตกต่างกันมากและยีสต์มีความไวปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของไคโตแซนลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงขึ้น องค์ประกอบของอาหาร เช่น แป้ง โปรตีน และเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) มีผลเสียต่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนไขมันไม่พบว่ามีผลกระทบใดๆ งานวิจัยของ บุญศรี จงเสรีจิตต์ และคณะ (2547) พบว่าไคโตแซนที่ความเข้มข้น 100-3,000 ส่วนในล้านส่วน (part per million, ppm) สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S.aureus*, *E.coli*, *S. typhimurium* ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีค่าความเข้มข้นน้อยที่สุดของไคโตแซน (minimal inhibitory concentration, MIC) ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียเท่ากับ 100, 500 และ 1,000 ppm ตามลำดับ แต่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *V. parahaemolyticus* ได้เพียง 70% และยับยั้งเชื้อ *V. cholerae* ได้ต่ำมากสำหรับกลไกการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ได้มีผู้รวบรวมเสนอไว้หลากหลาย (Harish Prashanth, KV. and Tharanathan, RN., 2007) ไคโตแซนอาจยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์โดยอนุภาคประจุบวกบนโมเลกุลของไคโตแซนสามารถจับกับอนุภาคประจุลบบนผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้ผนังเซลล์เกิดความเสียหายขึ้นจนไม่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของสาร จึงเกิดการรั่วไหลของสารต่างๆ ในเซลล์ และทำให้เซลล์ตายในที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์อาจเป็นผลมาจากการขัดขวางสารอาหารเข้าสู่เซลล์ ไคโตแซนบางชนิดโดยเฉพาะชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เมื่อเคลื่อนเข้าสู่เซลล์ของจุลินทรีย์จะไปจับกับ DNA จึงยับยั้งการสังเคราะห์ RNA และโปรตีน หรืออาจจับกับไอออนของโลหะ (chelation) และสารอาหารที่เป็น นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับขนาดน้ำหนักโมเลกุล ค่าระดับการกำจัดหมู่อะซิทิลชนิดของจุลินทรีย์หรือแบคทีเรีย ชนิดของสารละลายกรดที่ใช้ ชนิดของอาหารและอุณหภูมิในการเก็บรักษาองค์ประกอบของอาหาร เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ เกลือ อาจทำปฏิกิริยากับไคโตแซนและส่งผลให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ (นภาพร เชื้อวชาญ และธนารัตน์ ศรีธรรวณิช, 2547) การดัดแปลงโมเลกุล

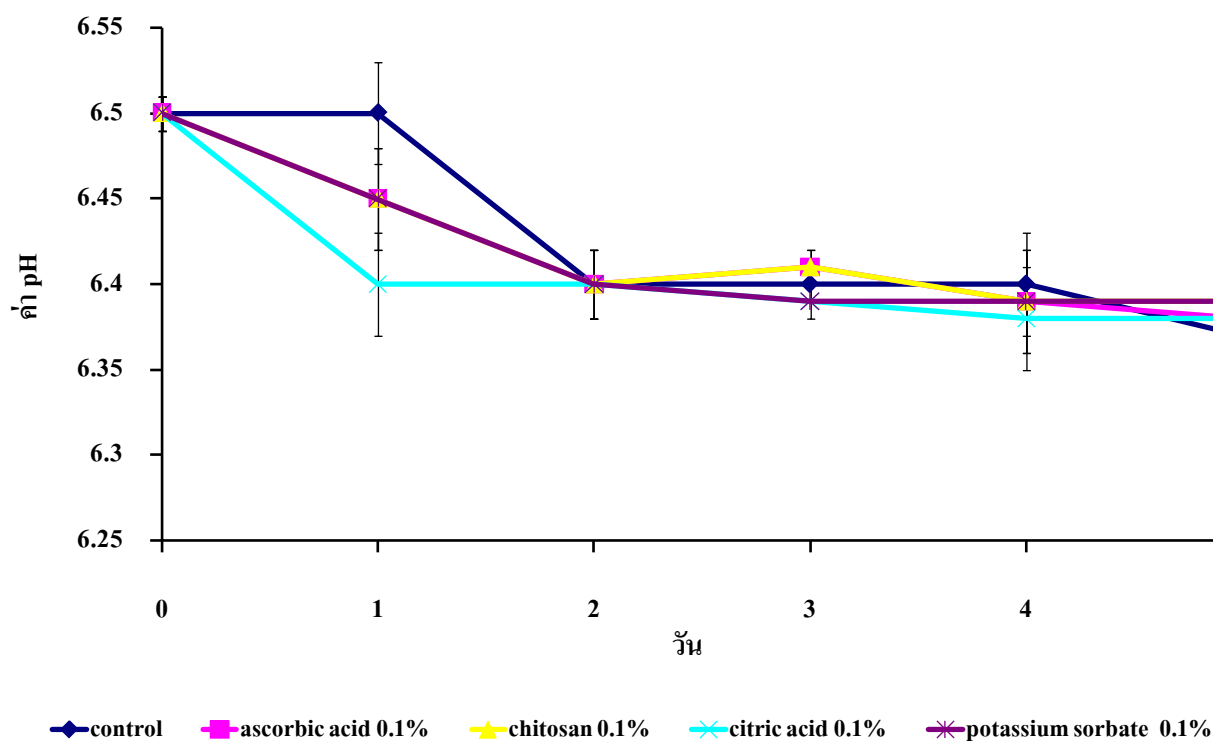
ของไคโตแซนมีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยเช่นกัน อนุพันธ์ของไคโตแซนหลายตัว เช่น diethylmethylchitosan, N,O-acetylchitosan และ hydroxypropylchitosan มีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียและเชื้อราได้ดีกว่าไคโตแซน

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/กรัม) ในเนื้อปลาทับทิมระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งตัดแปรร

ระยะเวลา (วัน)	สภาวะการเก็บรักษา				
	ชุดควบคุม	Ascorbic acid 0.1%	Citric acid 0.1%	Potassium sorbate 0.1%	Chitosan 0.1%
0	1.07±0.02	1.08±0.03	1.06±0.23	1.07±0.04	1.08±0.68
2	1.93±0.06	1.96±0.06	1.42±0.13	1.53±0.10	1.66±0.13
4	2.09±0.33	2.09±0.01	1.54±0.06	1.71±0.07	1.67±0.16
6	2.19±0.07	2.10±0.12	1.60±0.13	2.08±0.05	1.76±0.22
8	2.18±0.08	2.52±0.03	1.66±0.13	3.07±0.10	1.85±0.09
10	2.42±0.02	2.95±0.05	1.77±0.08	3.15±0.05	1.85±0.11
12	3.16±0.09	3.27±0.01	1.90±0.05	3.18±0.05	2.09±0.33
14	4.54±0.07	3.29±0.03	2.05±0.04	3.08±0.05	2.19±0.03
16	5.43±0.06	3.39±0.04	2.29±0.06	3.71±0.07	2.27±0.45
18	6.00±0.08	3.59±0.08	2.56±0.48	3.96±0.45	2.45±0.20
20	6.49±0.12	3.99±0.45	2.96±0.04	4.58±0.01	2.59±0.78

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของปลาทับทิมทั้งตัว

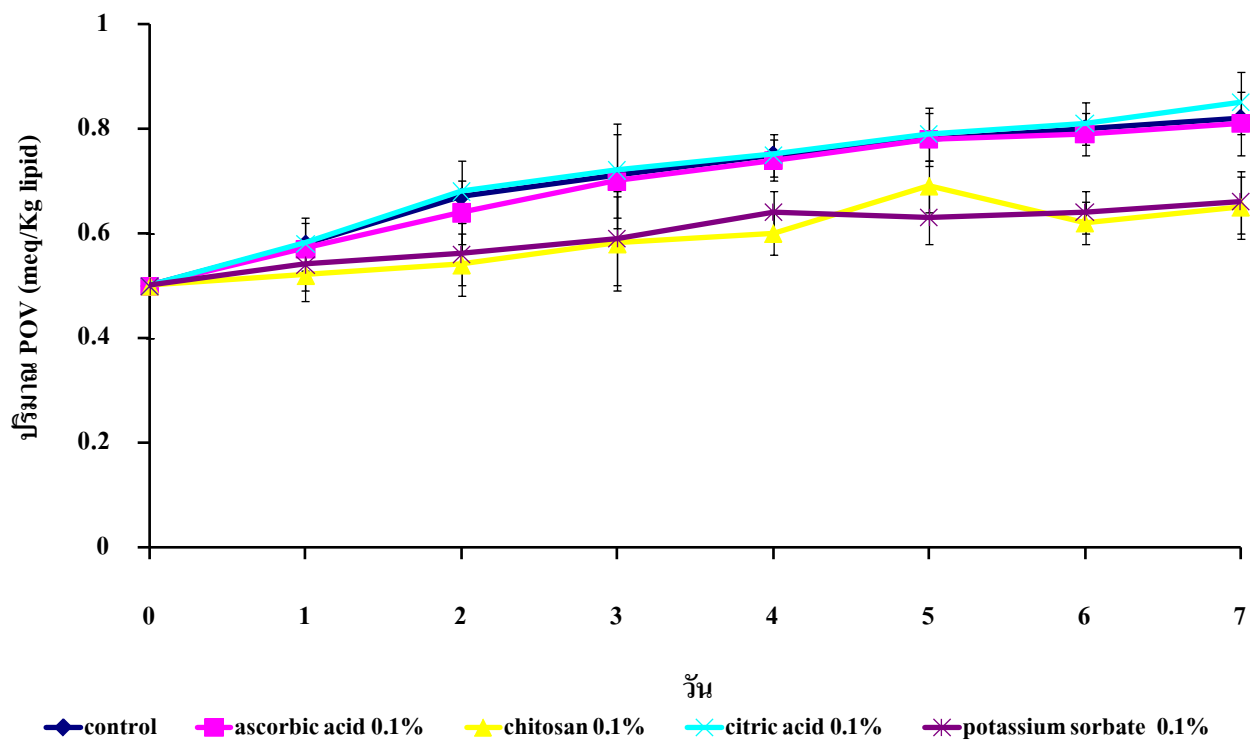
การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งดัดแปรเป็นเวลา 7 วัน (ภาพที่ 14) พบว่า pH ที่พบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) โดยปกติการเปลี่ยนแปลงของค่า pH จะเกิดจากหลายสาเหตุ นั่นคือ เมื่อสัตว์น้ำตายลง pH มีค่าลดลงเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการไกลโคไลซิสซึ่งก่อให้เกิดกรดแลกติก ทั้งนี้ปริมาณของกรดแลกติกที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณไกลโคเจนที่สะสมก่อนการตายของสัตว์น้ำ รวมทั้งการปฏิบัติต่อสัตว์น้ำ ส่วนการเพิ่มขึ้นของค่า pH อาจมีสาเหตุมาจากเนื้อปลาเกิดการย่อยสลายตัวเองโดยเอนไซม์ ทำให้โปรตีนเสียสภาพหรือเกิดการแตกตัวของโปรตีน เกิดเป็นสารประกอบเอมีนที่มีฤทธิ์เป็นด่างออกมา (Huss, 1988)



ภาพ 14 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเนื้อปลาทับทิมทั้งตัวระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งดัดแปร

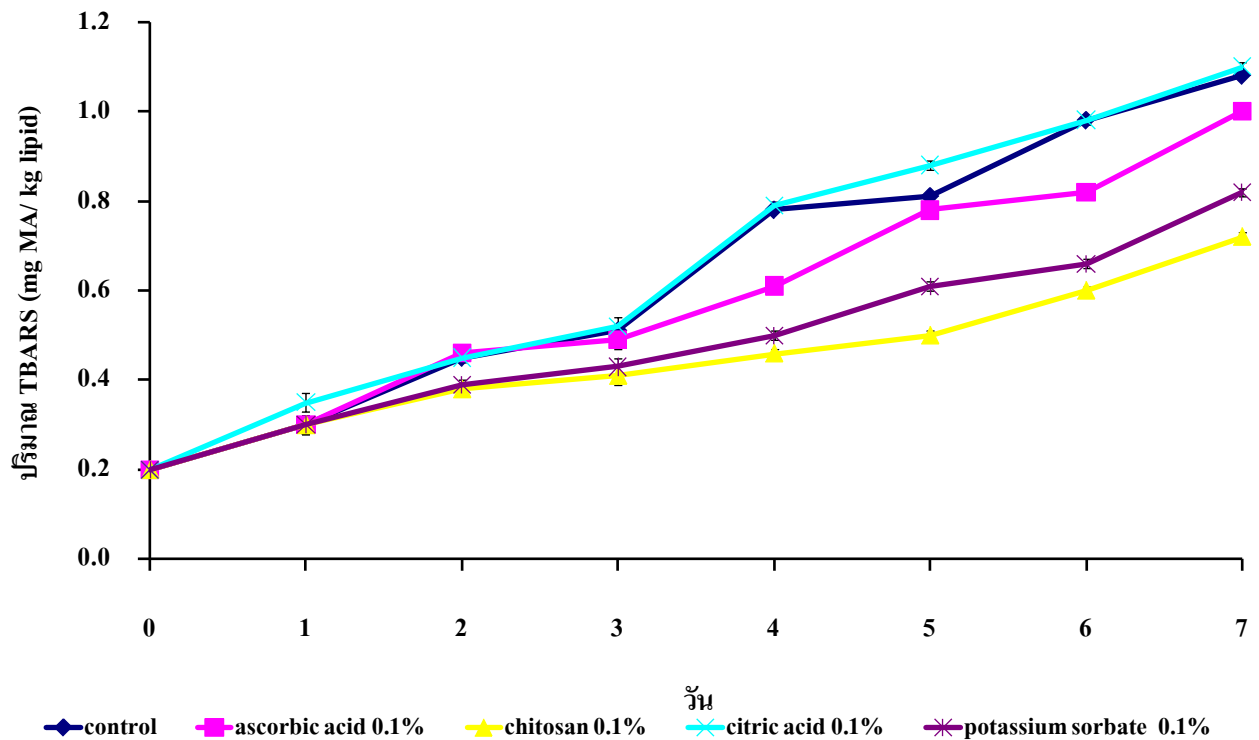
การเปลี่ยนแปลงค่า PV ในการเก็บรักษาปลาทับทิมทั้งตัวแช่ในน้ำแข็งดัดแปร พบว่าค่า PV ของเนื้อปลาในวันแรกของการเก็บรักษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 ± 0.01 meq/kg lipid และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ค่า PV มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกตัวอย่างที่เก็บรักษา โดยพบว่าตัวอย่างปลาทับทิมทั้งตัวที่เก็บรักษาในน้ำแข็งผสมกรดซิตริกร้อยละ 0.1 มีการเพิ่มขึ้นของค่า PV สูงที่สุดโดยมีค่าเท่ากับ 0.85 ± 0.01 meq/kg lipid เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน ในขณะที่ปลาทับทิมทั้งตัวที่เก็บรักษาในน้ำแข็งผสมไคโตแซนร้อยละ 0.1 มีค่าการ

เปลี่ยนแปลงของปริมาณ PV น้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน โดยมีค่าคือ 0.65 ± 0.01 meq/kg lipid (ภาพที่ 15)



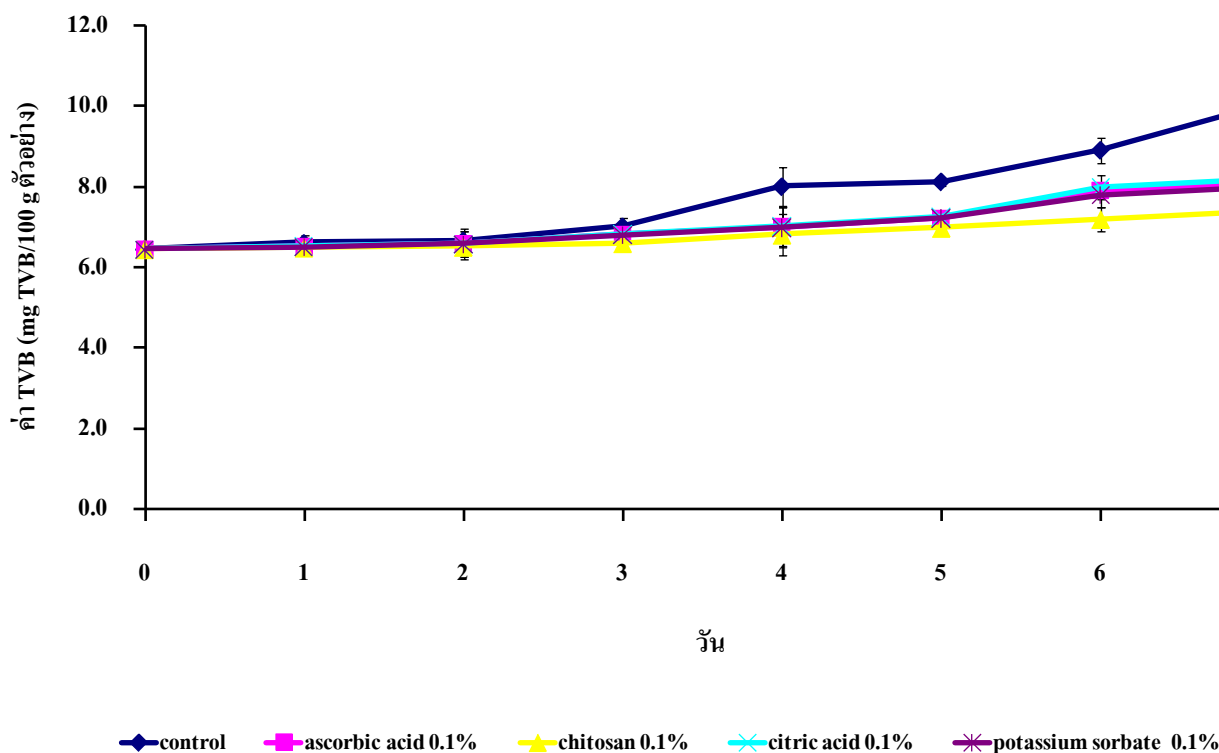
ภาพ 15 การเปลี่ยนแปลงค่า PV ของเนื้อปลาทับทิมทั้งตัวระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัปเดตเป

การเปลี่ยนแปลงของค่า TBARS พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นในทุกตัวอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้น้ำแข็งร่วมกับกรดซิตริก มีค่าเพิ่มขึ้นสูงที่สุด ($P < 0.05$) เนื่องจากเมื่อพิจารณากรดซิตริกซึ่งเป็นสารจับโลหะที่มีประสิทธิภาพดีมาก ทำให้สามารถช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ แต่ถ้าหากใช้ในปริมาณที่มากเกินไป ก็จะทำให้ตัวมันเองเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (prooxidant) ได้เช่นเดียวกัน ในขณะที่การใช้น้ำแข็งร่วมกับ กรดแอสคอร์บิก ไคโตแซน และโพแทสเซียม ซอร์เบท พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ภาพที่ 16)



ภาพ 16 การเปลี่ยนแปลงค่า TBARS ของเนื้อปลาหับทิมทั้งตัวระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคั๊ดแปรร

จากผลการทดสอบค่า TVB ที่แสดงถึงความสดของสัตว์น้ำ พบว่าค่า TVB จะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 17) โดยพบว่าการใช้น้ำแข็งร่วมกับไคโตแซน จะมีปริมาณค่า TVB เพิ่มขึ้นน้อยกว่าการใช้น้ำแข็งร่วมกับ กรดซิตริก โพแทสเซียม ซอเบท กรดแอสคอบิก และตัวอย่างควบคุม ($P < 0.05$) โดยปลาหับทิมแช่ในน้ำแข็งที่ไม่มีการผสมสาร (ตัวอย่างควบคุม) ค่า TVB เพิ่มขึ้นสูงที่สุดในวันที่ 7 ของการเก็บรักษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.00 ± 0.08 mg/100 g ในขณะที่ตัวอย่างที่เก็บรักษาในน้ำแข็งผสมไคโตซานร้อยละ 0.1 มีค่า TVB เฉลี่ยเท่ากับ 7.40 ± 0.05 mg/100 g ทั้งนี้ค่า TVB เป็นค่าที่แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ระเหยได้ ที่เกิดจากการเสื่อมเสียของปลา โดยมักเกิดจากจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสีย (Botta, 1995) เมื่อพิจารณาผล TVB ควบคู่กับค่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ซึ่งพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

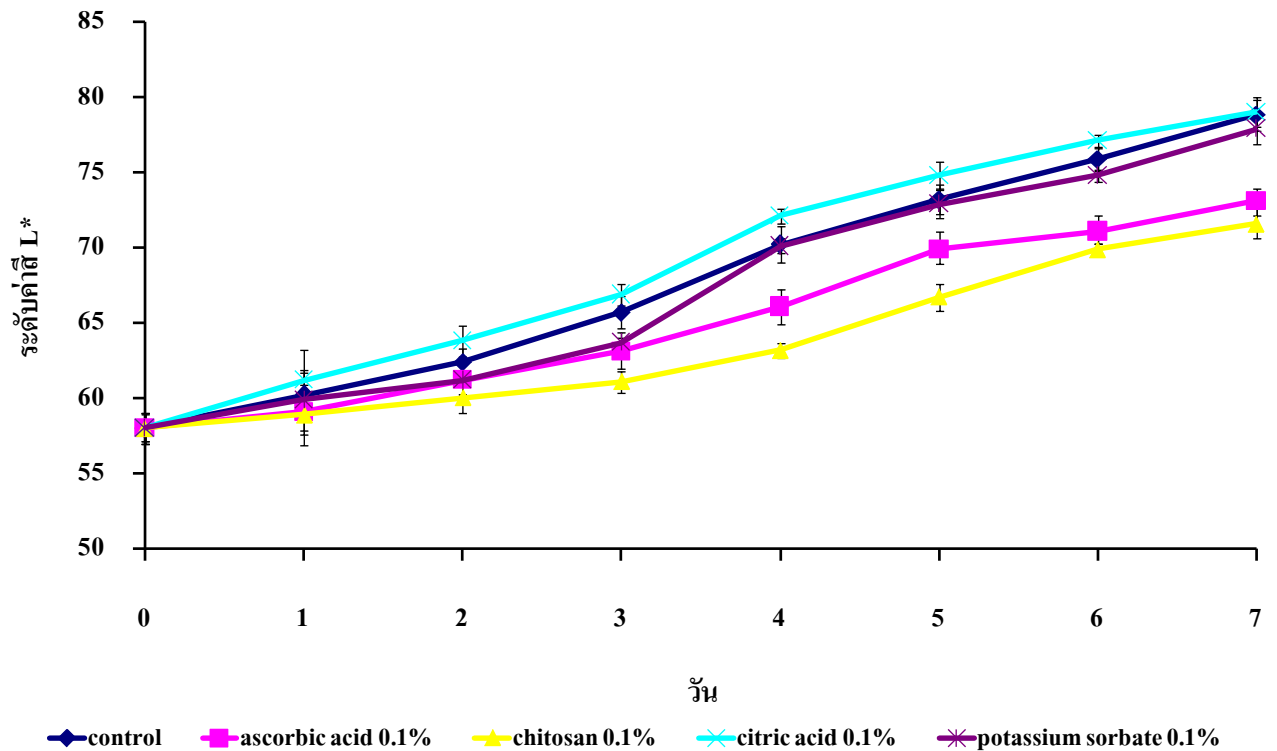


ภาพ 17 การเปลี่ยนแปลงค่าTVB ของเนื้อปลาทันทิมทั้งตัวระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัดแปร

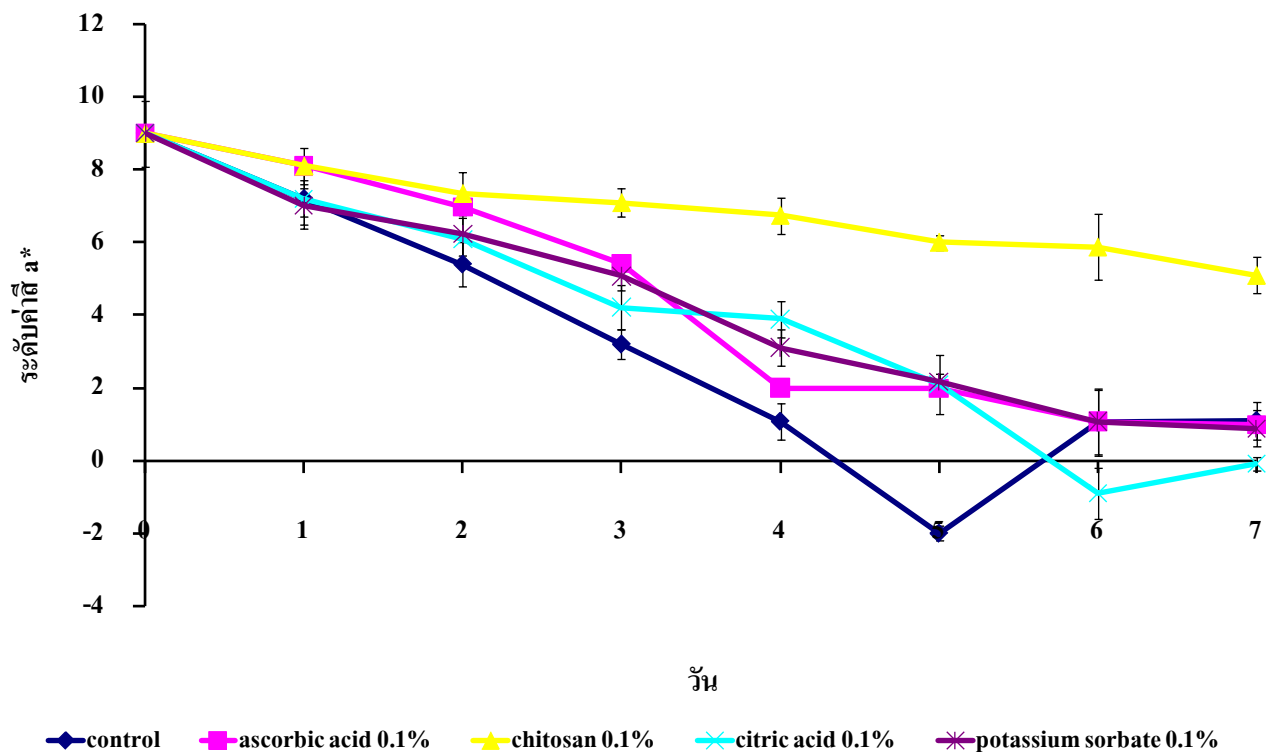
การวัดค่าสี พบว่า ค่า L^* ของทุกๆ ตัวอย่างมีค่าที่เพิ่มขึ้นโดยจะอยู่ในช่วง 58.0-79.0 ซึ่งตัวอย่างที่ใช้ น้ำแข็งร่วมกับไคโตแซน และ กรดแอสคอบิก มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* น้อยที่สุด เนื่องจากไคโตแซนมีคุณสมบัติเป็นสารเคลือบผิวของผลิตภัณฑ์อาหารในรูปฟิล์มที่รับประทาน โดยช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อปลาได้ และกรดแอสคอบิกมีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของเนื้อปลาได้ โดยเป็นสารต้านอนุมูลที่จะมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนจับกับอนุมูลอิสระ จึงทำให้สีความสว่างเนื้อปลามีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่มีการใช้น้ำแข็งร่วมกรดซิตริก โพแทสเซียม ซอร์เบต และตัวอย่างควบคุม ในขณะที่การใช้กรดซิตริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มีการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* สูงที่สุด เนื่องจากสารทำปฏิกิริยากับรงควัตถุในเนื้อปลาทำให้มีสีขาวขุ่น เม็ดสีแดงในเนื้อปลาหายไป (ภาพที่ 18)

ค่า a^* (สีแดง) จะอยู่ในช่วง -2 ถึง 9 (ภาพที่ 19) และค่า b^* (สีเหลือง) จะอยู่ในช่วง 3.14-15.6 (ภาพที่ 20) โดยทั้งค่า a^* และค่า b^* มีระดับค่าสีที่ลดลงระหว่างการเก็บรักษาในทุกๆ ตัวอย่าง ซึ่งค่า a^* (สีแดง) และ b^* (สีเหลือง) ของเนื้อปลาในทุกๆ ตัวอย่างจะมีค่าลดลงซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เนื่องมาจากองค์ประกอบหรือโครงสร้างของเนื้อปลา เมื่อพิจารณาตัวอย่างที่มีการใช้น้ำแข็งร่วมกับ ไคโตแซนจะมีการเปลี่ยนแปลงค่า a^* (สีแดง) และ b^* (สีเหลือง) ที่ลดลงน้อยกว่าตัวอย่างที่มีการใช้น้ำแข็งร่วมกรดแอสคอบิก

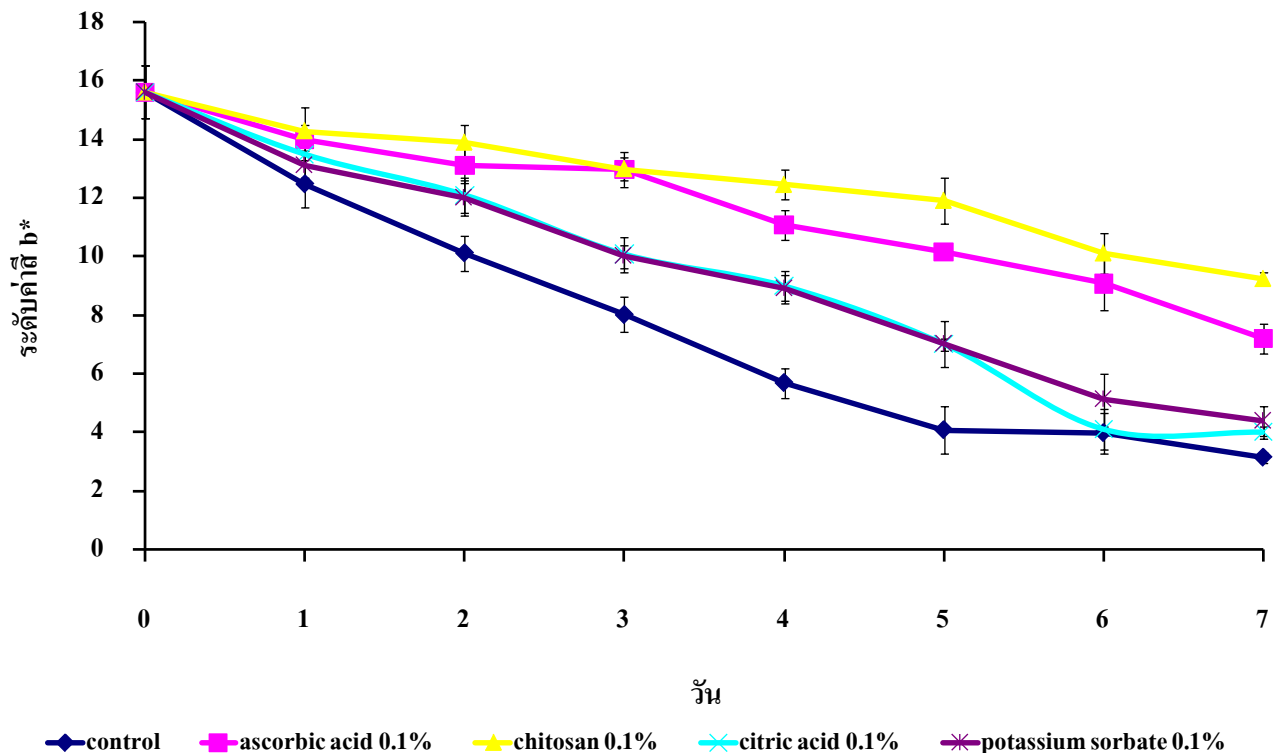
กรดซิตริก โพแทสเซียม ซอเบทและตัวอย่างควบคุมตามลำดับ และการวัดค่าสี a^* (สีแดง) และ b^* (ค่าสีเหลือง) นั้นลดลงเพียงเล็กน้อย



ภาพ 18 การเปลี่ยนแปลงค่าสี L^* ของเนื้อปลาหับทิมทั้งตัวระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัดแปร



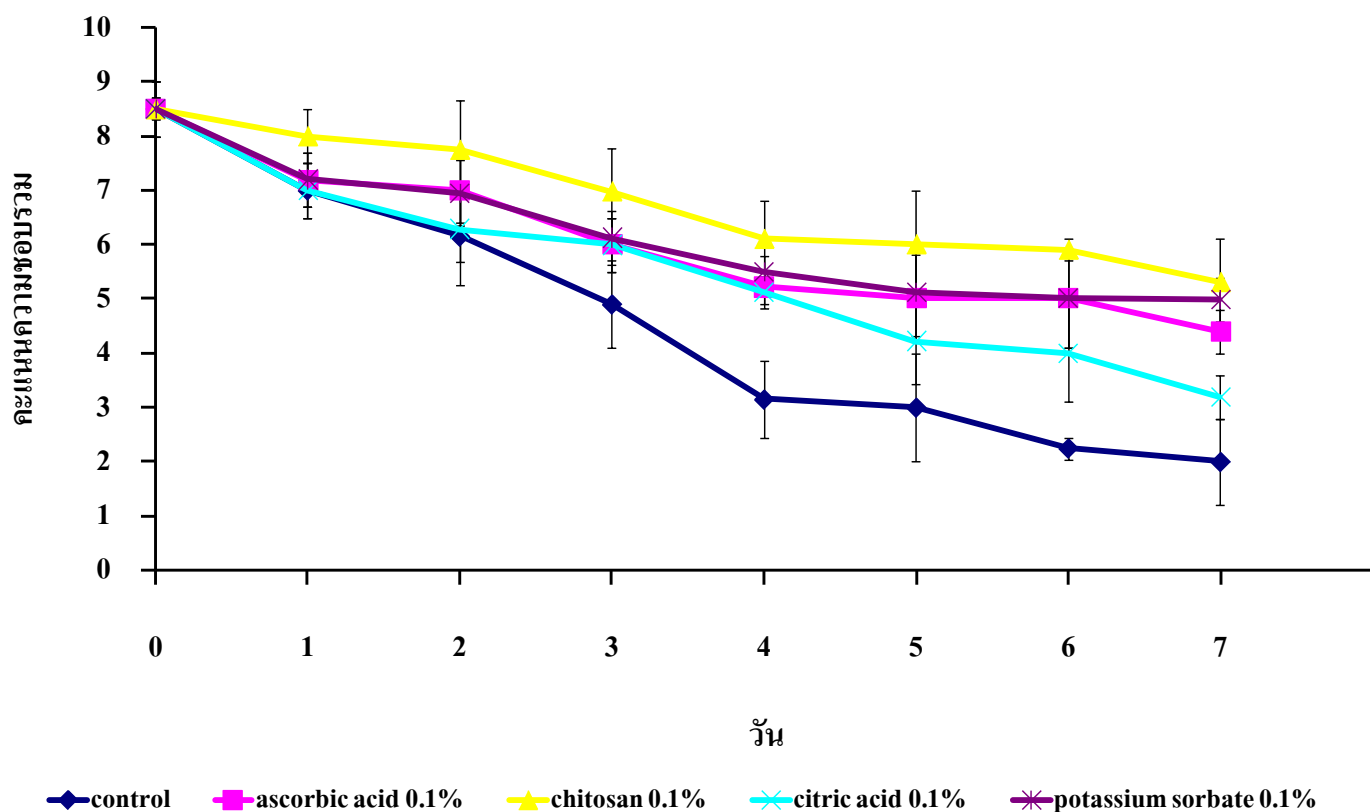
ภาพ 19 การเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* ของเนื้อปลาหับทิมทั้งตัวระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัดแปร



ภาพ 20 การเปลี่ยนแปลงค่าสี b^* ของเนื้อปลาหีบหีบทั้งตัวระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัดแปร

ผลการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัส ในผลิตภัณฑ์ปลาหีบหีบทั้งตัวแช่เย็นระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัดแปร โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้วจำนวน 7 คน ค่าคะแนนการทดสอบดังนี้

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อความชอบโดยรวม พบว่าการใช้น้ำแข็งร่วมกับไคโตแซนได้รับคะแนนความชอบมากที่สุดเช่นเดียวกับปลาหีบหีบแล้ว เนื่องจากคุณสมบัติของสาร ไคโตแซนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อแบคทีเรียได้ดี โดยมีกลไกคือ ไคโตแซนมีประจุบวกสามารถจับกับเซลล์เมมเบรนของจุลินทรีย์ที่มีประจุลบได้ ทำให้เกิดการรั่วไหล ของโปรตีนและสารอื่นของเซลล์และไคโตแซนมีคุณสมบัติเป็นสารเคลือบผิวของผลิตภัณฑ์อาหารในรูปฟิล์มที่รับประทานโดยช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (คหุฎิ อุฎทพ) จึงทำให้สี กลิ่น ผิวหนัง เนื้อสัมผัส ของเนื้อปลาหีบหีบแล้วยังคงมีระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อความชอบโดยรวมของผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมีมากกว่าเนื้อปลาแล้วที่แช่ในน้ำแข็งร่วมกับสารอื่น ในขณะที่ตัวอย่างควบคุมได้รับคะแนนความชอบน้อยที่สุด ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับตั้งแต่วันที่ 3 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 21) เนื่องจากตัวอย่างควบคุมไม่มีการเติมวัตถุเจือปนลงไปผสมกับน้ำแข็งจึงเสื่อมเสียได้ง่ายกว่าตัวอย่างอื่น ๆ



ภาพ 21 การทดสอบทางประสาทสัมผัสต่อคะแนนความชอบโดยรวมของเนื้อปลาทับทิมทั้งตัวระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งคัดแปร

การตรวจสอบจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่ามีความแตกต่างกันในทุกสภาวะการเก็บรักษา และมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น โดยในปลาสดในสภาวะควบคุม คือไม่มีการเติมสารใดเลยในน้ำแข็งคัดแปร มีอัตราการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงที่สุดที่อายุการเก็บรักษา 7 วัน โดยมีปริมาณ $5.89 \pm 0.12 \log \text{ cfu/กรัม}$ ส่วนปลาทับทิมแช่เย็นในน้ำแข็งผสมไคโตแซนร้อยละ 0.1 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษานาน 7 วัน โดยมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดคือ $2.91 \pm 0.03 \log \text{ cfu/กรัม}$ ซึ่งค่าที่พบในการทดลองนี้ยังพบว่าในตัวอย่างที่ไม่มีการเติมสารใดเลยน้ำแข็งมีค่าเกิน 10^6 cfu/กรัม แสดงให้เห็นผลการเสื่อมเสียมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์ ถึงแม้จะมีการเก็บรักษาปลาที่อุณหภูมิต่ำแล้วก็ตาม ในขณะที่การเติมสารในน้ำแข็งมีการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ในปริมาณที่น้อยกว่า ทั้งนี้เนื่องจากสารคุณสมบัติของสารที่ใช้ในน้ำแข็งคัดแปรลง มีคุณสมบัติสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้นั่นเอง

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/กรัม) ในเนื้อปลาทับทิมทั้งตัวระหว่างการเก็บรักษา
ในน้ำแข็งคัดแปร

ระยะเวลา (วัน)	สภาวะการเก็บรักษา				
	ชุดควบคุม	Ascorbic acid	Citric acid	Potassium	Chitosan
		0.1%	0.1%	sorbate 0.1%	0.1%
0	1.07±0.02	1.05±0.03	1.07±0.23	1.05±0.04	1.09±0.68
1	1.83±0.06	1.96±0.06	1.42±0.13	1.53±0.10	1.16±0.13
2	2.00±0.33	2.09±0.01	1.54±0.06	1.71±0.07	1.27±0.16
3	2.25±0.07	2.10±0.12	1.60±0.13	2.08±0.05	1.46±0.22
4	2.98±0.08	2.52±0.03	1.66±0.13	3.07±0.10	1.65±0.09
5	3.25±0.02	2.95±0.05	1.77±0.08	3.15±0.05	1.85±0.11
6	4.16±0.09	3.27±0.01	1.90±0.05	3.18±0.05	2.19±0.33
7	5.89±0.12	3.29±0.03	3.15±0.04	3.08±0.05	2.91±0.03

สรุปผลการทดลอง

1. จากผลการทดลองพบว่าการใช้น้ำแข็งร่วมกับไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จะให้การเปลี่ยนแปลงของค่า pH, TBARS, TVB และวัดสีในปลาหีบต้มแล้ว น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ น้ำแข็งร่วมกับสาร Ascorbic acid ,Citric acid และPotassium sorbate นอกจากนั้นพบว่าผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับเนื้อปลาหีบต้มแล้วที่มีการใช้น้ำแข็งร่วมกับไคโตซาน ดังนั้น การใช้น้ำแข็ง ร่วมกับไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 สามารถยืดอายุเนื้อปลาหีบต้มแล้วได้นาน 20 วัน

2. จากผลการทดลองพบว่าการใช้น้ำแข็งร่วมกับไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 0.1 จะให้การเปลี่ยนแปลงของค่า pH, TBARS, TVB และวัดสีในปลาหีบต้มทั้งตัว น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ น้ำแข็งร่วมกับสาร Ascorbic acid ,Citric acid และPotassium sorbate นอกจากนั้นพบว่าผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับเนื้อปลาหีบต้มแล้วที่มีการใช้น้ำแข็งร่วมกับไคโตซาน ดังนั้น การใช้น้ำแข็ง ร่วมกับไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.1 สามารถยืดอายุเนื้อปลาหีบต้มแล้วได้นาน 7 วัน

เอกสารอ้างอิง

- กองควบคุมตรวจสอบผลิตภัณฑ์และการแปรรูปสัตว์น้ำ, ม.ป.ป. คู่มือประกอบการประเมินคุณภาพสัตว์น้ำ.
กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- การประยุกต์ใช้ไคตินและไคโตซาน. สืบค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2553, จาก
<http://www2.mtec.or.th/th/images/pdf/chitin-chitosan/chapter4.pdf>
- กระทรวงสาธารณสุข. (2522). ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 38 เรื่องวัตถุปรุงแต่งอาหาร.
สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. กระทรวงสาธารณสุข.
- กองพัฒนาอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ. 2547. การดูแลรักษาสัตว์น้ำที่สะพานปลา แพลลา ทำเทียมเรือและตลาด
กลาง. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 65 หน้า
- จิตรนา แจ่มเมฆ. (2546). วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฉัตรชัย ไตรทอง. วิตามินซี (Ascorbic acid). กวฟ.รพ.ภูมิพลอดุลยเดช พอ.บ.นอ. สืบค้นเมื่อ 9 ตุลาคม
2553 , จาก<http://thailand.digitaljournals.org/index.php/RTAMG/article/viewFile/2270/2121>
- คุณฤดี อุดภาพ. สมบัติทางเคมีของคาร์โบไฮเดรต-ไฮโดรคอลลอยด์ และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม.
เทคโนโลยีของคาร์โบไฮเดรต Carbohydrate Technology. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวเคมี มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- นภาพร เชี่ยวชาญ และ ธนรัตน์ ศรีสุระวานิช. 2547. ไคโตแซนกับการยับยั้งจุลินทรีย์ในอาหาร. อาหาร.
เมษายน-มิถุนายน. 34 (2) :120-124.
- บุญศรี จงเสรีจิตต์, ผุสดี นาคพลายพันธุ์ และสุวบุญ จิราญชัย. 2547. การยับยั้งแบคทีเรียในอาหารโดยไค
โตแซน :Antibacterial activity of chitosan against food microorganisms. วารสารวิทยาศาสตร์.
มีนาคม-เมษายน. 88-94.
- มัทนา แสงจินดาวงษ์. 2548. ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 323 หน้า
- วันชัย วรวัฒนเมธีกุล. 2542. หลักเทคโนโลยีทางผลิตภัณฑ์ประมง. ภาควิชาผลิตภัณฑ์ประมง คณะประมง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2535. วัตถุเจือปนในผลิตภัณฑ์อาหาร. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 328 หน้า
- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2548. เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 344 หน้า

- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กองควบคุมอาหาร. 2545. เภสัชการพิจารณาการขึ้นทะเบียนและการอนุญาตใช้ตลาดอาหาร “น้ำแข็ง”. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 2545.
- ศิวาพร ศิวเวช. (2529). วัตถุเจือปนอาหารเล่ม 1. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- APHA. 1992. Compendium of Methods for Microbiological Examination of Foods. 3 d ed., American Public Health Association, Washington, D.C.
- Benner, R.A., Migit, R., Finne, G. and Acuff, GR. 1994. Lactic acid/melanosis inhibitors to improve shelf life of brown shrimp (*Penaeus aztecua*). J. Food Sci. 59: 242-254.
- Botta, J.R. 1995. Evaluation of seafood freshness quality. VHC Publishers, New York.
- Buege and Aust. 1978. Thiobarbituric acid reactive substances :TBARS.
- Devlieghere, F., Vermeulen, A., and Debevere, J. 2004. Chitosan : antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. Food Microbiology. 21:703-714.
- Harish Prashanth, KV. and Tharanathan, RN. 2007. Chitin/chitosan : modifications and their unlimited application potential – an overview. Trends in Food Science & Technology. 18 (3) :117-131.
- Huss, H.H. 1988. Fresh fish-quality and quality changes. FAO fisheries Series no. 29. FAO/DANIDA Training Programme on fish Technology and Quality Control, Rome. 132 p.
- Huss, H.H., P. Dalgaard and L. /gram. 1997. Microbiology of fish and fish product, pp. 413-430. In J.B. Luten, T. Borresen. And J. Oehlenschlager, eds. Seafood from producer to consumer, Intergrated approach to quality. Elsevier Science, Netherlands.
- Huss, H.H. 1995. Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper. No. 348. Rome, FAO 195 p.
- Jiang, S. T., and Lee, T. C. (1988). Effect of Modified Ice Storage on the Quality and Prevention of Darkening Discoloration of Shrimp *Solenccera prominentis*. Nippon Suisan Gakkaishi, 58(8), 1415-1422.
- Knorr D. Functional Properties of Chitin and Chitosan. J. Food Sci., Vol. 47, 1982: 593-595.
- MFRD. 1987. Handbook on the Processing of Frozen Surimi and Fish Jelly Products in Southeast Asia. Marine Fisheries Research Department Southeast Asian Fisheries Development, Center Singapore.

Ockerman, H.W. 1985. Quality control of post-mortem muscle tissue. Columbus, OH:

Department of Animal Sciences, The Ohio State University.

Richardson, T. and Hyslop, d.b. 1985. Enzyme. *In* : Food Chemistry O.R. Fennema (Ed). Marcel Dekker
New York. Pp. 287-317.

Smulders, F.J.M. 1999. Preservation by microbial decontaminations: the surface treatment of meat by
organic acids. *In*: New method of food preservation. Gould, G.W. (Ed.). pp. 253-282. Aspen
Publishers, Inc. Maryland, USA.

ภาคผนวก ก

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี กายภาพและจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ปริมาณ Peroxide value

การวิเคราะห์ปริมาณ Peroxide value โดยใช้วิธี (Buge and Augt, 1978)

1. ชั่งไขมันที่ผ่านการสกัดด้วยวิธี Bligh and Dryer ประมาณ 10.0 mg
2. ให้ความร้อนบน water bath ที่อุณหภูมิ 35.0 องศาเซลเซียส
3. เติมสารละลายอะซิติก : คลอโรฟอร์ม (3.0:2.0) ลงไป 5.0 ml
4. เติมโปแทสเซียมไอโอไดด์ลงไป 0.25 ml อย่างรวดเร็ว
5. ทำการผสมโดยใช้ vortex
6. ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดนาน 5.0 นาที
7. เติมแอสคอร์บิกแอซิดลงไป 15.0 ml
8. ทำการผสมอีกรอบ
9. นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 3000.0 rpm เป็นเวลา 20.0 นาที
10. วัดค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 353.0 nm

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณ Peroxide value} = 1.73 \times 10^{-4} \text{ M}^{-1} \times D$$

โดย

$$D = \text{ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง spectrophotometry}$$

2. การวิเคราะห์ปริมาณ Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

การวิเคราะห์ปริมาณ TBARS โดยวิธี Buege and Aust (1978)

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณ TBARS ในเนื้อปลาช่อน

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการบดแล้วประมาณ 5.0 กรัมในหลอดทดลองขนาด 25.0 ml
2. นำไป homogenised กับ สารละลาย TBA ปริมาณ 25.0 ml
3. นำไปต้มในน้ำเดือดจนเป็นสีชมพู
4. นำไปทำให้เย็น
5. นำไปปั่นเหวี่ยงที่เครื่อง centrifuge ที่ความเร็วรอบ 5500.0 g นาน 25.0 นาที
6. วัดค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 532.0 nm

การคำนวณ

$$\text{TBARS NO.} = (\text{as } \mu\text{g malonaldehyde/g sample}) = 7.8D$$

โดย

$$D = \text{ค่าที่เครื่อง spectrophotometry อ่านได้}$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

1. ชั่งตัวอย่าง 25.0 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปิดเชื้อ
2. เติมน้ำละลายเปปโตน 0.1% ปริมาตร 225.0 ml ลงในถุง
3. นำไปตีปั่นเป็นเวลา 60.0 วินาที จะได้ตัวอย่างความเจือจาง 10^{-4}
4. ใช้ปิเปตถ่ายตัวอย่างปริมาตร 1.0 ml ลงในหลอดบรรจุสารละลายเปปโตน 0.1%

ปริมาณ 9.0 ml

5. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่นผสม
6. จะได้ตัวอย่างความเจือจาง 10^{-2}
7. ทำการเจือจางตามความเหมาะสม
8. ถ่ายตัวอย่างแต่ละความเจือจางลงในจานเพาะเชื้อปิดเชื้อ 2.0 จาน จานละ 1.0

ml

9. เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่หลอมเหลว อุณหภูมิ 45.0 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่าง จานละประมาณ 15.0 ml

10. ผสมให้เข้ากันโดยการหมุนจานและรอจนอุ่นแข็งตัว
11. นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35.0 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48.0 ชั่วโมง
12. นับจำนวนเชื้อด้วยเครื่องนับเชื้อ
13. การคำนวณ

ภาคผนวก ข

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อพลาสติกแข็ง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเนื้อปลาสดแช่เยือกแข็ง

1. จำนวนโคโลนีทั้งหมด

ต้องไม่เกิน 1×10^7 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม แต่จะมีจุลินทรีย์เกิน 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ได้ไม่เกิน 3 ตัวอย่างใน 5 ตัวอย่าง

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 44.015

2. เอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia coli*)

โดยวิธีเอ็มพีเอ็น (MPN) ต้องไม่เกิน 100 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม แต่จะเกิน 100 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ได้ไม่เกิน 3 ตัวอย่างใน 5 ตัวอย่าง

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 46.016

3. สตาฟีโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*)

ค่าเอ็มพีเอ็น ต้องไม่เกิน 100 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม แต่จะมีค่าเอ็มพีเอ็นเกิน 10 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ได้ไม่เกิน 3 ตัวอย่างใน 5 ตัวอย่าง

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 46.062

4. ซาลโมเนลลา (*Salmonella*)

ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 46.115 ถึงข้อ 46.127

5. วิบริโอ โคเลอรา (*Vibrio cholera*)

ต้องไม่พบในตัวอย่าง 25 กรัม

การทดสอบให้ปฏิบัติตาม APHA 1976