



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ ผลของการใช้น้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์จากธรรมชาติ
ต่อคุณภาพของปลาเห็ดโคนแช่เย็น
Effect of a Natural Organic Acid-Icing System
on the Quality of Chilled Silver Sillago

สวามิณี ธีระวุฒิ
นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ 2560A10802206

สัญญาเลขที่ 88/2560

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของการใช้น้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์จากธรรมชาติต่อคุณภาพของ

ปลาเห็ดโคนแช่เย็น

Effect of a Natural Organic Acid-Icing System on the Quality of
Chilled Silver Sillago

สวามินี ธีระวุฒิ

นายปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน

กันยายน พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล
(งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงาน
คณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา 88/2560

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเก็บรักษาปลาเห็ดโคนด้วยการแช่ในน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพของปลาเห็ดโคน ที่มีระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่ใช้แตกต่างกัน 4 ความเข้มข้น ได้แก่ L500 (กรดแล็กติก 0.050%), L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%), L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) เปรียบเทียบกับปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ (ICE0) เป็นเวลา 26 วัน พบว่า การนำปลาเห็ดโคนมาแช่ในน้ำแข็ง L517 ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี (pH, TVB-N และ TMA-N) คุณภาพทางกายภาพ (% cooking loss, สี และแรงฉีก) คุณภาพคุณภาพทางจุลินทรีย์ (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด) และคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติและเนื้อสัมผัส) ได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ L512, L507, L500 และ ICE0 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอายุการเก็บรักษาจากคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คะแนนการยอมรับด้านกลิ่นน้อยกว่า 5 คะแนน) ทำให้ปลาเห็ดโคนมาแช่ในน้ำแข็ง L517, L512, L507 และ L500 เก็บรักษาได้ 16, 14, 14 และ 12 วัน ตามลำดับ ส่วน ICE0 มีอายุการเก็บรักษา 8 วัน และการแช่ปลาเห็ดโคนในน้ำแข็งที่ผสมกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175% เป็นระยะเวลาสั้นขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสมากขึ้น

Abstract

The effect of natural organic acid-icing system on the quality of chilled Silver Sillago by organic acid-icing system four conditions: L500 (0.050% lactic acid), L507 (0.050% lactic acid and 0.075% citric acid), L512 (0.050% lactic acid and 0.125% citric acid) and L517 (0.050% lactic acid and 0.175% citric acid) were compared to fish were none organic acid-icing system during ice storage of 26 days was investigated. L517 was the most effectively retarded chemical (pH, TVB-N and TMA-N), physical (% cooking loss, color and shear force), microbiological (total plate count) and sensorial (appearance, odor, texture and tasty) qualities loss of cooked fish and were followed by L512, L507, L500 and ICE0, respectively. Considering the shelf life of product by the sensorial quality (odor scores were less than 5 points). The shelf life of L517, L512, L507 and L500 were 16, 14, 14 and 12 days respectively. The shelf life of ICE0 was only 8 days. Immersion of Silver Sillago in natural organic acid-icing system for a longer period of time were more changed for the chemical, physical, microbiological and sensory qualities.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	จ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่	
1 บทนำ.....	1
2 การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	4
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	13
4 ผลการวิจัย.....	18
5 อภิปรายผลการวิจัย.....	39
6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	55
เอกสารอ้างอิง.....	56
ภาคผนวก.....	63
ภาคผนวก ก ระดับการให้คะแนนทางประสาทสัมผัส.....	63
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ทางสถิติ.....	64
ประวัติผู้วิจัย.....	78

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4 - 1	
คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ในระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....	37
4 - 2	
คุณภาพทางจุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็ง ผสมกรดอินทรีย์ในระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....	38
ตารางผนวกที่	หน้า
ข - 1	
ค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	65
ข - 2	
ปริมาณ TVB-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	66
ข - 3	
ปริมาณ TMA-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	67
ข - 4	
การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	68
ข - 5	
ค่าสี L* ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	69
ข - 6	
ค่าสี a* ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	70
ข - 7	
ค่าสี b* ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	71
ข - 8	
ค่าแรงเฉือนของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	72
ข - 9	
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน.....	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข - 10 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน.....	74
ข - 11 คะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน.....	75
ข - 12 คะแนนความชอบรสชาติของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน.....	76
ข - 13 คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน.....	77

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2 - 1 ปลาเห็ดโคน.....	5
4 - 1 ค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	19
4 - 2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	21
4 - 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	21
4 - 4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	22
4 - 5 ค่าสี L*, a*, b* ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	24
4 - 6 ค่าแรงเฉือนของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน.....	26
4 - 7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน.....	27
4 - 8 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน.....	29
4 - 9 คะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน.....	30
4 - 10 คะแนนความชอบรสชาติของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน.....	32
4 - 11 คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน.....	33

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่ประสบความสำเร็จในด้านการพัฒนาการประมงจนสามารถติดอันดับหนึ่งในสิบของโลกที่มีผลผลิตสูง และยังคงติดอันดับต้นๆ ของผู้ส่งออกสินค้าประมง ตั้งแต่ปี 2553 เป็นต้นมา ผลผลิตรวมของประเทศไทยของภาคประมงมีมูลค่าไม่ต่ำกว่า 100,000 ล้านบาท คิดเป็นประมาณร้อยละ 1 ของผลผลิตรวมภายในประเทศ หรือประมาณร้อยละ 8-9 ของผลผลิตรวมของภาคเกษตร และหนึ่งในสัตว์ทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ คือ กลุ่ม ปลาหน้าดิน เช่น ปลาดาว หวาน ปลาทรายแดง ปลาเห็ดโคน เป็นต้น ซึ่งในภาคตะวันออกของประเทศไทย ปลาเห็ดโคนเป็นปลาที่ถูกนำมาประกอบอาหารในหลากหลายเมนู ไม่ว่าจะเป็นปลาเห็ดโคนทอดกระเทียม แกงป่า ปลาเห็ดโคน เป็นต้น โดยปริมาณการจับปลาเห็ดโคนของประเทศไทยในปี 2554 และ 2555 มีประมาณ 27,000 - 29,000 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 183 - 196 ล้านบาท ราคาปลาเห็ดโคนประมาณ 150 - 190 บาท/กิโลกรัม (ศูนย์สารสนเทศกรมประมง, 2557)

นอกจากมูลค่าจากการส่งออกที่สามารถนำเงินตราเข้าประเทศได้แล้ว ผู้บริโภคภายในประเทศเองก็นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากรสชาติอร่อย และมีราคาไม่สูงมาก และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีปริมาณโปรตีนซึ่งเป็นแหล่งกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย รวมทั้งกรดไขมันโอเมก้า 3 แต่อย่างไรก็ตามการจำหน่ายปลาเห็ดโคนเพื่อการบริโภคสดภายในประเทศยังมีข้อจำกัดอยู่ เนื่องจากปลาเกิดการเน่าเสียเร็วเนื่องจากมีปริมาณโปรตีนและความชื้นสูง ไวต่อการปนเปื้อน รสชาติเปลี่ยนไปตามระยะเวลาที่เก็บและวิธีการเก็บรักษา อีกทั้งความสดและสะอาดของปลาขึ้นอยู่กับกระบวนการดูแลหลังการจับ เช่นการให้ความเย็นกับปลาด้วยน้ำแข็ง และการขนส่ง ซึ่งนอกจากจะต้องคำนึงถึงความสะอาดสุขอนามัยและความปลอดภัยของผู้บริโภคแล้ว ยังต้องคำนึงถึงวิธีการเก็บรักษาจะถึงมือผู้บริโภคด้วย เพื่อเป็นการลดปัญหาและอุปสรรคดังกล่าว วิธีการในการให้ความเย็นกับสัตว์น้ำด้วยน้ำแข็งที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเน่าเสียทั้งจากการเน่าเสียด้วยตัวสัตว์น้ำเอง (autolysis) การเน่าเสียจากแบคทีเรีย (bacterial spoilage) และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ซึ่งการใช้กรดอินทรีย์เป็นส่วนผสมให้น้ำแข็งนับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพงรวมทั้งยังอนุญาตให้ใช้ในอาหารได้ และที่สำคัญกรดอินทรีย์ เช่น กรดแอสคอร์บิกและกรดซิตริก รวมทั้งเกลือของกรดทั้ง 2 ชนิด สามารถละลายได้ในไขมันทำให้

สามารถซึมเข้าไปในผนังเซลล์และไซโทพลาสซึมของจุลินทรีย์ จึงไปรบกวนระบบการทำงานต่างๆ ภายในเซลล์ซึ่งเป็นการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียของปลาเห็ดโคนได้

ดังนั้นการศึกษาวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาปลาเห็ดโคนแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์จากธรรมชาติที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อรักษาคุณภาพปลาเห็ดโคนให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานยิ่งขึ้นจึงเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตเชิงคุณภาพหลังการจับปลาเห็ดโคนให้ดียิ่งขึ้น

เอื้อประโยชน์ทางการค้า เพิ่มปริมาณและมูลค่าการส่งออกและจำหน่ายภายในและต่างประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลาเห็ดโคนแช่เย็น
2. ศึกษาผลของการเก็บรักษาปลาเห็ดโคนแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์จากธรรมชาติต่อคุณภาพของปลาเห็ดโคนเพื่อให้สามารถรักษาคุณภาพปลาเห็ดโคนให้นานยิ่งขึ้นและสร้างความปลอดภัยในการบริโภค

ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของการเก็บรักษาปลาเห็ดโคนแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์จากธรรมชาติปริมาณแตกต่างกัน โดยนำปลาเห็ดโคนมาแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์จากธรรมชาติที่ปริมาณกรดอินทรีย์ต่างๆ กัน จากนั้นนำมาแช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยา รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัส เริ่มต้นและเมื่อผ่านระยะเวลาการเก็บรักษา ทุก 2 วัน เป็นเวลา 20 วัน เพื่อหาปริมาณกรดอินทรีย์สำหรับผสมในน้ำแข็งที่ใช้แช่เนื้อปลาเห็ดโคนที่สามารถรักษาคุณภาพของเนื้อปลาได้ดีที่สุด

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของการเก็บรักษาปลาเห็ดโคนแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์จากธรรมชาติด้วยระยะเวลาการแช่เย็นในน้ำแข็งแตกต่างกัน โดยนำปลาเห็ดโคนมาแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์จากธรรมชาติที่ปริมาณกรดอินทรีย์ที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 เป็นระยะเวลาการแช่เย็นในน้ำแข็งแตกต่างกัน จากนั้นนำมาแช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 เพื่อหาระยะเวลาการแช่ปลาเห็ดโคนในน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์ที่สามารถรักษาคุณภาพของเนื้อปลาได้ดีที่สุด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงปริมาณกรดอินทรีย์สำหรับผสมในน้ำแข็งที่ใช้แช่เนื้อปลาเห็ดโคนที่สามารถรักษาคุณภาพของเนื้อปลาและสามารถยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาได้ดีที่สุด อันเป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตเชิงคุณภาพหลังการจับของปลาเห็ดโคนให้ดียิ่งขึ้น เอื้อประโยชน์ทางการค้า เพิ่มมูลค่าการส่งออกและจำหน่ายภายในและต่างประเทศ

บทที่ 2

การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1. ปลาเห็ดโคน

1.1 ชีววิทยาของปลาเห็ดโคน

ปลาเห็ดโคนหรือปลาทราย เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ชนิดหนึ่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sillago sihama* มีชื่อสามัญว่า Sand whiting จัดไว้ในอนุกรมวิธาน ดังนี้

Phylum : Chordata

Subphylum : Vertebrata

Superclass: Osteichthyes

Class : Actinopterygii

Order: Perciformes

Suborder: Percoidei

Family: Sillaginidae

Genus: *Sillago*

Species: *Sillago sihama* (Forsskal, 1775)

1.2 ลักษณะทั่วไปของปลาเห็ดโคน

ปลาเห็ดโคนมีรูปร่างลำตัวเรียวยาว (ภาพที่ 1) หัวเป็นรูปทรงกรวย ความยาวหัวเฉลี่ยร้อยละ 28.8 - 28.9 ของความยาวมาตรฐาน ความยาวของตาปลาเฉลี่ยร้อยละ 23.7 - 24.1 ของความยาวส่วนหัว ครีบอกอยู่หลังช่องปิดเหงือก ครีบท้องอยู่ใต้ครีบอก เกล็ดเป็นชนิด cycloid มีขนาดเล็ก ปกคลุมตลอดทั้งลำตัว ลำตัวมีสีน้ำตาลอ่อนจาง ๆ หรือเหลือง ท้องสีขาว มีแถบสีเงินจาง ๆ พาดผ่านกลางลำตัว ครีบหลังครีบแรกใส มีจุดสีดำเล็ก ๆ ประอยู่บริเวณส่วนหน้าของตัว ครีบท้องและครีบกันสีขาว ครีบหางสีคล้ำ บางตัวมีแถบสีดำชัดเจนที่ขอบบนและล่างของครีบหาง กระเพาะลม (swimbladder) อยู่ในส่วนของช่องว่างลำตัว มีลักษณะเป็นรูปตอร์ปิโด มีท่อหนึ่งคู่ แยกออกจากกระเพาะลมปลาน้ำจืดขึ้นไปทางส่วนหัว ที่โคนท่อนี้มีท่อแยกลงมาที่ส่วนท้ายของลำตัว ขนานกับกระเพาะลมจรดส่วนท้ายของกระเพาะลม ลักษณะท่อเป็นท่อเล็ก ๆ ขดไปมาตลอดความยาวของส่วนท้ายกระเพาะลม และฝังตัวอยู่ที่ผนังเนื้อเยื่อของท่อทางด้านบนบริเวณส่วนท้ายลำตัว (ไพโรจน์ และอังสนีย์, 2539; McKay, 1992)

ลักษณะเด่นครีบหางเป็นแบบปลายเกือบตัดตรงมีส่วนโค้งเว้าตอนกลางเล็กน้อย (emarginated tail) ครีบหลังแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกมีก้านครีบแข็ง 11 ก้าน ส่วนที่สองมีก้านครีบอ่อน 20 - 22 ก้าน ครีบกันมีก้านครีบอ่อน 20 - 22 ก้าน ซี่กรองเหงือก (gill raker) จำนวน 5 - 7 ซี่ บนกระดูกเหงือกส่วนล่างบางซี่ลดรูปเหลือเพียงปุ่มกระดูก (ไฟโรจน์ และอังสุณีย์, 2539)



ภาพที่ 2-1 ปลาเห็ดโคน

ที่มา : *Sillago sihama* (Forsskal, 1775)

1.3 การแพร่กระจาย

ปลาเห็ดโคนมีการแพร่กระจายบริเวณชายฝั่งทะเล ตั้งแต่เขตมหาสมุทรอินเดีย จนถึงฝั่งตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิก (Indo - West Pacific) สำหรับประเทศไทยพบการแพร่กระจายทั้งชายฝั่งทะเลอันดามันและชายฝั่งทะเลอ่าวไทย (Mckay, 1992) ปลาเห็ดโคนอาศัยอยู่ตามพื้นที่ท้องทะเลบริเวณชายฝั่ง โดยเฉพาะแนวน้ำขึ้นน้ำลงในเขตเอสทูรี (estuaries) สันดอนทราย และคลองเล็ก ๆ บริเวณป่าชายเลน ที่มีสภาพพื้นเป็นดินทราย หรือดินทรายปนโคลน ส่วนใหญ่พบที่ระดับความลึก 0 - 20 เมตร และพบบ้างที่ความลึก 60 เมตร (Mckay, 1992)

1.4 การกินอาหารและการปนเปื้อนแบคทีเรีย

ปลาเห็ดโคนมีปากอยู่ตรงส่วนหน้าสุดของส่วนหัว (terminal mouth) ปากสามารถ ยืดหดได้เล็กน้อย ฟันที่ตรงตำแหน่งกระดูกชิ้นแรกของขากรรไกรบน กระดูกขากรรไกรล่าง และบนเพดานปาก เป็นชนิด villiform สำหรับฟันที่ตำแหน่งช่องคอเป็นแบบฟันกราม (molariform teeth) กระเพาะอาหารมีลักษณะยาวเล็กสีขาว มี Pyloric caeca ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร 4 อัน ในกระเพาะอาหารพบเศษเนื้อปลาและสัตว์ขนาดเล็ก จึงจัดอยู่ในกลุ่มปลากินเนื้อ หากินบริเวณหน้าดินตามพื้นทรายหรือพื้นทรายปนโคลน กินปลาและสัตว์ขนาดเล็ก เช่น กลุ่ม Polychaetes กลุ่ม Calanoid copepods และ Crustaceans เช่น กุ้ง เป็นต้น (เสาวภา และวรเทพ, 2534; ธเนศ, 2544; Hajisamae et al., 2004; Hajisamae et al., 2006) ลำไส้ของปลาเห็ดโคนมีความยาวตั้งแต่ปลายกระเพาะติดกับ Pyloric caeca จนถึงช่องเปิด (vent) ยาวประมาณ 0.50 - 0.80 เท่าของความยาวตัว

1.5 การประมง

เครื่องมือประมงที่ใช้จับปลาเห็ดโคนที่สำคัญ คือ อวนจมนปลาเห็ดโคน (อวนปลาทราย) ซึ่งจัดเป็นอวนลอยหน้าดิน ใช้จับปลาเห็ดโคนโดยเฉพาะ การทำประมงปลาเห็ดโคนสามารถทำได้ตลอดทั้งปี (สุนันทา, 2542) มีการทำประมงในช่วงเวลากลางวัน (รุ่งเช้า) วิธีการทำประมงคือ วางอวนในแนวทิ้งไว้ที่พื้นทะเล 1 - 2 ชั่วโมง แล้วไล่ปลาโดยการกระทุ้งน้ำ เพื่อให้ปลาตกใจและว่ายน้ำมาชนอวน สำหรับการทำประมงในเขตจังหวัดสตูล จะทำการประมงอวนจมนปลาเห็ดโคนตลอดทั้งปี และมีการจับปลาเห็ดโคนได้ปริมาณมากในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แหล่งทำการประมงปลาเห็ดโคนที่สำคัญของสตูล อยู่บริเวณหมู่เกาะบุโหลน เกาะลิคิ เกาะตะไเบ เกาะลามา เป็นต้น (เพิ่มศักดิ์ และคณะ, 2544)

1.6 ความสำคัญทางเศรษฐกิจของปลาเห็ดโคน

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่ประสบความสำเร็จในด้านการพัฒนาการประมงจนสามารถติดอันดับหนึ่งในสิบของโลกที่มีผลผลิตสูง และยังติดอันดับต้นๆ ของผู้ส่งออกสินค้าประมงปี 2553 ผลผลิตมวลรวมของประเทศของภาคประมงมีมูลค่า 109,136 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 1.08 ของผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ หรือร้อยละ 8.69 ของผลผลิตมวลรวมของภาคเกษตร และหนึ่งในสัตว์ทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจคือกลุ่มปลาหน้าดิน เช่น ปลาตาหวาน ปลาทรายแดง ปลาเห็ดโคน เป็นต้น ซึ่งในภาคตะวันออกของประเทศไทย ปลาเห็ดโคนเป็นปลาที่ถูกนำมาประกอบอาหารในหลากหลายเมนู ไม่ว่าจะเป็นปลาเห็ดโคนทอดกระเทียม แกงป่าปลาเห็ดโคน โดยปริมาณการจับปลาเห็ดโคนของประเทศไทยในปี 2554 และ 2555 มีประมาณ 27,000 - 29,000 ตัน/ปี คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 183 - 196 ล้านบาท ราคาปลาเห็ดโคนประมาณ 150 - 190 บาท/กิโลกรัม (ศูนย์สารสนเทศกรมประมง, 2557)

1.7 องค์ประกอบทางชีวเคมีของปลาเห็ดโคน

นอกจากมูลค่าจากการส่งออกที่สามารถจะนำเงินตราเข้าประเทศได้แล้ว ผู้บริโภคภายในประเทศเองก็นิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากรสชาติอร่อย และมีราคาไม่สูงมาก และยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีปริมาณโปรตีนซึ่งเป็นแหล่งกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นทอรีน (taurine) โพรลีน (proline) ไกลซีน (glycine) อะลานีน (alanine) และอาร์จินีน (Arginine) ในปริมาณสูงและมีประโยชน์ต่อร่างกายอาทิเช่น ทอรีน ช่วยส่งเสริมการมองเห็น ป้องกันจอประสาทตาเสื่อม ช่วยให้หัวใจทำงานได้แข็งแรงขึ้น ช่วยรักษาโรควิตกกังวลและโรคลมชัก ขณะที่โพรลีนช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ และช่วยปรับปรับโครงสร้างผิว ส่วนไกลซีนนั้นช่วยรักษาภาวะต่อมใต้สมองทำงานน้อย รักษาโรคกล้ามเนื้อฝ่อลีบ และรักษาภาวะน้ำตาลต่ำ และอะลานีนช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และลดอาการต่อมลูกหมากโต รวมทั้งยังมีอาร์จินีนที่เป็นกรดอะมิโน

จำเป็นสำหรับเด็กและทารก ช่วยกระตุ้นการหลั่ง โกรทฮอร์โมน ช่วยเผาผลาญไขมันในร่างกาย และลดระดับคอเลสเตอรอล

2. คุณภาพและการเสื่อมคุณภาพในสัตว์น้ำ

คุณภาพโดยรวมของสัตว์น้ำ เป็นที่ยอมรับทั้งในด้านคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติอยู่แล้ว การปนเปื้อนโดยจุลินทรีย์และการทำลายโดยเอนไซม์ เป็นผลให้รสชาติ เนื้อสัมผัส และองค์ประกอบทางเคมีเปลี่ยนแปลง จนไม่เป็นที่ยอมรับต่อการบริโภค ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับ ระยะเวลาในการเก็บรักษาหลังจากจับสัตว์น้ำ การปนเปื้อน และอุณหภูมิการเก็บรักษา

ปลาเห็ดโคนเมื่อถูกจับขึ้นมาจากแหล่งน้ำแล้วจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทั้งภายนอกและภายในและจะตายในที่สุด โดยทันทีที่หอยตายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีววิทยา อันมีผลต่อคุณภาพของหอยเช่นเดียวกับสัตว์น้ำชนิดอื่น ๆ ทำให้มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่นานซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้สัตว์น้ำมีความสดลดลงเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนทั้งที่เป็นโปรตีน และสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogen; NPN) โดยในส่วนของ การเปลี่ยนแปลงโปรตีนในสัตว์น้ำนั้นเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ที่พบในเนื้อเยื่อรวมทั้งเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการย่อยสลายตัวเองด้วยเอนไซม์ ได้แก่ เอนไซม์คาเทปซิน (cathepsin) ทริปซิน (trypsin) เปปซิน (pepsin) และคอลลาจีเนส (collagenase) ซึ่งย่อยโปรตีนได้โพลีเปปไทด์ เปปไทด์ที่มีโมเลกุลต่ำ และกรดอะมิโนอิสระ ทำให้โครงสร้างมีลักษณะหลวมและอ่อนตัว มีผลลดการยอมรับของสัตว์น้ำ นอกจากนี้สารประกอบเหล่านี้ยังเป็นแหล่งสารอาหารในการเจริญของจุลินทรีย์ด้วย การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนทำให้เกิดกลิ่นที่ผิดปกติในสัตว์น้ำ (นงลักษณ์, 2531; สุทรวัดน์, 2548) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า TVB-N เบนต์ซินีวัดการเน่า เสียโดยวัดปริมาณดาวระเหยได้ทั้งหมด ซึ่งเกิดจากเอนไซม์ในสัตว์น้ำหรือเอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่ทำให้สัตว์น้ำเน่าเสีย เกิดเป็น trimethyl amine (TMA), dimethyl amine (DMA) และแอมโมเนีย (NH₃) (Banks *et al.*, 1980) นอกจากนี้ความสดของสัตว์น้ำยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการ glycolysis การสลายตัวของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ ซึ่งรวมถึงการสลายตัวของ adenosine triphosphate (ATP degradation) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่า K เบนต์ซินีวัดการเน่าเสีย โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบนิวคลีโอไทด์ จาก ATP เป็น adenosine diphosphate (ADP), adenosine monophosphate (AMP), inosine monophosphate (IMP), inosine (HX) และ hypoxanthin (HX) (Botta, 1995)

การเน่าเสียจากจุลินทรีย์รวมถึงการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค เป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำเช่นกัน โดยแหล่งของการปนเปื้อน (source of contamination) ได้แก่ สภาวะแวดล้อมที่สัตว์น้ำอาศัยอยู่ เช่น แหล่งน้ำ อุณหภูมิ การปนเปื้อนจากเครื่องมืออุปกรณ์ ในการจับสัตว์ การปนเปื้อนในขั้นตอนขนส่ง และแปรรูป รวมถึงการปนเปื้อนในระหว่างการเก็บรักษา

และการจัดจำหน่าย (Huss et al., 1997) การปนเปื้อนจะพบในปริมาณสูง จากปลาที่มาจากกระแสน้ำอุ่น หรือแหล่งน้ำที่มีน้ำเสียปล่อยลงมาโดยไม่ผ่านการบำบัด

3. การป้องกันการเสื่อมคุณภาพของปลาเห็ดโคน

เนื่องจากปลาเห็ดโคนเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการรวมทั้งความชื้นในปริมาณสูง จึงเกิดการเน่าเสียได้ง่าย และเกิดขึ้นทันทีที่ปลาตาย ทำให้ปลาไม่อายุการเก็บรักษาสั้นกว่าสัตว์ชนิดอื่น และจากพฤติกรรมการบริโภคของผู้บริโภคในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญต่ออาหารที่บริโภคทั้งด้านคุณค่าทางโภชนาการ ความปลอดภัยในการบริโภค และความสะดวกต่อการบริโภค อย่างไรก็ตามดูแลรักษาคุณภาพปลาเบื้องต้นที่สามารถตอบสนองต่อสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการได้อย่างดีได้แก่

3.1 การแช่เย็นโดยใช้น้ำแข็ง

การแช่เย็นด้วยการใช้น้ำแข็งเป็นการลดอุณหภูมิของอาหารลงให้ต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส การใช้ความเย็นในการถนอมอาหารเป็นการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เท่านั้น ไม่ใช่การทำลายจุลินทรีย์ อุณหภูมิต่ำทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ของจุลินทรีย์เกิดขึ้นช้าลง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำใกล้จุดเยือกแข็ง เมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์จะช้าลงมาก ปฏิกิริยาการสร้างเอนไซม์ของจุลินทรีย์จึงช้าลงตามไปด้วย อีกทั้งยังลดอัตราการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารได้ระยะหนึ่ง

เนื่องจากสัตว์น้ำเกิดการเน่าเสียได้ง่ายและรวดเร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสัตว์ชนิดอื่น และผู้บริโภคไม่นิยมบริโภคสัตว์น้ำที่ไม่สด ดังนั้นผู้ประกอบการจึงจำเป็นต้องดูแลรักษาคุณภาพสัตว์น้ำหลังการจับ ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้ความเย็นและการรักษาความสะอาด สำหรับการให้ความเย็นสัตว์น้ำสามารถทำได้ ด้วยการใช้น้ำแข็ง ซึ่งจะช่วยชะลอและยับยั้งปฏิกิริยาต่างๆ รวมถึงการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้ น้ำแข็งที่ละลายแล้วยังช่วยชะล้างจุลินทรีย์ เมื่อเอกสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสที่ไม่ดีระหว่างการเก็บรักษาได้อีกด้วย ดังนั้นกรมประมงจึงมีข้อแนะนำคือควรนำสัตว์น้ำที่จับได้ขึ้นจากน้ำโดยเร็ว แล้วนำมาล้างทำความสะอาด คัดแยกชนิดสัตว์น้ำอย่างรวดเร็ว ไม่ควรเก็บสัตว์น้ำต่างชนิดกันไว้รวมกันเนื่องจากเมือกของปลาชนิดหนึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในปลาชนิดหนึ่งได้ หลังจากนั้นให้ทำการลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำแข็งปนวางสลับชั้นกับสัตว์น้ำในอัตราส่วนระหว่างสัตว์น้ำต่อ น้ำแข็งเป็น 1 ต่อ 2-3 และต้องคอยเติมน้ำแข็งทดแทนน้ำแข็งที่ละลายไป ซึ่งการเก็บรักษาคุณภาพสัตว์น้ำที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะช่วยรักษาคุณภาพได้นานถึง 15 วัน ในขณะที่การเก็บ ณ อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ 15 องศาเซลเซียส จะเก็บรักษาคุณภาพสัตว์น้ำได้นานเพียง 6 และ 2 วัน เท่านั้น ทั้งนี้ น้ำและน้ำแข็งที่ใช้สัมผัสสัตว์น้ำต้องทำมาจากน้ำที่สะอาด มีการขนถ่ายที่ถูกสุขลักษณะ โดยทุกสิ่งสัมผัสกับสัตว์น้ำ ภาชนะบรรจุต้องเป็นวัสดุผิวเรียบไม่เป็นสนิม ไม่ดูดซับน้ำ ทำความสะอาดง่าย และที่สำคัญควรขนส่งสัตว์น้ำโดยใช้เวลาน้อยที่สุด

ข้อดีของการใช้น้ำแข็งในการรักษาคุณภาพสัตว์น้ำ

1. ช่วยลดอุณหภูมิ การใช้น้ำแข็งเป็นการลดอุณหภูมิของสัตว์น้ำให้เป็น 0 องศาเซลเซียส หรือใกล้เคียง จะลดอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคได้ ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการเน่าเสียลดลง หรือกำจัดความเสี่ยงทางด้านความปลอดภัย ยิ่งให้ความเย็นได้รวดเร็วเท่าไร ยิ่งเป็นผลดีมากขึ้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามในปลาบางชนิด การให้ความเย็นแบบ “cold shock” อาจทำให้ผลผลิต (yield) ของชิ้นปลา (fillet) ลดลงเมื่อมีการตัดแต่ง
 2. ให้ความชื้นกับสัตว์น้ำ ป้องกันไม่ให้ผิวหนังสัตว์น้ำแห้งและน้ำหนักลด น้ำแข็งที่ละลายยังเร่งการส่งผ่านความร้อนระหว่างสัตว์น้ำกับผิวหนังน้ำแข็ง (น้ำสามารถนำความร้อนได้ดีกว่าอากาศ) หากมีความจำเป็นไม่สามารถให้ความเย็นสัตว์น้ำด้วยน้ำแข็งทันที ควรทำให้สัตว์น้ำชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลา การให้ความเย็นโดยให้ความร้อนถ่ายเทออก จะทำให้อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวของสัตว์น้ำลดลงต่ำกว่าสภาพที่เหมาะสมสำหรับ การเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคการเน่าเสีย และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ถึงแม้ว่าจะไม่สามารถป้องกันการเน่าเสียได้ทั้งหมดก็ตาม หากจะก่อให้เกิดผลดีมากที่สุดควรใช้น้ำแข็งร่วมกับการใช้ห้องเย็นควบคุม อุณหภูมิเพื่อให้ผิวหนังสัตว์ชุ่มชื้นอยู่ตลอดเวลา โดยห้องเย็นควรมีอุณหภูมิสูงกว่า 0 องศาเซลเซียส เล็กน้อย คือประมาณ 3-4 องศาเซลเซียส
 3. ได้เปรียบด้านคุณสมบัติทางกายภาพ เนื่องจากน้ำแข็งสามารถส่งผ่านความร้อนได้อย่างรวดเร็ว การเก็บน้ำแข็งและสัตว์น้ำไว้ในภาชนะหรือยานพาหนะที่เป็นฉนวน จะสามารถลดปริมาณน้ำแข็งที่ใช้ลงในขณะที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและประหยัด ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา สัตว์น้ำสด หากใช้น้ำแข็งปริมาณน้อย น้ำหนักที่จะต้องขนย้ายก็จะลดลง ปริมาณน้ำที่จะต้องถ่ายออกจะลดลงตามไปด้วย นอกจากนี้ น้ำแข็งที่ละลายแล้วยังสามารถคงอุณหภูมิไว้ได้ค่อนข้างคงที่ที่ 0 องศาเซลเซียส
 4. สะดวก ผลิต เก็บรักษา ขนถ่าย และราคาถูก หากผลิตจากน้ำที่มีคุณภาพดี (ดื่มได้) ก็จะได้น้ำแข็งที่สะอาดและถูกสุขลักษณะ
 5. ยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำได้ดี ทำให้สัตว์น้ำสดมีคุณภาพดี ปลอดภัยต่อการบริโภค การใช้น้ำแข็งเกรด จะทำให้น้ำแข็งกระจายได้ทั่วภาชนะ ขนาดเกรดสม่ำเสมอ ไม่ทำลายพื้นผิวหนังสัตว์น้ำ ส่วนน้ำแข็งบดถ้าบดไม่ละเอียดจะมีส่วนแหลมคม อาจทิ่มแทงพื้นผิวของสัตว์น้ำให้เสียหายได้ น้ำแข็งที่มีเกล็ดขนาดเล็กจะละลายรวดเร็ว ในขณะที่ก้อนน้ำแข็งใหญ่ละลายช้ากว่า น้ำแข็งก้อนจะได้เปรียบที่สูญเสียพื้นที่ในการเก็บน้อยและละลายช้า
- สำหรับงานวิจัยที่แสดงถึงประสิทธิภาพของการใช้น้ำแข็งผสมกับสารชนิดต่างๆ ต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เรื้อรังนั้นได้รับความสนใจอย่างมาก เช่น García-Soto et al. (2013) พบว่าการนำน้ำแข็งที่ผสมกรดซิตริกและกรดแล็กติกมาใช้ในการเก็บรักษาคุณภาพของปลา European hake (*Merluccius merluccius*) สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทนเย็น, จุลินทรีย์ในกลุ่มที่

ไม่ต้องการอากาศ, proteolytic bacteria และจุลินทรีย์ในกลุ่ม Enterobacteriaceae ในเนื้อปลาได้ดีที่สุด เมื่อใช้ความเข้มข้นของกรดซิตริก 0.175% ผสมกับกรดแล็กติก 0.050% อีกทั้งยังช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ trimethylamine nitrogen (TMA-N) ได้ดีรวมทั้งยังมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคด้วย ส่วนงานวิจัยของ Bensid et al. (2014) พบว่าการนำปลา anchovy (*Engraulis encrasicolus*) มาแช่เย็นด้วยน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่างๆ ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยโรม์ (0.04% w/v), น้ำมันหอมระเหยออริกานโอ (0.03% w/v) และน้ำมันหอมระเหยจาก clove (0.02% w/v) สามารถเก็บรักษาคุณภาพของเนื้อปลาได้นาน 12 วัน ในขณะที่การแช่เย็นด้วยน้ำแข็งธรรมดาเก็บรักษาได้ 9 วัน โดยปลาที่แช่น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยมีการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งวัดได้จากปริมาณสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (PV) และปริมาณกรดไธโอบาร์บิทูริก (TBA) และยังช่วยชะลอการเกิดปริมาณต่างๆ ที่ระเหยได้ (TVB-N) รวมทั้งลดการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่ม aerobic mesophiles และ psychrotrophic bacteria ได้ดีกว่าการใช้น้ำแข็งธรรมดาอีกด้วย และงานวิจัยของ Özyurt et al. (2012) แสดงให้เห็นว่าการนำปลาซาร์ดีน (*Sardinella aurita*) มาแช่ในน้ำแข็งที่ผสมด้วยสารสกัดจากโรสแมรี่ 0.05-0.1% ช่วยทำให้เนื้อปลามีอายุการเก็บรักษาได้นาน 15 วัน โดยเนื้อปลายังเป็นที่ยอมรับทางประสาทสัมผัส ในขณะที่หากใช้น้ำแข็งทั่วไปเก็บรักษาได้ 12 วัน ขณะเดียวกัน การแช่ปลาในน้ำแข็งที่ผสมด้วยสารสกัดจากโรสแมรี่ยังช่วยลดการเกิดสารประกอบเอมีน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง histamine และ putrescine ซึ่งสอดคล้องกับการชะลอการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ได้อีกด้วย

3.2 การใช้กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ชนิดกรดอ่อนมีกานนำมาใช้ในการถนอมอาหารมาเป็นเวลานาน เนื่องจากสามารถปรับความเป็นกรด ทำให้เกิดรสชาติ ใช้ในการชะลอการเสื่อมเสียและการหืนได้ เช่น กรดแล็กติก กรดซิตริก กรดมาลิกและกรดอะซิติก ที่ใช้ในมายองเนส น้ำสลัด เครื่องดื่ม น้ำผลไม้และน้ำผลไม้เข้มข้น เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ที่มีการอนุญาตให้ใช้ได้ ในอุตสาหกรรมอาหารตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2547) ประกาศไว้ในเรื่องข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหารซึ่งให้ใช้ได้ ในอุตสาหกรรมแต่ละประเภทตามปริมาณที่กำหนดไว้ และได้มีการพบกลไกการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียโดยกรดอินทรีย์ ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งปัจจัยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในส่วนของกรดอินทรีย์นั้นขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม ได้แก่ pH ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาประสิทธิภาพของกรด เนื่องจากกรดอ่อนมาความสามารถในการแตกตัวได้ตามค่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ นั่นคือเมื่อค่า pH น้อยกว่าค่า pKa กรดอ่อนจะอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวทำให้สามารถแพร่เข้าสู่ชั้นเยื่อไขมันของเซลล์จุลินทรีย์ได้อย่างอิสระ เมื่อเข้าสู่เซลล์แล้วจะแตกตัวทำให้ไซโตพลาสซึมของเซลล์จุลินทรีย์

มีประมาณ anions และ protons มากขึ้น ซึ่งเป็นปัญหาต่อแบคทีเรียที่จะต้องพยายามรักษาสมดุลของเซลล์ โดยขับ protons ออกจากเซลล์ซึ่งต้องใช้ ATP ส่งผลให้เซลล์จุลินทรีย์สูญเสียพลังงาน หรืออาจเกิดกลไกที่ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์โดยกรดอินทรีย์ไปรบกวนโครงสร้างของเยื่อหุ้มไซโตพลาสซึมและเยื่อหุ้มโปรตีนต่างๆ เช่น กระบวนการขนส่งอิเล็กตรอนและการผลิต ATP ลดลง ทำให้ค่า pH และ ELECTRON GRADIENTS ของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติไป นอกจากนี้ anions ที่สะสมในเซลล์จุลินทรีย์ปริมาณมากส่งผลต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ ในเซลล์ เช่น เกิดการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ ยับยั้งการเกิดเมตาบอลิซึมของเซลล์ เกิดการสะสมสารพิษในเซลล์จาก anions และเกิดการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างในเซลล์ซึ่งส่งผลต่อการเจริญของแบคทีเรีย ซึ่งประสิทธิภาพของกรดอ่อนชนิดต่างๆ เรียงตามลำดับจากสูงไปต่ำได้ดังนี้ กรดโพพรออนิก, กรดอะซิติก, กรดแล็กติก, กรดซิติริก, กรดฟอสฟอริก และกรดไฮโดรคลอริก ตามลำดับ

สำหรับงานวิจัยที่แสดงถึงประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์ต่อการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียนั้นได้รับความสนใจอย่างมาก เช่น Metin et al. (2001) นำเนื้อปลา chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn 1780) มาแช่ในสารละลายกรดแล็กติกที่มีความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0%, 2% และ 4% จากนั้นนำไปบรรจุแบบสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส เคมีและจุลินทรีย์ทุก 3 วัน พบว่าเนื้อปลาในชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการแช่ในสารละลายกรดแล็กติกเน่าเสียในวันที่ 9 ของการเก็บรักษา ในขณะที่เนื้อปลาที่แช่ในกรดสามารถเก็บรักษาได้นาน 12 วัน และ Gogus, Bozoglu and Yurdugul (2006) ได้ศึกษาผลของการใช้ในซิง (0.04 g/L/kg ที่ pH 5.2), กรดแล็กติก (5% ที่ pH 2.9) และ สารผสมของทั้ง 2 ชนิดในการเคลือบ (สารตัวกลางสำหรับเคลือบคือสารผสมระหว่าง vegetable oil, beeswax และน้ำกลั่น ที่มี pH 7.2) บนเนื้อปลาซาร์ดีน (*Sardina pilchardus*) ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า กรดแล็กติกและในซิงที่เคลือบลงบนชิ้นปลา มีจำนวนจุลินทรีย์ mesophilic aerobic เท่ากับ 5.95 log cfu/mL ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษา แต่ตัวอย่างควบคุมมีจำนวนจุลินทรีย์สูงถึง 6.62 log cfu/mL ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา ส่วนการใช้กรดแล็กติกและในซิงที่เคลือบลงบนชิ้นปลาช่วยลดจำนวน *Pseudomonas* spp. ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มากกว่าตัวอย่างควบคุม ส่วน Sanjuás-Rey et al (2012a) ศึกษาผลของการนำกรดอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก กรดซิติริก และกรดแล็กติก มาผสมในน้ำแข็งเกล็ดเพื่อรักษาคุณภาพของปลา hake (*Merluccius merluccius*), ปลา Megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และ ปลา angler (*Lophius piscatorius*) โดยแบ่งชุดการทดลอง ตามปริมาณกรดที่ใช้แตกต่างกัน เป็น 800 mg/kg (C-800) และ 400 mg/kg (C-400) ที่อัตราส่วนปลา : น้ำแข็ง คือ 1:1 จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ คือคุณภาพด้านจุลชีววิทยาจำนวน aerobic mesophiles, psychrotrophs, proteolytic bacteria คุณภาพด้านเคมี คือ ปริมาณ TMA และค่า pH รวมทั้ง

คุณภาพทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่า ปลา hake และ ปลา megrim ในชุดการทดลอง C-800 และ C-400 มีจำนวนจุลินทรีย์ทุกชนิดที่ตรวจน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมซึ่งไม่มีการผสมกรดในน้ำแข็งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งมีค่า pH ต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุม ส่วนปลา angler ในชุดการทดลอง C-800 มีค่า pH ต่ำกว่าชุดการทดลองควบคุมด้วยเช่นกัน และเมื่อพิจารณาจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาทั้ง 3 ชนิดแสดงให้เห็นว่าการแช่เนื้อปลาในน้ำแข็งที่ผสมกรดในชุดการทดลอง C-800 ช่วยรักษาคุณภาพปลาและยืดอายุการเก็บรักษาปลาทั้ง 3 ชนิดได้ดีที่สุด และงานวิจัยของ García-Soto et al. (2013) ที่นำกรดอินทรีย์ 2 ชนิด ได้แก่ กรดซิตริก (CA) และกรดแล็กติก (LA) มาผสมในน้ำแข็งเกลือเพื่อรักษาคุณภาพของปลา European hake (*Merluccius merluccius*) โดยนำปลามาแช่ในน้ำแข็งที่ผสมด้วยกรดที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันได้แก่ 0.075%/0.050% (C-75), 0.125%/0.050% (C-125) และ 0.175%/0.050% (C-175) ของกรดซิตริกและกรดแล็กติก จากนั้นวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นคุณภาพด้านจุลชีววิทยาจำนวน mesophiles, psychrotrophs, proteolytic bacteria, Enterobacteriaceae และ จุลินทรีย์ในกลุ่ม anaerobes คุณภาพด้านเคมี คือ ปริมาณ TMA, การเกิดปฏิกิริยา lipid hydrolysis และ lipid oxidation และคุณภาพทางประสาทสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาด้วยการแช่เย็นเป็นเวลา 13 วัน พบว่าปลาในชุดการทดลอง C-175 มีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำที่สุด โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ aerobes และ anaerobes ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่น 2 log CFU/g และยิ่งเพิ่มความเข้มข้นของกรดซิตริกจะยิ่งชะลอการเกิด TMA ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสที่พบว่าการแช่ปลาในน้ำแข็งผสมกรดทั้ง 2 ชนิดในชุดการทดลอง C-125 และ C-175 ช่วยรักษาคุณภาพของปลาทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุประสงค์และอุปกรณ์

1.1 วัตถุประสงค์

1.1.1 ปลาเห็ดโคนที่ซื้อจากสะพานปลา ต.อ่างศิลา จ.ชลบุรี ในช่วงเดือนมกราคม – กันยายน ปี 2560 (ขนาด 25-30 ตัว/กิโลกรัม)

1.1.2 กรดซิตริก ชนิด food grade (บริษัท เอส ซายน์ อุปกรณ์เคมี จำกัด)

1.1.3 กรดแล็กติก ชนิด food grade (บริษัท เอส ซายน์ อุปกรณ์เคมี จำกัด)

1.2 อุปกรณ์ในการแปรรูป

1.2.1 อุปกรณ์สำหรับต้มปลา

1.2.2 เทอร์โมมิเตอร์ (100 องศาเซลเซียส)

1.2.3 อุปกรณ์เครื่องครัวที่จำเป็นในการแปรรูป

1.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการบรรจุและเก็บรักษา

1.3.1 ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

1.3.2 ถุงพลาสติกบรรจุอาหาร (ขนาด 15x25 เซนติเมตร ความหนา 80 ไมครอน)

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

1.4.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (AG 285, Mettler Toledo, Switzerland)

1.4.2 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) (SS-325, Tomy, USA)

1.4.3 ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ (incubator) (BE Memmert, Germany)

1.4.4 เครื่องตีปนผสมอาหาร (stomacher) (B.P.S 435270, AES Laboratoire,

France)

1.4.5 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH Meter TM 39, Germany)

1.4.6 เครื่องวัดสี (CM 3500d, Konica Minolta, Japan)

1.4.7 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-HD texture analyzer, UK)

1.4.8 ชุดวิเคราะห์ปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N) และปริมาณไนโตรเจน - เอมีน (TMA) ได้แก่ จาน Conway และ auto pipet ดัดแปลงจากวิธีของ Hasegawa (1987)

1.4.8 เครื่องแก้วที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์

1.4.9 ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ

1.4.10 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการทดสอบประสาทสัมผัส

1.5 อาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

1.5.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (1995)

1.5.2 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จำนวนแบคทีเรีย Coliform และ *Escherichia coli* ตามวิธีของ AOAC (1994)

2. วิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ซื้อปลาเห็ดโคนสดจากสะพานปลาอ่างศิลา จ.ชลบุรี แล้วบรรจุปลาในถุงพลาสติกทนความเย็นจากนั้นนำถุงพลาสติกที่มีปลาบรรจุอยู่ในช่องใส่กล่องสไตรโพรทที่มีอัตราส่วนปลา : น้ำแข็ง เป็น 1: 2 ปิดฝากล่องสไตรโพรทแล้วนำไปใส่ในถังพลาสติกแล้วปิดฝาเพื่อป้องกันการสูญเสียความเย็นและป้องกันการเสียหายของตัวอย่าง จากนั้นขนส่งด้วยรถยนต์มายังห้องปฏิบัติการก่อนทำการศึกษาระดับชั้นต่อไป

2.2 การฝึกฝนผู้ทดสอบ

คัดเลือกผู้ทดสอบมาทำการฝึกทดสอบให้มีความคุ้นเคยกับการบริโภคเนื้อปลาเห็ดโคนสุก ซึ่งวิธีการหนึ่งคือนำปลามาควักไส้ ตัดหัว แล้วเอาแต่เนื้อมาล้างให้สะอาดแล้วนำมาหนึ่งด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาให้นำเนื้อปลามาวางบนภาตสแตนเลสที่อุณหภูมิห้องนาน นาน 5 นาที โดยต้องใส่ถุงมือและล้างเครื่องมือที่ใช้ให้สะอาดเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ โดยให้ผู้ทดสอบดูลักษณะภายนอก ดมกลิ่นและรับประทานเนื้อปลาเห็ดโคนสุก จากนั้นให้คะแนนในแบบประเมิน (ภาคผนวก ก) ซึ่งใช้การทดสอบแบบ 9 point hedonic scale (9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด) คุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติและความชอบรวม ซึ่งการฝึกผู้ทดสอบเป็นการให้ผู้ทดสอบทั้ง 20 คน มีความคุ้นเคยกับผลิตภัณฑ์ โดยให้ผู้ทดสอบรับประทานเนื้อปลาเห็ดโคนสุก แล้วให้ผู้ทดสอบให้คะแนนทางประสาทสัมผัสจากนั้นคัดเลือกผู้ทดสอบให้เหลือ 15 คน โดยดูจากคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในการตัดสินว่าจะคัดเลือกผู้ทดสอบคนใด

2.3 การเตรียมน้ำแข็ง

การเตรียมสารละลายสำหรับทำน้ำแข็งโดยใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนแล้วในการเตรียมสารละลายกรดที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยมีวิธีการเตรียมสารละลายสำหรับการทำน้ำแข็งแต่ละชุดการทดลองดังนี้

L500 (0.050% LA) สารละลายกรดแล็กติก 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

L507 (0.050% LA + 0.075% CA) สารละลายกรดแล็กติก 0.5 มิลลิลิตร และกรดซิตริก 0.75 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

L512 (0.050% LA + 0.125% CA) สารละลายกรดแล็กติก 0.5 มิลลิลิตร และกรดซิตริก 1.25 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

L517 (0.050% LA + 0.175% CA) สารละลายกรดแล็กติก 0.5 มิลลิลิตร และกรดซิตริก 1.75 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร

บรรจุสารละลายที่เตรียมได้ตามรายละเอียดข้างต้นปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ในถุงพลาสติก Polypropylene ชนิดทนเย็น (ขนาด 8 × 12 นิ้ว) ปิดผนึกถุงด้วยความร้อน จากนั้นนำไปแช่ในตู้แช่แข็ง -20 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เพื่อให้ได้น้ำแข็งสำหรับเก็บรักษาตัวอย่างปลาเห็ดโคนสดในแต่ละชุดการทดลอง โดยก่อนใช้ให้นำไปบดด้วยเครื่องบดน้ำแข็งให้ได้ขนาดเกล็ดน้ำแข็งที่สม่ำเสมอก่อนนำไปใช้

2.4 ผลของการแช่เย็นปลาเห็ดโคนสดด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

นำปลาเห็ดโคนจากที่เตรียมได้ในข้อ 2.1 มาแช่เย็นในกล่องพลาสติกด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดซิตริกและกรดแล็กติกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จากข้อ 2.3 โดยกำหนดให้สัดส่วนปลาน้ำแข็งคงที่ คือ 1: 2 จากนั้นนำมาแช่ตู้เย็นอุณหภูมิต่ำ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งความเข้มข้นของกรดซิตริกและกรดแล็กติกที่แตกต่างกัน จากข้อ 2.3 ได้แก่

ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรด)

L500 (0.050% LA)

L507 (0.050% LA + 0.075% CA)

L512 (0.050% LA + 0.125% CA)

L517 (0.050% LA + 0.175% CA)

นำตัวอย่างปลาเห็ดโคนมาทำให้สุก ด้วยการนำปลามาควักไส้ ตัดหัว แลเอาแต่เนื้อ มาล้างให้สะอาดแล้วนำมานิ่งด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ น้ำ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เมื่อครบ กำหนดเวลาให้นำเนื้อปลามาวางบนกระดาษที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที โดยต้องใส่ถุงมือ และล้างเครื่องมือที่ใช้ให้สะอาด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ โดยคุณภาพที่วิเคราะห์ ได้แก่

2.4.1 คุณภาพทางเคมี

นำเฉพาะเนื้อปลาเห็ดโคนสุกมาปั่นด้วยเครื่องปั่นผสม (Waring blender) เนื้อปลาเห็ดโคนสุกที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเบส ตามวิธี A.O.A.C. (2000), ปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (total volatile base nitrogen; TVB-N) และปริมาณ ไตรเมธิลามีนออกไซด์ (TMA) ดัดแปลงจากวิธีของ Hasegawa (1987) ทำการวิเคราะห์คุณภาพ ทุก 2 วัน นาน 26 วัน

2.4.2 คุณภาพทางกายภาพ

นำเนื้อปลาเห็ดโคนสุกมาวัดการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลา (% cooking loss) ตามวิธีของ Young and Lyon (1997), ค่าสีของเนื้อปลา (Spectrophotometer) ในระบบ CIE (ค่า L* คือ ค่าความสว่าง, a* คือ ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว และ b* คือ ค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน) และค่าเนื้อสัมผัสของเนื้อปลา (TA-HD texture analyzer, UK) ตรงบริเวณกึ่งกลางของชิ้น เนื้อ โดยวัดแรงเฉือน ตามวิธีของ Bourne (1982) ทำการวิเคราะห์คุณภาพทุก 2 วัน นาน 26 วัน

2.4.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

นำเนื้อปลาเห็ดโคนสุกมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total variable count, TVC) โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ตามวิธีของ AOAC (1994) ทำการวิเคราะห์คุณภาพ ทุก 2 วัน นาน 26 วัน

2.4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยนำตัวอย่างปลาเห็ดโคนมาทำให้สุก ด้วยการ นำปลามาควักไส้ ตัดหัว แลเอาแต่เนื้อมาล้างให้สะอาดแล้วนำมานิ่งด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ น้ำ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาให้นำเนื้อปลามาวางบนกระดาษที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที แล้วนำเนื้อปลาสุกที่ได้ใส่ลงในถ้วยพลาสติกเพื่อให้ผู้ทดสอบ 15 คน (ที่ผ่านการฝึกจาก ข้อ 2.2) ได้ทดสอบและให้คะแนนตัวอย่างในคุณลักษณะที่ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ ซึ่งใช้การทดสอบแบบ 9 point hedonic scale (9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด) และบันทึกคะแนนลงใบทดสอบ (ภาคผนวก ก) เมื่อเปลี่ยนตัวอย่างถัดไปให้

ผู้ทดสอบกลั้วปากด้วยน้ำเปล่าที่อุณหภูมิของน้ำใกล้เคียงอุณหภูมิห้องทุกครั้ง ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ทุกๆ 2 วัน จนผู้ทดสอบไม่ยอมรับหรือจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐาน (ตัวอย่างจะถูกตรวจจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจนทราบว่าตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินค่ามาตรฐาน แล้วจึงมีการนำตัวอย่างในชุดการทดลองที่เตรียมไว้เฉพาะการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาให้ผู้ทดสอบดำเนินการทดสอบ หากมีจำนวนจุลินทรีย์เกินมาตรฐานไม่นำตัวอย่างไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้ทดสอบ)

การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี กายภาพและจุลชีววิทยา ออกแบบการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) ทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสออกแบบการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) ทดลอง 2 ซ้ำ นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทราบถึงความเข้มข้นกรดอินทรีย์ในการผสมกับน้ำแข็งที่เหมาะสม

2.5 ผลของระยะเวลาการแช่เย็นปลาเห็ดโคนสดด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์

นำปลาเห็ดโคนจากที่เตรียมได้ในข้อ 2.1 มาแช่เย็นในกล่องพลาสติกด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นเหมาะสมที่ได้จากข้อ 2.4 โดยกำหนดให้สัดส่วนปลา : น้ำแข็ง คงที่ คือ 1 : 2 จากนั้นนำมาแช่ตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาแตกต่างกัน 0, 1, 2, 3 และ 4 วัน แล้วนำตัวอย่างปลาเห็ดโคนนำมาหนึ่งด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เมื่อครบกำหนดเวลาให้นำเนื้อปลามาวางบนกระดาษกรองที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที สุ่มตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนสุกมาวิเคราะห์คุณภาพ โดยคุณภาพด้านต่างๆ และออกแบบการทดลอง เช่นเดียวกับข้อ 2.4 เพื่อหาระยะเวลาของการแช่เย็นปลาเห็ดโคนด้วยการใช้น้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์ที่เหมาะสม

3. สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการ BS 2203 และ BS 2204 อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 2 สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

บทที่ 4

ผลการวิจัย

1. ผลของการแช่เย็นปลาเห็ดโคนสดด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพของปลาเห็ดโคน

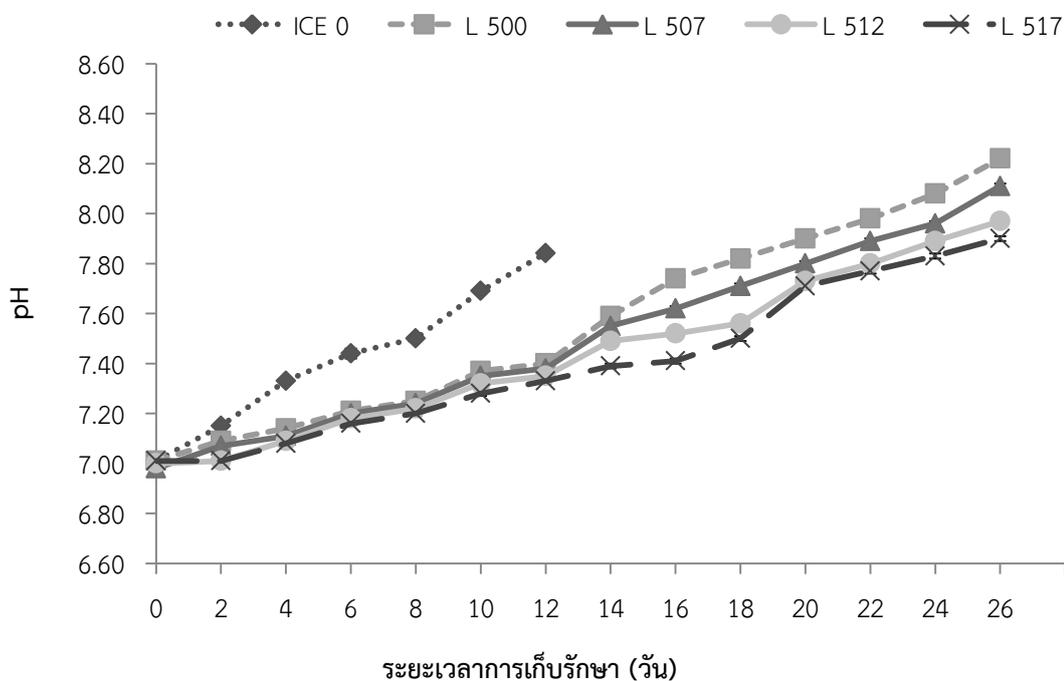
ปลาเห็ดโคนสดทั้งตัวถูกนำมาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยกำหนดให้สัดส่วนปลาเห็ดโคนต่อน้ำแข็งคงที่ คือ 1: 2 ในกล่องสไตโรโฟม จากนั้นปิดฝากล่อง แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเมื่อทำการวิเคราะห์โดยสุ่มตัวอย่างมาควักไส้ ตัดหัว แลเอาแต่เนื้อ มาล้างให้สะอาดแล้วนำมาหนึ่งด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้ว นำเนื้อปลาสุกที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ ได้แก่ คุณภาพทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลอง ดังนี้

1.1 คุณภาพทางเคมี

1.1.1 ค่าความเป็นกรดต่าง

ความเป็นกรดต่างของเนื้อปลาเห็ดโคน มีค่าระหว่าง 6.98 – 7.01 ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาแต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อปลาเห็ดโคน ในชุดการทดลอง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, ภาพที่ 4 - 1) จนถึงวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาในชุดการทดลอง ICE0 ส่วนเนื้อปลาเห็ดโคนชุดการทดลองที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ L500 (กรดแล็กติก 0.050%), L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%), L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) ในช่วง 2 วันแรกของการเก็บรักษา มีค่าความเป็นกรดต่างค่อนข้างคงที่ ขณะที่วันที่ 4 – 26 ของการเก็บรักษา เนื้อปลาเห็ดโคนมีค่าความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ในวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 มีค่าความเป็นกรดต่าง 7.84 ขณะที่ในวันที่ 26 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อปลาเห็ดโคนชุดการทดลองที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ กันนั้น มีค่าความเป็นกรดต่างเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 ซึ่งมีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 8.22, 8.11, 7.97 และ 7.90 ตามลำดับ โดยเนื้อปลาเห็ดโคนที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์มีค่าความเป็นกรดต่างน้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p < 0.05$)



ภาพที่ 4 - 1 ค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICE0	คือ	น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%

1.1.2 ปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

ปริมาณ TVB-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนในทุกชุดการทดลองมีค่า 16.78 ± 0.03 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื้อปลาเห็ดโคนในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์และที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ กัน มีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 2) โดยในวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่าง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) มีปริมาณ TVB-N คือ 36.41 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ในขณะที่วันที่ 26 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์นั้นมีปริมาณ TVB-N ได้แก่ชุดการทดลอง L500 (กรดแล็กติก 0.050%)

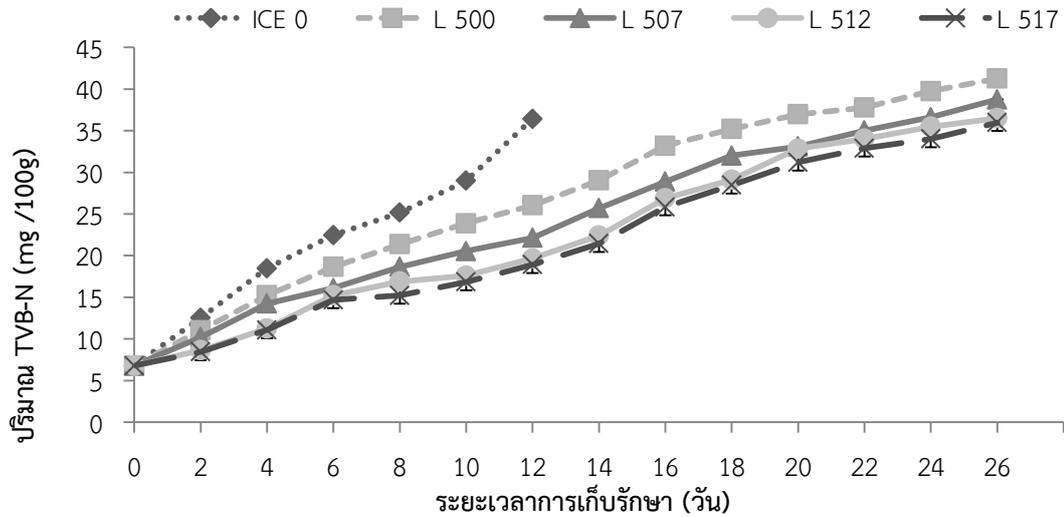
เท่ากับ 41.25 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนชุดการทดลอง L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%) L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 38.74, 36.51 และ 35.96 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ

ผลทดลองยังพบว่าเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 มีปริมาณ TVB-N สูงกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 โดยเนื้อปลาเห็ดโคนชุดการทดลอง L517 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ L512, L507 และ L500 ตามลำดับ

1.1.3 ปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA-N)

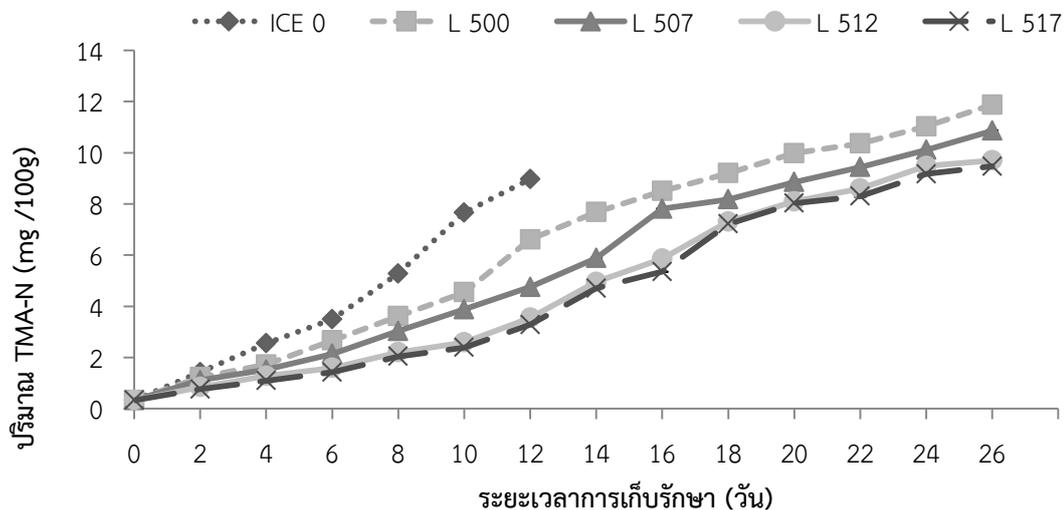
ปริมาณ TMA-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนในทุกชุดการทดลอง ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่ามีค่า 0.33 ± 0.01 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อปลาเห็ดโคนทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์และที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ กันนั้น มีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 3) และในวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่าง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) มีปริมาณ TMA-N เท่ากับ 8.97 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง ส่วนตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง L500 (กรดแล็กติก 0.050%), L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%), L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 11.88, 10.86, 9.70 และ 9.47 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (วันที่ 26 ของการเก็บรักษา) ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 มีปริมาณ TMA-N มากกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ทั้ง L500, L507, L512 และ L517 โดยเนื้อปลาเห็ดโคนชุดการทดลอง L517 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ L512, L507 และ L500 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICE0	คือ	น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%



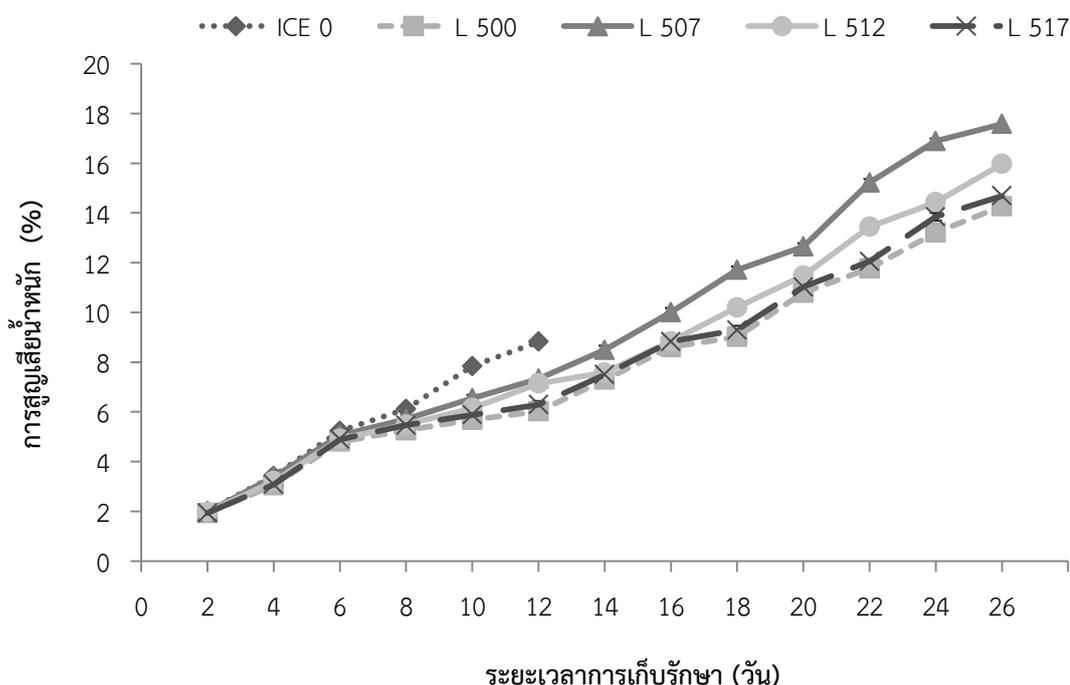
ภาพที่ 4 – 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICE0	คือ	น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%

1.2 คุณภาพทางกายภาพ

1.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาเห็ดโคนในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีค่าระหว่างร้อยละ 1.93 – 2.01 และเมื่อเก็บรักษานานขึ้นการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาเห็ดโคนในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์และที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ กัน มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 4) จนถึงวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) มีการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละ 8.82 และ วันที่ 26 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง L500 (กรดแล็กติก 0.050%), L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%), L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) มีการสูญเสียน้ำหนัก ร้อยละ 14.27, 17.58, 15.97 และ 14.69 ตามลำดับ

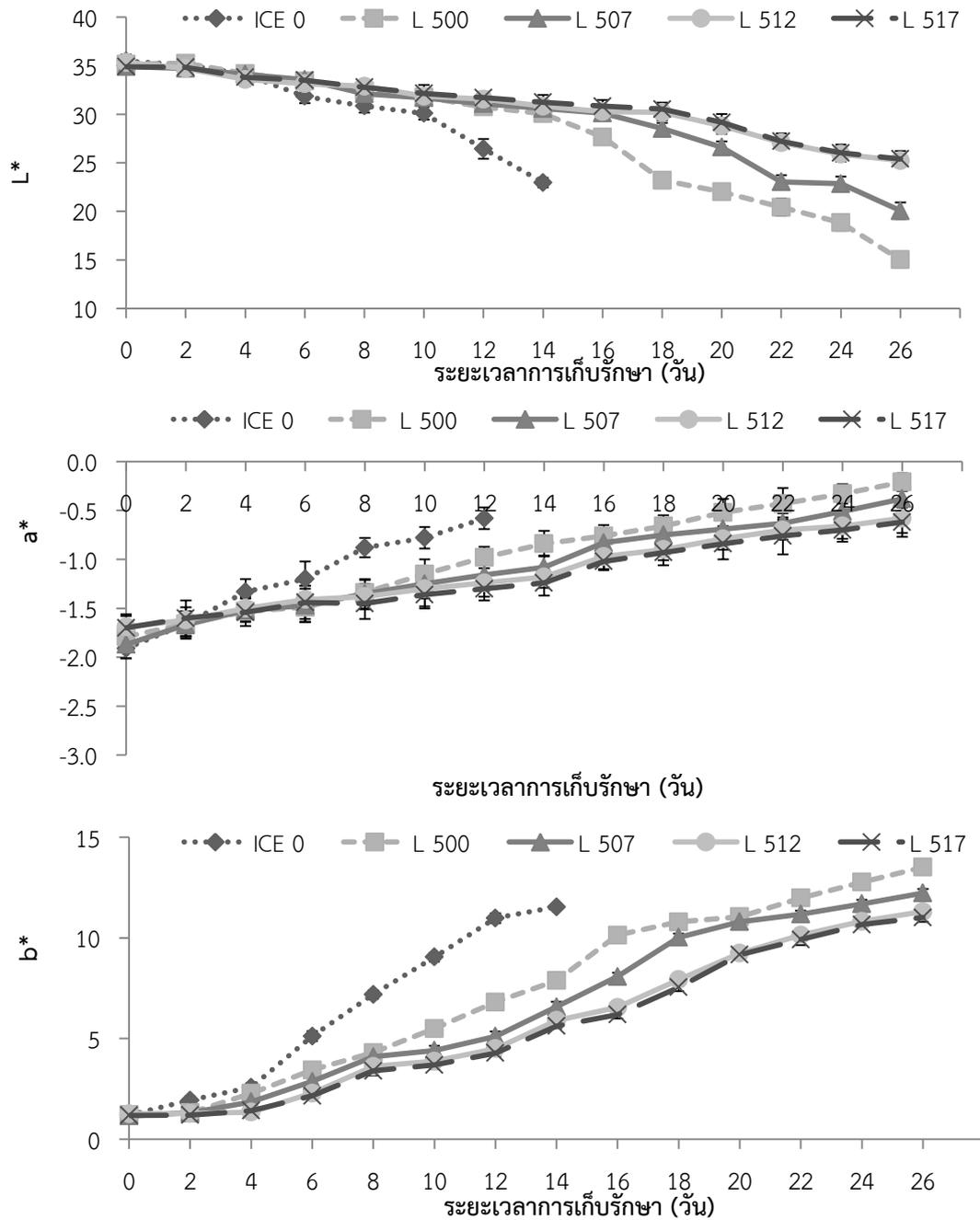


ภาพที่ 4 - 4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICE0	คือ	น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%

1.2.2. ค่าสี (L^* , a^* , b^*)

ค่า L^* คือ ค่าความสว่าง, a^* คือ ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว และ b^* คือ ค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน ผลการทดลองพบว่า ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อปลาเห็ดโคน มีค่า L^* ในช่วง 34.91 - 35.47, a^* ในช่วง -1.91 - -1.69, และ b^* ในช่วง 1.16 - 1.27 และเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นค่า L^* , a^* และ b^* ของเนื้อปลาเห็ดโคนในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่น้ำแข็ง ไม่ผสมกรดอินทรีย์และที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ กัน มีค่า L^* ลดลง ส่วน a^* และ b^* เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 5) จนกระทั่งวันที่ 14 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) และ วันที่ 26 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง L500 (กรดแล็กติก 0.050%), L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%), L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) มี L^* น้อยที่สุด คือ ค่า L^* เท่ากับ 15.02, 20.06, 25.24 และ 25.40 ตามลำดับ และ a^* มากที่สุดโดยค่า a^* เท่ากับ -0.21, -0.38, -0.58 และ -0.62 ตามลำดับ ทั้งยังมีค่า b^* มากที่สุดโดยค่า b^* เท่ากับ 13.51, 12.23, 11.30 และ 11.01 ตามลำดับ



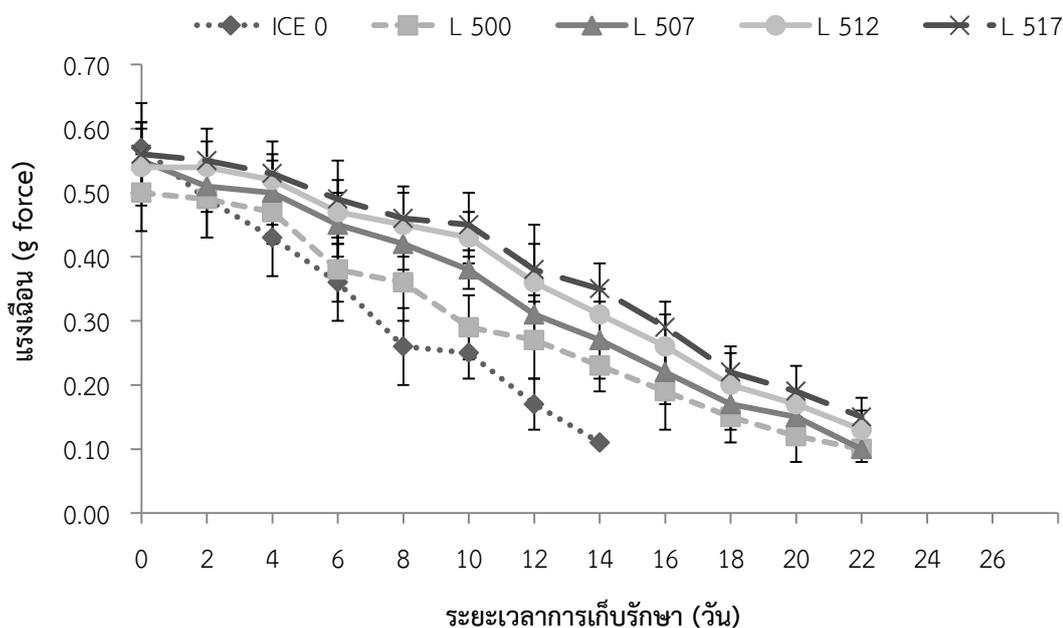
ภาพที่ 4 - 5 ค่าสี L^* (a), a^* (b), b^* (c) ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICE0	คือ	น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%

1.2.3 ค่าแรงเฉือน

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ค่าแรงเฉือนของเนื้อปลาเห็ดโคนต้ม มีค่า 0.38 ± 0.06 g.force และการเปลี่ยนแปลงค่าแรงเฉือนมี 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่ 1 ในวันที่ 0 - 4 ของการเก็บรักษาสำหรับตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในชุดการทดลอง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) และวันที่ 0 - 2 ของการเก็บรักษาสำหรับตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ คือ L500 (กรดแล็กติก 0.050%), L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%), L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) นั้นมีค่าแรงเฉือนค่อนข้างคงที่ จากนั้นช่วงที่ 2 ในวันที่ 4 - 6 ของการเก็บรักษาในชุดการทดลอง ICE0 รวมถึงวันที่ 4 - 14, 4 - 18, 4 - 18 และ 4 - 24 ของการเก็บรักษาในชุดการทดลอง L500, L517, L512 และ L507 ตามลำดับนั้นมีค่าแรงเฉือนเพิ่มขึ้น และช่วงที่ 3 ในวันที่ 8 - 20 ของการเก็บรักษาในชุดการทดลอง ICE0 รวมถึงวันที่ 16 - 26, 20 - 26, 20 - 26 และ 24 - 26 ของการเก็บรักษาในชุดการทดลอง L500, L517, L512 และ L507 ตามลำดับกลับมีค่าแรงเฉือนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 - 5) จนกระทั่งวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) และ วันที่ 26 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาของตัวอย่างในชุดการทดลอง L500 (กรดแล็กติก 0.050%), L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%), L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) มีค่าแรงเฉือนน้อยที่สุด คือ 0.21, 0.22, 1.87, 1.69 และ 1.59 g.force ตามลำดับ

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 มีค่าแรงเฉือนน้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ L500, L507, L512 และ L517 โดยเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง L517 มีค่าแรงเฉือนสูงกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษารองลงมาได้แก่ L512, L507 และ L507 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 6 ค่าแรงเฉือนของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICE0	คือ	น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%

1.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

1.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC)

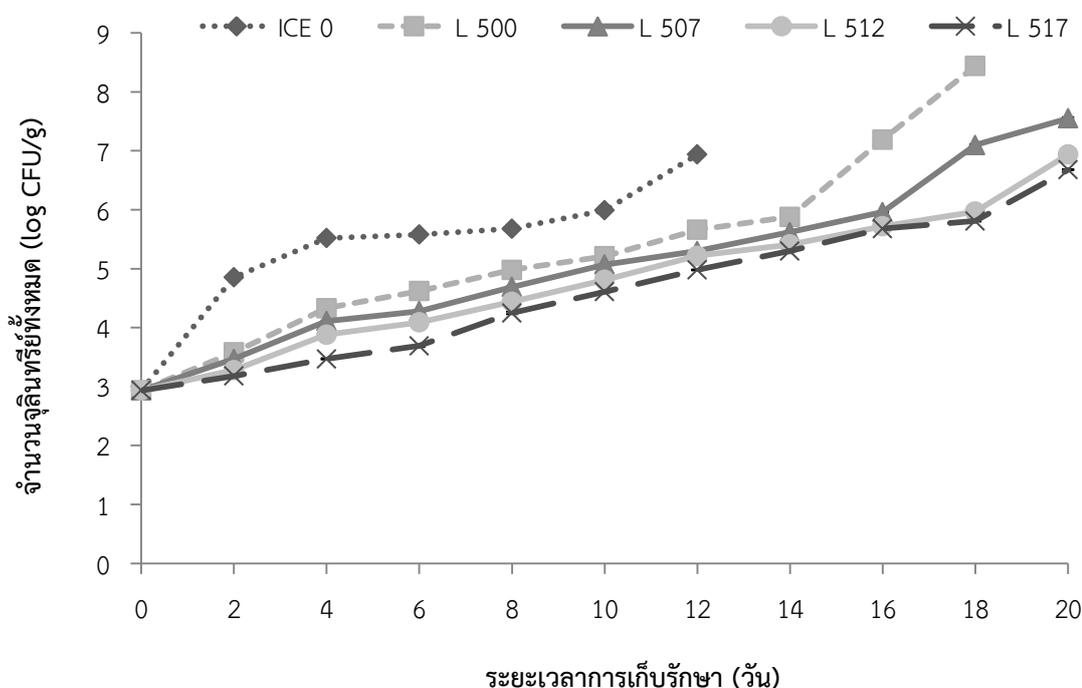
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาเห็ดโคนในทุกชุดการทดลองของวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่าเท่ากับ 2.94 ± 0.03 log CFU/กรัม โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อกุ้งขาวในชุดการทดลอง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4 – 7) โดยในวันที่ 12 ของการเก็บรักษา ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษานั้นพบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 6.94 ± 0.01 log CFU/กรัม

เนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันกรดอินทรีย์ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ L500, L507, L512 และ L517 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จนกระทั่งวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา โดยเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 8.44, 7.55, 6.94 และ 6.68 log CFU/กรัม ตามลำดับ

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ทั้ง L500, L507, L512 และ L517 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า ICE0 โดยเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง L517 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดแตกต่างจากชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษารองลงมาได้แก่ L512, L507 และ L500 ตามลำดับ

1.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

เนื้อปลาเห็ดโคนต้มทุกชุดการทดลองทั้งตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์และแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นของกรดแตกต่างกันนั้นไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา



ภาพที่ 4 – 7 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICE0	คือ	น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%

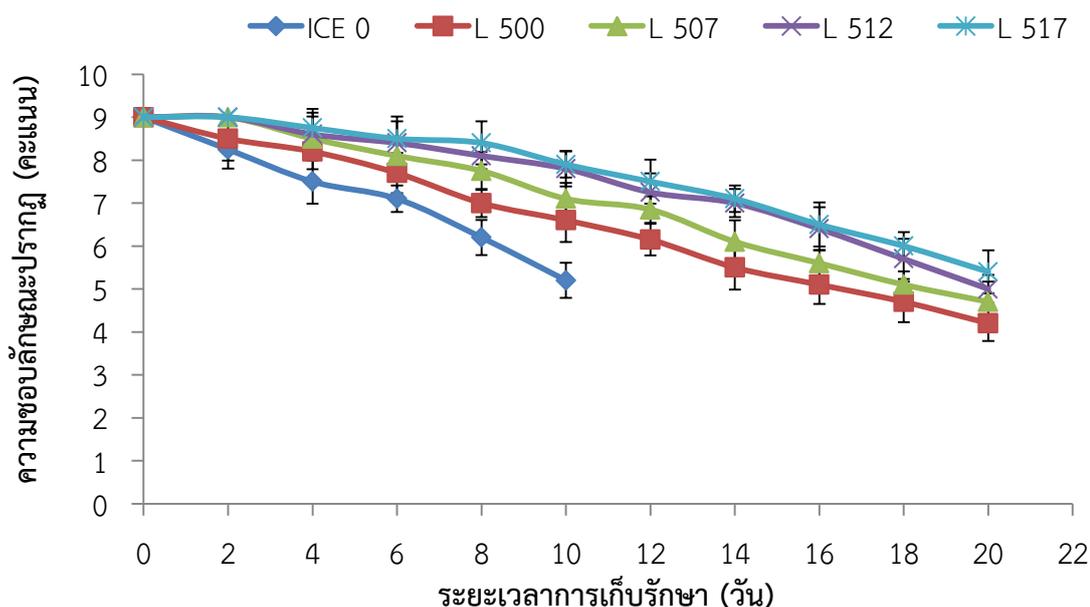
1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน ที่ผ่านการฝึกให้ทางประสาทสัมผัสให้มีความคุ้นเคยกับการบริโภคเนื้อปลาเห็ดโคนต้มให้คะแนนในแบบประเมิน ที่ใช้การทดสอบแบบ 9 point hedonic scale (9 คือ ชอบมากที่สุด และ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด) ซึ่งคุณลักษณะที่ทดสอบ คือ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และรสชาติ โดยมีผลการทดลองได้แก่

1.4.1 ลักษณะปรากฏ

ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดคือ 9.00 คะแนน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา โดยเนื้อปลาเห็ดโคนมีเนื้อสีขาวเป็นมันเงา สำหรับตัวอย่างในชุดการทดลอง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลักษณะปรากฏของเนื้อปลาเห็ดโคนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 – 8

ตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ได้แก่ L500 (กรดแล็กติก 0.050%), L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%), L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) พบว่า ผู้ทดสอบมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏที่ 9.00 คะแนน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา โดยเนื้อปลาเห็ดโคนมีสีขาวอมเหลืองจางๆ เนื้อไม่ฉีกขาด และหลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษาตัวอย่าง L500, L507, L512 และ L517 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏจากผู้ทดสอบน้อยลงจนกระทั่งวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 4 - 9 และตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง L517 มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏสูงที่สุด คือ 4.90 คะแนน รองลงมาได้แก่ L512, L507 และ L500 ได้ 4.60, 4.10 และ 3.30 คะแนน ตามลำดับ ส่วน ICE0 มีคะแนนความชอบ 5.10 คะแนน (วันที่ 10 ของการเก็บรักษา) โดยเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ได้แก่ L500, L507, L512 และ L517 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากกว่า ICE0 อีกทั้งยังพบว่าเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) และ L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) ซึ่งมีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏไม่แตกต่างกัน รองลงมา ได้แก่ L507 และ L500 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 8 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

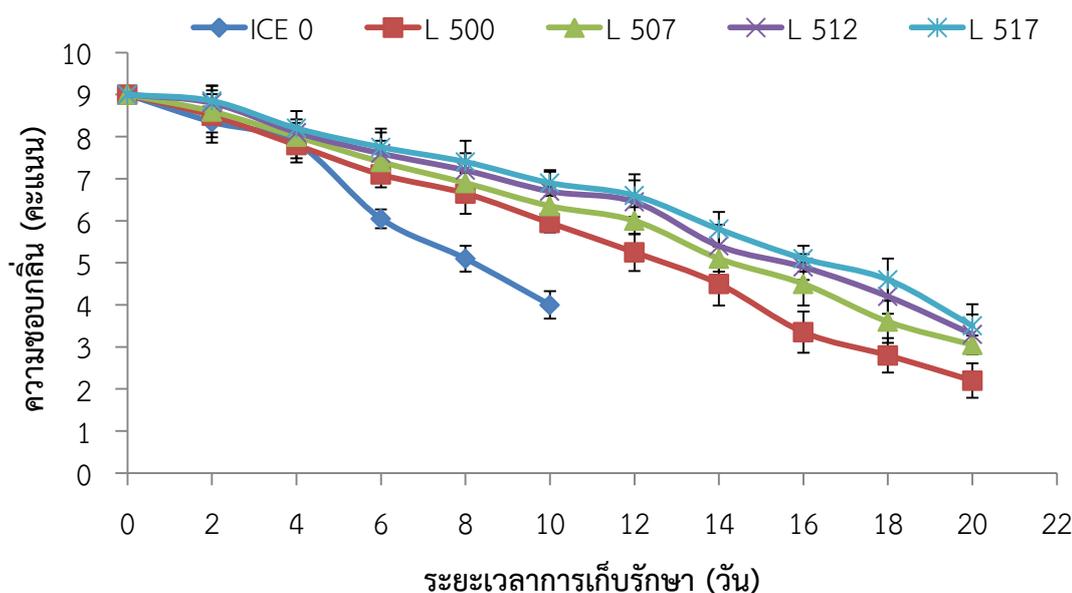
ICE0	คือ	น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%

1.4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาของปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงที่สุด คือ 9.00 คะแนน โดยเนื้อปลาเห็ดโคนมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ ความเข้มของกลิ่นหอมหวานชัดเจน และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อปลาเห็ดโคนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4 – 9

ขณะที่เนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ได้แก่ L500 (กรดแล็กติก 0.050%), L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%), L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) พบว่า ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผู้ทดสอบมีคะแนนความชอบด้านกลิ่น 9.00 คะแนน โดยเนื้อปลาเห็ดโคนมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติเช่นกัน และหลังจากเก็บรักษาได้ 2 วัน ตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 ได้คะแนนความชอบด้านกลิ่นน้อยลงจนกระทั่งวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

ผลการทดลองในวันที่ 10 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 และวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 นั้นได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังภาพที่ 4 - 9 โดยตัวอย่างในชุดการทดลอง L517 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นมากที่สุด คือ 3.50 คะแนน รองลงมาได้แก่ L512, L507 และ L500 ได้ 3.50, 3.30 และ 3.05 คะแนนตามลำดับ ขณะที่เนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น 4.00 คะแนน (วันที่ 10 ของการเก็บรักษา) โดยพบว่าเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ได้แก่ L500, L507, L512 และ L517 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นมากกว่า ICE0 รวมทั้งเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) และ L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) ซึ่งมีคะแนนความชอบกลิ่นไม่แตกต่างกัน รองลงมาได้แก่ L507 และ L500 ตามลำดับ



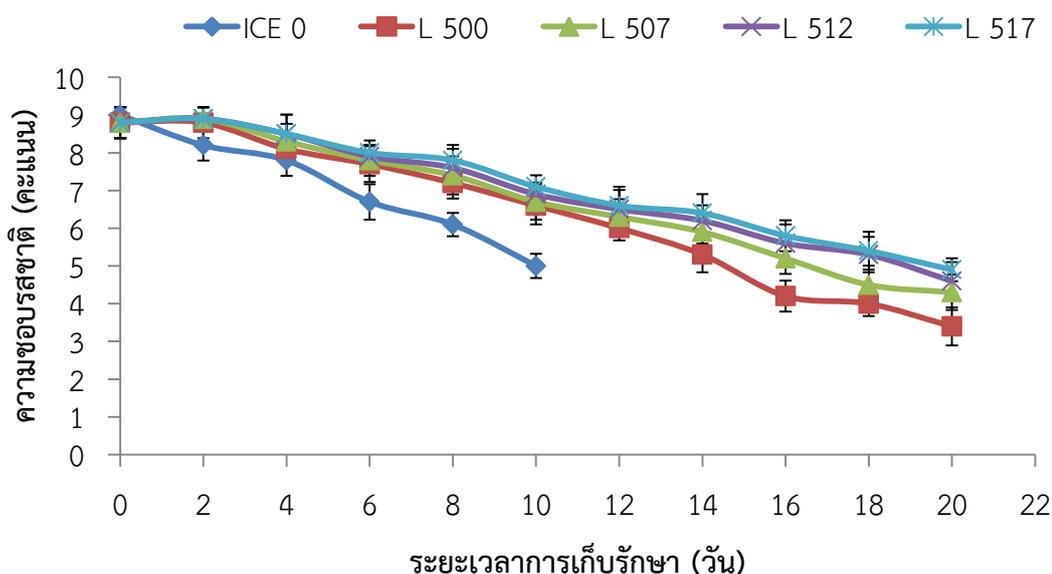
ภาพที่ 4 - 9 คะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICE0	คือ	น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%

1.4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาตัวอย่างปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านรสชาติมากที่สุดคือ 9.00 คะแนน ส่วนตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ได้แก่ L500 (กรดแล็กติก 0.050%), L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%), L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) พบว่า ผู้ทดสอบมีคะแนนความชอบด้านรสชาติที่ 8.80 คะแนน แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรสชาติของเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 มีความชอบด้านรสชาติค่อนข้างคงที่ระหว่างวันที่ 0 – 2 ของการเก็บรักษา และวันที่ 2 – 20 ของการเก็บรักษาจึงมีคะแนนความชอบด้านรสชาติลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ดังภาพที่ 4 - 10

ผลการทดลองในวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 รวมทั้งวันที่ 10 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 นั้น มีคะแนนความชอบด้านรสชาติลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างในชุดการทดลอง L517 ได้รับความชอบด้านรสชาติสูงสุดที่สุด คือ 4.90 คะแนน รองลงมาได้แก่ L512, L507, L500 และ ICE0 ได้ 4.60, 4.30, 3.40 และ 5.00 คะแนน ตามลำดับ รวมทั้งการทดลองในครั้งนี่ยังพบว่าเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ได้แก่ L500, L507, L512 และ L517 มีความชอบด้านรสชาติมากกว่า ICE0 โดยเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านรสชาติสูงสุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) และ L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) ซึ่งมีคะแนนความชอบกลับไม่แตกต่างกัน รองลงมา ได้แก่ L507 และ L500 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 10 คะแนนความชอบรสชาติของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

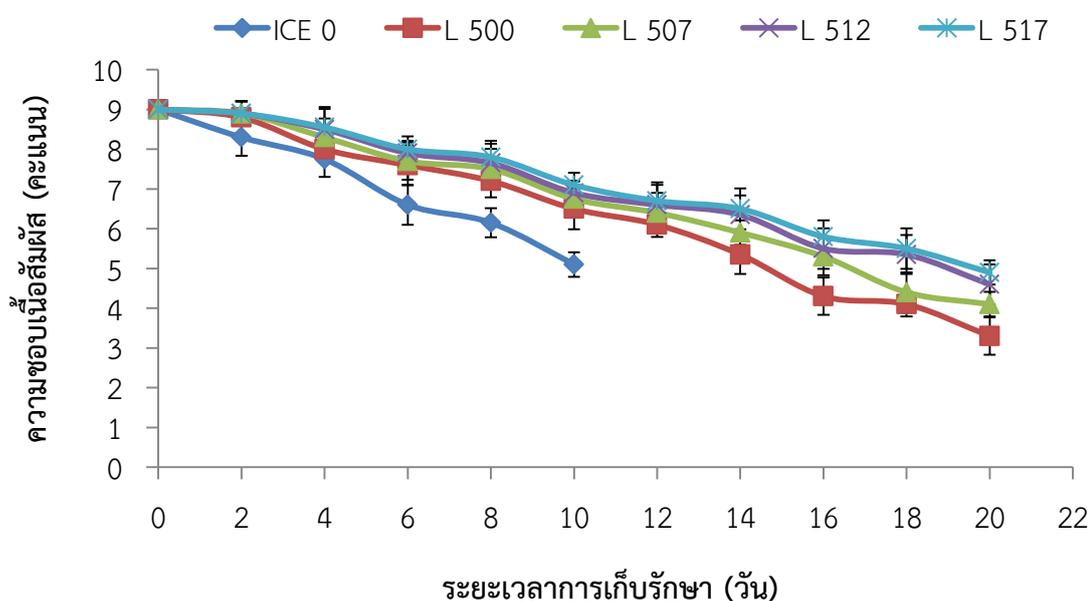
ICE0	คือ	น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%

1.4.4 เนื้อสัมผัส

เนื้อปลาเห็ดโคนทุกชุดการทดลอง (ICE0, L500, L507, L512 และ L517) ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าผู้ทดสอบมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดคือ 5.00 คะแนน โดยเนื้อปลาเห็ดโคนมีความยืดหยุ่นดีมาก ไม่แข็ง และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จนวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสค่อนข้างคงที่ระหว่างวันที่ 0 – 2 ของการเก็บรักษา แต่วันที่ 2 - 20 ของการเก็บรักษานั้นผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ดังภาพที่ 4 - 11

ส่วนในวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 รวมทั้งวันที่ 10 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 นั้น มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างในชุดการทดลอง L517 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด คือ 4.90 คะแนน รองลงมาได้แก่ L512, L507 และ L500 ได้ 4.60, 4.10 และ

3.30 คะแนน ตามลำดับ ขณะที่ตัวอย่างในชุดการทดลอง ICE0 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่ 5.10 คะแนน อีกทั้งยังพบว่าเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ ICE0 มีคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสน้อยกว่าเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ L500, L507, L512 และ L517 โดยระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) รองลงมา ได้แก่ L512, L507, L500 และ ICE0 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 – 11 คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ICE0	คือ	น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517	คือ	น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%

จากผลการทดลองคุณภาพด้านประสาทสัมผัสทั้งหมดนั้น แสดงให้เห็นว่าการนำปลาเห็ดโคนสดทั้งตัวมาแช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) และ L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) ได้รับคะแนนความชอบจากผู้ทดสอบทั้งในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และรสชาติ สูงสุดไม่แตกต่างกัน และ L517 ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด

2. ผลของระยะเวลาการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์ต่อคุณภาพของปลาเห็ดโคน

การนำปลาเห็ดโคนสดทั้งตัวมาแช่ในน้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175% ในกล่องสไตโรโฟมโดยให้สัดส่วนของปลาเห็ดโคนสดต่อน้ำแข็งคงที่ คือ 1: 2 จากนั้นปิดฝากล่อง แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลาแตกต่างกัน (0, 1, 2, 3 และ 4 วัน) วิเคราะห์โดยสุ่มตัวอย่างปลาเห็ดโคนมาทำให้สุกด้วยการนำเนื้อปลามาปรุงด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที และสุ่มตัวอย่างเนื้อปลาเห็ดโคนต้มมาวิเคราะห์คุณภาพด้านต่างๆ คือคุณภาพทางเคมี คุณภาพทางกายภาพ คุณภาพทางจุลชีววิทยา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส มีผลการทดลองดังนี้

2.1 คุณภาพทางเคมี

2.1.1 ค่าความเป็นกรดต่าง

วันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อปลาเห็ดโคนในทุกชุดการทดลองเท่ากับ 7.00 แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อปลาเห็ดโคน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) โดยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 7.09

2.1.2 ปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TVB-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนในทุกชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 6.80 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อปลาเห็ดโคนมีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) ซึ่งในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา มีปริมาณ TVB-N 11.13 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง

2.1.3 ปริมาณไตรเมธิลามีน (TMA-N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าปริมาณ TMA-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนในทุกชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 0.36 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อปลาเห็ดโคนมีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) ซึ่งในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา มีปริมาณ TMA-N 1.08 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง

2.2 คุณภาพทางกายภาพ

2.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาเห็ดโคน ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา มีค่าร้อยละ 1.82 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้นการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาเห็ดโคนมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) ซึ่งในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา เนื้อปลาเห็ดโคนสุกมีการสูญเสียน้ำหนักร้อยละ 4.80

2.2.2 ค่าสี (L^* , a^* , b^*)

ค่าสี L^* , a^* , b^* ของเนื้อปลาเห็ดโคนสุก ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่า 35.06, -1.71, 1.18 ตามลำดับและเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาเพิ่มขึ้นค่า L^* มีค่าลดลง และ b^* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) ส่วนค่า a^* นั้นไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) ซึ่งในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา เนื้อปลาเห็ดโคนสุกมีค่าสี L^* , a^* , b^* เท่ากับ 34.22, -1.50, 1.46 ตามลำดับ

2.2.3 ค่าแรงเฉือน

ค่าแรงเฉือนของเนื้อปลาเห็ดโคน ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีค่า 0.57 g.force และระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วันนั้นค่าแรงเฉือนของเนื้อปลาเห็ดโคนไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$, ตารางที่ 4 – 1) โดยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา เนื้อปลาเห็ดโคนสุกมีค่าแรงเฉือน 0.53 g.force

2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

2.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC)

วันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่าจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาเห็ดโคนเท่ากับ 2.95 log CFU/กรัม และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็งนานขึ้นจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาเห็ดโคน มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ 4 – 2) โดยในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.56 log CFU/กรัม

2.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อปลาเห็ดโคนสุกในทุกชุดการทดลองทั้งตัวอย่างที่แช่น้ำแข็งไม่ผสมกรดและตัวอย่างที่แช่น้ำน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ กันนั้นไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli*

2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

2.4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดคือ 8.95 คะแนน คือ เนื้อปลาเห็ดโคนสุกมีสีขาว เป็นมันเงา เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาสั้นขึ้นพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลักษณะปรากฏของเนื้อปลาเห็ดโคนสุกไม่แตกต่างกันในวันที่ 0-2 ของการเก็บรักษา และมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏลดลงในวันที่ 3-4 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 - 2

2.4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นมากที่สุดคือ 9.00 คะแนน คือ เนื้อปลาเห็ดโคนมีกลิ่นหอมหวานชัดเจนตามธรรมชาติ แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาสั้นขึ้นพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อปลาเห็ดโคนสุกไม่แตกต่างกันในวันที่ 0-2 ของการเก็บรักษา และมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลงในวันที่ 3-4 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 - 2

2.4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านรสชาติในระดับมากที่สุดคือ 8.95 คะแนน คือ เนื้อปลาเห็ดโคนมีรสชาติหวานตามธรรมชาติ แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาสั้นขึ้นพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรสชาติของเนื้อปลาเห็ดโคนสุกไม่แตกต่างกันในวันที่ 0-2 ของการเก็บรักษา และมีคะแนนความชอบด้านรสชาติดลดลงในวันที่ 3-4 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 - 2

2.4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงที่สุดคือ 9.00 คะแนน เนื้อปลาเห็ดโคนยืดหยุ่น แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาสั้นขึ้นพบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาเห็ดโคนสุกไม่แตกต่างกันในวันที่ 0-2 ของการเก็บรักษา และมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงในวันที่ 3-4 ของการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 - 2

ตารางที่ 4 - 1 คุณภาพทางเคมีและกายภาพของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คุณภาพที่วิเคราะห์	Mean ± SD				
	ระยะเวลาการแช่ในน้ำแข็ง (วัน)				
	0	1	2	3	4
pH	7.00 ^A ±0.01	7.01 ^A ±0.01	7.01 ^A ±0.01	7.04 ^B ±0.01	7.09 ^C ±0.01
TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม)	6.80 ^A ±0.01	7.78 ^B ±0.01	8.50 ^C ±0.01	10.01 ^D ±0.01	11.13 ^E ±0.02
TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม)	0.36 ^A ±0.01	0.47 ^B ±0.01	0.77 ^C ±0.01	0.86 ^D ±0.01	1.08 ^E ±0.01
การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ)	1.82 ^A ±0.07	2.75 ^B ±0.10	3.20 ^C ±0.09	3.56 ^D ±0.11	4.80 ^E ±0.13
L*	35.06 ^C ±0.16	35.02 ^C ±0.07	34.90 ^C ±0.12	34.61 ^B ±0.18	34.22 ^A ±0.08
a* ^{NS}	-1.71±0.18	-1.67±0.12	-1.65±0.10	-1.59±0.11	-1.50±0.11
b*	1.18 ^A ±0.08	1.23 ^A ±0.12	1.30 ^{AB} ±0.11	1.35 ^{AB} ±0.08	1.46 ^B ±0.15
ค่าแรงเฉือน (g force) ^{NS}	0.57±0.09	0.56±0.07	0.56±0.03	0.54±0.05	0.53±0.05

หมายเหตุ: A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
 NS มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 - 2 คุณภาพทางจุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในระยะเวลาแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

คุณภาพที่วิเคราะห์	Mean \pm SD				
	ระยะเวลาการแช่น้ำแข็ง (วัน)				
	0	1	2	3	4
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g.)	2.95 ^A \pm 0.01	3.12 ^B \pm 0.01	3.30 ^C \pm 0.01	3.42 ^D \pm 0.01	3.56 ^E \pm 0.01
โคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ <i>E.coli</i>	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
คะแนนความชอบลักษณะปรากฏ	8.95 ^B \pm 0.22	9.00 ^B \pm 0.00	9.00 ^B \pm 0.00	8.80 ^A \pm 0.41	8.70 ^A \pm 0.47
คะแนนความชอบกลิ่น	9.00 ^B \pm 0.00	8.90 ^B \pm 0.31	8.85 ^B \pm 0.37	8.40 ^A \pm 0.50	8.25 ^A \pm 0.44
คะแนนความชอบรสชาติ	8.95 ^B \pm 0.22	8.95 ^B \pm 0.22	8.95 ^B \pm 0.22	8.65 ^A \pm 0.49	8.55 ^A \pm 0.51
คะแนนความชอบเนื้อสัมผัส	9.00 ^C \pm 0.00	9.00 ^C \pm 0.00	8.95 ^C \pm 0.22	8.70 ^B \pm 0.47	8.50 ^A \pm 0.51

หมายเหตุ: A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
 NS มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)
 N.D. ตรวจไม่พบ (Not detected)

บทที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลของการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันต่อคุณภาพของปลาเห็ดโคน

1.1 คุณภาพทางเคมี

1.1.1 ค่าความเป็นกรดต่าง

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาค่าความเป็นกรดต่างเนื้อปลาเห็ดโคนต้ม มีค่า 6.98 – 7.01 แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อปลาเห็ดโคนในชุดการทดลอง ICE0 (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากมีการสลายตัวของโปรตีน รวมถึงสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนจากเอนไซม์ในตัวเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น จนได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารชนิดต่างๆ ได้แก่ amine, trimethylamine และ ammonia ที่ให้คุณสมบัติเป็นด่างเพิ่มมากขึ้น (Kim et al., 2006, Zhou et al., 2011) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดต่างของสัตว์น้ำส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กับการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ (Mahmoud et al., 2006) สอดคล้องกับการศึกษาของ Wang et al. (2015) ที่แสดงให้เห็นว่าค่า pH ของกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นในน้ำแข็ง และ Li et al. (2012b) ที่พบว่าปลาตะเพียน (*Carassius auratus*) ที่ใช้สารสกัดจากธรรมชาติร่วมกับการแช่เย็นมีค่า pH เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

เนื้อปลาเห็ดโคนชุดการทดลองที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ L500 (กรดแล็กติก 0.050%), L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%), L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) มีค่าความเป็นกรดต่างค่อนข้างคงที่ ระหว่างวันที่ 0 - 2 ของการเก็บรักษา หลังจากนั้นระหว่างวันที่ 4 - 26 ของการเก็บรักษาค่าความเป็นกรดต่างมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกรดทั้ง 2 ชนิดช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์และยังยับยั้งกลไก endogenous alkalinizing (Sanjuás-Rey et al, 2012a) ทำให้เนื้อปลาเห็ดโคนต้มในชุดการทดลองดังกล่าวเกิดการเน่าเสียช้าลง โดย L517 เป็นชุดการทดลองที่มีค่าความเป็นกรดต่างน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 26 วัน เพราะเป็นมีปริมาณกรดซิตริกเข้มข้นมากกว่าดังนั้น ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์และการชะลอกลไก endogenous alkalinizing มีมากขึ้นการเกิดสารประกอบในกลุ่มต่างๆที่ระเหยได้นั้นเกิดได้น้อยลง ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดต่างน้อยกว่าชุดการทดลองอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ

García-Soto et al. (2013) พบว่าปลา hake (*Merluccius merluccius*) ที่ใช้น้ำแข็งผสมกรดในการเก็บรักษา มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างน้อยกว่าการใช้น้ำแข็งธรรมดาและเมื่อใช้ความเข้มข้นของกรดมากขึ้น การเกิดสารประกอบในกลุ่มต่างๆที่ระเหยได้นั้นเกิดช้าลง

1.1.2 ปริมาณต่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ปริมาณ TVB-N ของเนื้อปลาเห็ดโคน ต้มในหุตุการทดลอง 16.78 ± 0.03 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง แสดงว่าเนื้อปลาเห็ดโคนต้มยังมีคุณภาพดี โดยทั่วไปปลาที่ยังมีคุณภาพดีจะมีปริมาณ TVB-N ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง (Gökodlu, 1998) จากนั้นตั้งแต่วันที่ 2 จนถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษานั้น เนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ ได้แก่ ICE0 และหลังจากวันที่ 2 จนถึงวันที่ 26 ของการเก็บรักษาของเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ L500 (กรดแล็กติก 0.050%) L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%) L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) ล้วนมีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนในปลาเกิดการย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น จนได้เป็น แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (Methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้ต่างๆ (Mazorra-Manzano et al., 2000) เกิดการสะสมสารประกอบต่างๆที่ระเหยได้ในเนื้อปลาเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณต่างที่ระเหยได้นั้นมีผลต่อการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค เนื่องจากทำให้เกิดกลิ่นรสที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย (สวามินี อธิระวุฒิ, 2554; Ozyrut et al, 2012) สอดคล้องกับการศึกษาของ Zhou et al (2011) ที่พบว่าปลา puffer fish (*Takifugu obscurus*) ที่เก็บรักษาด้วยน้ำแข็ง น้ำแข็งอิเล็กทรอนิกส์ และน้ำแข็งผสมโคโตซานและ Hernandez et al. (2009) พบว่า ปลา *Argyrosomus regius* ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งมีปริมาณ TVB-N สูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานเช่นกัน

อย่างไรก็ตามเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในหุตุการทดลอง ICE0 มีปริมาณ TVB-N สูงที่สุด รองลงมาคือ L500, L507, L512 และ L517 ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์มีปริมาณ TVB-N สูงกว่าตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่หุตุการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 โดยเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในหุตุการทดลอง L517 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าหุตุการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ L512, L507, L500 และ ICE0 ตามลำดับ เกิดจากการที่ผู้ใช้มีการแพร่ผ่านเยื่อหุ้มผนังเซลล์ ทำให้เซลล์จุลินทรีย์เสียหาย การนำเข้ากรดอะมิโนเพื่อการเจริญลดลง ดังนั้นจุลินทรีย์จึงเจริญได้ช้าลงและการสร้างเอนไซม์ของจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการย่อยสลายโครงสร้างต่าง ๆ ของปลา มีน้อยลง ทำให้ปริมาณต่างที่ระเหยได้เกิดน้อยลงตามไปด้วย และความเย็น

จากน้ำแข็งยังช่วยชะลอการทำงานของกระบวนการเน่าเสียของปลาเห็ดโคนให้เกิดช้าลงอีกทางหนึ่งเช่นกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xiao et al. (2017) ที่พบว่าหมึกที่เก็บรักษาด้วยน้ำแข็งอิเล็กทรอนิกส์ไลต์ และ Zhou et al (2011) ที่พบว่า puffer fish (*Takifugu obscurus*) ที่เก็บรักษาด้วยน้ำแข็งอิเล็กทรอนิกส์ไลต์ รวมทั้ง Garcia-Soto et al (2011) ที่พบว่า ปลา European hake (*Merluccius merluccius*) ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติกและกรดซิตริกช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา ช่วยลดการเกิดการย่อยสลายโปรตีน ทำให้เกิดเป็นต่างที่ระเหยได้น้อยกว่าการเก็บรักษาด้วยน้ำแข็งธรรมดา

หากพิจารณาจากปริมาณ TVB-N ที่สามารถบ่งบอกคุณภาพของสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำปรุงสุกที่มีคุณภาพดีควรมีปริมาณ TVB-N ไม่เกิน 30 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัม ตัวอย่าง (Gökodlu, 1998) ทำให้เนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง L517 และ L512 มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 18 วัน ในขณะที่ L507 และ L500 มีอายุการเก็บรักษาคือ 16 และ 14 วัน ตามลำดับ ขณะที่ ICE0 เก็บได้นาน 10 วัน

1.1.3 ปริมาณไตรเมทิลามีน (TMA-N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาปริมาณ TMA-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในชุดการทดลองมีค่าระหว่าง 0.33 ± 0.01 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง แสดงว่าเนื้อปลาเห็ดโคนต้มมีคุณภาพดี โดยทั่วไปปลาที่มีคุณภาพดีมีปริมาณ TMA-N ระหว่าง 5-10 มิลลิกรัมไนโตรเจน/ 100 กรัมตัวอย่าง และซึ่งปริมาณ TMA-N นั้นเมื่อมีมากขึ้นทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่าในปลามากขึ้น (El Marrackchi et al., 1990) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวันที่ 2 จนถึงวันที่ 12 ของการเก็บรักษาสำหรับเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ ได้แก่ ICE0 และหลังจากวันที่ 2 จนถึงวันที่ 26 ของการเก็บรักษาของเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ L500 (กรดแล็กติก 0.050%) L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%) L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) มีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เพราะเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาที่นานขึ้นเกิดการเน่าเสียมากขึ้นโดยสารประกอบที่ไมไซโปรตีนในปลา เช่น ไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (TMAO) ที่ทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากตัว (Water logout) ในขณะที่ปลายังมีชีวิตอยู่ แต่เมื่อปลาตายลง จุลินทรีย์บางกลุ่มสร้างเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนออกซิเดส (trimethylamine oxidase) เพื่อย่อยสลาย TMAO แล้วได้ผลิตภัณฑ์เป็นไตรเมทิลเอมีน (TMA) ทำให้เมื่อการเน่าเสียเกิดมากขึ้นจึงมีการสะสมของปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้น ผลการทดลองครั้งนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการศึกษาของ Hernandez et al. (2009) ที่พบว่าปลา meagre (*Argyrosomus regius*) ที่เก็บรักษาโดยใช้น้ำแข็งมีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาการเก็บรักษา

และงานวิจัยของ Bahmani et al (2011) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลา golden grey mullet (*Liza aurata*) ระหว่างการแช่เย็น พบว่าปริมาณ TMA-N มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาเช่นกัน

ขณะที่เนื้อปลาเห็ดโคนต้มในชุดการทดลอง ICE0 มีปริมาณ TMA-N สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ L500, L507, L512 และ L517 โดยเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์มีปริมาณ TMA-N สูงกว่าตัวอย่างที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 อย่างไรก็ตามเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง L517 มีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นเวลา 26 วัน รองลงมาได้แก่ L512, L507, L500 และ ICE0 ตามลำดับ เกิดจากสมบัติความเป็นกรดของทั้งกรดแล็กติกและซิตริก ที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ aerobes, anaerobes, psychrotrophs, proteolytic bacteria และ Enterobacteriaceae (García-Soto, et al., 2013) อีกทั้งสมบัติการเป็น chelator ของกรดซิตริกที่จับกับโลหะทำให้ชะลอการทำงานของเอนไซม์บางส่วนที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น (Badii & Howell, 2002; Kilinc et al., 2009) ทำให้ลดการเกิดการเปลี่ยน TMAO ให้เป็น TMA-N เมื่อความเข้มข้นของกรดที่ใช้มากขึ้นประสิทธิภาพในการชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N ยิ่งเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Sanjuás-Rey et al. (2012b) ที่นำปลา mackerel (*Scomber scombrus*) มาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติกและกรดซิตริก พบว่าสามารถชะลอการเพิ่มปริมาณ TMA-N ได้ดีกว่าการใช้น้ำแข็งธรรมดา รวมทั้ง Sanjuás-Rey et al. (2011) พบว่าปลา horse mackerel ที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ (กรดซิตริก, กรดแล็กติก และกรดแอสคอร์บิก) มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าการแช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรด

1.2 คุณภาพทางกายภาพ

1.2.1 การสูญเสียน้ำหนัก

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในวันที่ 2 ของการเก็บรักษา มีค่าร้อยละ 1.93 – 2.01 และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานขึ้นการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์และที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ กัน มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาการย่อยสลายตัวเอง (autolysis) จากเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในสัตว์น้ำ และการเน่าเสียจากจุลินทรีย์ที่มีการสร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายโครงสร้างต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกิดการย่อยโปรตีนทำให้โปรตีนมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ลดลง น้ำ และสารอาหารต่างๆ ที่เคยยึดจับกับโปรตีนเกิดการคลายตัวออกและถูกปลดปล่อยออกมาทำให้น้ำหนักของสัตว์น้ำลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (นิอร โฉมศรี, 2555; Ocano-Higuera et al., 2011) ซึ่งให้ผลการ

ทดลองเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Zhang et al. (2015) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ที่เก็บรักษาด้วยน้ำแข็งอิเล็กทรอนิกส์ภายใต้บรรจุภัณฑ์ตัดแปลงบรรยากาศ พบว่าการใช้น้ำแข็งอิเล็กทรอนิกส์กับบรรจุภัณฑ์ตัดแปลงบรรยากาศช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ซึ่งสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีนของเนื้อกุ้งขาวได้

1.2.2 ค่าสี (L^* , a^* , b^*)

เมื่อเก็บรักษาเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในทุกชุดการทดลองทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์และที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ กัน เป็นระยะเวลาเวลานานขึ้นค่า L^* (ค่าความสว่าง) a^* (ค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว) และ b^* (ค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน) ของเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในทุกชุดการทดลอง มีค่า L^* ลดลง ส่วนค่า a^* และ b^* นั้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลานานขึ้นปลาเห็ดโคนเน่าเสียโดยโปรตีนที่เคยจับกับรงควัตถุให้สีในปลาเกิดการย่อยสลายจากเอนไซม์ในตัวปลาเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ทำให้เกิดการปลดปล่อยรงควัตถุ และยังเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของโปรตีน haemoglobin และ myoglobin (Chaijan et al., 2005) รวมทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อปลาซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีในเนื้อปลาด้วย (Richards et al., 2002) ทำให้เนื้อปลาที่มีสีขาวอมเหลืองถึงขาวอมน้ำตาลมากขึ้น เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hernandez et al. (2009) พบว่าค่าสี b^* ของเนื้อปลา meagre (*Argyrosomus regius*) มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าสี L^* ลดลงตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะการแช่เย็นเป็นเวลา 18 วัน และ Kachele et al. (2017) ที่พบว่าค่าสี b^* ของเนื้อปลา silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าสี L^* ลดลงตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะการแช่เย็นเป็นเวลา 14 วัน รวมทั้ง Ocano-Higuera et al. (2011) ที่ศึกษาผลของการนำปลา ray fish (*Dasyatis brevis*) ไปแช่เย็นต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลา พบว่า ปลา ray fish มีการเปลี่ยนแปลงค่าสี a^* และ b^* โดยเนื้อปลาที่มีสีน้ำตาลมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นระยะเวลาเวลานานขึ้น

อย่างไรก็ตามเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่มีการแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์มีค่า L^* มากกว่า และค่า a^* และ b^* น้อยกว่าชุดการทดลองที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ โดยเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในชุดการทดลอง L 517 มีค่า L^* มากกว่า และค่า a^* และ b^* น้อยกว่าชุดการทดลองอื่นตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา กรดแล็กติกและกรดซิตริกที่ความเข้มข้นมากขึ้นช่วยลดการเจริญของแบคทีเรียได้มากขึ้น การสลายตัวของโปรตีนโดยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นก็ลดลงตามไปด้วย โดยกรดทั้งสองชนิดสามารถละลายเข้าไปในไขมันที่บริเวณผนังเซลล์ของแบคทีเรียได้ เมื่อกรดเข้าไปอยู่ในไซโตพลาสซึมของแบคทีเรียแล้วกรดเกิดการแตกตัวแล้วให้ไฮโดรเจนไอออนและไอออนบวก (Booth and Kroll, 1989) ทำให้แบคทีเรียพยายามขับไฮโดรเจนไอออนที่มีมากเกินไปออกมาเพื่อรักษาสมดุลของเซลล์ส่งผลให้การเจริญของแบคทีเรียเกิดช้าลง (Gould, 1996) และ

กรดซิตริกยังเป็น chelating agent ที่ช่วยลดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของค่าสี L^* , a^* และ b^* จึงเกิดน้อยกว่า เช่นเดียวกับ Sanjuás-Rey et al. (2012a) ได้ศึกษาการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปลา hake (*Merluccius merluccius*), ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และปลา angler (*Lophius piscatorius*) ด้วยการแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ (กรดแกล็กติก กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก) พบว่า ปลาที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้ากว่าการแช่ในน้ำแข็งธรรมดา

1.2.3 ค่าแรงเหวี่ยง

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ค่าแรงเหวี่ยงของเนื้อปลาเห็ดโคนต้มมีค่าระหว่าง 0.50-0.57 g.force และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นทำให้ค่าแรงเหวี่ยงของเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในทุกชุดการทดลองทั้ง ICE0 (แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) รวมทั้งเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ กัน ต่างก็มีค่าแรงเหวี่ยงลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น เนื่องจากโปรตีนในปลาเห็ดโคนถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในตัวปลาและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น โดยโครงสร้างของโปรตีนและไมโอไฟบริลลาโปรตีนถูกย่อยสลายเป็นเปปไทด์สายสั้น รวมทั้งกรดอะมิโน ส่งผลให้กล้ามเนื้อไม่ยืดหยุ่นและเกิดความอ่อนนุ่ม (Ocaño-Higuera et al., 2009) เมื่อนำเนื้อปลาเห็ดโคนมาวัดค่าแรงเหวี่ยงจึงมีค่าน้อยลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Zhou et al. (2011) ที่พบว่าค่าความยืดหยุ่น (firmness) ของเนื้อปลา obscure puffer fish (*Takifugu obscurus*) ที่แช่ในน้ำแข็งและน้ำแข็งอิเล็คโทรไลต์นั้นมีความยืดหยุ่นของเนื้อลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เช่นเดียวกับ Hernandez et al. (2009) พบเช่นกันว่าเนื้อปลา meagre (*Argyrosomus regius*) ที่เก็บรักษาด้วยการแช่เย็นในน้ำแข็งมีค่าเนื้อสัมผัส gumminess ลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นเช่นกัน

อย่างไรก็ตามเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในชุดการทดลอง ICE0 มีค่าแรงเหวี่ยงน้อยกว่าเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 เนื่องจากกรดช่วยลดการเจริญของจุลินทรีย์ เมื่อจุลินทรีย์เจริญเข้าลงการสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยสลายสารและธาตุอาหารต่างๆ ที่มีในเนื้อปลาจึงเกิดน้อยลงตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรตีนไมโอไฟบริลลาที่ช่วยให้เกิดความยืดหยุ่นในเนื้อสัตว์น้ำ (Chaijan et al., 2005) มีการเสื่อมสภาพช้าลง เนื้อปลาจึงยังคงมีความยืดหยุ่นสูงทำให้ต้องใช้แรงเหวี่ยงจากใบมีดตัดลงไปบนชิ้นเนื้อปลามากกว่าเนื้อปลาในชุดการทดลอง ICE0 สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Zhou et al. (2011) พบว่าปลา obscure puffer fish (*Takifugu obscurus*) ที่แช่ในน้ำแข็งอิเล็คโทรไลต์มีค่าความยืดหยุ่น (firmness) สูงกว่าน้ำแข็งธรรมดาและ Xu et al. (2014) ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของปลา American shad (*Alosa sapidissima*) ที่แช่ในน้ำเย็น

อิเล็กทรอนิกส์ พบว่าการนำปลาแช่ในน้ำแข็งอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยรักษาความแน่นของเนื้อปลาได้ใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น โดยมีค่าเนื้อสัมผัส hardness, springiness และ chewiness มากกว่าการเก็บรักษาในน้ำแข็งธรรมดา

1.3 คุณภาพทางกายจุลชีววิทยา

1.3.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TVC)

สำหรับเนื้อปลาเห็ดโคนต้มในชุดการทดลอง ICE0 (แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์) รวมถึงเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลาสั้นขึ้นเนื่องจากจุลินทรีย์ที่อาจปนเปื้อนในแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ ระหว่างการจับหรือการขนส่งมีการสร้างเอนไซม์เพื่อไปย่อยสลายองค์ประกอบต่างๆ ในปลาเพื่อนำสารอาหารต่างๆ มาใช้ในการเจริญและการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเกิดมากขึ้นทำให้ปลาเกิดการเน่าเสียมากขึ้นแม้จะแช่ในน้ำแข็ง หรือน้ำแข็งผสมกรด ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียในสัตว์น้ำคือกลุ่มแบคทีเรียแกรมลบ ที่ยังคงสามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ (Gram & Huss, 1996) เช่นเดียวกับงานของ Bahmani et al (2011) ที่พบว่าปลา golden grey mullet (*Liza aurata*) ระหว่างการแช่เย็นมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาและการศึกษาของ Li et al. (2012b) พบว่าปลา crucian carp (*Carassius auratus*) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ขณะเดียวกันเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ รวมทั้งเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง L517 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด ตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ L512, L507, L500 และ ICE0 ตามลำดับ เพราะสมบัติความเป็นกรดของน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์มีผลต่อการรักษาสสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ลดการนำเข้ากรดอะมิโนเพื่อการเจริญ จึงเป็นการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ aerobes, anaerobes, psychrotrophs, proteolytic bacteria และ Enterobacteriaceae (García-Soto et al., 2013) รวมทั้งกรดซिटริกยังมีสมบัติการเป็น chelating agent ทำให้สามารถจับโลหะที่เป็นองค์ประกอบในชั้นของ lipopolysaccharide (LPS) ที่ผนังเซลล์ของแบคทีเรียทำให้เกิดการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาภายนอกจุลินทรีย์จึงตายลง (Badii & Howell, 2002; Kilinc et al., 2009) อีกทั้งการละลายของน้ำแข็งผสมกรดลดการเกิดเมือกที่เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ได้ จึงทำให้จุลินทรีย์มีการเจริญได้ช้าหรือตายลง สอดคล้องกับ García-Soto et al. (2013) พบว่า ปลา hake แช่เย็น (*Merluccius*

merluccius) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดซิตริกผสมกรดแล็กติก และ Sanjuás-Rey et al. (2012a) ที่พบว่าปลา hake (*Merluccius merluccius*), ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และ ปลา angler (*Lophius piscatorius*) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดซิตริก กรดแล็กติกและกรดแอสคอร์บิก มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าและค่อยเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาแตกต่างกับตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงกว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

หากใช้เกณฑ์มาตรฐานของกองควบคุมอาหาร (2552) ที่กำหนดให้อาหารทะเลปรุงสุกต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6.0 log CFU/g มาใช้ในการกำหนดอายุการเก็บรักษาของเนื้อปลาเห็ดโคนต้มเห็นได้ว่าผลการศึกษารัชนี ชุมการทดลองเหมาะสมในการชะลอการเสื่อมคุณภาพทางจุลชีววิทยา คือ การแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง L517 และ L512 ซึ่งสามารถเก็บรักษาได้นานที่สุดคือ 18 วัน รองลงมาได้แก่ L507 และ L500 ซึ่งเก็บได้นาน 16 และ 14 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ ICE0 เก็บได้เพียง 10 วัน

1.3.2 โคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli*

ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อปลาเห็ดโคนต้มทุกชุดการทดลองทั้งตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์และแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นของกรดแตกต่างกันนั้นไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* เนื่องจากการเตรียมตัวอย่างสำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเนื้อปลาเห็ดโคนไปนึ่งด้วยไอน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีผลทำให้โปรตีนและเอนไซม์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของกลไกการทำงานต่างๆ ภายในเซลล์จุลินทรีย์ถูกทำลาย ดังนั้นจุลินทรีย์จึงตายลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ferreira et al. (2007) พบว่าในกระบวนการผลิตอาหารทะเลพร้อมบริโภคในประเทศบราซิลที่เหมาะสมต่อลดความเสี่ยงจากอันตรายของโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* ที่ปนมาในอาหารคือ การปรุงสุกที่อุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส โดยปกติแล้วโคลิฟอร์มแบคทีเรีย รวมทั้ง *E. coli* สามารถเจริญที่ 4 - 60 องศาเซลเซียส (พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล, 2547)

เมื่อพิจารณาถึงการตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรคทั้งโคลิฟอร์มแบคทีเรีย และ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 26 วัน แสดงให้เห็นว่าไม่เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรสดังกล่าวในเนื้อปลาเห็ดโคนต้มทุกชุดการทดลองตลอดเวลาที่เก็บรักษา ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอาหารทะเลแปรรูปที่สามารถบริโภคได้โดยไม่มีอันตรายของโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* นั้นการตรวจพบโคลิฟอร์มแบคทีเรียและ *E. coli* ต้องไม่เกิน log 2 CFU/กรัม (10² CFU/กรัม) (Food Safety Authority of Ireland, 2001) ซึ่งหากร่างกายได้รับโคลิฟอร์มแบคทีเรียในจำนวนมากเกินที่กำหนดทำให้เกิดอาการท้องเดินอย่างรุนแรง ปวดศีรษะ มีไข้และหนาวสั่น ซึ่งอาการดังกล่าวมักเกิดขึ้นภายในเวลา 24 ชั่วโมง หลังได้รับเชื้อ (มัทนา แสงจินดาวงษ์, 2548)

1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

1.4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาสำหรับตัวอย่างทุกชุดการทดลองทั้งตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์และแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นของกรดแตกต่างกันนั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลักษณะปรากฏมากที่สุดคือ 9.00 คะแนน โดยเนื้อปลาเห็ดโคนสุกมีเนื้อสีขาว เป็นมันเงาเล็กน้อย เมื่อปลาเห็ดโคนถูกเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนลักษณะปรากฏของเนื้อปลาเห็ดโคนสุกทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง เนื่องจากเอนไซม์ในตัวปลาและเอนไซม์จากจุลินทรีย์ย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนใน ดังนั้นโปรตีนในเนื้อปลาจึงมีโครงสร้างเล็กลงจากเดิมเป็นที่เป็นโพลีเปปไทด์กลายเป็น เปปไทด์สายสั้นลง ไตเปปไทด์และกรดอะมิโน รวมทั้งโปรตีนไมโอไฟบริลลาถูกย่อยสลายด้วย ทำให้เนื้อปลามีสีขาวอมเหลือง และสีขาวอมน้ำตาลมากขึ้น และมีเมือกเคลือบบริเวณผิวของเนื้อปลา รวมทั้งเกิดการเปื่อยยุ่ยของเนื้อปลาในวันท้าย ๆ ของการเก็บรักษา ซึ่งให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับการศึกษาของ Hernandez et al. (2009) ที่พบว่าเนื้อปลา meagre (*Argyrosomus regius*) ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งมีระดับคะแนนด้านลักษณะปรากฏน้อยลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา รวมทั้ง สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน (2561) พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยมีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏสูงในวันแรกและคะแนนน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษานานขึ้น

ในส่วนของเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏสูงกว่าเนื้อปลาเห็ดโคนสุกที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ รวมทั้งเนื้อปลาเห็ดโคนสุกที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง L517 และ L512 มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏสูงที่สุดไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ L507, L500 และ ICE0 ตามลำดับ เนื่องจากยิ่งใช้กรดความเข้มข้นสูงทำให้ประสิทธิภาพในการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ลดลง โปรตีนรวมทั้งรงควัตถุต่างๆ เสื่อมสภาพช้าลง ทั้งยังช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงสีในเนื้อปลาได้ (Gould, 1996) สอดคล้องกับ García-Soto et al. (2013) ที่พบว่าเนื้อปลา hake (*Merluccius merluccius*) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ (กรดแล็กติก กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิก) มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏมากกว่าเนื้อปลาที่แช่ในน้ำแข็ง

1.4.2 กลิ่น

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาสำหรับตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์และตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นของกรดแตกต่างกันนั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบกลิ่นมากที่สุดคือ 9.00 คะแนน โดยเนื้อปลาเห็ดโคนสุกมีกลิ่นหอมหวานตามธรรมชาติ ความเข้มของกลิ่นชัดเจน ทั้งนี้เมื่อเก็บรักษาปลาเห็ดโคนในน้ำแข็งเป็นเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบกลิ่นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง โดยเนื้อปลามีกลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นคาว ซึ่งกลิ่นผิดปกติที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อปลาเกิดการเน่าเสียโดยเอนไซม์ในตัวปลาเอง (autolysis) และจากจุลินทรีย์ (bacterial spoilage) มีการสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายโปรตีนเพื่อใช้สารต่างๆ ในการเจริญและแบ่งเซลล์ทำให้ได้เป็นสารประกอบกลุ่ม TVB-N ได้แก่ แอมโมเนีย, ไตรเมทิลเอมีน (TMA - N), ไดเมทิลเอมีน (DMA), เมทิลเอมีน (Methylamine) และสารประกอบไนโตรเจนที่ระเหยได้เพิ่มมากขึ้น จึงเกิดกลิ่นผิดปกติที่มีความรุนแรงมากขึ้น เช่น กลิ่นแอมโมเนีย กลิ่นคาว กลิ่นเหม็นเน่า (Kusuma and Teerawut, 2014) รวมทั้งการที่ไขมันในกลุ่มไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ในเนื้อปลาถูกย่อยสลายโดยไลโปไลติกเอนไซม์ต่างๆ เช่น เอนไซม์ไลเปส (lipase) ทำให้ได้เป็นกรดไขมันอิสระซึ่งมีโมเลกุลสั้นจึงเกิดการระเหยได้ง่าย ส่วนไขมันอื่นนอกจากไตรกลีเซอไรด์ เช่น กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ที่พบมากในเนื้อปลายังเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนแล้วได้เป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ อัลดีไฮด์และคีโตนชนิดต่างๆ (ชาตรี เอี้ยพิณ และ ภาราไต แจ่มจำรูญ, 2550) ที่เป็นสาเหตุของกลิ่นหืนและกลิ่นเหม็นเน่า เช่นเดียวกับงานวิจัยของ สวามินี ธีระวุฒิ และปญญูทร์ ขวัญอ่อน (2561) พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ทั้งที่แช่ในน้ำแข็งและน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยโทมอลมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น รวมทั้ง Bahmani et al. (2011) พบว่าปลา golden grey mullet (*Liza aurata*) ได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นลดลงเมื่อเก็บรักษาในตู้เย็นเป็นเวลานานขึ้น

การทดลองในครั้งนี้ยังพบว่าเนื้อปลาเห็ดโคนสุกที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 มีคะแนนความชอบกลิ่นมากกว่าเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ รวมทั้งเนื้อปลาเห็ดโคนสุกที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง L517 และ L512 มีคะแนนความชอบกลิ่นสูงที่สุดไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ L507, L500 และ ICE0 ตามลำดับ เนื่องจากกรดแพร่ผ่านไปเซลล์จุลินทรีย์แล้วแตกตัวให้อิออนทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ (Booth and Kroll, 1989) จึงช่วยลดการเกิดกลิ่นเหม็นเน่า กลิ่นแอมโมเนีย จากการที่จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ไปย่อยสลายสารอาหารต่างๆ ในเนื้อปลาได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ

García-Soto et al. (2013) ที่ศึกษาผลของการแช่เย็นในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ต่อคุณภาพของปลา hake (*Merluccius merluccius*) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของเนื้อปลาที่แช่เย็นในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์สูงกว่าเนื้อปลาที่แช่เย็นในน้ำแข็ง และ Sanjuás-Rey et al. (2012a) ที่พบว่าปลา hake (*Merluccius merluccius*), ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และปลา angler (*Lophius piscatorius*) ที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นสูงกว่าเนื้อปลาที่แช่ในน้ำแข็ง

1.4.3 รสชาติ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษานั้นเนื้อปลาเห็ดโคนสุกทั้งที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์และที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นของกรดแตกต่างกัน ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรสชาติมากที่สุดคือ 8.80-9.00 คะแนน โดยเนื้อปลาเห็ดโคนสุกมีรสหวานตามธรรมชาติ และเมื่อเก็บรักษาปลาเห็ดโคนในน้ำแข็งเป็นเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบรสชาติลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลองเช่นกัน เนื่องจากเนื้อปลามีรสหวานน้อยลง เปลี่ยนเป็นจืด ไม่มีรสชาติรวมทั้งมีรสฝาดเพิ่มขึ้น โดยเกิดการเน่าเสียจากเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวปลาและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นไปย่อยสลายโปรตีนและกรดอะมิโนอิสระที่ทำให้รสหวานในเนื้อปลา ได้แก่ กรดอะมิโนแอสพาร์ติก กรดอะมิโนอะลานีนและกรดอะมิโนไกลซีน รวมทั้งกรดกลูตามิกที่ให้รสอร่อย (Ozden, 2005) ถูกทำลายลง ทำให้เกิดการปลดปล่อยเป็นกรดอะมิโนอิสระอาร์จินีนที่ทำให้เกิดรสขมฝาด ดังนั้นเมื่อเนื้อปลาที่มีความหวานลดลง มีรสฝาดจึงทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านรสชาติลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับ สวามิณี ธีระวุฒิ และปฎิยุทธ์ ขวัญอ่อน (2561) พบว่ากุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ทั้งตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหย และ งานวิจัยของ Xu et al. (2014) พบว่าปลา American shad (*Alosa sapidissima*) ที่แช่ในชุดการทดลองควบคุม และชุดการทดลองที่เป็นน้ำเย็นอิเล็กโทรไลต์และน้ำเย็นอิเล็กโทรไลต์ที่ผสมไคโตซาน ต่างก็มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติน้อยลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษาเช่นกัน

การทดลองในครั้งนี้ยังพบว่าเนื้อปลาเห็ดโคนสุกที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 มีคะแนนความชอบรสชาติมากกว่าเนื้อปลาเห็ดโคนสุกที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ รวมทั้งเนื้อปลาเห็ดโคนสุกที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง L517 และ L512 มีคะแนนความชอบรสชาติมากที่สุดไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ L507, L500 และ ICE0 ตามลำดับ เนื่องจากกรดแล็กติกและกรดซิตริกที่มีในน้ำแข็งไปมีผลต่อการรักษาสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์เจริญช้าลง (García-Soto et al., 2013) และการเป็น chelating agent ของกรดซิตริกยังช่วยจับโลหะที่เป็นองค์ประกอบในชั้นของ lipopolysaccharide (LPS) ที่

ผนังเซลล์ของแบคทีเรียทำให้เกิดการปลดปล่อยสารในเซลล์ออกมาภายนอกจุลินทรีย์จึงตายลง (Badii & Howell, 2002; Kilinc et al., 2009) จึงช่วยชะลอการเน่าเสียทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรสชาติน้อยลงตามไปด้วย สอดคล้องกับการศึกษาของ García-Soto et al. (2014) ที่พบว่า การนำปลา European hake (*Merluccius merluccius*) และปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) มาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติกและกรดซิตริกช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติได้ดีกว่าการแช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรด

1.4.4 เนื้อสัมผัส

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาสำหรับตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์และตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นของกรดแตกต่างกันนั้น ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสมากที่สุดคือ 9.00 คะแนน โดยเนื้อปลาเห็ดโคนสุกมีความยืดหยุ่น ทั้งนี้เมื่อเก็บรักษาปลาเห็ดโคนในน้ำแข็งเป็นเวลานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกชุดการทดลอง โดยเนื้อปลานิ่มและมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นเนื้อปลาเห็ดโคนมีการเน่าเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกิดการสลายตัวของโปรตีนคอลลาเจน และไมโอไฟบริลลาโปรตีนที่ช่วยทำให้เกิดการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อในปลาขณะที่ยังมีชีวิตอยู่และทำให้เกิดความยืดหยุ่นรวมถึงความแน่นเนื้อเมื่อบริโภค รวมทั้งโปรตีนสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำทำให้ความยืดหยุ่นของเนื้อสัมผัสและความชุ่มน้ำของเนื้อปลาน้อยลงตามไปด้วย ผู้ทดสอบจึงให้คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสน้อยลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bahmani et al. (2011) พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสของปลา golden grey mullet (*Liza aurata*) ที่เก็บรักษาโดยการแช่ในน้ำแข็งลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

อีกทั้งในส่วนของเนื้อปลาเห็ดโคนต้มที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ชุดการทดลอง L500, L507, L512 และ L517 มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏสูงกว่าเนื้อปลาเห็ดโคนสุกที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ รวมทั้งเนื้อปลาเห็ดโคนสุกที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในชุดการทดลอง L517 และ L512 มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏสูงที่สุดไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา รองลงมาได้แก่ L507, L500 และ ICE0 ตามลำดับ เนื่องจากชุดการทดลองที่ใช้น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์นั้นมีการชะลอการเน่าเสียโดยกรดแล็กติกและกรดซิตริกสามารถชะลอระบบเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์จึงช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ทำให้การสลายตัวของโปรตีนเกิดน้อยลง ความสามารถจับกับน้ำของโปรตีนยังมีอยู่ ทำให้เนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์จึงยังมีการอุ้มน้ำและมีความยืดหยุ่นดีกว่า ICE0 เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sanjuás-Rey et al (2012a) พบว่าเนื้อสัมผัสของปลา hake (*Merluccius merluccius*) ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และ ปลา angler (*Lophius piscatorius*) ที่แช่เย็นใน

น้ำแข็งผสมกรดซิตริกและวิตามินซีมีการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งธรรมดา รวมทั้ง García-Soto et al. (2013) ที่พบว่าการนำปลา hake (*Merluccius merluccius*) มาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสได้ดีกว่าการแช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรด

จากคะแนนระดับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส แสดงให้เห็นว่าการนำปลาเห็ดโคนมาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในการทดลอง L517 และ L512 มีคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทั้ง 4 คุณลักษณะมากกว่าชุดการทดลองอื่นๆ เนื่องจากการใช้กรดอินทรีย์ในปริมาณมากขึ้นมีผลต่อการชะลอการเน่าเสียทำให้เนื้อปลาเห็ดโคนยังเป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ อย่างไรก็ตามระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์อันได้แก่ กรดแล็กติก และกรดซิตริกของการทดลองในครั้งนี้อาจมีความแตกต่างกับงานวิจัยชิ้นอื่นๆ โดยเกิดจากหลายปัจจัยเช่น ระดับกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกิดการย่อยสลายตัวเองในสัตว์น้ำ (Scott, Fletcher & Hogg, 1986) ชนิดของจุลินทรีย์กลุ่มหลักที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสีย (Ryder, Buisson & Scott, 1984) ลักษณะทางชีวภาพ เคมีกายภาพ (bio-physiochemical properties) ของสัตว์น้ำ และสภาวะการเก็บรักษา (Hanna, 1992) สารเคมีที่ใช้และวิธีการแช่เย็นเพื่อการชะลอการเสื่อมคุณภาพนั้นมีความแตกต่างกันไป ทำให้ได้ผลการวิจัยเรื่องความเหมาะสมของระดับความเข้มข้นและชนิดของกรดอินทรีย์สำหรับสัตว์น้ำแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป เช่น García-Soto et al. (2014) ที่พบว่าการนำปลา European hake (*Merluccius merluccius*) และปลา Megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) มาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.05% และกรดซิตริก 0.125% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้เป็นอย่างดี ในขณะที่ Sanjuás-Rey et al. (2012a) พบว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสของปลา hake (*Merluccius merluccius*) ปลา megrim (*Lepidorhombus whiffiagonis*) และ ปลา angler (*Lophius piscatorius*) ที่แช่เย็นในน้ำแข็งผสมสารละลายกรดอินทรีย์ผสมระหว่างกรดแอสคอร์บิก กรดซิตริกและกรดแล็กติก 800 mg/kg (1 meq of each acid/120 mg product solution) มีการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงกว่าตัวอย่างที่แช่ในน้ำแข็งธรรมดา ส่วน García-Soto et al. (2013) พบว่าการนำปลา Hake (*Merluccius merluccius*) มาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดซิตริก 0.175% และกรดแล็กติก 0.050% ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสได้ดีกว่าการแช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรด

เมื่อพิจารณาภาพรวมจากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ภายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ (ICEO) และแช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์ (L500, L507, L512 และ L517) นั้น แสดงให้เห็นว่าการนำปลาเห็ดโคนมาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) ช่วยรักษาคุณภาพของเนื้อปลาเห็ดโคนได้ดีที่สุด รวมทั้งการนำปลาเห็ดโคนมาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ในทุกระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในการทดลองครั้งนี้ไม่ว่าจะเป็น L500 (กรดแล็กติก 0.050%) L507 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%) L512 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%) และ L517 (กรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%) ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี ภายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของเนื้อปลาเห็ดโคนได้ดีกว่าการแช่ในน้ำแข็งธรรมดา ICEO (น้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์)

การพิจารณาเพื่อกำหนดอายุการเก็บรักษาสำหรับเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งในการทดลองนี้พิจารณาจากการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่เป็นคะแนนระดับการยอมรับกลับที่มีคะแนนน้อยกว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่นๆ (ลักษณะปรากฏ, รสชาติและเนื้อสัมผัส) ระดับต่ำกว่า 5 คะแนน ซึ่งความสามารถรับรู้ถึงความผิดปกติด้านกลิ่นของมนุษย์เกิดขึ้นเร็วกว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านอื่น ดังนั้นจึงสามารถใช้ในการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นในผลิตภัณฑ์ในการบ่งบอกคุณภาพและอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้ (Coban et al, 2012) ประกอบกับผลการทดลองครั้งนี้การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาในด้านจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เกินมาตรฐาน (มากกว่า $6 \log \text{CFU/g}$) เกิดขึ้นช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงด้านประสาทสัมผัส โดย L517 มีอายุการเก็บรักษามากที่สุดคือ 16 วัน รองลงมาคือ L512, L507 และ L500 ซึ่งมีอายุการเก็บรักษา 14, 14 และ 12 วัน ตามลำดับ ขณะที่ ICEO เก็บได้นาน 8 วัน

2. ผลของระยะเวลาการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์ต่อคุณภาพของปลาเห็ดโคน

2.1 คุณภาพทางเคมี

เมื่อเก็บรักษาปลาเห็ดโคนในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์เป็นเวลานานขึ้นมีการสลายตัวของโปรตีน รวมถึงสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนจากเอนไซม์ในตัวปลาเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ทำให้ได้สารประกอบ amine, trimethylamine, dimethylamine และ Ammonia ที่ให้คุณสมบัติเป็นต่างเพิ่มมากขึ้น (Kim et al., 2006; Li et al., 2012b) ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของปลาเห็ดโคนที่ตรวจวัดได้มีค่ามากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ TVB-N และ TMA-N ที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดย TVB-N และ TMA-N มีความสัมพันธ์กับ

การเน่าเสียที่เกิดจาก proteolytic bacteria ทำให้ทั้งค่าความเป็นกรดต่าง TVB-N และ TMA-N มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน (Rodríguez et al., 2004)

2.2 คุณภาพทางกายภาพ

เนื้อปลาเห็ดโคนมีการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นระหว่างการเก็บรักษา ส่วนค่าสี L^* ที่ลดลง ค่าสี b^* มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ค่าแรงเฉือนและค่าสี a^* ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 วัน เกิดจากเอนไซม์จากทั้งในตัวปลาและที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเกิดการย่อยสลายและทำให้องค์ประกอบต่างๆ ในปลาเห็ดโคนเสื่อมสลายและเสื่อมสภาพ เช่น ทำให้เกิดการสูญเสียสภาพของโปรตีนไมโอไฟบริลลาร์ทำให้โปรตีนจับกับโมเลกุลน้ำลดลง น้ำบางส่วนถูกปลดปล่อยออกมา (นิอร โฉมศรี, 2555, Hamm., 1986) รวมทั้งโปรตีนที่เสื่อมสภาพนั้นทำให้มีความยืดหยุ่นน้อยลง (Olafsdottir et al., 2014) และยังเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของโปรตีน haemoglobin และ myoglobin (Chaijan et al., 2005) รวมทั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อปลาซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีในเนื้อปลาด้วย (Richards et al., 2002) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีการเก็บรักษาตัวอย่างปลาเห็ดโคนไว้ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ ซึ่งทั้งความเย็นและกรดอินทรีย์ที่เติมลงไปช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ ชะลอการทำงานของเอนไซม์ได้บางส่วน ทำให้โปรตีนรวมถึงไขมันบางส่วนยังไม่เกิดการเสื่อมสภาพทำให้ทั้งค่าแรงเฉือนและค่าสี a^* ค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 4 วัน

2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 4 ของการเก็บรักษาเนื้อปลาเห็ดโคนมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเกิดจากเอนไซม์ในตัวปลาและเอนไซม์จากจุลินทรีย์เกิดการย่อยสลายองค์ประกอบต่างๆ ในปลาเห็ดโคน เพื่อนำสารอาหารที่ได้มาใช้ในการเจริญและการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเกิดมากขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยจุลินทรีย์ก่อโรครกลุ่มหลักที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียในสัตว์น้ำที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียสส่วนใหญ่ได้แก่ แบคทีเรียแกรมลบ เช่น *Staphylococcus* spp. (Rantsiou et al., 2005) รวมทั้ง H_2S -producing bacteria, lactic acid bacteria, Enterobacter, Serratia รวมทั้ง Flavobacterium (Gram and Huss, 1996; Erkan, 2007; Dabadé et al., 2015)

2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

คะแนนความชอบของทุกคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ทั้งลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาเห็ดโคนสุกมีคะแนนความชอบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากเมื่อเก็บรักษานานขึ้นมีการเจริญของจุลินทรีย์มากขึ้นโดยจุลินทรีย์มีการสร้างเอนไซม์ออกมาเพื่อย่อยสลายสารอาหารต่างๆ ในเนื้อปลา เพื่อนำสารอาหารเหล่านั้นไปใช้ในการเจริญและแบ่งเซลล์ รวมทั้งเอนไซม์ที่มีอยู่แล้วในเนื้อปลาเห็ดโคนยังเกิดการย่อยสลายโปรตีน เมื่อโปรตีนถูกย่อยสลายส่งผลให้คุณสมบัติต่างๆ ของโปรตีนเปลี่ยนแปลงไปเช่นการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำและความยืดหยุ่น (Sriket et al., 2012) และการจับกันระหว่างโปรตีนและรงควัตถุให้สีลดลง การเสื่อมสภาพของกรดอะมิโนอิสระ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดอะมิโนอิสระที่ให้รสหวานในสัตว์น้ำมีมากขึ้น (Aristoy et al., 2010) การเกิดสารประกอบในกลุ่มที่ระเหยได้สูงขึ้น (Dabadé et al., 2015) อีกทั้งยังเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดไขมันในสัตว์น้ำมากขึ้น (ชาติรี เอี่ยมพิณ และ ภาราไธ แจ่มจำรูญ, 2550) ส่งผลให้เนื้อปลาเห็ดโคนเกิดลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ รวมทั้งเนื้อสัมผัสที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเน่าเสียเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา จนทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลดลง

เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองภาพรวมสำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสของปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175% ที่ระยะเวลาในการแช่แข็งแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าการนำปลาเห็ดโคนมาแช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175% มีการเน่าเสียมากขึ้นทำให้ปลาเห็ดโคนเกิดการเสื่อมคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัส มากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการวิจัย

การแช่ปลาเห็ดโคนสดทั้งตัวในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ (L500, L507, L512 และ L517) ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อปลาได้ดีกว่าการแช่ในน้ำแข็งที่ไม่ผสมกรดอินทรีย์โดยน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175% (L517) ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพ จุลชีววิทยาและประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ น้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125% (L512), น้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075% (L507) และน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.050% (L500) ตามลำดับ ส่วนปลาเห็ดโคนสดทั้งตัวในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์เกิดการเสื่อมคุณภาพของเนื้อปลาเห็ดโคนสุกในทุกๆ ด้านมากที่สุดตลอดระยะเวลาที่เก็บรักษา ซึ่งการพิจารณาอายุการเก็บรักษาปลาเห็ดโคนสดที่แช่ในน้ำแข็งสำหรับการทดลองนี้ พิจารณาจากคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นที่ระดับน้อยกว่า 5 คะแนน โดยปลาเห็ดโคนสดที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175% (L517) มีอายุการเก็บรักษานานที่สุดคือ 16 วัน รองลงมาได้แก่ ปลาเห็ดโคนสดที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125% (L512) ปลาเห็ดโคนสดที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075% (L507) และ ปลาเห็ดโคนสดที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดแล็กติก 0.050% (L500) ที่มีอายุการเก็บรักษา 14, 14 และ 12 วัน ตามลำดับ ขณะที่ปลาเห็ดโคนสดที่แช่ในน้ำแข็งไม่ผสมกรดอินทรีย์มีอายุการเก็บรักษาได้ 8 วัน

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยาควรเพิ่มการตรวจสอบจุลินทรีย์ก่อโรคชนิดอื่น และเพิ่มการตรวจสอบกลุ่มจุลินทรีย์ เช่น จุลินทรีย์ที่สร้างกรดแล็กติก จุลินทรีย์ที่สร้างก๊าซ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะช่วยบ่งชี้กลุ่มจุลินทรีย์หลักที่เป็นสาเหตุหลักในการเน่าเสียของ) ปลาเห็ดโคนแช่เย็นได้

2.2 เพิ่มการตรวจสอบคุณภาพเคมีด้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เอกสารอ้างอิง

- กองควบคุมอาหาร. (2552). *มาตรฐานจุลชีววิทยาในอาหารที่ตรวจพบ*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี.
- ชาตรี เอี้ยพิน และ ภาราไค แจ่มจำรูญ .(2550). ผลอุณหภูมิและเวลาต่อสมบัติการยับยั้งปฏิกริยาออกซิเดชันของหัวหอมใหญ่อบแห้ง. *Agricultural Science Journal*. 38(6), 139-142.
- พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล. (2547). *การจัดการผลผลิตสัตว์น้ำเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 131 – 134.
- ไพโรจน์ สิริมนตาภรณ์ และอังสนีย์ ชุณหปราณ. (2538). การศึกษาชนิดปลาเห็ดโคนในภาคใต้ตอนล่างของไทย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เพิ่มศักดิ์ เพิ่มมาก, จันทรทิพย์ บันลือเดช และธินี นนทพันธ์. (2544). เครื่องมือประมงพื้นบ้านจังหวัดสตูล. เอกสารวิชาการฉบับที่ 4/2544 สถานีประมงทะเลจังหวัดสตูล กองประมงทะเลกรมประมง
- ธเนศ ศรีถกล. (2544). องค์ประกอบในกระเพาะอาหารและการแพร่กระจายขนาดของปลาเห็ดโคน (*Sillago sihama* Forskal, 1775) บริเวณทะเลสาบสงขลาตอนนอกและชายฝั่งใกล้เคียง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิวศวิทยา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- นงลักษณ์ สุทธิวิช. (2531). *คุณภาพสัตว์น้ำ*. สงขลา : ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- นิอร โฉมศรี. (2555). *จุลชีววิทยาอาหาร*. เชียงใหม่: บริษัทเชียงใหม่ปริ้นท์ตั้ง.
- มัทนา แสงจินดาวงษ์. (2548). *ผลิตภัณฑ์ประมงของไทย* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศูนย์สารสนเทศกรมประมง. (2557). *สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2555*. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2561). ผลของการใช้น้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยโรคมต่อการรักษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพของกุ้งขาว. *วารสารแก่นเกษตร* 46(พิเศษ1), 1059-1066.
- เสาวภา สวัสดิ์พีระ และวรเทพ มุธุวรรณ. (2534). องค์ประกอบของอาหารในทางเดินอาหารของปลาเห็ดโคน *Sillago sihama* (Forskal) และ *Sillago maculate* (Quoy & Gaimard). เอกสารงานวิจัยเลขที่ 43/2534 สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุนันทา นิลเพชร. (2542). ชุมชนประมงพื้นบ้าน: ผลกระทบเรือปั่นไฟปลากระตัก กรณีศึกษาจังหวัดสตูลและสงขลา. โครงการจัดการทรัพยากรชายฝั่งภาคใต้ สมาพันธ์ชาวประมงพื้นบ้านภาคใต้

- สุทธวัฒน์ เบญจกุล. (2548) *เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2547). ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร. วันที่ค้นข้อมูล 16 สิงหาคม 2561. เข้าถึงได้จาก http://food.fda.moph.go.th/data/FoodAdditives/GSFA_2014.pdf
- AOAC. (1994). AOAC Official Method 991.14 Coliforms and *Escherichia coli* Counts in Foods. Day Rehydratable Film (Petrifilm™ *E. coli* Coliform Count Plate™ and Petrifilm™ Coliform Count Plate™) Methods. *Journal of AOAC*, 74, 635.
- AOAC. (1995). *Official Methods of Analysis*. 16th ed. The Association of official Analytical Chemists, Arlington, Virginia.
- Aristoy, M.C. & Toldrá, F. (2010). Chapter 14: Essential Amino Acids L.M.L. Nollet, F. Toldrá (Eds.), *Handbook of seafood and seafood products analysis*, Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton, Florida, USA, 287–307.
- Badii, F. & Howell, N. (2002). Effect of antioxidants, citrate, and cryoprotectants on protein denaturation and texture of frozen cod (*Gadus morhua*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(7), 2053-2061.
- Bahmani, Z.A., Rezai, M., Hosseini, S.V., Regenstein, J.M., Böhme, K., Alishahi, A. & Yadollahi, F. (2011). Chilled storage of golden grey mullet (*Liza aurata*). *LWT Food Science and Technology*, 44(9), 1894-1900.
- Bank, H., Neckelson, R. & Fine, G. (1980). Shelf - life studies on CO₂ packaged fin fish from the Gulf of Mexico. *J. Food Sci.* 45, 157-162.
- Bensid, A., Ucar, Y., Bendeddouche, B. & Özogul, F. (2014). Effect of the icing with thyme, oregano and clove extracts on quality parameters of gutted and deheaded anchovy (*Engraulis encrasicolus*) during chilled storage. *Food Chemistry*, 145, 681 - 686.
- Booth, I.R. & Kroll, R.G. (1989). The preservation of foods by low pH. G.W. Gould (Ed.), *Mechanism of action of food preservation procedures*, Elsevier Applied Science, London, pp. 119-160.
- Botta, J R. (1995). *Evaluation of Seafood Freshness Quality*, New York, VCH Publishers Inc.

- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W. & Faustman, C. (2005). Changes of pigments and colour in sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) muscle during iced storage. *Food Chemistry*, 93(4), 607-617.
- Dabadé, D.S., Azokpota, P., Nout, M.J., Hounhouigan, D.J., Zwietering, M.H., & Besten, H.M. (2015). Prediction of spoilage of tropical shrimp (*Penaeus notialis*) under dynamic temperature regimes. *International Journal of Food Microbiology*, 210, 121-130. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2015.06.010
- El Marrackchi, A., Bennour, M., Bouchriti, N., Hamama, A. & Tagafait, H. (1990). Sensory, chemical, and microbiological assessments of Moroccan sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. *Journal of Food Protection*, 53, 600-605.
- Erkan, N. (2007). Sensory, chemical, and microbiological attributes of sea bream (*Sparus aurata*): Effect of washing and ice storage. *International Journal of Food Properties*, 10(3), 421-434.
- Ferreira, S., Landeiro, M., Rogeria, A., & Ana, N. (2007). Hazards and critical control points in Brazilian seafood dish preparation. *Food Control*, 18, 513-520.
- García-Soto, B., Aubourg, S.P., Calo-Mata, P. & Barros-Velázquez, J. (2013). Extension of the shelf life of chilled hake (*Merluccius merluccius*) by a novel icing medium containing natural organic acids. *Food Control*, 34(2), 356-363.
- García-Soto, B., Fernández-No, I.C., Barros-Velázquez, J. & Aubourg, S.P. (2014). Use of citric and lactic acids in ice to enhance quality of two fish species during on-board chilled storage. *International Journal of Refrigeration*, 40, 390-397.
- Gökodlu, N., Özden, Ö. & Erkan, N. (1998). Physical, chemical and sensory analyses of freshly harvested sardines (*Sardina pilchardus*) stored at 4 °C. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7(2), 5-15.
- Gould, G.W. (1996). Methods for preservation and extension of shelf life. *International Journal of Food Microbiology*, 33(1), 51-64.
- Gram, L. & Huss, H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, 33, 121-137.
- Hajisamae, S., Chou, L.M. & Ibrahim, S. (2004). Feeding habits and trophic relationships of fishes utilizing and impacted coastal habitat, Singapore. *Hydrobiologia*, 520, 61-71.

- Hajisamae, S., Yeesin, P. & Ibrahim, S. (2006). Feeding ecology of two sillaginid fishes and tropic interrelations with other co-existing species in the southern part of South China Sea. *Environmental Biology of Fishes*, 76, 167-176.
- Hamm., R. (1986). Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. P.J. Bechtel (Ed.), *Muscle as Food: Food Science and Technology a Series of Monographs*, Academic Press Inc, Orlando, Florida, USA.
- Hanna, J. (1992). *Rapid microbial methods and fresh fish quality assessment*. G.M. Hall (Ed.), Fish processing technology, Black Academic & Professional, VCR Publishers, London, pp. 275-305.
- Hasegawa, H. (1987). Laboratory manual on analytical stored at different temperatures. *J. methods and procedures for fish and fish Food Sci.* 55, 1201-1205, 1242; 1990. Marine fisheries research department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Singapore.
- Hernandez, M.D., Lopez, M.B., Alvarez, A., Ferrandini, E. & Garcia-Garcia, B. (2009). Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. *Food Chemistry*, 114(1), 237-245.
- Huss, H.H. (1997). Microbiology of fish and fish product, pp.413-430. cited in Luten, J.B., Borresen T. and Oehlenschlager J., Seafood from producer to consumer, Intergrated approach to quality. *J.Elsevier Sci.*, 54(8), 232-247.
- Kachele, R., Zhang, M., Gao, Z., & Adhikari, B. (2017). Effect of vacuum packaging on the shelf-life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at 4 °C. *LWT- Food Science and Technology*, 80, 163-168.
- Kilinc, B., Cakli, S., Dincer, T. & Tolasa, S. (2009). Microbiological, chemical, sensory, color, and textural changes of rainbow trout fillets treated with sodium acetate, sodium lactate, sodium citrate, and stored at 4°C. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 18(1-2), 3-17.

- Kim, W.T., Lim, Y.S., Shin, I.S., Park, H., Chung, D. & Suzuki, T. (2006). Use of electrolyzed water ice for preserving freshness of pacific saury (*Cololabis saira*). *Journal of Food Protection*, 69(9), 2199-2204.
- Kusuma, B. & Teerawut, S. (2014). Shelf-life extension of pre-cooked shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by oregano essential oil during refrigerated storage. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์วิจัยครั้งที่ 6*, 71-77.
- Li, T., Li, J., Hu, W., Zhang, X., Li, X., & Zhao, J. (2012b). Shelf-life extension of crucian carp (*Carassius auratus*) using natural preservatives during chilled storage. *Food Chemistry*, 135(1), 140-145.
- Mahmoud, B. S. M., Yamazaki, K., Miyashita, K., Kawai, Y., Shin, I., & Suzuki, T. (2006). Preservative effect of combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds on carp fillets during convectional air drying. *International Journal of Food Microbiology*, 106(3), 331–337.
- Mazorra-Manzano, M.A., Pacheco-Aguilar, R., Diaz-Rojas, E.I., Lugo-Sanchez, M.E. (2000). Postmortem changes in black skipjack muscle during storage in ice. *Journal of Food Science*, 65, 774-779.
- McKay, R.J. (1992). FAO Species Catalogue, Vol 14. Sillaginid Fishes of the World (family Sillaginidae). An Annotated and Illustrated Catalogue of *Sillago*, Smelt or Indo Pacific Whiting Species Known to Date. FAO Fish. Synops. No.125.
- Metin, S., Erkan, N., Varlik, C. & Aran, N. (2001). Extension of shelf life of chub mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn 1780) treated with lactic acid. *Eur. Food Res. Technol.* 213, 174 – 177.
- Ocaño-Higuera, V. M., Marquez-Ríos, E., Canizales-Dávila, M., Castillo-Yáñez, F. J. & Graciano-Verdugo, A. Z. (2009). Postmortem changes in cazon fish muscle stored on ice. *Food Chemistry*, 116(4), 933-938.
- Ocano-Higuera, V.M., Maeda-Martinez, A.N., Marquez-Rios, E., Canizales-Rodriguez, D.F., Castillo-Yanez, F.J., Ruiz-Bustos, E., Graciano-Verdugo, A.Z. & Plascencia-Jatomea, M. (2011). Freshness assessment of ray fish stored in ice by biochemical, chemical and physical methods. *Food Chem.*, 125(1), 49-54.

- Olafsdottir, G., Nesvadba, P., Di Natale, C., Careche, M., Oehlenschläger, J., & S.V. Tryggvadottir, S.V. (2004). Multisensors for fish quality determination. *Trends in Food Science and Technology*, 15, 86-93.
- Ozden, O. (2005). Changes in amino acid and fatty acid composition during shelf-life of marinated fish. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(12), 2015-2020.
- Özyurt, G., Kuley, E., Balıkcı, E., Kaçar, Ç., Gökdoğan, S., & Etyemez, M. (2012). Effect of the icing with rosemary extract on the oxidative stability and biogenic amine formation in sardine (*Sardinella aurita*) during chilled storage. *Food and Bioprocess Technology*. 5(7), 2777-2786. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-011-0586-7>
- Rantsiou, K., Lacumin, L., Cantoni, C., Comi, G. & Cocolin, L. (2005). Ecology and characterization by molecular methods of *Staphylococcus* species isolated from fresh sausages. *Int. J. Food Microbiol.*, 97, 277-284.
- Richards, M.P., Modra, A.M. & Li, R. (2002). Role of deoxyhemoglobin in lipid oxidation of washed cod muscle mediated by trout, poultry and beef hemoglobins. *Meat Science*, 62(2), 157-163.
- Rodríguez, O., Losada, V., Aubourg, S.P. & Barros-Velázquez, J. (2004). Enhanced shelf-life of chilled European hake (*Merluccius merluccius*) stored in slurry ice as determined by sensory analysis and assessment of microbiological activity. *Food Research International*, 37(8), 749-757
- Ryder, L.M., Buisson, D.H. & Scott, D.N. (1984). Storage of New Zealand jack mackerel (*Trachurus novaezelandiae*) in ice: chemical, microbiological and sensory assessment. *Journal of Food Science*, 49, 1453-1456.
- Sanjuás-Rey, M., Barros-Velázquez, J. & Aubourg, S. (2011). Effect of different icing conditions on lipid damage development in chilled horse mackerel (*Trachurus trachurus*) muscle. *Grasas y Aceites*, 62(4), 436-442.
- Sanjuás-Rey, M., García-Soto, B., Fuertes-Gamundi, R., Aubourg, S. & Barros-Velázquez, J. (2012a). Effect of a natural organic acid-icing system on the microbiological quality of commercially relevant chilled fish species. *LWT – Food Science and Technology*, 46(1), 217-223.

- Sanjuás-Rey, M., Gallardo, J.M., Barros-Velázquez, J. & Aubourg, S. (2012b). Microbiological activity inhibition in chilled mackerel (*Scomber scombrus*) by employment of an organic acid-icing system. *Journal of Food Science*, 77(5), M264-M269.
- Sriket, C., Benjakul, S., Visessanguan, W., Hara, K. & Yoshida, A. (2012). Retardation of post-mortem changes of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) stored in ice by legume seed extracts. *Food Chemistry*, 135(2), 571-579. doi:10.1016/j.foodchem.2012.04.121
- Wang, M., Wang, J.J., Sun, X.H., Pan, Y.J. & Zhao, Y. (2015). Preliminary mechanism of acidic electrolyzed water ice on improving the quality and safety of shrimp. *Food Chemistry*, 176, 333-341.
- Xiao, T. X., Yi, F. F., Jian, G. L., Ya, Q. H., Dong, H. L., Shi, G. C., Xing, Q. Y. & Tian, D. (2017). Preservation of squid by slightly acidic electrolyzed water ice. *Food Control*, 73, 1483–1489.
- Xu, G., Tang, X., Tang, S., You, H., Shi, H. & Gu, R. (2014). Combined effect of electrolyzed oxidizing water and chitosan on the microbiological, physicochemical, and sensory attributes of American shad (*Alosa sapidissima*) during refrigerated storage. *Food Control*, 46, 397-402.
- Zhang, B., Ma, L.K., Deng, S., Xie, C. & Qiu, X. (2015). Shelf-life of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by weakly acidic electrolyzed water ice-glazing and modified atmosphere packaging. *Food Control*, 51, 114-121.
- Zhou, R., Liu, Y., Xie, J. & Wang, X. (2011). Effects of combined treatment of electrolysed water and chitosan on the quality attributes and myofibril degradation in farmed obscure puffer fish (*Takifugu obscurus*) during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 129(4), 1660-1666.

ภาคผนวก ก

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่าง.....

รหัสผู้ทดสอบ.....วันที่/...../.....

กรุณาทดสอบตัวอย่างที่นำเสนอ แล้วให้คะแนนในแต่ละคุณลักษณะของของผลิตภัณฑ์ ตามความรู้สึกของท่านโดยไม่กลืนตัวอย่าง

9 = ชอบมากที่สุด

8 = ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

5 = เฉยๆ

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

3 = ไม่ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

*กรุณาบ้วนปากทุกครั้งที่ทดสอบแต่ละตัวอย่าง

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง				
ลักษณะปรากฏ					
กลิ่น					
รสชาติ					
เนื้อสัมผัส					
การยอมรับรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ ข - 1 ค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษา
ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดต่าง ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE 0	L 500	L 507	L 512	L 517
0	7.01 ^B _a ± 0.01	7.01 ^B _a ± 0.01	6.98 ^A _a ± 0.01	7.00 ^B _a ± 0.01	7.01 ^B _a ± 0.01
2	7.15 ^D _b ± 0.01	7.09 ^C _b ± 0.01	7.07 ^B _b ± 0.01	7.01 ^A _b ± 0.01	7.01 ^A _b ± 0.01
4	7.33 ^D _c ± 0.01	7.14 ^C _c ± 0.01	7.11 ^B _c ± 0.01	7.09 ^A _c ± 0.01	7.08 ^A _c ± 0.01
6	7.44 ^E _d ± 0.02	7.21 ^D _d ± 0.01	7.20 ^C _d ± 0.01	7.18 ^B _d ± 0.01	7.16 ^A _d ± 0.01
8	7.50 ^D _e ± 0.01	7.25 ^C _e ± 0.01	7.24 ^C _e ± 0.01	7.22 ^B _e ± 0.01	7.20 ^A _e ± 0.01
10	7.69 ^E _f ± 0.01	7.37 ^D _f ± 0.01	7.35 ^C _f ± 0.01	7.32 ^B _f ± 0.01	7.28 ^A _f ± 0.01
12	7.84 ^E _g ± 0.01	7.40 ^D _g ± 0.01	7.38 ^C _g ± 0.01	7.35 ^B _g ± 0.01	7.33 ^A _g ± 0.01
14	-	7.59 ^D _h ± 0.01	7.55 ^C _h ± 0.01	7.49 ^B _h ± 0.01	7.39 ^A _h ± 0.01
16	-	7.74 ^D _i ± 0.01	7.62 ^C _i ± 0.01	7.52 ^B _i ± 0.01	7.41 ^A _i ± 0.01
18	-	7.82 ^D _j ± 0.01	7.71 ^C _j ± 0.01	7.56 ^B _j ± 0.01	7.50 ^A _j ± 0.01
20	-	7.90 ^D _k ± 0.01	7.80 ^C _k ± 0.01	7.73 ^B _k ± 0.01	7.71 ^A _k ± 0.01
22	-	7.98 ^D _l ± 0.01	7.89 ^C _l ± 0.01	7.80 ^B _l ± 0.01	7.77 ^A _l ± 0.01
24	-	8.08 ^D _m ± 0.02	7.96 ^C _m ± 0.01	7.89 ^B _m ± 0.01	7.83 ^A _m ± 0.01
26	-	8.22 ^D _n ± 0.02	8.11 ^C _n ± 0.01	7.97 ^B _n ± 0.01	7.90 ^A _n ± 0.01

ตารางผนวกที่ ข - 2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TVB-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE 0	L 500	L 507	L 512	L 517
0 ^{NS}	6.78 _a ± 0.03	6.78 _a ± 0.03	6.78 _a ± 0.03	6.78 _a ± 0.03	6.78 _a ± 0.03
2	12.54 _b ^E ± 0.02	11.05 _b ^D ± 0.01	10.21 _b ^C ± 0.02	8.65 _b ^B ± 0.01	8.45 _b ^A ± 0.01
4	18.47 _c ^E ± 0.01	15.24 _c ^D ± 0.02	14.25 _c ^C ± 0.02	11.25 _c ^B ± 0.01	11.08 _c ^A ± 0.02
6	22.47 _d ^E ± 0.01	18.65 _d ^D ± 0.02	16.10 _d ^C ± 0.02	15.24 _d ^B ± 0.02	14.69 _d ^A ± 0.02
8	25.17 _e ^E ± 0.02	21.36 _e ^D ± 0.02	18.64 _e ^C ± 0.02	16.88 _e ^B ± 0.01	15.22 _e ^A ± 0.02
10	28.99 _f ^E ± 0.03	23.88 _f ^D ± 0.01	20.54 _f ^C ± 0.02	17.60 _f ^B ± 0.01	16.84 _f ^A ± 0.02
12	36.41 _g ^E ± 0.01	26.04 _g ^D ± 0.02	22.14 _g ^C ± 0.01	19.67 _g ^B ± 0.01	18.91 _g ^A ± 0.01
14	-	29.04 _h ^D ± 0.02	25.69 _h ^C ± 0.01	22.41 _h ^B ± 0.02	21.44 _h ^A ± 0.01
16	-	33.20 _i ^D ± 0.01	28.88 _i ^C ± 0.02	26.88 _i ^B ± 0.03	25.84 _i ^A ± 0.02
18	-	35.20 _j ^D ± 0.01	32.01 _j ^C ± 0.02	29.11 _j ^B ± 0.01	28.45 _j ^A ± 0.01
20	-	36.97 _k ^D ± 0.01	33.10 _k ^C ± 0.01	32.84 _k ^B ± 0.01	31.20 _k ^A ± 0.02
22	-	37.77 _l ^D ± 0.02	35.01 _l ^C ± 0.01	34.02 _l ^B ± 0.02	32.88 _l ^A ± 0.02
24	-	39.75 _m ^D ± 0.02	36.60 _m ^C ± 0.02	35.47 _m ^B ± 0.02	34.01 _m ^A ± 0.02
26	-	41.25 _n ^D ± 0.04	38.74 _n ^C ± 0.01	36.51 _n ^B ± 0.01	35.96 _n ^A ± 0.02

ตารางผนวกที่ ข - 3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	ปริมาณ TMA-N (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100 กรัม) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE 0	L 500	L 507	L 512	L 517
0 ^{NS}	0.33 _a ± 0.01	0.33 _a ± 0.01	0.33 _a ± 0.01	0.33 _a ± 0.01	0.33 _a ± 0.01
2	1.42 _b ^E ± 0.03	1.23 _b ^D ± 0.02	1.11 _b ^C ± 0.01	0.84 _b ^B ± 0.01	0.76 _b ^A ± 0.01
4	2.55 _c ^E ± 0.01	1.72 _c ^D ± 0.01	1.52 _c ^C ± 0.02	1.28 _c ^B ± 0.02	1.09 _c ^A ± 0.01
6	3.49 _d ^E ± 0.01	2.66 _d ^D ± 0.01	2.14 _d ^C ± 0.02	1.59 _d ^B ± 0.01	1.42 _d ^A ± 0.01
8	5.28 _e ^E ± 0.02	3.61 _e ^D ± 0.01	3.03 _e ^C ± 0.01	2.20 _e ^B ± 0.02	2.04 _e ^A ± 0.02
10	7.66 _f ^E ± 0.02	4.55 _f ^D ± 0.02	3.88 _f ^C ± 0.02	2.59 _f ^B ± 0.01	2.39 _f ^A ± 0.01
12	8.97 _g ^E ± 0.01	6.61 _g ^D ± 0.02	4.75 _g ^C ± 0.01	3.55 _g ^B ± 0.01	3.28 _g ^A ± 0.01
14	-	7.68 _h ^D ± 0.01	5.88 _h ^C ± 0.02	4.95 _h ^B ± 0.01	4.70 _h ^A ± 0.02
16	-	8.50 _i ^D ± 0.01	7.81 _i ^C ± 0.01	5.86 _i ^B ± 0.01	5.35 _i ^A ± 0.01
18	-	9.20 _j ^D ± 0.01	8.18 _j ^C ± 0.02	7.31 _j ^B ± 0.02	7.22 _j ^A ± 0.01
20	-	9.98 _k ^D ± 0.02	8.85 _k ^C ± 0.02	8.10 _k ^B ± 0.01	8.03 _k ^A ± 0.02
22	-	10.36 _l ^D ± 0.03	9.44 _l ^C ± 0.01	8.60 _l ^B ± 0.02	8.30 _l ^A ± 0.02
24	-	11.03 _m ^D ± 0.01	10.11 _m ^C ± 0.01	9.48 _m ^B ± 0.02	9.17 _m ^A ± 0.01
26	-	11.88 _n ^D ± 0.02	10.86 _n ^C ± 0.02	9.70 _n ^B ± 0.01	9.47 _n ^A ± 0.01

ตารางผนวกที่ ข - 4 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	การสูญเสียน้ำหนัก (ร้อยละ) \pm SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE 0	L 500	L 507	L 512	L 517
2 ^{NS}	2.01 _a \pm 0.11	1.93 _a \pm 0.10	1.98 _a \pm 0.12	1.97 _a \pm 0.13	1.93 _a \pm 0.13
4	3.42 _b ^B \pm 0.09	3.05 _b ^A \pm 0.11	3.38 _b ^B \pm 0.07	3.21 _b ^{AB} \pm 0.14	3.08 _b ^A \pm 0.17
6	5.23 _c ^C \pm 0.09	4.80 _c ^A \pm 0.12	5.06 _c ^{BC} \pm 0.11	4.92 _c ^{AB} \pm 0.11	4.89 _c ^{AB} \pm 0.10
8	6.11 _d ^D \pm 0.11	5.26 _d ^A \pm 0.07	5.71 _d ^C \pm 0.13	5.49 _d ^B \pm 0.12	5.46 _d ^{AB} \pm 0.12
10	7.84 _e ^D \pm 0.1	5.68 _e ^A \pm 0.11	6.55 _e ^C \pm 0.13	6.15 _e ^B \pm 0.11	5.88 _e ^A \pm 0.15
12	8.82 _f ^D \pm 0.13	6.02 _f ^A \pm 0.11	7.33 _f ^C \pm 0.14	7.14 _f ^C \pm 0.12	6.29 _f ^B \pm 0.10
14	-	7.29 _g ^A \pm 0.13	8.49 _g ^C \pm 0.12	7.58 _g ^B \pm 0.12	7.50 _g ^{AB} \pm 0.15
16	-	8.61 _h ^A \pm 0.13	10.01 _h ^B \pm 0.17	8.84 _h ^A \pm 0.12	8.83 _h ^A \pm 0.12
18	-	9.01 _i ^A \pm 0.12	11.71 _i ^D \pm 0.17	10.20 _i ^C \pm 0.20	9.29 _i ^B \pm 0.10
20	-	10.79 _j ^A \pm 0.18	12.65 _j ^C \pm 0.14	11.48 _j ^B \pm 0.15	11.02 _j ^A \pm 0.17
22	-	11.77 _k ^A \pm 0.12	15.22 _k ^D \pm 0.13	13.44 _k ^C \pm 0.13	12.05 _k ^B \pm 0.11
24	-	13.21 _l ^A \pm 0.12	16.89 _l ^D \pm 0.14	14.43 _l ^C \pm 0.12	13.85 _l ^B \pm 0.09
26	-	14.27 _m ^A \pm 0.12	17.58 _m ^D \pm 0.11	15.97 _m ^C \pm 0.17	14.69 _m ^B \pm 0.15

ตารางผนวกที่ ข - 5 ค่าสี L* ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี L* ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE0	L500	L507	L512	L517
0 ^{NS}	35.47 _f ± 0.65	35.15 _k ± 0.63	34.91 _i ± 0.71	35.33 _i ± 0.63	34.89 _h ± 0.76
2 ^{NS}	35.11 _{ef} ± 0.91	35.24 _k ± 0.8	34.72 _{hi} ± 0.72	34.71 _{hi} ± 0.79	34.83 _h ± 0.76
4 ^{NS}	34.10 _e ± 0.58	34.19 _{jk} ± 0.56	34.11 _{hi} ± 0.68	33.58 _{gh} ± 0.66	33.81 _{gh} ± 0.53
6	31.84 _d ^A ± 0.7	33.41 _{ij} ^B ± 0.79	33.56 _h ^B ± 0.68	33.14 _g ^B ± 0.62	33.50 _g ^B ± 0.72
8	30.85 _{cd} ^A ± 0.67	32.38 _{hi} ^{AB} ± 1.02	32.11 _g ^B ± 0.66	32.89 _{fg} ^B ± 0.56	32.78 _{fg} ^B ± 0.69
10	30.08 _c ^A ± 0.65	31.77 _{gh} ^B ± 0.64	31.69 _{fg} ^B ± 0.62	31.86 _{ef} ^B ± 0.75	32.15 _{ef} ^B ± 0.85
12	26.44 _b ^A ± 1.01	30.76 _{fg} ^B ± 0.71	31.09 _{efg} ^B ± 0.90	31.56 _e ^B ± 0.64	31.71 _{def} ^B ± 0.62
14	22.96 _a ^A ± 0.5	30.05 _f ^B ± 0.66	30.58 _{ef} ^B ± 0.69	30.83 _{de} ^B ± 0.69	31.24 _{de} ^B ± 0.74
16	-	27.65 _e ^A ± 0.7	30.11 _e ^B ± 0.69	30.27 _d ^B ± 0.63	30.83 _{de} ^B ± 0.65
18	-	23.21 _d ^A ± 0.83	28.53 _d ^B ± 0.57	30.20 _d ^C ± 0.83	30.53 _d ^C ± 0.66
20	-	22.01 _d ^A ± 0.6	26.61 _c ^B ± 0.60	28.80 _c ^C ± 0.82	29.17 _c ^C ± 0.86
22	-	20.43 _c ^A ± 0.89	23.04 _b ^B ± 0.68	27.08 _b ^C ± 0.59	27.22 _b ^C ± 0.81
24	-	18.83 _b ^A ± 0.81	22.84 _b ^B ± 0.73	25.89 _a ^C ± 0.76	26.02 _{ab} ^C ± 0.84
26	-	15.02 _a ^A ± 0.78	20.06 _a ^B ± 0.85	25.24 _a ^C ± 0.53	25.40 _a ^C ± 0.80

ตารางผนวกที่ ข - 6 ค่าสี a* ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี a* ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE0	L500	L507	L512	L517
0 ^{NS}	-1.91 _a ± 0.1	-1.79 _a ± 0.1	-1.87 _a ± 0.14	-1.69 _a ± 0.13	-1.70 _a ± 0.12
2 ^{NS}	-1.66 _b ± 0.13	-1.66 _{ab} ± 0.13	-1.67 _{ab} ± 0.14	-1.62 _{ab} ± 0.13	-1.60 _{ab} ± 0.18
4	-1.33 _c ^B ± 0.13	-1.53 _{bc} ^{AB} ± 0.09	-1.52 _{bc} ^{AB} ± 0.12	-1.50 _{abc} ^{AB} ± 0.12	-1.54 _{abc} ^A ± 0.14
6 ^{NS}	-1.20 _c ± 0.18	-1.49 _{bc} ± 0.15	-1.47 _{bcd} ± 0.17	-1.41 _{bcd} ± 0.14	-1.44 _{abcd} ± 0.17
8	-0.88 _d ^B ± 0.1	-1.34 _{cd} ^A ± 0.13	-1.35 _{cde} ^A ± 0.15	-1.38 _{cd} ^A ± 0.13	-1.45 _{abcd} ^A ± 0.16
10	-0.78 _{de} ^B ± 0.11	-1.15 _{de} ^A ± 0.15	-1.25 _{def} ^A ± 0.15	-1.30 _{cd} ^A ± 0.18	-1.36 _{bcd} ^A ± 0.14
12	-0.58 _e ^C ± 0.11	-0.98 _{ef} ^B ± 0.11	-1.16 _{ef} ^{AB} ± 0.22	-1.24 _d ^A ± 0.08	-1.30 _{cd} ^A ± 0.12
14	-	-0.84 _{fg} ^B ± 0.13	-1.08 _f ^A ± 0.12	-1.18 _d ^A ± 0.11	-1.24 _{de} ^A ± 0.13
16	-	-0.76 _g ^C ± 0.11	-0.83 _g ^{BC} ± 0.15	-0.97 _e ^A ± 0.14	-1.02 _{ef} ^{AB} ± 0.08
18	-	-0.66 _{gh} ^B ± 0.11	-0.75 _{gh} ^{AB} ± 0.16	-0.90 _{ef} ^A ± 0.11	-0.93 _{fg} ^A ± 0.13
20	-	-0.52 _{hi} ^B ± 0.14	-0.69 _{gh} ^{AB} ± 0.14	-0.79 _{efg} ^A ± 0.11	-0.84 _{fgh} ^A ± 0.16
22	-	-0.43 _i ^B ± 0.16	-0.63 _{ghi} ^{AB} ± 0.10	-0.70 _{fg} ^A ± 0.10	-0.76 _{fgh} ^A ± 0.19
24	-	-0.33 _{jk} ^B ± 0.1	-0.51 _{hi} ^{AB} ± 0.10	-0.66 _g ^A ± 0.13	-0.70 _{gh} ^A ± 0.12
26	-	-0.21 _k ^B ± 0.09	-0.38 _i ^B ± 0.13	-0.58 _g ^A ± 0.13	-0.62 _h ^A ± 0.15

ตารางผนวกที่ ข - 7 ค่าสี b* ของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	ค่าสี b* ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE0	L500	L507	L512	L517
0 ^{NS}	1.20 _a ± 0.22	1.22 _a ± 0.21	1.16 _a ± 0.14	1.27 _a ± 0.16	1.19 _a ± 0.18
2	1.94 _b ^B ± 0.19	1.32 _a ^A ± 0.21	1.31 _a ^A ± 0.20	1.28 _a ^A ± 0.13	1.20 _a ^A ± 0.17
4	2.58 _c ^C ± 0.21	2.28 _b ^C ± 0.21	1.86 _b ^B ± 0.17	1.35 _a ^A ± 0.17	1.42 _a ^A ± 0.22
6	5.12 _d ^D ± 0.25	3.44 _c ^C ± 0.13	2.87 _c ^B ± 0.14	2.29 _b ^A ± 0.19	2.16 _b ^A ± 0.15
8	7.19 _e ^C ± 0.21	4.30 _d ^B ± 0.19	4.10 _d ^B ± 0.23	3.62 _c ^A ± 0.18	3.40 _c ^A ± 0.23
10	9.05 _f ^D ± 0.22	5.50 _e ^C ± 0.24	4.41 _d ^B ± 0.23	3.88 _c ^A ± 0.17	3.69 _c ^A ± 0.21
12	10.98 _g ^D ± 0.24	6.81 _f ^C ± 0.22	5.11 _e ^B ± 0.24	4.50 _d ^A ± 0.21	4.28 _d ^A ± 0.16
14	11.54 _h ^D ± 0.21	7.88 _g ^C ± 0.14	6.58 _f ^B ± 0.25	5.90 _e ^A ± 0.22	5.62 _e ^A ± 0.12
16	-	10.14 _h ^C ± 0.24	8.08 _g ^B ± 0.19	6.55 _f ^A ± 0.21	6.19 _f ^A ± 0.19
18	-	10.79 _i ^D ± 0.18	10.03 _h ^C ± 0.19	7.93 _g ^B ± 0.19	7.55 _g ^A ± 0.19
20	-	11.05 _i ^B ± 0.23	10.80 _i ^B ± 0.18	9.24 _h ^A ± 0.24	9.17 _h ^A ± 0.20
22	-	11.98 _j ^C ± 0.23	11.18 _j ^B ± 0.17	10.14 _i ^A ± 0.24	9.92 _i ^A ± 0.27
24	-	12.77 _k ^C ± 0.18	11.69 _k ^B ± 0.20	10.82 _j ^A ± 0.22	10.66 _j ^A ± 0.13
26	-	13.51 _l ^C ± 0.22	12.23 _l ^B ± 0.20	11.30 _k ^A ± 0.20	11.01 _k ^A ± 0.21

ตารางผนวกที่ ข - 8 ค่าแรงเฉือนของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 26 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	ค่าแรงเฉือน (g force) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE 0	L 500	L 507	L 512	L 517
0 ^{NS}	0.57 _e ± 0.07	0.50 _h ± 0.06	0.55 _h ± 0.06	0.54 _h ± 0.06	0.56 _g ± 0.05
2 ^{NS}	0.49 _{de} ± 0.06	0.49 _h ± 0.06	0.51 _{gh} ± 0.04	0.54 _h ± 0.04	0.55 _g ± 0.05
4	0.43 _{cd} ^A ± 0.06	0.47 _h ^{AB} ± 0.05	0.50 _g ^{AB} ± 0.05	0.52 _{gh} ^{AB} ± 0.04	0.53 _{fg} ^B ± 0.05
6	0.36 _c ^A ± 0.06	0.38 _g ^{AB} ± 0.05	0.45 _{fg} ^{ABC} ± 0.05	0.47 _{fgh} ^{BC} ± 0.05	0.49 _{fg} ^C ± 0.06
8	0.26 _b ^A ± 0.06	0.36 _{fg} ^B ± 0.06	0.42 _f ^B ± 0.04	0.45 _{fg} ^B ± 0.05	0.46 _{ef} ^B ± 0.05
10	0.25 _b ^A ± 0.04	0.29 _{ef} ^A ± 0.05	0.38 _{ef} ^{EF} ± 0.03	0.43 _{ef} ^{EF} ± 0.04	0.45 _{ef} ^{EF} ± 0.05
12	0.17 _a ^A ± 0.04	0.27 _{de} ^{AB} ± 0.06	0.31 _{de} ^{BC} ± 0.03	0.36 _{de} ^{BC} ± 0.06	0.38 _{de} ^C ± 0.07
14	0.11 _a ^A ± 0.03	0.23 _{cde} ^B ± 0.04	0.27 _{cd} ^{BC} ± 0.06	0.31 _{cd} ^{CD} ± 0.04	0.35 _{de} ^D ± 0.04
16	-	0.19 _{bcd} ^A ± 0.06	0.22 _{bc} ^{AB} ± 0.05	0.26 _{bc} ^B ± 0.05	0.29 _{bc} ^B ± 0.04
18	-	0.15 _{abc} ^A ± 0.04	0.17 _{ab} ^{AB} ± 0.04	0.20 _{ab} ^B ± 0.06	0.22 _{ab} ^B ± 0.03
20	-	0.12 _{ab} ^A ± 0.04	0.15 _{ab} ^{AB} ± 0.04	0.17 _a ^B ± 0.02	0.19 _a ^B ± 0.04
22	-	0.10 _a ^A ± 0.01	0.10 _a ^A ± 0.02	0.13 _a ^A ± 0.03	0.15 _a ^B ± 0.03

ตารางผนวกที่ ข - 9 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g.) ± SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE 0	L 500	L 507	L 512	L 517
0 ^{NS}	2.94 _a ± 0.03	2.94 _a ± 0.03	2.94 _a ± 0.03	2.94 _a ± 0.03	2.94 _a ± 0.03
2	4.85 _b ^E ± 0.03	3.58 _b ^D ± 0.02	3.47 _b ^C ± 0.01	3.28 _b ^B ± 0.01	3.18 _b ^A ± 0.01
4	5.52 _c ^E ± 0.02	4.33 _c ^D ± 0.01	4.11 _c ^C ± 0.01	3.88 _c ^B ± 0.02	3.47 _c ^A ± 0.01
6	5.10 _d ^E ± 0.01	4.62 _d ^D ± 0.02	4.28 _d ^C ± 0.02	4.09 _d ^B ± 0.02	3.69 _d ^A ± 0.02
8	5.68 _e ^E ± 0.01	4.98 _e ^D ± 0.01	4.69 _e ^C ± 0.01	4.44 _e ^B ± 0.01	4.25 _e ^A ± 0.02
10	5.95 _f ^E ± 0.01	5.21 _f ^D ± 0.01	5.07 _f ^C ± 0.01	4.81 _f ^B ± 0.01	4.61 _f ^A ± 0.01
12	6.94 _g ^E ± 0.01	5.66 _g ^D ± 0.01	5.30 _g ^C ± 0.01	5.22 _g ^B ± 0.01	4.98 _g ^A ± 0.01
14	-	5.88 _h ^D ± 0.02	5.62 _h ^C ± 0.01	5.41 _h ^B ± 0.01	5.30 _h ^A ± 0.01
16	-	7.19 _i ^D ± 0.01	5.96 _i ^C ± 0.01	5.72 _i ^B ± 0.02	5.68 _i ^A ± 0.01
18	-	8.44 _j ^D ± 0.02	7.10 _j ^C ± 0.01	5.97 _j ^B ± 0.01	5.81 _j ^A ± 0.01
20	-	-	7.55 _k ^C ± 0.02	6.94 _k ^B ± 0.01	6.68 _k ^A ± 0.01

ตารางผนวกที่ ข - 10 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบลักษณะปรากฏ (คะแนน) \pm SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE0	L500	L507	L512	L517
0 ^{NS}	9.00 _f \pm 0.00	9.00 _k \pm 0.00	9.00 _i \pm 0.00	9.00 _h \pm 0.00	9.00 _h \pm 0.00
2	8.30 _e ^A \pm 0.47	8.80 _j ^A \pm 0.41	8.90 _i ^B \pm 0.31	8.90 _h ^B \pm 0.31	8.90 _h ^B \pm 0.31
4	7.75 _d ^A \pm 0.44	8.00 _i ^B \pm 0.32	8.30 _h ^{BC} \pm 0.47	8.50 _g ^C \pm 0.51	8.55 _h ^C \pm 0.51
6	6.60 _c ^A \pm 0.50	7.60 _h ^B \pm 0.50	7.70 _h ^C \pm 0.47	7.90 _g ^D \pm 0.31	8.00 _g ^D \pm 0.32
8	6.15 _b ^A \pm 0.37	7.20 _g ^B \pm 0.41	7.50 _g ^C \pm 0.51	7.65 _f ^D \pm 0.49	7.80 _g ^E \pm 0.41
10	5.10 _a ^A \pm 0.31	6.50 _f ^B \pm 0.51	6.75 _f ^C \pm 0.44	6.90 _e ^D \pm 0.31	7.10 _f ^D \pm 0.31
12	-	6.10 _e ^A \pm 0.31	6.40 _e ^B \pm 0.50	6.60 _d ^C \pm 0.50	6.70 _e ^C \pm 0.47
14	-	5.35 _d ^A \pm 0.49	5.90 _d ^B \pm 0.31	6.35 _d ^C \pm 0.49	6.50 _d ^C \pm 0.51
16	-	4.30 _c ^A \pm 0.47	5.30 _c ^B \pm 0.47	5.50 _c ^C \pm 0.51	5.80 _c ^C \pm 0.41
18	-	4.10 _b ^A \pm 0.31	4.40 _b ^B \pm 0.50	5.35 _b ^C \pm 0.49	5.50 _b ^C \pm 0.51
20	-	3.30 _a ^A \pm 0.47	4.10 _a ^B \pm 0.31	4.60 _a ^C \pm 0.50	4.90 _a ^D \pm 0.31

ตารางผนวกที่ ข - 11 คะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่ในน้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบกลิ่น (คะแนน) \pm SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE0	L500	L507	L512	L517
0 ^{NS}	9.00 _f \pm 0.00	9.00 _k \pm 0.00	9.00 _i \pm 0.00	9.00 _j \pm 0.00	9.00 _i \pm 0.00
2	8.35 _e ^A \pm 0.49	8.50 _j ^A \pm 0.51	8.60 _i ^{AB} \pm 0.50	8.80 _j ^B \pm 0.41	8.85 _i ^B \pm 0.37
4	7.85 _d ^A \pm 0.37	7.80 _i ^A \pm 0.41	8.00 _h ^{AB} \pm 0.32	8.10 _i ^{BC} \pm 0.31	8.20 _h ^C \pm 0.41
6	6.05 _c ^A \pm 0.22	7.10 _h ^B \pm 0.31	7.40 _g ^C \pm 0.50	7.60 _h ^{CD} \pm 0.50	7.75 _g ^D \pm 0.44
8	5.10 _b ^A \pm 0.31	6.65 _g ^B \pm 0.49	6.90 _f ^B \pm 0.31	7.20 _g ^C \pm 0.41	7.40 _f ^C \pm 0.50
10	4.00 _a ^A \pm 0.32	5.95 _f ^B \pm 0.22	6.35 _e ^C \pm 0.47	6.70 _f ^D \pm 0.47	6.90 _e ^D \pm 0.31
12	-	5.25 _e ^A \pm 0.44	6.00 _e ^B \pm 0.32	6.45 _e ^C \pm 0.51	6.60 _e ^C \pm 0.50
14	-	4.50 _d ^A \pm 0.51	5.10 _d ^B \pm 0.31	5.40 _d ^C \pm 0.50	5.80 _d ^C \pm 0.41
16	-	3.35 _c ^A \pm 0.49	4.50 _c ^B \pm 0.51	4.90 _c ^C \pm 0.31	5.10 _c ^C \pm 0.31
18	-	2.80 _b ^A \pm 0.41	3.60 _b ^B \pm 0.50	4.20 _b ^C \pm 0.41	4.60 _b ^D \pm 0.50
20	-	2.20 _a ^A \pm 0.41	3.05 _a ^B \pm 0.22	3.30 _a ^C \pm 0.47	3.50 _a ^C \pm 0.51

ตารางผนวกที่ ข - 12 คะแนนความชอบรสชาติของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบรสชาติ (คะแนน) \pm SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE0	L500	L507	L512	L517
0 ^{NS}	9.00 _f \pm 0.00	8.80 _i \pm 0.41	8.80 _j \pm 0.41	8.80 _i \pm 0.41	8.80 _h \pm 0.41
2	8.20 _e ^A \pm 0.41	8.80 _i ^B \pm 0.41	8.90 _{ij} ^B \pm 0.31	8.90 _i ^B \pm 0.31	8.90 _{gh} ^B \pm 0.31
4	7.80 _d ^A \pm 0.41	8.10 _h ^B \pm 0.31	8.30 _i ^{BC} \pm 0.47	8.50 _h ^C \pm 0.51	8.50 _g ^C \pm 0.51
6	6.70 _c ^A \pm 0.47	7.70 _g ^B \pm 0.47	7.80 _h ^{BC} \pm 0.41	7.90 _g ^{BC} \pm 0.31	8.00 _f ^C \pm 0.32
8	6.10 _b ^A \pm 0.31	7.20 _f ^B \pm 0.41	7.40 _g ^{BC} \pm 0.50	7.60 _f ^{CD} \pm 0.50	7.80 _f ^D \pm 0.41
10	5.00 _a ^A \pm 0.32	6.60 _e ^B \pm 0.50	6.70 _f ^{BC} \pm 0.47	6.90 _e ^{CD} \pm 0.31	7.10 _e ^D \pm 0.31
12	-	6.00 _d ^A \pm 0.32	6.30 _e ^B \pm 0.47	6.50 _d ^B \pm 0.51	6.60 _d ^B \pm 0.50
14	-	5.30 _c ^A \pm 0.47	5.90 _d ^B \pm 0.31	6.20 _c ^C \pm 0.41	6.40 _d ^C \pm 0.50
16	-	4.20 _b ^A \pm 0.41	5.20 _c ^B \pm 0.41	5.60 _b ^C \pm 0.50	5.80 _c ^C \pm 0.41
18	-	4.00 _b ^A \pm 0.32	4.50 _b ^B \pm 0.51	5.30 _b ^C \pm 0.47	5.40 _b ^C \pm 0.50
20	-	3.40 _a ^A \pm 0.50	4.30 _a ^B \pm 0.47	4.60 _a ^C \pm 0.50	4.90 _a ^C \pm 0.31

ตารางผนวกที่ ข - 13 คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของเนื้อปลาเห็ดโคนที่แช่น้ำแข็งผสมกรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 วัน

ระยะเวลา การเก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบเนื้อสัมผัส (คะแนน) \pm SD				
	ชุดการทดลอง				
	ICE0	L500	L507	L512	L517
0 ^{NS}	9.00 _f \pm 0.00	9.00 _i \pm 0.00	9.00 _j \pm 0.00	9.00 _h \pm 0.00	9.00 _h \pm 0.00
2	8.30 _e ^A \pm 0.47	8.80 _i ^B \pm 0.41	8.90 _j ^B \pm 0.31	8.90 _h ^B \pm 0.31	8.90 _h ^B \pm 0.31
4	7.75 _d ^A \pm 0.44	8.00 _h ^A \pm 0.32	8.30 _i ^B \pm 0.47	8.50 _g ^B \pm 0.51	8.55 _g ^B \pm 0.51
6	6.60 _c ^A \pm 0.50	7.60 _g ^B \pm 0.50	7.70 _f ^{BC} \pm 0.47	7.90 _f ^C \pm 0.31	8.00 _f ^C \pm 0.32
8	6.15 _b ^A \pm 0.37	7.20 _f ^B \pm 0.41	7.50 _e ^C \pm 0.51	7.65 _e ^{CD} \pm 0.49	7.80 _e ^D \pm 0.41
10	5.10 _a ^A \pm 0.31	6.50 _e ^B \pm 0.51	6.75 _d ^{BC} \pm 0.44	6.90 _d ^{CD} \pm 0.31	7.10 _d ^D \pm 0.31
12	-	6.10 _d ^A \pm 0.31	6.40 _c ^B \pm 0.50	6.60 _c ^{BC} \pm 0.50	6.70 _c ^C \pm 0.47
14	-	5.35 _c ^A \pm 0.49	5.90 _c ^B \pm 0.31	6.35 _c ^C \pm 0.49	6.50 _c ^C \pm 0.51
16	-	4.30 _b ^A \pm 0.47	5.30 _b ^B \pm 0.47	5.50 _b ^B \pm 0.51	5.80 _b ^C \pm 0.41
18	-	4.10 _b ^A \pm 0.31	4.40 _b ^A \pm 0.50	5.35 _b ^B \pm 0.49	5.50 _b ^B \pm 0.51
20	-	3.30 _a ^A \pm 0.47	4.10 _a ^B \pm 0.31	4.60 _a ^C \pm 0.50	4.90 _a ^D \pm 0.31

หมายเหตุ: ICE0 ปลาเห็ดโคนสดทั้งตัวแช่น้ำแข็งปราศจากกรดอินทรีย์ (ชุดการทดลองควบคุม)
L500 ปลาเห็ดโคนสดทั้งตัวแช่น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050%
L507 ปลาเห็ดโคนสดทั้งตัวแช่น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.075%
L512 ปลาเห็ดโคนสดทั้งตัวแช่น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.125%
L517 ปลาเห็ดโคนสดทั้งตัวแช่น้ำแข็งที่มีความเข้มข้นของกรดแล็กติก 0.050% และกรดซิตริก 0.175%
a, b, c,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
A, B, C,... ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
NS มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)