สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 2013

ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และน้ำมันหอมระเหยไธม์ต่อคุณภาพหมึกกล้วย (*Loligo* spp.)

ปทิตตา ก๋าวงค์

14 ก.ค. 2563
389091
b0026256b2

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวาริชศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

61910068_895158379

ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และน้ำมันหอมระเหยไธม์ต่อคุณภาพหมึกกล้วย (*Loligo* spp.)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ปทิตตา ก๋าวงค์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวาริชศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2563

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

Effect of Hydrogen Peroxide and Thyme Essential Oil on Squid Quality (*Loligo* spp.)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

PATITTA KAWONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF SCIENCE

IN AQUATIC SCIENCE

FACULTY OF SCIENCE

BURAPHA UNIVERSITY

2020

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

61910068: สาขาวิชา: วาริชศาสตร์; วท.ม. (วาริชศาสตร์)
คำสำคัญ: หมึกกล้วย, การล้าง, ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์, น้ำมันหอมระเหยไธม์

ปทิตตา ก๋าวงค์ : ผลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์และน้ำมันหอมระเหยไธม์ต่อคุณภาพหมึกกล้วย (*Loligo* spp.) . (Effect of Hydrogen Peroxide and Thyme Essential Oil on Squid Quality (*Loligo* spp.)) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สวามินี ธีระวุฒิ, ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน ปี พ.ศ. 2563.

ศึกษาการล้างหมึกกล้วยด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ได้แก่ 0.0035, 0.0055 และ 0.0075% และให้ชุดการทดลองที่ล้างด้วยน้ำประปาเป็นชุดการทดลองควบคุม โดยแบ่งการเก็บรักษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การเก็บรักษาแบบดิบ(RH) และแบบต้มสุก (CH) ที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า RH75 และ CH75 ให้ผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้มีประสิทธิภาพที่สุด หมึกกล้วยต้มสุก CH35 มีค่าแรงเฉือนมากที่สุด ส่วน CH75 มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) และเนื้อหมึกดิบมีอายุการเก็บรักษาอย่างน้อย 12 วัน จึงได้นำ CH75 ไปใช้ในการเตรียมหมึกกล้วยดิบก่อนการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ (TEO) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ได้แก่ 0.25 (TM025), 0.50 (TM050), 0.75 (TM075), 1% (TM100), สารละลายอัลจิเนต 0.002% (TA000) และชุดการทดลองที่ไม่เคลือบสารละลายเป็นชุดการทดลองควบคุม (TMC00) ผลการทดลองพบว่าเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก TM050 ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N และ TMA-N ได้มากที่สุด และช่วยชะลอการลดลงของค่าแรงเฉือนและการสูญเสียน้ำหนัก อีกทั้งได้รับคะแนนความชอบรวมจากผู้ทดสอบมากที่สุด โดยมีอายุการเก็บรักษามากกว่า 14 วัน รองลงมาคือ 0.75, 1 และ 0.25% มีอายุการเก็บรักษา 12 10 และ 10 วัน ตามลำดับ ส่วน TA000 มีอายุการเก็บรักษา 10 วัน และTMC000 มีอายุการเก็บรักษา 6 วัน(พิจารณาจากมาตรฐานอาหารทะเลปรุงสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่า 6 log CFU/g.)นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ความเข้มข้นของสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่มากเกินไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้เร็วขึ้น และมีผลต่อการยอมรับด้านประสาทสัมผัส

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ปทิตตา ก๋าวงค์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สวามินี ธีระวุฒิ)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(ดร.ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีเวียง ฤทธิศักดิ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สวามินี ธีระวุฒิ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จริยาวดี สุริยพันธุ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน)

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวาริชศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)

วันที่ 25 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2563

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

61910068: MAJOR: AQUATIC SCIENCE; M.Sc. (AQUATIC SCIENCE)

KEYWORDS: squid, washing, hydrogen peroxide, thyme essential oil

PATITTA KAWONG : EFFECT OF HYDROGEN PEROXIDE AND THYME ESSENTIAL OIL ON SQUID QUALITY (*LOLIGO* SPP.). ADVISORY COMMITTEE: SAVAMINEE TEERAWUT, Ph.D., PATIYUT KWAN-ON, Ph.D. 2020.

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

Studying the washing of raw squid with hydrogen peroxide (H_2O_2) solution at different concentrations of 0.0035, 0.0055 and 0.0075% and the squid washed with tap water was a control batch, the storage was divided into 2 parts as raw storage (RH) and cooked storage (CH) at 4±1 °C. The results showed that RH75 and CH75 gave the most effective inhibition of microbial growth, CH35 cooked squid was the highest shear force. CH75 was the highest overall liking score ($p \leq 0.05$) and had a shelf life of at least 20 days. Therefore, CH75 was used to prepare raw squid before the coating of cooked squid with thyme essential oil (TEO) at different concentrations as 0.25 (TM025), 0.50 (TM050), 0.75 (TM075), 1% (TM100), 0.002% alginate (TA000) and the non-coating was a control batch (TMC00). The results showed that TM050 was the most effective on microbial growth inhibition, slowing the increasing of TVB-N, TMA-N and weight loss and the decreasing of shear force as well as receiving the highest overall liking score and had a shelf life of more than 14 days, followed by TM075 TM100 TM025 TA000 and TMC00 had shelf life were 12, 10, 10, 10 and 6 days, respectively. (The cooked seafood has total plate count less than 6 log CFU/g.). In addition,it was found that the excessive used of thyme essential oil concentration coating was caused the change occurs faster in the quality of the cooked squid and affected on sensory acceptability.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สวามินี ธีระวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และดร.ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ และให้วิธีกาคิดเป็นขั้นตอน และให้ความช่วยเหลือในทุกๆ เรื่อง ช่วยแก้ไขข้อบกพร่อง ด้วยความเอาใจใส่เสมอมาตั้งแต่เริ่มทำวิทยานิพนธ์จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ทั้งนี้ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีเวียง ฤทธิศักดิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จริยาวดี สุริยพันธุ์คณะกรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนแนวคิด จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอกราบขอบคุณผู้มีส่วนร่วมทุกท่านที่ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือ และขอบคุณ ผู้ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้งานวิจัยประสบผลสำเร็จเสร็จสมบูรณ์

ปทิตตา ก๋าวงค์

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

สมมติฐานของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

หมึกกล้วย 6

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 13

น้ำมันหอมระเหยไธม์ 17

การตรวจสอบคุณภาพสัตว์น้ำ 23

3 วิธีดำเนินการวิจัย 29

วัตถุดิบ 29

อุปกรณ์ในการแปรรูปและเครื่องมือที่ใช้บรรจุและเก็บรักษา 29

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ.....30
สารเคมี.....30
อาหารเลี้ยงเชื้อและรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์.....31
วิธีการทดลอง.....31
4 ผลการทดลอง.....34
การล้างหมึกกล้วยดิบด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2).....34
การเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ (TEO).....69
5 อภิปรายและสรุปผลการทดลอง.....97
อภิปรายผลการทดลอง.....97
สรุปผลการทดลอง.....106
ข้อเสนอแนะ.....107
บรรณานุกรม.....108
ภาคผนวก.....111
ภาคผนวก ก.....112
ภาคผนวก ข.....116
ภาคผนวก ค.....118
ภาคผนวก ง.....124
ภาคผนวก จ.....133
ภาคผนวก ฉ.....135
ภาคผนวก ช.....136
ภาคผนวก ซ.....142
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....147

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 สารประกอบที่ให้กลิ่นรสผิดปกติที่ผลิตขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ระหว่างเก็บรักษาภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (aerobic condition) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 12

ตารางที่ 3-1 การเตรียมสารละลายสำหรับล้างเนื้อหมึกกล้วยดิบ 31

ตารางที่ 3-2 การกำหนดชุดการทดลองสำหรับหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 และเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยแบบดิบ 32

ตารางที่ 3-3 การกำหนดชุดการทดลองสำหรับหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ก่อนนำไปต้มสุกและเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยแบบต้มสุก 33

ตารางที่ 3-4 การแปรผลคะแนนความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัส 34

ตารางที่ 3-5 การเตรียมสารละลายสำหรับเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก 30

ตารางที่ 3-6 การกำหนดชุดการทดลองสำหรับเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO 31

ตารางที่ ก-1 ปริมาณ TVB-N ในเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน 112

ตารางที่ ก-2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน 113

ตารางที่ ก-3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน 114

ตารางที่ ก-4 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน 115

ตารางที่ ข-1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน 116

ตารางที่ ข-2 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน....117
ตารางที่ ค-1 ความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน....118
ตารางที่ ค-2 ความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน....119
ตารางที่ ค-3 แรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน....120
ตารางที่ ค-4 แรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน....121
ตารางที่ ค-5 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน....123
ตารางที่ ง-1 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน....124
ตารางที่ ง-2 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน....125
ตารางที่ ง-3 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน....126
ตารางที่ ง-4 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน....127

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ง-5 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้าง
ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 128
ตารางที่ ง-6 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้าง
ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน 129
ตารางที่ ง-7 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้าง
ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 130
ตารางที่ ง-8 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้าง
ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน 131
ตารางที่ ง-9 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้าง
ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 132
ตารางที่ จ-1 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย
สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน 133
ตารางที่ จ-2 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย
สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน 134
ตารางที่ ฉ-1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย
สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 135
ตารางที่ ช-1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย
สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน 136
ตารางที่ ช-2 ค่าแรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย
สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน 137

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ช-3 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 18 วัน 138
ตารางที่ ช-4 ค่า L* (ความสว่าง) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 139
ตารางที่ ช-5 ค่า a* (สีแดง - เขียว) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 140
ตารางที่ ช-6 ค่า b* (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 141
ตารางที่ ซ-1 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 142
ตารางที่ ซ-2 คะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 143
ตารางที่ ซ-3 คะแนนความชอบรสชาติของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 144
ตารางที่ ซ-4 คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 145
ตารางที่ ซ-5 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย สารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 146

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 ลักษณะอวัยวะภายในของหมึกกล้วย (*Loligo* spp.).....7

ภาพที่ 2-2 โครงสร้างโมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์.....14

ภาพที่ 2-3 ปฏิกิริยาการเกิดสารอนุมูลอิสระที่มีผลต่อการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย.....14

ภาพที่ 2-4 โครงสร้างทางเคมีของไทมอล.....19

ภาพที่ 2-5 การทำงานของ Hydroxyl group ต่อเซลล์จุลินทรีย์.....20

ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ H_2O_2 ที่ใช้ล้างหมึกกล้วย ต่อคุณภาพของหมึกกล้วยดิบและหมึกกล้วยต้มสุก.....29

ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยไธม์ ที่ใช้เคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อหมึกกล้วย.....33

ภาพที่ 4-1 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน.....36

ภาพที่ 4-2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน.....37

ภาพที่ 4-3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน.....39

ภาพที่ 4-4 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน.....40

ภาพที่ 4-5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน.....43

ภาพที่ 4-6 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้าง ด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน.....44

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาพที่ 4-7 ความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน....47

ภาพที่ 4-8 ความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน....48

ภาพที่ 4-9 แรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน....50

ภาพที่ 4-10 แรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน....51

ภาพที่ 4-11 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน....53

ภาพที่ 4-12 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน....54

ภาพที่ 4-13 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน....56

ภาพที่ 4-14 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน....57

ภาพที่ 4-15 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน....59

ภาพที่ 4-16 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน....60

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาพที่ 4-17 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 62
ภาพที่ 4-18 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน 64
ภาพที่ 4-19 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 65
ภาพที่ 4-20 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน 67
ภาพที่ 4-21 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 68
ภาพที่ 4-22 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน.....71
ภาพที่ 4-23 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน.....73
ภาพที่ 4-24 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 75
ภาพที่ 4-25 ความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน 78
ภาพที่ 4-26 แรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน.....80

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาพที่ 4-27 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบ
ด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 18 วัน 82
ภาพที่ 4-28 ค่า L* (ความสว่าง) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบ
ด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 84
ภาพที่ 4-29 ค่า a* (สีแดง - เขียว) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบ
ด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน 85
ภาพที่ 4-30 ค่า b* (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบ
ด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน 86
ภาพที่ 4-31 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก
ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 88
ภาพที่ 4-32 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบ
ด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 90
ภาพที่ 4-33 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบ
ด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 92
ภาพที่ 4-34 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบ
ด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 94
ภาพที่ 4-35 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบ
ด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ
4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน 96

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

หมึกกล้วยเป็นหนึ่งในหมึกอีกหลายชนิดที่มีความนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย และมีปริมาณการส่งออกที่ทำรายได้เข้าประเทศปีละกว่าหมื่นล้านบาท ปัจจุบันปริมาณการจับหมึกลดลงจึงเกิดการขาดแคลนหมึก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมศุลกากร, 2561) ซึ่งในเนื้อหมึกกล้วยมีปริมาณโปรตีนและไขมันที่ค่อนข้างสูง อีกทั้งมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย อย่างกรดอะมิโนไลซีนและกรดอะมิโนทรีโอนีนที่ช่วยในเรื่องของภูมิคุ้มกัน ลดอาการโรคซึมเศร้า เป็นต้น (สำนักงานกองทุนสร้างเสริมสุขภาพ, 2556) และมีกรดไขมัน Eicosapentaenoic acid (EPA) และ Docosahexaenoic acid (DHA) ที่ช่วยลดปริมาณคลอเลสเตอรอลในเลือดได้ ช่วยเรื่องพัฒนาระบบประสาทและสมองในเด็กทารกได้ตามลำดับ (นฤมล มาแทน, 2550) ทั้งนี้เกิดการเน่าเสียได้ง่าย ซึ่งกระบวนการเน่าเสียนั้นเริ่มทันทีหลังการตายภายใน 4 - 6 ชั่วโมง จากการย่อยสลายโดยเอนไซม์ภายในตัวหมึกเอง (autolysis) การย่อยสลายจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ (bacteria spoilage) รวมถึงการเกิดการออกซิเดชันของไขมัน (lipid oxidation) ส่งผลให้คุณภาพหมึกตามท้องตลาดมีคุณภาพลดลง ลำตัวหมึกอ่อนนิ่ม หนังลอก เนื้อมีสีขาวขุ่น หัวหลุด มีกลิ่นเหม็นเน่า มีเมือกมาก เป็นต้น ทำให้อายุการเก็บรักษาลดลง จึงมีการนำมาแปรรูปเพื่อให้สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้น และคุณค่าทางโภชนาการยังคงอยู่

การแปรรูปผลิตภัณฑ์หมึกเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น มีหลายรูปแบบ รวมถึงการต้มหมึก เนื่องจากผลิตภัณฑ์เนื้อหมึกต้มสะดวกต่อการนำมาประกอบอาหารและเก็บรักษาได้นานกว่าหมึกดิบ ซึ่งในหมึกกล้วยดิบมีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 4 วัน ในขณะที่หมึกกล้วยสุกมีอายุการเก็บรักษาได้ประมาณ 10 - 12 วัน (สวามินี ธีระวุฒิ, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2561ก) หลังจากนั้นเนื้อหมึกจะมีสี กลิ่นและเนื้อสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นหากต้องการให้ผลิตภัณฑ์เนื้อหมึกต้มสุกมีคุณภาพดีและเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้นจึงควรมีกระบวนการรักษาคุณภาพของเนื้อหมึกตั้งแต่เนื้อหมึกดิบไปจนถึงเนื้อหมึกที่ต้มสุกแล้ว ดังนั้นจึงได้เลือกใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) และน้ำมันหอมระเหยไธม์เพื่อช่วยรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษา จากสมบัติของ H_2O_2 ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยการรบกวนสมดุลภายในและภายนอกของเซลล์จุลินทรีย์ เกิดการเสียสภาพของโมเลกุลโปรตีนภายในเซลล์จุลินทรีย์

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

จึงไม่สามารถนำเข้าสารอาหารเพื่อการเจริญได้ การใช้ H_2O_2 จึงหยุดการเจริญและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเน่าเสียในสัตว์น้ำได้ รวมทั้ง H_2O_2 ยังเป็นสารต้านอนุมูลอิสระจึงส่งผลให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันลดลง (นฤมล มาแทน, 2550) ส่วนการรักษาคุณภาพของเนื้อหมึกหลังต้มสุกโดยการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ (Thyme essential oil, TEO) เนื่องจากใน TEO มีสารประกอบสำคัญที่เรียกว่าไทมอลที่มีฤทธิ์ต้านจุลชีพ การซึมผ่านชั้นไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์และไมโตคอนเดรียของจุลินทรีย์ไปรบกวนสมดุลโครงสร้างภายในและภายนอกเซลล์จนเกิดการรั่วของผนังเซลล์ ทำให้น้ำจากภายนอกเข้าไปภายในเซลล์ จุลินทรีย์จึงถูกทำลายเนื่องจากสูญเสียสมดุล ทำให้ลดการเน่าเสียในอาหารได้ อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลที่มีการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ H_2O_2 และระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ TEO ในการรักษาคุณภาพของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก ดังนั้นการศึกษาถึงระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารทั้ง 2 ชนิด จะช่วยให้เนื้อหมึกต้มสุกมีคุณภาพดี เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคและมีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น อีกทั้งสะดวกและรวดเร็วในการนำไปประกอบอาหารสำหรับผู้บริโภคระดับครัวเรือน ร้านอาหารหรือภัตตาคาร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการล้างหมึกกล้วยสด
2. ศึกษาคุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยา กายภาพ และประสาทสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน
3. ศึกษาอายุการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยไธม์แตกต่างกัน

สมมติฐานของการวิจัย

การทดลองที่ 1 (ความเข้มข้นที่เหมาะสมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการล้างหมึกกล้วย)

H_0: $\mu_{RN00} = \mu_{RC00} = \mu_{RH35} = \mu_{RH55} = \mu_{RH75}$

หมึกกล้วยสดที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำแข็งที่ความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แตกต่างกัน มีอายุการเก็บรักษาไม่แตกต่างกัน

H_a: มี μ อย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างกัน

หมึกกล้วยสดที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำแข็งที่ความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แตกต่างกัน มีอายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

โดยกำหนดให้

μ_{RN00} = RN00 (ไม่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 (ชุดการทดลองควบคุม))

μ_{RC00} = RC00 (ล้างด้วยน้ำประปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม))

μ_{RH35} = RH35 (ล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด)

μ_{RH55} = RH55 (ล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด)

μ_{RH75} = RH75 (ล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด)

H_0: $\mu_{CC00} = \mu_{CH35} = \mu_{CH55} = \mu_{CH75}$

หมึกกล้วยสดที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำแข็งที่ความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แตกต่างกันก่อนนำไปต้มสุก มีอายุการเก็บรักษาไม่แตกต่างกัน

H_a: มี μ อย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างกัน

หมึกกล้วยสดที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำแข็งที่ความเข้มข้นสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แตกต่างกันก่อนนำไปต้มสุก มีอายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน

โดยกำหนดให้

μ_{CC00} = CC00 (ล้างด้วยน้ำประปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม))

μ_{CH35} = CH35 (ล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด)

μ_{CH55} = CH55 (ล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด)

μ_{CH75} = CH75 (ล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด)

การทดลองที่ 2 (การเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์)

H_0: $\mu_{TC000} = \mu_{TA000} = \mu_{TM025} = \mu_{TM050} = \mu_{TM075} = \mu_{TM100}$

เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันมีอายุการเก็บรักษาไม่แตกต่างกัน

H_a: มี μ อย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างกัน

เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันมีอายุการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

โดยกำหนดให้

μ_{TC000} = TC000 (ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม))

μ_{TA000} = TMA00 (เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%)

μ_{TM025} = TM025 (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ความเข้มข้น 0.25% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%)

μ_{TM050} = TM050 (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ความเข้มข้น 0.5% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%)

μ_{TM075} = TM075 (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ความเข้มข้น 0.75% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%)

μ_{TM100} = TM100 (เคลือบสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ความเข้มข้น 1% ในสารละลายอัลจิเนต 0.002%)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงความเข้มข้นของสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่เหมาะสมในการเคลือบเนื้อหมึกต้มสุกที่ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้

2. สะดวกใช้ในการประกอบอาหารสำหรับคนทั่วไป ร้านอาหาร ภัตตาคาร เป็นต้น

3. สามารถนำวิธีการเก็บรักษานี้ไปต่อยอดในการเก็บรักษาหมึกกล้วยต้มสุกในภาคอุตสาหกรรมหมึก เพื่อเพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์หมึกได้

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้มี 2 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการล้างหมึกกล้วยดิบ โดยใช้หมึกกล้วยดิบที่นำหัวและอวัยวะภายในออกมาล้างด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 0.0035, 0.0055 และ 0.0075% เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยควบคุมอุณหภูมิน้ำไม่เกิน 14 องศาเซลเซียส จากนั้นนำหมึกกล้วยที่ผ่านการล้างมาลอกหนัง หั่นชิ้นเป็นสี่เหลี่ยมขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว และบั้งเนื้อหมึก จากนั้นแบ่งเนื้อหมึกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เก็บรักษาแบบเนื้อหมึกดิบและส่วนที่ 2 นำเนื้อหมึกกล้วยไปต้มในน้ำร้อนจนอุณหภูมิกลางชิ้นเนื้อหมึกเป็น 95 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ และนำเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ได้บรรจุลงถุง polypropylene แล้วปิดปากถุง เนื้อหมึกทั้งส่วนที่ 1 และ 2 นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

สุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพทางเคมี และกายภาพ ทุก 2 วัน นาน 20 วัน ตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสทุก 2 วัน นาน 16 วัน

หลังจากได้ระดับความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เหมาะสมแล้ว ดำเนินการต่อในการทดลองที่ 2 โดยศึกษาความเข้มข้นของสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 0.75 และ 1% ด้วยการนำเนื้อหมึกกล้วยที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายไฮโดรเจน-เปอร์ออกไซด์ร่วมกับน้ำแข็งแล้วนำไปต้มให้สุก จากนั้นเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหย-ไธม์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน บรรจุลงถุงพลาสติกชนิด polypropylene เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพทางเคมี และกายภาพ ทุก 2 วัน นาน 20 วัน ตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสทุก 2 วัน นาน 16 วัน

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

บทที่ 2
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. หมึกกล้วย

1.1 ชีววิทยาของหมึกกล้วย

หมึกเป็นสัตว์น้ำที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ผสมพันธุ์แบบมีเพศ วางไข่เพียงครั้งเดียวแล้วตาย โดยทั่วไปพบหมึกกล้วยได้ในอ่าวไทย อาศัยอยู่ทุกระดับน้ำ แต่มีบางช่วงชีวิตที่อยู่หน้าดินหรือเหนือผิวดิน จึงจัดอยู่ในหมู่กลุ่มหมึกกลางน้ำ (pelagic squids) (กรมประมง, 2556) มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Loligo* spp. ชื่อสามัญภาษาไทยคือหมึกกล้วย และชื่อสามัญภาษาอังกฤษคือ Splendid squid จัดอยู่ใน

Kingdom Animalia

Phylum Mollusca

Class Cephalopoda

Order Myopsida

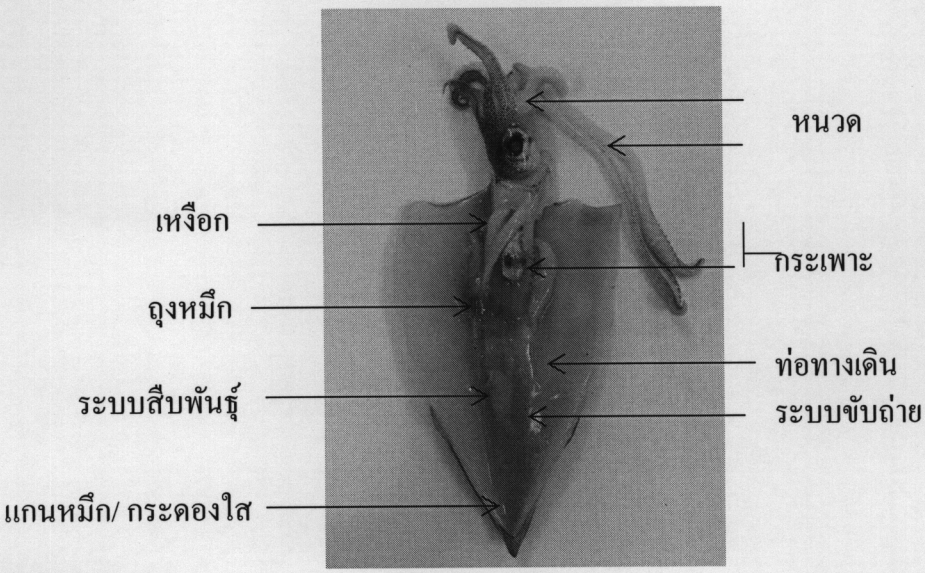
Family Loliginidae

Genus *Loligo* (Vaught, Abbott, & Boss, 1989)

หมึกกล้วยเป็นสัตว์ทะเลที่จัดอยู่ในกลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง มีรูปร่างเรียวยาว ลำตัวกลม มีเปลือก (shell) ลักษณะแบนอยู่กลางลำตัว ประกอบด้วยไคติน เรียกว่าแกนหมึกหรือกระดองใส (pen หรือ gladius) มีครีบ (fin) เป็นรูปสามเหลี่ยมอยู่ทางด้านซ้ายและขวาไว้ใช้สำหรับว่ายน้ำ หัว (head) และลำตัว (trunk) เชื่อมกันด้วยคอ (neck) ล้อมรอบด้วยขอบหนึ่งของแผ่นแมนเทิลที่เป็นอิสระ เรียกว่า คอลลาร์ (collar) ใต้คอมี 1 ท่อ เรียก ไซฟอน (siphon) หรือ ฟันเนล (funnel) สำหรับให้น้ำไหลออกจากตัว และมีรยางค์รอบปาก 8 - 10 เส้น เส้นยาว 8 เส้น (แขน; arm) เส้นสั้น 2 เส้น (หนวด; tentacle) ประกอบด้วยปุ่มดูด (sucker) ช่วยในการเกาะยึดและเคลื่อนไหวด้วยการพ่นน้ำ โดยแขนทำหน้าที่จับเหยื่อและทำหน้าที่ผสมพันธุ์ มีนัยน์ตาสีดำขนาดใหญ่ (eye) ในปากมีฟันเขี้ยว ผิวนอกสุดของหมึกกล้วยมีจุดสี (chromatography) กระจายทั่วไป โดยส่วนใหญ่อยู่ทางด้านหน้ามากกว่าด้านท้ายของลำตัวหมึก โดยจุดเหล่านี้ทำให้เกิดสีต่างๆ เช่น สีเหลือง สีน้ำตาล และสีแดง เป็นต้น (สุภาวดี จันทร์จรุงจิตต์, 2541) และภายในลำตัวประกอบด้วย ท่อทางเดินอาหาร ระบบสืบพันธุ์ ระบบขับถ่าย ที่ปลายสุดท่อทางเดินอาหารมีถุงบรรจุน้ำสีดำ เรียกว่า ถุงหมึก (ink sac) ใช้พ่นเพื่อป้องกันตัวในเวลาที่ถูกรบกวนหรือต้องการพรางตัวจากศัตรู (กรมประมง, 2556) ลักษณะอวัยวะภายในของหมึกกล้วยแสดงดังภาพที่ 2-1

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

โดยธรรมชาติหมึกเป็นสัตว์กินเนื้อ และกินในปริมาณมากเพราะต้องการพลังงานค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในระยะวัยอ่อนจะกินอาหารที่มีชีวิต มีการเคลื่อนไหวในลักษณะที่กระตุ้นความสนใจ สีแวววาว เนื้ออ่อนนุ่ม และมีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับตัวเอง เช่น ลูกปลา ลูกกุ้ง ฯลฯ (กรมประมง, 2555)



ภาพที่ 2-1 ลักษณะอวัยวะภายในของหมึกกล้วย (*Loligo* spp.)

1.2 คุณค่าทางโภชนาการ

หมึกกล้วยเป็นสัตว์น้ำที่มีคุณค่าทางโภชนาการค่อนข้างมาก ในเนื้อหมึก 100 กรัม มีพลังงานทั้งหมด 92 กิโลแคลอรี่ มีโปรตีน 15.6 กรัม คาร์โบไฮเดรต 3.1 กรัมและไขมัน 1.4 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีวิตามินบีหก 3% วิตามินบีสิบสอง 22% แมกนีเซียม 8% และซิงค์ 10% (CalForLife, 2015) อีกทั้งมีกรดอะมิโนจำเป็น (essential amino acid) หลายชนิด โดยเฉพาะกรดอะมิโนไลซีนและกรดอะมิโนทรีโอนีนที่ช่วยในเรื่องการสร้างระบบภูมิคุ้มกันอีกทั้งลดอาการของโรคซึมเศร้าได้ และยังมีกรดไขมันที่จำเป็นคือกรดไขมัน EPA (eicosapentaenoic acid) ที่มีสมบัติในการบรรเทาอาการจากโรคต่างๆ เช่น ลดปริมาณคลอเลสเตอรอลให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม ป้องกันโรคหลอดเลือดอุดตัน เป็นต้น ส่วนกรดไขมัน DHA (docosahexaenoic acid) ช่วยเรื่องการพัฒนาระบบประสาทและสมอง เป็นต้น (สวามินี ธีระวุฒิ, 2559)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

1.3 มูลค่าทางเศรษฐกิจ

หมึกเป็นสัตว์น้ำที่สามารถทำรายได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปีไม่ต่ำกว่าหมื่นล้านบาท โดยในปี พ.ศ. 2558 - 2560 มีปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์หมึก 62, 921.72 54,510.48 และ 47,573.07 ตัน ตามลำดับ คิดเป็นเงินมูลค่ากว่า 12 ล้านบาท หมึกสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วนของลำตัวมากกว่า 80% ส่วนที่เหลือสามารถนำไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ แคลเซียม ไคโตซาน หรือเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอาง เป็นต้น (กลุ่มเศรษฐกิจประมง กรมประมง, 2558; กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กองประมงต่างประเทศ, 2557)

1.4 องค์ประกอบทางคมีของหมึกกล้วย

หมึกกล้วยมีองค์ประกอบหลักทางเคมี ได้แก่ น้ำ โปรตีนและไขมัน เป็นองค์ประกอบมากถึง 90% ของน้ำหนักเนื้อทั้งหมด และองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีความสำคัญต่อกลิ่นรสมากกว่าคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งมีในปริมาณน้อย เช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามิน เกลือแร่ เป็นต้น (CalForLife, 2015)

1.4.1 น้ำ (water)

น้ำเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของสัตว์น้ำ โดยทั่วไปสัตว์น้ำมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากถึง 50 - 85% ขึ้นอยู่กับชนิดและภาวะโภชนาการของสัตว์น้ำ โดยน้ำมีบทบาทช่วยในการละลายของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ สำหรับปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ เช่น การจับกันระหว่างน้ำกับโปรตีน ซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสและการฉ่ำน้ำของเนื้อ (juiciness) โดยโปรตีนมีการอุ้มน้ำไว้ภายในโครงสร้างกล้ามเนื้อ หรือล้อมด้วยตัวถูกละลาย น้ำชนิดนี้เรียกว่า interfacial water เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อเยื่อจากการแปรรูปจะทำให้น้ำอิสระถูกปลดปล่อยออกมา จึงส่งผลต่อคุณค่าทางโภชนาการและคุณภาพทางประสาทสัมผัส (สวามินี ธีระวุฒิ, 2559)

1.4.2 โปรตีน (protein)

โปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของสัตว์โดยทั่วไป โดยเฉพาะส่วนของกล้ามเนื้อโครงร่างซึ่งมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ ในกล้ามเนื้อหมึกกล้วยประกอบด้วยโปรตีน 20% มีกรดอะมิโนจำเป็นที่ร่างกายต้องการได้แก่กรดอะมิโนไลซีนและทรีโอนีน ที่มีส่วนช่วยในเรื่องระบบภูมิคุ้มกันและสมองเสื่อมในวัยชรา นอกจากนี้โปรตีนแต่ละชนิดมีปริมาณสัดส่วนและบทบาทหน้าที่แตกต่างกันตามอายุ เพศ และการเคลื่อนไหวของหมึก โดยกรดอะมิโนที่จำเป็นในหมึกกล้วยประกอบด้วย อาร์จินิน (arginine) 148.6 , ฮิสทิดีน (histidine) 16, ไอโซลิวซีน (isoleucine) 36, ลิวซีน (leucine) 65.4, ไลซีน (lysine) 81, เมไทโอนีน (methionine) 24.7,

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ฟีนิลแอลานีน (phenylalanine) 30, ทรีโอนีน (threonine) 38.4, วาลีน (valine) 35.9 g AA kg^{-1} protein (Okusumi & Fujii, 2000; Valverde et al., 2013; สุภาวดี จันทร์จรุงจิตต์, 2541) โดยโปรตีนในกล้ามเนื้อหมึกสามารถจำแนกได้ดังนี้

1.4.2.1 โปรตีนไมโอไฟบริล (myofibril protein)

โปรตีนไมโอไฟบริลเป็นโปรตีนที่มีบทบาทในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ พบมากที่สุดของโปรตีนทั้งหมด ในเนื้อสัตว์มีประมาณ 55% โดยหมึกกล้วยพบโปรตีนชนิดนี้อยู่มากถึง 70 - 80% ของโปรตีนทั้งหมด ซึ่งมีความสำคัญต่อการเคลื่อนไหวของหมึกกล้วย ช่วยในการยืดหดของกล้ามเนื้อ การอุ้มน้ำของเนื้อ และความสามารถในการเกิดเจล (เกษม นันทชัย, 2526; สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) โปรตีนชนิดนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- ไมโอซินและพาราไมโอซิน (myosin และ paramyosin) ไมโอซินเป็นโปรตีนเส้นยาวประกอบด้วยพอลิเพปไทด์ 6 เส้น ทำหน้าที่ควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อ ควบคุมระบบการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบ ในขณะที่พาราไมโอซินนั้นมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนที่มีลักษณะจำเพาะประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดที่เป็นเบสและเอไมด์สูง เช่นกลูตามีนและอาร์จินีน พาราไมโอซินมีลักษณะเป็นท่อนที่เกิดจากสายโซ่ชนิด coiled-coli rod ที่ต่างกัน 2 สาย พบได้ในกล้ามเนื้อเรียบและกล้ามเนื้อลายในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยเฉพาะมอลลัสชนิดต่างๆ

- โทรโปไมโอซินและโทรโปนิน (tropomyosin และ troponin) โทรโป-ไมโอซินประกอบด้วยพอลิเพปไทด์ชนิดแอลฟาเฮลิกซ์ พันกันเป็นลักษณะเฉพาะ ซึ่งในแต่ละเส้นประกอบด้วย G-actin 7 โมเลกุล ในขณะที่โทรโปนินส่วนใหญ่อยู่รวมกับโทรโปไมโอซิน ประกอบด้วย 3 subunit ได้แก่ troponin C ทำหน้าที่จับกับ Ca^{+}, troponin I ช่วยยับยั้ง ATpase, troponin T จับกับโทรโปไมโอซิน

- แอกติน (actin) เป็นองค์ประกอบสำคัญของฟิลาเมนท์เส้นบาง (thin filament) มีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว 2 เมล็ดเรียงขนานกันเป็นเส้น (สวามินี ธีระวุฒิ, 2559)

1.4.2.2 โปรตีนซาร์โคพลาสมิก (sarcroplasmic protein)

โปรตีนซาร์โคพลาสมิก เป็นโปรตีนห่อหุ้มรอบเส้นใยย่อย ละลายอยู่ในซาร์โคพลาสซึมเรียกว่า ซาร์โคพลาสมิก ในหมึกกล้วยมีปริมาณโปรตีนชนิดนี้ 12 - 20% ของโปรตีนทั้งหมด มีสมบัติละลายได้ในน้ำและสารละลายน้ำเกลืออ่อนๆ มีบทบาทช่วยเร่งปฏิกิริยาชีวเคมีในร่างกาย เช่น เอนไซม์ต่างๆ ได้แก่ เอนไซม์โปรตีเนส (protenase) มีหน้าที่ย่อยโปรตีนในสัตว์น้ำ เอนไซม์คาทริปซิน (cathepsin) พบมากในตับอ่อนของหมึก เอนไซม์ทริปซิน (trypsin) พบในลำไส้ กระเพาะอาหารและตับอ่อนของสัตว์น้ำ เป็นต้น นอกจากนี้โปรตีนซาร์โคพลาสมิกยังเป็นแหล่งของเม็ดสีสำคัญคือ กลุ่มฮีโมไซยานินเป็นรงควัตถุหลักในสัตว์จำพวกมอลลัส

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ทำหน้าที่เป็นโปรตีนตัวพาหรือช่วยสะสมออกซิเจนในเลือดของสัตว์พวกหอย (mollusks) กุ้ง กั้ง และปู เป็นต้น (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ม.ป.ป.; สวามินี ธีระวุฒิ, 2559; สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554)

1.4.2.3 สโตรมา (stoma)

สโตรมาเป็นโปรตีนที่มีองค์ประกอบเหมือนกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีอยู่ประมาณ 15% ของโปรตีนทั้งหมด โปรตีนในกลุ่มนี้ ได้แก่ คอลลาเจน อิลาสติน และเรติคิวลิน เป็นต้น โปรตีนสโตรมาละลายได้น้อยในสารละลายเข้มข้นของกรดและเบส โดยโปรตีนชนิดนี้ประกอบด้วยกรดอะมิโนสำคัญ 8 ชนิด ได้แก่ ทริปโตเฟน (tryptophan) ทรีโอนีน (threonine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) เมไธโอนีน (methionine) ลิวซีน (leucine) ไลซีน (lysine) วาลีน (valine) ไอโซลิวซีน (isoleucine) ในปริมาณสูง ในส่วนลำตัวและหนวดหมึก ประกอบด้วยคอลลาเจน 2 - 11% และ 2 - 16% ของโปรตีนทั้งหมดตามลำดับ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554)

1.4.3 ไขมัน (lipid)

ไขมันเป็นส่วนประกอบสำคัญที่สะสมอยู่ในร่างกายสัตว์ ทำหน้าที่ให้พลังงานแก่ร่างกายสัตว์ โดยกล้ามเนื้อโครงร่างมีไขมันเป็นองค์ประกอบ 12 - 20% เนื้อหมึกกล้วย มีไขมัน 1 - 2% ส่วนมากพบในรูปฟอสโฟลิปิต 60 - 80% ซึ่งมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนสี กลิ่น รส ของเนื้อสัตว์ และมีไตรกลีเซอไรด์ 0.8 - 3.2% มีสเตอรอล 15 - 20% และมีกรดไขมันอิสระ 2.2% (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550) ซึ่งกรดไขมันที่พบมากในสัตว์น้ำคือกรดไขมัน EPA (eicosapentaenoic acid) ช่วยลดระดับคลอเลสเตอรอล ป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัว ลดการเกิดโรคหลอดเลือดอุดตัน ช่วยกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันและกรดไขมัน DHA (docosahexaenoic acid) ช่วยลดอาการของผู้ป่วยโรคซึมเศร้าในวัยชราที่มีปริมาณคลอเลสเตอรอลต่ำและช่วยเพิ่มพัฒนาการทางสมองและการมองเห็นในเด็กทารก (สวามินี ธีระวุฒิ, 2559)

1.5 การเน่าเสียและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสัตว์น้ำ

คุณภาพสัตว์น้ำหลังการจับและระหว่างขนส่ง มีความสำคัญต่อการพัฒนาและปรับปรุงลักษณะให้มีคุณภาพที่อยู่ในเกณฑ์การยอมรับของผู้บริโภคและยังคงคุณประโยชน์ด้านโภชนาการไว้ได้ รวมทั้งสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ คุณภาพของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำจึงเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่เกิดการเน่าเสียได้ง่ายซึ่งหมึกกล้วยเป็นหนึ่งในสัตว์น้ำที่เริ่มเกิดการเน่าเสียทันทีหลังการตายจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอย่างรวดเร็วส่งผลให้เน่าเสียได้ง่าย โดยทั่วไปหมึกกล้วยสดและคุณภาพดี มีลักษณะหัวและลำตัวไม่หลุดออกจากกัน ตามีลักษณะใส ผิวหนังไม่หลุดลอก ไม่มีเมือก ลำตัวไม่นิ่ม มีกลิ่นคาวตามธรรมชาติ ไม่มีกลิ่นสารเคมี หรือถุงน้ำหมึกแตกหรือฉีกขาด (บุษกร อุตรภิชาติ, 2555)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

1.5.1 การเน่าเสียของสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำโดยทั่วไปเกิดการเน่าเสียทันทีหลังการตาย โดยนฤมล อัศวเกศมณี (2550) และสวามินี ธีระวุฒิ (2559) ได้สรุปไว้ว่าเกิดจาก 3 สาเหตุ ได้แก่

1.5.1.1 การเน่าเสียจากเอนไซม์ในตัวสัตว์น้ำ (autolysis)

สัตว์น้ำสดเป็นอาหารที่เกิดการเน่าเสียได้เร็ว โดยทั่วไปจะเกิดการเน่าเสียทันทีหลังการตาย โดยเอนไซม์ต่างๆ ภายในตัวสัตว์น้ำยังคงทำงานอยู่ แม้สัตว์น้ำหยุดหายใจแล้ว ทั้งนี้เอนไซม์ต่างๆ เกิดการย่อยสลายโครงสร้างภายในตัวสัตว์น้ำ ส่งผลให้เกิดเนื้อสัมผัสนิ่มและมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว เป็นต้น โดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงสมบัติหลังการตายของสัตว์น้ำแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะก่อนการเกร็งตัว (pre- rigor mortis) เป็นระยะที่สัตว์น้ำหยุดหายใจ หัวใจหยุดเต้น การสูบฉีดเลือดชะงัก ทำให้ขาดออกซิเจนในการหายใจและการสันดาปของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อจึงเกิดการสันดาปในรูปที่ไม่ใช้ออกซิเจน โดยพลังงานที่ใช้ในการสันดาปจะสะสมในรูปของ ATP ซึ่งมาจาก glycogen ที่สะสมบริเวณกล้ามเนื้อ ระยะเกร็งตัว (rigor mortis) เป็นระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงจาก ATP $\longrightarrow$ ADP $\longrightarrow$ AMP $\longrightarrow$ IMP เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลง จาก IMP ไปเป็นสารประกอบอินโนซีน (inosine หรือ HxR) และไฮโปแซนทีน (hypoxanthine หรือ Hx) เกิดเป็นสารประกอบที่มีผลต่อกลิ่นรสของเนื้อสัตว์น้ำ ระยะหลังการเกร็งตัว (post- rigor mortis) เป็นระยะที่กล้ามเนื้อค่อยๆ อ่อนตัวลงจากการย่อยสลายของเอนไซม์ภายในตัวสัตว์น้ำเองและกิจกรรมของจุลินทรีย์ปนเปื้อน ทำให้มีการย่อยสลายโปรตีน ไขมันและสารประกอบอื่นๆ ในตัวสัตว์น้ำ เกิดสารให้สี กลิ่น รส ที่ไม่ดี ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531; สวามินี ธีระวุฒิ, 2559)

1.5.1.2 การเน่าเสียจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ (bacteria spoilage)

การเน่าเสียในขั้นตอนนี้เกิดหลังจากผ่านระยะการเกร็งตัวแล้ว เอนไซม์ที่มีอยู่ ภายในตัวสัตว์น้ำและเอนไซม์ที่อยู่ภายในเซลล์จุลินทรีย์ที่เกิดการปนเปื้อนระหว่างจับ การขนส่ง หรือที่มีอยู่ในตัวสัตว์น้ำอยู่แล้วเกิดการย่อยสลายองค์ประกอบต่างๆ มากยิ่งขึ้นและผลิตสารประกอบที่ระเหยได้ (volatile compound) ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า และการย่อยสลายโปรตีนในสภาะที่ไร้ออกซิเจน (putrefaciens) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบที่ระเหยและก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulphide) เมทิลเมอแคปเทน (methylmercaptan), อินโดล (indole) เอมีน (amine) และแอมโมเนีย (ammonia) ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์กลุ่ม *Clostridium* spp. และแบคทีเรียที่ต้องการอากาศปริมาณน้อยในการเจริญ (facultative bacteria) เช่น *Pseudomonas* spp., *Alcaligenas* และ *Proteus* บางชนิด (Fraser & Sumar, 1998; Gray, Hoover, & Mur, 1983; Mazorra, Aguilar, Rojas, & Sanchez, 2000)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ 2-1 สารประกอบที่ให้กลิ่นรสผิดปกติที่ผลิตขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ระหว่างเก็บรักษาภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน (aerobic condition) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Fraser & Sumar, 1998)

จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย	สารประกอบที่ให้กลิ่นรสผิดปกติ
Shewanella putrefaciens	TMA, H_2S, CH_3SH, $(CH_3)_2S$, Hx
Photobacterium phosphoreum	TMA, Hx
Pseudomonas spp.	ketones, aldehydes, ester, non-H_2S sulphide
Vibrionaceae	TMA, H_2S
Anaerobic spoilage bacteria	NH_3, acetic, butyric, propionic acid

หมายเหตุ: TMA=trimethylamine, H_2S=hydrogen sulphide, CH_3SH=methymercaptan, $(CH_3)_2S$=dimethysulphide, Hx=hypoxanthine, NH_3=ammonia

1.5.1.3 การเน่าเสียจากการเติมออกซิเจน (oxidation reaction)

ในสัตว์น้ำโดยทั่วไปมีไขมันเป็นองค์ประกอบ โดยเฉพาะหมึกเป็นสัตว์น้ำที่มีไขมันในปริมาณสูงจึงเกิดการเน่าเสียได้ง่าย จากการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน ระหว่างออกซิเจนและไตรกรีเซอไรด์ที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ทำปฏิกิริยา ณ ตำแหน่งพันธะคู่ ทำให้เกิดสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นหืน และกลิ่นรสที่ผิดแปลกไป โดยปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ โดยอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะไปกระตุ้นโมเลกุลกรดไขมันที่เหลือให้เกิดปฏิกิริยาต่อไปอีก มี 3 ขั้นตอน (Gray, 1978) โดยขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยามีดังนี้

1. ขั้นเริ่มต้น (initiation) เป็นขั้นตอนที่เริ่มเกิดอนุมูลอิสระ (free redical) โดยจะเกิดกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ไม่แข็งแรงและไวต่อปฏิกิริยา ทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ ไฮโดรคาร์บอน (R•) ซึ่งเป็น unpair electron ที่ไวต่อปฏิกิริยา

$$RH \longrightarrow R\bullet + H\bullet$$

2. ขั้นลุกลาม (propagation) เกิดจากออกซิเจนเข้าไปทำปฏิกิริยาที่ตำแหน่งพันธะคู่เกิดเป็น peroxy radical (ROO•) เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวได้เป็นไฮโดรเพอร์ออกไซด์ (ROOH)

$$R\bullet + O_2 \longrightarrow ROO\bullet$$

$$RH + ROO\bullet \longrightarrow ROOH + R\bullet$$

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

3. ขั้นสุดท้าย (termination) คือขั้นตอนที่อนุมูลอิสระที่เกิดมารวมตัวเกิดเป็นสารใหม่ (secondary product) เช่น แอลดีไฮด์ คีโตน แอลกอฮอล์ แอลเคน และกรดอินทรีย์ เป็นต้น ทำให้เกิดกลิ่น รส และสีที่ผิดปกติไป

$$R\bullet + R\bullet \longrightarrow R\text{-}R$$

$$ROO\bullet + ROO\bullet \longrightarrow ROOR + O_2$$

$$RO\bullet + R\bullet \longrightarrow ROR$$

$$ROO\bullet + R\bullet \longrightarrow ROOR$$

$$2\ RO\bullet + 2\ ROO\bullet \longrightarrow 2\ ROOR + O_2$$

เมื่อเกิดการออกซิเดชันที่มากจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น และรสของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะกรดไขมันที่จำเป็น และเมื่อเกิดกลิ่นเหม็นหืนมากขึ้นจึงมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคทำให้สูญเสียมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการออกซิเดชันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสัตว์น้ำ ชนิดของไขมัน ปริมาณออกซิเจน อุณหภูมิและ A_w เป็นต้น (สวามินี ธีระวุฒิ, 2559)

2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

2.1 คุณสมบัติของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen dioxide หรือ albone หรือ hioxyl) มีสูตรโมเลกุล คือ H_2O_2 และสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2 - 2 มีน้ำหนักโมเลกุลที่ 34.02 และมีจุดเดือด 152 องศาเซลเซียส ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นของเหลวไม่คงตัว ไม่มีสี มีรสขม มักผลิตอยู่ในรูปสารละลายในน้ำความเข้มข้น 3 - 90% มีสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อ (sanitizer) มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (bacteria) เนื่องจากเป็นตัวออกซิไดซ์ (oxidizes) ที่มีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนได้ดีจึงเกิดเป็นสารอนุมูลอิสระเช่น O^{-2} (superoxide) และ HO· (hydroxyl radical) จึงมีฤทธิ์รุนแรงต่อเซลล์ของแบคทีเรียดังภาพที่ 2 - 3 โดยเกิดการออกซิไดซ์หมู่ซัลไฟดริล (sulfhydryl (-HS)) ของแบคทีเรียที่เยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เกิดการเสียสภาพของโปรตีนในเซลล์และมีผลต่อไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เกิดภาวะ lipid peroxidation คือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่ออนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวในผนังเซลล์เกิดขึ้นในผนังเซลล์ของแบคทีเรียทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดภาวะการยอมให้สารซึมผ่านได้สูงขึ้น (permeability) ส่งผลต่อระบบความสามารถในการยอมให้สารซึมผ่านเข้าออกจากเยื่อหุ้มเซลล์เสียสมดุล เกิดการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์และโครงสร้างโมเลกุลโปรตีนภายในเซลล์ซึ่ง H_2O_2 มีผลกับแบคทีเรียแกรมลบมากกว่าแบคทีเรียแกรมบวกและ

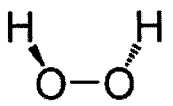
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (mold) ได้ โดยทำให้เกิด oxidizing effect ภายในเซลล์และไปทำลายโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนภายในเซลล์แบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก (lactic acid bacteria) สามารถสร้าง H_2O_2ในสภาวะที่มีออกซิเจนและสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง H_2O_2ของ lactic acid bacteria (Krishnan, Berry, Fey, & Wagener, 2006) ดังนี้

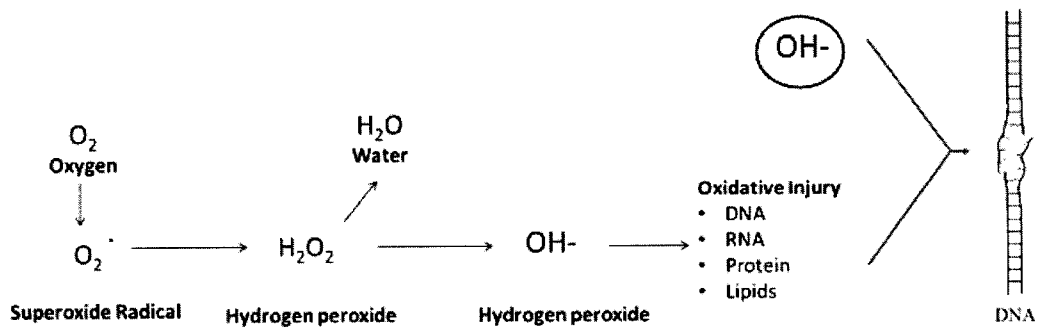
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ปฏิกิริยาการสร้าง H_2O_2: $\text{pyruvate} + O_2 + PO_4^{3-} \xrightarrow{\text{pyruvate oxidase}} CO_2 + H_2O_2$ (acetyl phosphate)

ปฏิกิริยาการสลายตัว : $2H_2O_2\,(aq) \longrightarrow 2H_2O\,(l) + O_2\,(g)$



ภาพที่ 2-2 โครงสร้างโมเลกุลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Krishnan et al., 2006)



ภาพที่ 2-3 ปฏิกิริยาการเกิดสารอนุมูลอิสระที่มีผลต่อการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย (Krishnan et al., 2006)

2.2 การใช้ประโยชน์และข้อจำกัดของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

2.2.1 การใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในอุตสาหกรรมอาหาร

อุตสาหกรรมอาหารมีการใช้ H_2O_2 เป็นสารฆ่าเชื้อ (sanitizer) โดยนิยมใช้เพื่อการฆ่าเชื้อในเครื่องจักร อุปกรณ์แปรรูปอาหารและบรรจุภัณฑ์อาหาร (packaging) โดยเฉพาะระบบ aseptic packaging ความเข้มข้นที่ใช้คือ 30 - 35% โดยบรรจุภัณฑ์จะถูกจุ่มในอ่างสารละลายหรือถูกพ่นละอองฝอยของ H_2O_2 จากนั้นเป่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 60 - 125 องศาเซลเซียส เพื่อระเหย H_2O_2ส่วนเกินออกไปและใช้เวลาไม่นานจะเกิดการสลายตัวเหลือแต่น้ำกับออกซิเจนทำให้ไม่เหลือสิ่งตกค้างในสิ่งแวดล้อมจึงไม่มีปัญหาการระคายเคืองและไม่มีความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง (Canadian Centre for occupational health and safety (CCOHS), 1998) นอกจากนี้ H_2O_2 ยังถูกใช้เป็นสารฟอกสีในอาหาร (bleaching agent)

อย่างไรก็ตาม การใช้ H_2O_2 ต้องมีมาตรการในการควบคุมการใช้ที่ความเข้มข้นไม่เกิน 75 mg/m^3 (75 ppm) เนื่องจากก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพได้ ดังนั้นควรควบคุมระดับความเข้มข้นของปริมาณ H_2O_2 ที่ต่ำกว่า 1 mg/m^3 (1 ppm) และกำหนดให้มีปริมาณ H_2O_2 ตกค้างต้องต่ำกว่า 0.5 ส่วนต่อล้านส่วน (ppm) ตามมาตรฐานคณะกรรมการองค์การควบคุมของประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นผู้กำหนด (American Industrial Hygiene Association (AIHA), 1957; National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1996)

2.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับการรักษาคุณภาพสัตว์น้ำ

จากประโยชน์และคุณสมบัติของ H_2O_2 ที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ H_2O_2 เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ซึ่งยืนยันได้จากงานวิจัยที่มีการทำการศึกษามาแล้ว ดังนี้

Nagarajan, Benjakul, Prodpran, and Songtipya (2013a) ได้ศึกษาผลของ H_2O_2 ถึงคุณสมบัติที่ช่วยในการฟอกสีและสมบัติการเกิดเจลของเจลาตินจากผิวหมึกกล้วย (*Loligo formosana*) พบว่าเจลาตินที่ได้จากผิวหมึกกล้วยที่ผ่านการฟอกสีด้วย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ ให้ผลผลิตของเจลาตินเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่เพิ่มขึ้น เจลาตินที่ผ่านการฟอกสีมีความเข้มข้นของ H_2O_2 สูง และมีกลุ่มอะมิโนอิสระและกลุ่มคาร์บอนิลต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (เจลาตินที่ไม่มีการฟอกสี) เจลาตินมีขนาด MW 123-129 kDa เป็นส่วนประกอบหลัก FTIR spectra ของเจลาตินทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ triple-helix ความแข็งแรงเจลลาตินโดยทั่วไปลดลงเมื่อความเข้มข้นของ H_2O_2 เพิ่มขึ้น เจลาตินที่ฟอกด้วย 2% H_2O_2 มีค่า L * มากที่สุด แต่ค่า L * จะต่ำสุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ และ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นสูงขึ้นทำให้เจลาตินมีค่า b * เพิ่มขึ้น

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

Alvarez, Borderías, and Guillén (2005) ศึกษาการใช้ H_2O_2 และคาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนตบัฟเฟอร์สำหรับการแช่เนื้อปลาคอด (*Gadus morhua*) โดยใช้เนื้อปลาคอดผสมกับเกลือแล้วทำแห้ง จากนั้นตัดเป็นส่วน กำจัดความเค็มด้วยสารละลายต่างๆ ดังนี้ คาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนตบัฟเฟอร์ pH 9.5, น้ำประปาหรือสารละลาย 0.25 หรือ 1% H_2O_2 พบว่าปริมาณความชื้น ความจุน้ำ ความขาว ความแน่นของเนื้อปลาคอด ปริมาณด่างระเหยทั้งหมดและจำนวนจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดในระหว่างการเก็บรักษาด้วยความเย็น เมื่อนำสารละลายบัฟเฟอร์คาร์บอเนตหรือไบคาร์บอเนต pH 9.5 มาใช้ในช่วงแรกของการแยกตะกอนให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและผลิตภัณฑ์มีคุณภาพการทำงานของโปรตีนดีขึ้น แต่เน่าเสียได้ง่าย เมื่อมีการใช้ 0.25 - 1% H_2O_2 ในช่วงแรกของการเก็บรักษา ปริมาณจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ช่วงสุดท้ายลดลงมากเช่นเดียวกับผลผลิต ความแน่นและความขาวของพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น แต่ไม่มีผลต่อคุณสมบัติในการยึดเกาะของน้ำ

Price and Lee (1970) ศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์กลุ่ม *Pseudomonas* sp. โดยการใช้สารละลาย H_2O_2 ที่ผลิตได้จากแลคโตบาซิลัส โดยแยกเชื้อจุลินทรีย์ 81 ชนิดจากอาหารทะเลและแหล่งต่างๆ ตรวจสอบเพื่อกำหนดขอบเขตของการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของจุลินทรีย์เหล่านี้ พบว่าจุลินทรีย์ในกลุ่มแลคโตบาซิลัส สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ได้ และชนิดของแลคโตบาซิลัสที่แยกได้จากหอยนางรมคือ *Lactobacillus plantarum* สามารถผลิตสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในกลุ่ม Pseudomonas, Bacillus และ Proteus ได้ สารยับยั้งจุลินทรีย์ที่สะสมในอาหารเลี้ยงเชื้อของแลคโตบาซิลัสมีความเข้มข้นสูงสุด 4 ถึง 5 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มอื่นที่แลคโตบาซิลัสในหอยนางรมสร้างได้ สามารถทนความร้อนและยับยั้งการทำงานของสารที่สร้างได้ด้วยเอนไซม์คะตะเลส การยับยั้งการสร้างสารยับยั้งจุลินทรีย์กลุ่มอื่นมีการทำงานควบคู่ไปกับการสร้าง H_2O_2 ในแลคโตบาซิลัสแสดงให้เห็นว่าการยับยั้งที่เกิดขึ้นมาจาก H_2O_2 ที่ผลิตโดยแลคโตบาซิลลัส

Ito et al. (2003) ศึกษาการคัดกรองแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติกและผลิต H_2O_2 มาประยุกต์ใช้ในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรคในอาหาร พบว่าแบคทีเรียแลกติกสามารถแยกได้จากตัวอย่างอาหารต่างๆ และได้ทดสอบการผลิต H_2O_2 ของแบคทีเรียในกลุ่มที่สร้างกรดแลกติกโดยศึกษาจากสารแขวนลอยในเซลล์จุลินทรีย์กลุ่มที่สร้างกรดแลกติกในปริมาณ 0.5% (w/v) glucose + 0.5% (w/v) lactate (pH 7.0) บ่ม 5 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส พบว่าจาก 193 ชนิด มี 27 ชนิดที่สะสม H_2O_2 ระหว่าง 201 - 300 ppm และมี 4 ชนิดที่สะสม H_2O_2 มากกว่า 301 ppm ในสารแขวนลอยของเซลล์ นอกจากนี้ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า H_2O_2

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

สะสมในสารแขวนลอยของเซลล์แบคทีเรียกรดแลกติกมีประสิทธิภาพในการลดจำนวนเซลล์ของจุลินทรีย์ก่อโรคได้

Nagarajan, Benjakul, Prodpran, Songtipya, and Nuthong (2013b) ได้ศึกษาความสามารถในการขึ้นรูปของเจลาตินจากผิวหมึกกล้วย (*Loligo formosana*) ที่ผ่านการใช้ H_2O_2 ในการฟอกสีขาว พบว่าสมบัติการขึ้นรูปของเจลาตินจากผิวหมึกกล้วยที่ผ่านการฟอกขาวด้วย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นต่างๆ (0 - 8% w / v) มีความสามารถในการรับแรงดึง (TS) และความสามารถในการถ่ายเทไอน้ำของฟิล์ม (WVP) (EAB) เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) เมื่อความเข้มข้นของ H_2O_2 เพิ่มขึ้น จากฟิล์มทั้งหมดที่เตรียมจากเจลาตินที่ได้จากผิวหมึกกล้วยที่มีการฟอกขาวที่ความเข้มข้น 2% H_2O_2 มีค่า ΔE^* ต่ำสุด (ความแตกต่างของสีทั้งหมด) ซึ่งสอดคล้องกับค่า L * ที่มีค่าสูงที่สุด (ความสว่าง) โดยทั่วไปความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่า b * (สีเหลือง) ของฟิล์มที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น การศึกษาทางอิเล็คโตรโฟเรชั่นพบว่า α-chains ของแผ่นฟิล์มลดลงเมื่อความเข้มข้นของ H_2O_2 เพิ่มขึ้น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความร้อนและการสูญเสียน้ำหนักในฟิล์มต่างกันกับความเข้มข้นของ H_2O_2 ดังนั้นความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่ใช้สำหรับการฟอกสีผิวของหมึกกล้วยก่อนการสกัดเจลาตินจะส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติการขึ้นรูปของฟิล์มเจลาติน

การใช้ H_2O_2 ช่วยฟอกสีเนื้อสัตว์น้ำให้ขาวขึ้น ให้ผลความแข็งแรงและสมบัติการเกิดเจลของเนื้อสัตว์น้ำดีขึ้น อีกทั้งน้ำหนักโมเลกุลโปรตีนเพิ่มขึ้น โดยการใช้ความเข้มข้นที่มากขึ้น ยิ่งให้ผลยับยั้งกระบวนการเน่าเสียได้มากและยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ให้เกิดช้าลง แต่ความเข้มข้นที่เหมาะสมของ H_2O_2 สำหรับสัตว์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน จึงต้องมีการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของการใช้ H_2O_2 ในการล้างหมึกกล้วยสด

3. น้ำมันหอมระเหยไธม์

น้ำมันหอมระเหย (essential oil) เป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบสลับซับซ้อน ได้จากการสกัดน้ำมันที่พืชสมุนไพรสร้างขึ้น โดยเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของพืชสมุนไพร เช่น เมล็ด ดอก ใบ ผล เปลือก ลำต้น หรือที่รากและเหง้า เป็นต้น ใช้ประโยชน์คือดึงดูดแมลงเข้าหาเพื่อผสมเกสรดอกไม้ รักษาความชุ่มชื้นแก่พืช สำหรับมนุษย์นั้น น้ำมันหอมระเหยมีสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค บรรเทาอาการอักเสบหรือลดบวม คลายเครียด เพิ่มความสดชื่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดให้คุณสมบัติความรุนแรงแรงของผลในแต่ละด้านแตกต่างกันออกไป (พิมพร ลีลาพรพิสิฐ, 2545)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

น้ำมันหอมระเหยเป็น primary metabolite โดยพืชใช้เพื่อการดำรงชีวิตให้มีอายุยืนยาวและเจริญพันธุ์ โดยทั่วไปน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่มีจุดเดือดที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งมีวิธีการจำแนกสารหอม (classification of aromatic substances) โดยการจำแนกตามแหล่งที่มา ดังนี้

1. isolate คือสารหอมที่ได้จากการนำเอา essential oil หรือสิ่งหอมจากพืชที่ทราบคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์มาผ่านกระบวนการแยกเพื่อให้ได้สารหอมบริสุทธิ์ เช่น eugenol จากน้ำมันใบก้านพลูหรือ citral จากน้ำมันตะไคร้ เป็นต้น

2. semi synthetic ได้จากการการนำ isolate มาสังเคราะห์ผ่านกระบวนการทางเคมีอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สารหอมตัวใหม่ขึ้นมา เช่น carvone จาก limonene เป็นต้น

3. synthetic เป็นขั้นตอนการสังเคราะห์สารอินทรีย์พื้นฐาน เช่น coal หรือ petroleum ผ่านกระบวนการทางเคมีเพื่อให้ได้สารที่มีโครงสร้างเหมือนกับสารที่พบในธรรมชาติหรือให้ได้สารชนิดใหม่ที่ไม่มีสูตรโครงสร้างเหมือนสารหอมจากพืช แต่ให้กลิ่นคล้ายคลึงกัน เช่น linalool, anethol, benzyl alcohol และ thymol เป็นต้น

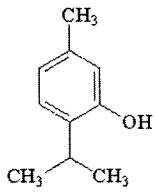
นอกจากนี้ยังมีการจำแนกตามโครงสร้างทางเคมีอีกด้วย ซึ่ง thymol จัดอยู่ในกลุ่ม alcohol group พวกนี้จะมีหมู่ -OH อยู่ในโครงสร้างโมเลกุล เวลาเรียกชื่อมักลงท้ายด้วย -ol

3.1 น้ำมันหอมระเหยไธม์

น้ำมันหอมระเหยไธม์ (Thyme essential oil, TEO) มีชื่อทางเคมีว่า thymol; 89-83-8; 2-isopropyl-5-methylphenol; 5-methyl-2-isopropylphenol; thyme camphor; etc. มีสูตรโมเลกุล คือ $C_{10}H_{14}O$ มีน้ำหนักโมลเลกุล 150.221 g/ mol และสูตรโครงสร้างทางเคมีดังภาพที่ 2-4 (นฤมล มาแทน, 2550)

น้ำมันหอมระเหยไธม์สกัดมาจากต้นไธม์ เป็นต้นไม้ตระกูลมิ้นต์ นิยมใช้ประกอบอาหารหรือใช้ในการบำบัด (aroma therapy) โดยมีการศึกษาว่าน้ำมันหอมระเหยไธม์มีไทมอลเป็นสารที่ช่วยฆ่าเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี ซึ่งเราสามารถพบไทมอลได้ในผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับน้ำยาบ้วนปากหรือทำความสะอาดต่างๆ อีกทั้งผลงานวิจัยของ Iran's Babol University of Medical Sciences พบว่ายังช่วยบรรเทาอาการเจ็บปวดของผู้หญิงในช่วงที่มีประจำเดือนได้ โดยใบไธม์จัดอยู่ในกลุ่มที่แบ่งตามการออกฤทธิ์ในการบำบัดคือกลุ่ม phenols ซึ่งมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย กระตุ้นระบบประสาทและภูมิต้านทานของร่างกาย ได้แก่ eugenol, thymol และ carvacrol โดยสารกลุ่มนี้สลายตัวได้ยากในอุณหภูมิห้อง (นฤมล มาแทน, 2550)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 2-4 โครงสร้างทางเคมีของไทมอล (นฤมล มาแทน, 2550)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

3.2 สารประกอบที่สำคัญในใบไธม์

ไทมอล (thymol) หรือไอโซโพรพิลเมธิลฟีนอล (isopropylmethylphenol, IPMP) เป็นสารอนุพันธ์ในกลุ่มโมโนเทอร์ปีนฟีนอล (monoterpene phenol) เป็นสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (- OH) ต่ออยู่กับวงเบนซีน ซึ่งพบได้ในธรรมชาติในน้ำมันที่สกัดจากต้นไธม์ (thyme) ในใบไธม์มีสารประกอบที่เรียกว่าไทมอล มีฤทธิ์โดดเด่นคือต้านเชื้อจุลินทรีย์ เชื้อรา แบคทีเรีย โดยไทมอลจะไปทำลายผนังเซลล์แบคทีเรียและเชื้อรา ทำให้เกิดความเสียหายที่ผนังเซลล์จึงหยุดการเจริญหรือการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้ยังมีสมบัติใช้เป็นสารกันหืนที่มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบ (นฤมล มาแทน, 2550)

3.3 ประโยชน์และข้อจำกัดของน้ำมันหอมระเหยไธม์

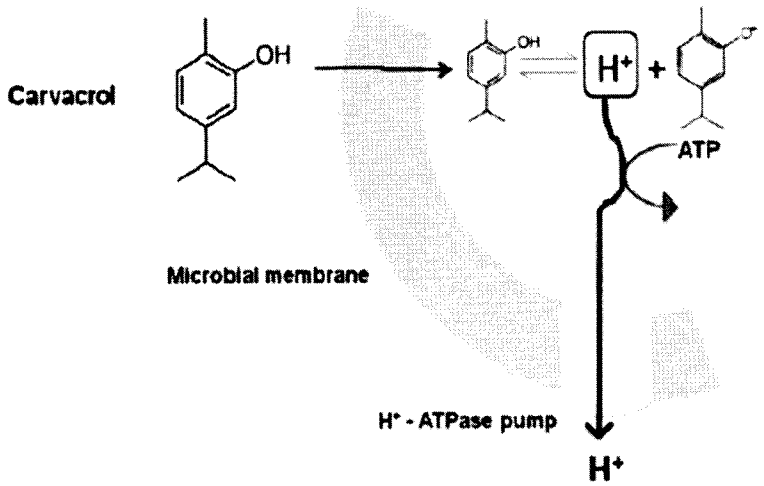
น้ำมันหอมระเหยไธม์ใช้รักษาภาวะช่องคลอดอักเสบ ใช้นวดเพื่อกระตุ้นให้มีรอบเดือน หากทานเป็นประจำสามารถช่วยเพิ่ม DHA ในหัวใจ ไตและเยื่อหุ้มสมองได้ อีกทั้งใช้รักษาแผลจากแมลงกัด ใช้ไล่แมลง กำจัดปรสิต ใช้กำจัดเชื้อราในเล็บ โดยพบได้ทั่วไปในผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดมือ และมีการนำมาใช้บำรุงผมและผิวหน้า สารไทมอลในน้ำมันหอมระเหยไธม์ช่วยให้การไหลเวียนของเลือดดีขึ้น นอกจากนี้สารไทมอลยังช่วยปกป้องไขมันดีในเยื่อหุ้มเซลล์ บางกลุ่มมีการนำน้ำมันหอมระเหยไธม์มาผสมกับดอกลาเวนเดอร์ ซีดาร์วู้ดและโรสแมรี่ แล้วเติมน้ำมันเมล็ดองุ่นและน้ำมันโจโจบาร์ลงไป โดยสามารถนำมาใช้รักษาโรคผมร่วงเป็นหย่อมๆได้ การได้รับไทมอลในปริมาณที่มากจนเกินไปจะทำให้เกิดอาการวิงเวียนศีรษะ อาเจียนได้ (นฤมล มาแทน, 2550)

3.4 น้ำมันหอมระเหยไธม์ต่อการรักษาคุณภาพสัตว์น้ำ

น้ำมันหอมระเหยไธม์มีประโยชน์ที่สามารถใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกของร่างกายมนุษย์หากได้รับในปริมาณที่พอเหมาะ มีการนำไปเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิดเนื่องจากไม่มีสีหรือสีอ่อนมาก โดยส่วนใหญ่ใช้สมบัติในการฆ่าเชื้อได้ จึงมีการนำมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอาหารหลายหลายชนิด เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุการเน่าเสีย ส่งผลให้การเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเก็บได้นานขึ้น

โดยมีวิธีการนำน้ำมันหอมระเหยไปใช้ในการถนอมอาหารสามารถทำได้หลากหลาย เช่น การจุ่ม การพ่น การเคลือบลงในฟิล์มที่บริโภคได้ การดูดและการปล่อยไอของน้ำมันหอมระเหยในวัสดุดูดซับ เป็นต้น (นฤมล มาแทน, 2550)

น้ำมันหอมระเหยไธม์มีฤทธิช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารได้จากการทำงานของสารที่เรียกว่าไทมอล สมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์นั้นเกิดจากการรบกวนโครงสร้างของจุลินทรีย์โดยน้ำมันหอมระเหยที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ จึงมีความสามารถในการซึมผ่านเข้าไปในชั้นไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์และไมโตคอนเดรียของจุลินทรีย์ ซึ่งการรบกวนโครงสร้างของจุลินทรีย์เป็นสาเหตุให้เกิดการซึมผ่านของน้ำเข้าไปในตัวของจุลินทรีย์แล้วเกิดการรั่วของเซลล์ ทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลายในที่สุด (Burt, 2004) (ภาพที่ 2-5) ส่งผลให้เกิดการเน่าเสียช้าลงจากกิจกรรมของจุลินทรีย์และช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการย่อยสลายโครงสร้างต่างๆ ของสัตว์น้ำ และช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งการเกิดการออกซิเดชันให้ทำงานได้ช้าลง จึงส่งผลให้เกิดการเน่าเสียช้าลง



ภาพที่ 2-5 การทำงานของ Hydroxyl group ต่อเซลล์จุลินทรีย์ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทดสอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์, 2556)

งานวิจัยหลายชิ้นได้ศึกษาความเป็นไปในการนำน้ำมันหอมระเหยไธม์มาช่วยในการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาสัตว์น้ำ ได้แก่

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

Shadman, Hosseini, Langroudi, and Shabani (2017) ศึกษาผลของนาโนอิมัลชันจากดอกทานตะวันกับน้ำมันหอมระเหยไธม์ (Shirazi thyme (*Zataria multiflora* Boiss)) (ZMEO, 0.0%, 0.5% และ 1%) เกี่ยวกับสมบัติทางเคมีกายภาพและทางประสาทสัมผัสของเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ในระหว่างการเก็บรักษาแบบแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส พบว่าในวันที่ 0, 5, 10 และ 15 นาโนอิมัลชันจากดอกทานตะวันและ ZMEO มีฤทธิ์ในการลดการเกิดออกซิเดชันของไขมัน โดยพิจารณาจากค่ามาตรฐานของ TBA, FFA และ TVB-N ทำให้ยืดอายุของปลาเรนโบว์เทราท์ได้อย่างน้อย 15 วัน ผลของนาโนอิมัลชันจากดอกทานตะวันมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ ZMEO เนื่องจากมี carvacrol และ thymol สูง คุณภาพของเนื้อปลาที่ได้รับ นาโนอิมัลชันจากดอกทานตะวันและ 1% ZMEO แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ การใช้ ZMEO และนาโนอิมัลชันร่วมกัน ช่วยเพิ่มรสชาติ กลิ่นและเนื้อสัมผัส ดังนั้น นาโนอิมัลชันที่ถูกพัฒนาขึ้นในการศึกษาครั้งนี้สามารถยับยั้งการเกิดการออกซิเดชันของไขมันระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส จึงเป็นตัวเลือกในการใช้เป็นสารกันบูดในอาหารได้

Alfonso et al. (2012) ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยที่มี carvacrol และ thymol ต่อการเจริญของ *Penicillium digitatum* และ *P. italicum* บนผิวมะนาว พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนผสมของสาร carvacrol และ thymol มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา จากผลการทดลองในทุกชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ thymol นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ขี้ผึ้งที่มี thymol และ carvacrol เคลือบผิวมะนาวที่ได้รับเชื้อเชื้อ *P. digitatum* สามารถการลดการสลายตัวของผิวมะนาวได้ ดังนั้นการใช้น้ำมันหอมระเหยร่วมกับขี้ผึ้ง ในการเก็บรักษามะนาวอาจจะถือว่าเป็นทางเลือกที่ดีเพื่อลดการใช้สารสังเคราะห์ในการฆ่าเชื้อรา

Zhang et al. (2017) ได้ศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยอบเชยต่อความหลากหลายของแบคทีเรียและอายุการเก็บรักษาในปลาคาร์พบรรจุสุญญากาศ (*Cyprinus carpio*) ระหว่างเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส จากการประเมินความหลากหลายของจุลินทรีย์ในตัวอย่างปลาคาร์พพบว่ามีจำนวนมากขึ้นเมื่อเทียบกับจำนวนจุลินทรีย์ก่อนการเก็บรักษา *Macrococcus* spp. และ *Aeromonas* spp. เป็นกลุ่มที่แพร่หลายในตัวอย่างควบคุม,ในกลุ่มที่ใช้น้ำมันหอมระเหยอบเชยมีผลลดการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์กลุ่ม *Macrococcus* spp. อีกทั้งช่วยยับยั้งการเจริญของ *Aeromonas* spp. และ *Lactococcus* spp. ที่พบมากในตัวอย่างที่เก็บรักษาในวันที่ 10 ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงจำนวนของแบคทีเรียกรดแลกติกที่ค่อนข้างสูง

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ในระหว่างการเก็บรักษาในตู้เย็น นอกจากนี้การใช้น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย ยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของ TVB-N และการสะสมของสารประกอบเอมีน (โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับ putrescine และ cadaverine) ดังนั้นการใช้น้ำมันหอมระเหยจากอบเชยจึงช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของปลาคาร์พในการเก็บแบบสุญญากาศได้

Haute, Raes, Meeren, and Sampers (2016) ทำการศึกษาผลของน้ำมันหอมระเหยอบเชย ออริกาโนและโหระพาต่ออายุการเก็บรักษาของปลาและผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ พบว่าปลาและเนื้อสัตว์เกิดการเน่าเสียได้ง่ายจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยใช้น้ำมันหอมระเหย (EOs) ในการแช่เนื้อปลาและเนื้อสัตว์ และตรวจผลการเจริญของจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา โดยใช้ EOs จาก *Oreganum compactum* (ออริกาโน), *Cinnamomum zeylanicum* (อบเชย) และ *Thymus zygisct tyme* (ไธม์) ส่วนน้ำหมัก (control) ประกอบด้วยบัฟเฟอร์กรดแลกติก (2% w/w) โซเดียมคลอไรด์ (10% w/w) และ EO emulsified กับ Tween 80 ชุดการทดลองประกอบด้วยการแช่เนื้อสัตว์ (เนื้อหมู, เบคอนหมู, เนื้อไก่ และหนังไก่), เนื้อปลา (แซลมอน และ scampi) 2 นาที ใน marinade solution แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำตัวอย่างมาวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ (total coliforms, *Escherichia coli*, lactic acid bacteria, yeasts, molds และ total aerobic psychrotrophs) พบว่า EOs สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้บางส่วน โดยในชุดการทดลองที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำมันหอมระเหย (ออริกาโน อบเชย และไธม์) ที่ความเข้มข้น 1 w/w สามารถยับยั้งการเจริญของยีสต์และรา ทำให้อายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ในขณะที่ชุดการทดลองควบคุมไม่มีผลในการชะลอการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของเนื้อสัตว์และเนื้อปลา ได้รับผลกระทบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เมื่อจำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นของ EOs ที่มากขึ้นในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา

Ozogul et al. (2017) ศึกษาการใช้เทคนิคนาโนอิมัลชันร่วมกับการใช้น้ำมันหอมระเหย (rosemary, laurel, thyme และ sage) ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส เคมีและจุลชีววิทยาของเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ระหว่างเก็บรักษาในน้ำแข็ง พบว่าการแช่เนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ด้วยเทคนิคนาโนอิมัลชันร่วมกับน้ำมันหอมระเหย นาน 3 นาที ช่วยยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์และเพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ โดยชุดการทดลอง-ควบคุมมีอายุการเก็บรักษา 14 วัน และชุดการทดลองที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำมันหอมระเหยมีอายุการเก็บรักษา 17 วัน การใช้เทคนิคนาโนอิมัลชันช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้และให้ค่า TVB-N ต่ำกว่ามาตรฐาน ในขณะที่กรดไขมันอิสระ (free fatty acid, FFA) และค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value, PV) มีการเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ซึ่งในกลุ่มที่ได้รับการแช่น้ำมันหอมระเหยโรสแมรีมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำสุด รองลงมาคือ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 2013

กลุ่มที่แช่ด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ จึงสามารถสรุปได้ว่าโรสแมรี่และไธม์ สามารถใช้ร่วมกับเทคนิคนาโนอิมัลชัน เพื่อเป็นสารกันบูดสำหรับเนื้อปลาได้

การใช้น้ำมันหอมระเหยไธม์ช่วยรักษาคุณภาพสัตว์น้ำได้ การใช้ความเข้มข้นที่มากขึ้นมีผลยับยั้งจุลินทรีย์ได้มากและชะลอการเพิ่มขึ้นของค่า TBA, TVB-N, FFA ได้มาก แต่การใช้ความเข้มข้นที่มากส่งผลทางประสาทสัมผัสคือให้กลิ่นรุนแรงและมีรสเผ็ด อีกทั้งความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยไธม์สำหรับเนื้อสัตว์แต่ละชนิดมีความต่างกันจึงต้องมีการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

4. การตรวจสอบคุณภาพสัตว์น้ำ

4.1 คุณภาพทางเคมี

4.1.1 ปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile bases nitrogen; TVB-N) ประกอบด้วยแอมโมเนียและเอมีน (Fan, Chai, & Zhang, 2008) เป็นผลผลิตจากการเกิดการย่อยสลายของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน ทำให้เกิดกลิ่นและรสที่ผิดปกติในเนื้อสัตว์น้ำจากกระบวนการเน่าเสียจากเอนไซม์ภายในตัวสัตว์น้ำและกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถใช้เป็นค่าบ่งชี้ความสดของอาหารทะเลได้ โดยการตรวจวัดค่า TVB-N จากอาหารทะเลสดที่ไม่ได้ผ่านการแช่แข็งประกอบด้วย TMA-N และแอมโมเนีย สัตว์น้ำที่มีค่า TVB-N ในปริมาณ 15 - 20 mg/ 100 g แสดงว่ายังมีคุณภาพดี แต่เมื่อ TVB-N เพิ่มขึ้นมากกว่า 30 - 40 mg/ 100 g จะอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับแล้ว โดยในหมึกควรมีปริมาณ TVB-N ประมาณ 15 mg/ 100g (Okusumi & Fujii, 2000; สวามินี ธีระวุฒิ, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557)

4.1.2 ปริมาณไตรเมทธิลเอมีน (Trimethylamine; TMA-N) คือค่าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสาร TMAO (trimethylamine oxide) โดยแบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ได้ทั้งในที่ที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจนปล่อยเอนไซม์ TMAO reductase ออกมาเปลี่ยนสาร TMAO เป็น TMA-N ซึ่งระดับของสาร TMAO ที่มีอยู่ในอาหารทะเลนั้นแตกต่างกันไปตามชนิด อายุ ขนาด ที่อยู่อาศัยและช่วงเวลาของสัตว์น้ำ การตรวจวัด TMA-N เป็นวิธีที่ใช้บอกคุณภาพความสดของอาหารทะเลในด้านกลิ่นและรสชาติ สามารถใช้ตรวจสอบการเสื่อมเสียคุณภาพในระยะแรกของอาหารทะเล โดยในหมึกมีปริมาณ TMA-N ประมาณ 5 mg/ 100 g (Hebard, Flick, & Martin, 1982; Ke, Burns, & Woyewoda, 1984; สวามินี ธีระวุฒิ, 2559)

389091

การตรวจประเมินคุณภาพทางเคมีที่กล่าวมาข้างต้น สามารถใช้บ่งชี้การเน่าเสียของสัตว์น้ำได้ โดย TVB-N และ TMA-N สามารถบ่งบอกการเน่าเสียของเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ได้ (Ozogul et al., 2017; Shadman et al., 2017) ปลาคาร์ฟ (*Cyprinus carpio*) (Zhang et al., 2017)

4.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคจึงมีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานที่สามารถตรวจพบได้ของจุลินทรีย์ในอาหารทะเลสดและปรุงสุก ดังนี้

4.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count; TPC)

Total viable count หมายถึงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีชีวิตรวมทั้งยีสต์ ราและแบคทีเรีย โดยโคโลนีมีลักษณะขนาดใหญ่ มองเห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งมีการเจริญและแบ่งตัวจากเซลล์เดียวเป็นหลายๆ เซลล์อยู่บนอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยปริมาณจุลินทรีย์ที่เพิ่มจำนวนมากขึ้นจะยิ่งผลิตเอนไซม์ออกมาย่อยโครงสร้างต่างๆ ภายในตัวสัตว์น้ำมากขึ้น ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของสัตว์น้ำโดยมีกลิ่นเหม็นเหม็นเปรี้ยว มีเมือก ลำตัวนิ่มเละ เป็นต้น ซึ่งมาตรฐานที่สามารถยอมรับได้ของอาหารทะเลสดและอาหารทะเลสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 6 log CFU/ g. (กองควบคุมอาหาร, 2556)

4.2.2 *Escherichia coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

Escherichia coli เป็นจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทำให้เกิดอาการท้องเสีย มักปนเปื้อนมากับอาหาร น้ำหรือมือของผู้ประกอบอาหาร มีลักษณะโคโลนีเป็นแบคทีเรียรูปท่อน แกรมลบ ลักษณะการเรียงตัวของเซลล์มักเรียงตัวเดี่ยวหรืออยู่เป็นคู่ มีลักษณะเด่นคือ ใช้น้ำตาลแลกโตส (lactose) แล้วให้กรดและก๊าซ 2 ชนิดออกมา คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจน แบคทีเรียชนิดนี้จัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform bacteria) เป็นตัวบ่งชี้การปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำ มีอยู่ตามธรรมชาติในลำไส้ใหญ่ของสัตว์และมนุษย์ โดยทั่วไปเจริญได้ดีที่ pH 4.5 - 9.0 โดยมาตรฐานที่สามารถยอมรับได้ของอาหารทะเลสดและอาหารทะเลสุกมี *E. coli* ได้ไม่เกิน 3 log CFU/ g. (กองควบคุมอาหาร, 2556)

จากกลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีการตรวจโดยทั่วไปในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ ในการศึกษาผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยไธม์ในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก เพื่อการรักษาคุณภาพทางเคมี ทางจุลินทรีย์ ทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของหมึกกล้วย ได้มีการตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและโคลิฟอร์มแบคทีเรียเท่านั้น เนื่องจากใช้เวลาไม่นานและเนื้อหมึกกล้วยผ่านการต้มสุกด้วยความร้อนที่ 95 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที ซึ่งจุลินทรีย์ก่อโรคส่วนใหญ่ถูกทำลายแล้ว

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

4.3 คุณภาพทางกายภาพ

4.3.1 ความเป็นกรดด่าง (pH)

ภายหลังที่สัตว์น้ำหยุดหายใจจะเกิดการสะสมกรดแลกติกในกล้ามเนื้อ ตัวอย่างสัตว์น้ำสดที่มีคุณภาพดีมักมีค่า pH อยู่ที่ 5 - 7 เนื่องจากโครงสร้างต่างๆ ยังไม่ถูกจุลินทรีย์ย่อยสลาย หลังจากนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงหลังจากระยะการเกร็งตัวมีการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่มีคุณสมบัติเป็นเบส ส่งผลให้ pH ของสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น ค่า pH ของสัตว์น้ำจึงสามารถใช้เป็นข้อมูลบ่งบอกสภาวะของสัตว์น้ำได้ การวัด pH สามารถทำได้โดยการใช้เครื่อง pH meter สามารถวัดได้โดยตรงในเนื้อสัตว์น้ำหรือการวัด pH จากสารแขวนลอยของเนื้อสัตว์น้ำในน้ำกลั่น (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554)

4.3.2 ค่าแรงเฉือน (Shear Force)

ลักษณะเนื้อสัมผัสเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของกล้ามเนื้อสัตว์น้ำ การตรวจวัดลักษณะเนื้อสัมผัสสามารถทำได้หลายวิธี เช่น Kramer shear cell คือการวัดแรงที่ใช้ในการตัดตัวอย่างโดยใบมีดของ Kramer shear cell ที่เคลื่อนผ่านชิ้นตัวอย่างด้วยความเร็วที่กำหนดไว้ (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) เนื่องจากโครงสร้างต่าง ๆ ของกล้ามเนื้อสัตว์น้ำที่สดจะยังแข็งแรงอยู่ จึงทำให้ค่าแรงเฉือนมาก แต่เมื่อเกิดการเน่าเสีย โครงสร้างต่าง ๆ ภายในตัวสัตว์น้ำจะถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ในตัวสัตว์น้ำและจุลินทรีย์ทำให้ค่าแรงเฉือนน้อยลงตามการเน่าเสียที่เพิ่มมากขึ้น (สุมาลี เหลืองสกุล, 2541)

4.3.3 ค่าสี (Color)

การเกิดเปลี่ยนแปลงของสีในผิวหรือเนื้อสัตว์น้ำเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งแบบที่เกิดโดยมีเอนไซม์ (enzymatic oxidation) และแบบที่เกิดโดยไม่มีเอนไซม์ (non - enzymatic oxidation) โดยสีเหลือง ส้ม แดง หรือการไม่มีสีเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ที่มีในผิวหนัง ส่วนสีขาวในกล้ามเนื้อสัตว์น้ำเมื่อเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเปลี่ยนเป็นสีครีมหรือเทา ส่วนกล้ามเนื้อสีแดงจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในเนื้อสัตว์น้ำสดจะใสและเปลี่ยนเป็นสีขุ่นเมื่อเกิดการเน่าเสีย (สวามินี ธีระวุฒิ, 2559) ในการตรวจวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter lab ค่าที่ได้ออกมามีค่า L*, a* และ b* ซึ่งค่า L* คือ ค่าความสว่าง ส่วน a* คือ ค่าสีแดงและสีเขียว ขณะที่ b* คือ ค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Konica Minolta, 2016) สามารถดูได้จากค่าแต่ละค่าจากเครื่องเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสีของสัตว์น้ำ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

4.3.4 การสูญเสียน้ำหนัก (weight loss)

การสูญเสียน้ำหนัก หมายถึง การสูญเสียของเหลวในอาหารที่เกิดจากการเน่าเสีย ซึ่งการเกิดการเน่าเสียส่งผลให้โครงสร้างต่างๆ คลายตัวแล้วปลดปล่อยของเหลวที่ถูกห่อหุ้มด้วยโครงสร้างเมื่อครั้งยังสด ส่งผลให้เกิดลักษณะภายนอกนิ่มเละ มีเมือก เป็นต้น อาหารจึงสูญเสียคุณภาพด้านต่างๆ เช่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการ เป็นต้น

วิธีการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่กล่าวมาข้างต้น ได้แก่ pH, แรงเฉือน, ค่าสี และการสูญเสียน้ำหนัก สามารถใช้บอกการเสื่อมคุณภาพของปลาคาร์ฟ (*Cyprinus carpio)* (Zhang et al., 2017), หมึกกล้วย (*Loligo formosana)* (Nagarajan et al., 2013a, 2013b) , ปลาคอด (*Gadus morhua*) (Alvarez et al., 2005)

4.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

โดยทั่วไปการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเพื่อบ่งบอกการยอมรับของผู้บริโภค จะอาศัยประสาทสัมผัสทั้ง 5 ด้านของมนุษย์ โดยการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของสัตว์น้ำ ซึ่งใช้การตอบสนองจากมนุษย์ (human responses) ที่มีต่ออาหารและต้องควบคุมอคติต่างๆ ให้เกิดน้อยที่สุด ผู้ที่ทำการทดสอบจึงต้องได้รับการฝึกฝนให้เกิดความชำนาญก่อนทำการทดสอบ โดยคุณลักษณะที่ทำการทดสอบโดยทั่วไป ได้แก่ เนื้อสัมผัส กลิ่น กลิ่นรส และสีของผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ (ศศิกานต์ ศิริมา, 2556)

4.4.1 คำจำกัดความและจุดมุ่งหมายของการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสคือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการประเมิน วัดผล วิเคราะห์และอภิปรายผลที่ได้จากการทดสอบผลิตภัณฑ์โดยผ่านการสัมผัสของผู้ทดสอบที่ได้รับการฝึกฝนเพื่อลดอคติมาเป็นอย่างดีก่อนทำการทดสอบ ซึ่งการสัมผัสไประกอบด้วย การมองเห็น การดมกลิ่น การชิม การสัมผัส เป็นต้น โดยเป็นข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะที่สำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (ศศิกานต์ ศิริมา, 2556) เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลายมากขึ้น จึงมีผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดที่ถูกพัฒนาขึ้นใหม่อยู่เสมอเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยมีความปลอดภัยและอายุการเก็บรักษา รวมถึงวิธีการเก็บผลิตภัณฑ์อาหาร และรสชาติที่ผู้บริโภคยอมรับ การทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงเป็นสิ่งสำคัญของผลิตภัณฑ์ที่มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่ๆ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหารถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม โดย International organization of standardization (ISO) ได้ให้คำจำกัดความของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสไว้คือ ลักษณะปรากฏ (appearance) เป็นคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทั้งหมดของวัตถุที่เรามองเห็นด้วยสายตา เช่น สี ความทึบ ความเลื่อมมันของผิวหน้า และความสม่ำเสมอของ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

รูปร่าง เป็นต้น กลิ่นรส (flavour) คือการรับรู้ทางประสาทสัมผัสโดยรวมที่เกิดขึ้นระหว่างการทดสอบอาหารที่เกิดขึ้นทั้งในโพรงปากและโพรงจมูก โดยที่จะเกิดจากการรับรสผ่านลิ้น และความรู้สึกเจ็บปวดหรือความรู้สึกระคายเคืองจากความเย็นหรือความเผ็ด เป็นต้น และเนื้อสัมผัส (texture) คือคุณลักษณะทาง mechanical, geometrical และผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ที่รับรู้ได้โดยแรงทางกล การสัมผัสและการมองเห็น และการได้ยินเสียง เช่น มนุษย์ใช้การได้ยินเสียงในการประเมินความกรอบ เป็นต้น (ศศิกานต์ ศิริมา, 2556)

ดังนั้นการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารและสามารถใช้เป็นเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพด้านการยอมรับของกลุ่มเป้าหมายผู้บริโภคได้ ซึ่งการวิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่ได้เป็นสิ่งที่ควรระวังมากที่สุดจากความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้นได้หลายทางในระหว่างการทดสอบ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น อารมณ์ (mood) และแรงจูงใจ (motivation) ของผู้ทดสอบ หรือการมีประสาทสัมผัสที่ไว (sensitivity) แม้ว่าจะทำการคัดเลือก (screening) ผู้ทดสอบมาก่อนที่จะเข้าร่วมการทดสอบแล้วก็ตาม แต่ก็จะสามารถควบคุมได้เป็นบางส่วนเท่านั้น

4.4.2 การทดสอบความชอบและการยอมรับ

วิธีการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส ซึ่งแต่ละวิธีมีจุดมุ่งหมายในการทดสอบแตกต่างกัน และใช้ผู้ทดสอบที่ได้รับการคัดเลือกมาด้วยวิธีการที่แตกต่างกันคือ การทดสอบแยกความแตกต่าง (discrimination test/simple difference test) คือการวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ได้จะใช้หลักสถิติเข้ามาช่วย โดยการนับความถี่ (frequency) และสัดส่วน (proportion) กลุ่มที่สองคือการให้ระดับปริมาณ (quantify) ความเข้มที่รับรู้ (perceived intensity) ของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ เรียกการทดสอบกลุ่มนี้ว่า การทดสอบเชิงพรรณนา (descriptive analyses) เป็นการทดสอบที่อาศัยการอธิบายและให้ปริมาณคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส เสียง กลิ่นรส และความรู้สึกในปาก) ในผลิตภัณฑ์อาหาร ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาเป็นอย่างดี และมีความคุ้นเคยกับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของอาหาร และเป็นผู้ที่มีความสามารถในการสื่อสารได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (Lawless & Heymann, 1998; ศศิกานต์ ศิริมา, 2556) และกลุ่มที่สามเป็นวิธีการทดสอบแบบที่เรียกว่า ชอบ (liking) หรือไม่ชอบ (disliking) ต่อผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ให้ทดสอบ โดยทั่วไปเรียกว่า hedonic หรือ affective test (Kilcast, Cathro, & Morris, 1996; ศศิกานต์ ศิริมา, 2556)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

การทดสอบทางประสาทสัมผัสสามารถบอกคุณภาพของกุ้ง (Mastromatteo, Danza, Conte, Muratore, & Nobile, 2010), ปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) (Ozogul et al., 2017; Shadman et al., 2017), เนื้อสัตว์ (เนื้อหมู, เบคอนหมู, เนื้อไก่ และหนังไก่) และเนื้อปลา (แซลมอน และ scampi) (Haute et al., 2016)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุดิบ

1.1 หมึกกล้วยสด (*Loligo* spp.) ที่ไม่มีไข่ในท้อง ผ่านการจับและแช่น้ำแข็งไม่เกิน 24 ชั่วโมง จากตลาดสะพานปลาอ่างศิลา ต.อ่างศิลา อ.เมือง จ.ชลบุรี (ขนาด 5 - 6 ตัวต่อ 1 กิโลกรัม) ขนส่งโดยใช้กล่องสไตโรโฟมในอัตราส่วนหมึกต่อน้ำแข็งเป็น 1: 2 (w/ w)

1.2 น้ำมันหอมระเหยไธม์ (thyme essential oil) ชนิด food grade (S. Science Ltd., Thailand)

1.3 ผงอัลจิเนต (alginate powder) ชนิด food grade (Yantai Xinwang Seaweed Co., Ltd., Shandong, China)

1.4 Tween 80 ชนิด food grade (S. Science Ltd., Thailand)

1.5 แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ชนิด food grade (Quzhou Menjie Chemicals Co., Ltd., Shandong, China)

1.6 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ชนิด food grade (S. Science Ltd., Thailand)

2. อุปกรณ์ในการแปรรูปและเครื่องมือที่ใช้บรรจุและเก็บรักษา

2.1 อุปกรณ์ในการแปรรูป

2.1.1 อุปกรณ์เครื่องครัวสำหรับการแปรรูปขั้นพื้นฐาน

2.1.2 เทอร์โมมิเตอร์ (100 องศาเซลเซียส)

2.1.3 เครื่องกวนสารให้ความร้อน (IKA, C-MAG HS7, Italy)

2.1.4 เครื่องปั่นล้างความเร็วรอบต่ำ (Paul Tiger, AW-850, Thailand)

2.2 เครื่องมือที่ใช้บรรจุและเก็บรักษา

2.2.1 ตู้เย็น (Mirage, RF - 115MGS, Japan)

2.2.2 ถุงพลาสติกชนิด Polypropylene ขนาด 6 x 9 นิ้ว

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

3.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (AND, HM - 200, Japan)

3.2 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (Mettler Toledo, PB 3002 - 5, Switzerland)

3.3 เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (Metrohm, 713 pH Meter, Switzerland)

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

3.5 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Stable Micro Systems, TA.XT plus, England)

3.6 ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ (Binder, FED 400, USA)

3.7 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Tomy, SS - 325, USA)

3.8 ตู้บ่มเชื้อควบคุมอุณหภูมิ (Wisd, WIG - 32, Korea)

3.9 เครื่องตีป่นผสมอาหาร (AES Labortorie, B.P.S. 432570, France)

3.10 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Salvislab, SBK 25D, Switzerland)

3.11 กระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 1 (Whatman No.1)

3.12 เครื่องปั่น (OTTO, BE 120, China)

3.13 จานคอนเวย์ (Sibata, 060310 - 2A, Japan)

3.14 เครื่องแก้วสำหรับการวิเคราะห์

3.15 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบประสาทสัมผัส

3.16 แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

4. สารเคมี

4.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) โดย Conway microdiffusion method ตามวิธีของ Hasegawa (1987) ได้แก่ mixed indicator, inner ring solution, HCl, K_2CO_3 และ trichloroacetic acid

4.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไตรเมทธิลเอมีน (TMA-N) โดย Conway microdiffusion method ตามวิธีของ Hasegawa (1987) ได้แก่ mixed indicator, inner ring solution, HCl, K_2CO_3, trichloroacetic acid และ formaldehyde

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

5. อาหารเลี้ยงเชื้อและรีเอเจนต์สำหรับการวิเคราะห์จุลินทรีย์

5.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (1995) ได้แก่ Standard plate count agar (PCA)

5.2 อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้วิเคราะห์ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ตามวิธีของ AOAC (1994) ได้แก่ อาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป 3M petrifilm™

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

6. วิธีการทดลอง

6.1 ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ล้างหมึกกล้วยต่อคุณภาพของหมึกกล้วยดิบและหมึกกล้วยต้มสุก

การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของ H_2O_2 สำหรับล้างหมึกกล้วยสด มีวิธีการเตรียมสารละลาย H_2O_2 สำหรับล้าง ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การเตรียมสารละลายสำหรับล้างเนื้อหมึกกล้วยดิบ

ความเข้มข้น H_2O_2 (%)	ปริมาตร H_2O_2 (มิลลิลิตร)
0.0035	0.100
0.0055	0.157
0.0075	0.214

หมายเหตุ: ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำประปา

6.1.1 วัตถุดิบและการเตรียมตัวอย่าง

6.1.1.1 การแยกชิ้นส่วนหมึกสด

นำเอาหมึกกล้วยสดที่ไม่มีไข่มานำหัวและเครื่องในออก จากนั้นแช่ในน้ำแข็งที่อัตราส่วนหมึกต่อน้ำแข็งคือ 1:2 (w/ w) ระหว่างรอการล้างในขั้นตอนต่อไป

6.1.1.2 การล้างหมึก

นำตัวอย่างจากข้อ 6.1.1.1 มาล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035, 0.0055, และ 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็ง (อัตราส่วนสารละลายต่อน้ำแข็งคือ 1:1 (v/ w)) และอัตราส่วนหมึกต่อสารละลาย H_2O_2 ผสมน้ำแข็งคือ 1:3 (w/ w) นาน 1 ชั่วโมง และควบคุมอุณหภูมิน้ำไม่เกิน 14 องศาเซลเซียส ในเครื่องปั่นล้างความเร็วรอบต่ำ จากนั้นนำหมึกกล้วย

ที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 มาลอกหนังแล้วหั่นชิ้นเป็นสี่เหลี่ยมตามขนาดของชิ้นหมึกที่วางขายตามท้องตลาดทั่วไป คือ ขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว (เนื้อหมึกที่ผ่านการลอกหนังและหั่นเป็นชิ้นแล้วมีการแช่ในน้ำแข็งตลอดเวลา) แบ่งเนื้อหมึกที่หั่นชิ้นออกเป็นสองส่วน ส่วนที่ 1 (สำหรับการศึกษาระดับความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่เหมาะสมในการล้างต่อคุณภาพของหมึกกล้วยดิบ) บรรจุเนื้อหมึกลงถุง polypropylene (PP) ขนาด 6 x 9 นิ้ว ปิดปากถุงด้วยความร้อน (10 ชิ้น/ ถุง) ส่วนที่ 2 (สำหรับการศึกษาระดับความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่เหมาะสมในการล้างต่อคุณภาพของหมึกกล้วยสุก) นำเนื้อหมึกมาบั้งเป็นลายตารางเท่าๆ กัน ลึกประมาณ 2 มิลลิเมตร นำเนื้อหมึกกล้วยมาต้มในน้ำร้อนจนอุณหภูมิกลางชิ้นหมึกเป็น 95 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที นำเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ได้จุ่มในน้ำผสมน้ำแข็งนาน 10 วินาที (เนื้อหมึก 150 กรัม: น้ำผสมน้ำแข็ง 1 ลิตร) ทิ้งให้สะเด็ดน้ำนาน 10 วินาที แล้วบรรจุลงถุงพลาสติก PP ขนาด 6 x 9 นิ้ว ปิดปากถุงด้วยความร้อน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส การกำหนดชุดการทดลองส่วนที่ 1 สำหรับการเก็บตัวอย่างแบบดิบ และส่วนที่ 2 สำหรับเก็บตัวอย่างแบบต้มสุก ดังแสดงในตารางที่ 3-2 และ ตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-2 การกำหนดชุดการทดลองสำหรับหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 และเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยแบบดิบ

ชุดการทดลอง	น้ำประปา	H_2O_2	น้ำแข็งเกล็ด	ชุดควบคุม
RN00 (ไม่ล้าง)	-	-	-	✓
RC00 (ล้างน้ำประปา)	✓	-	✓	✓
RH35 (0.0035% H_2O_2)	✓	✓	✓	-
RH55 (0.0055% H_2O_2)	✓	✓	✓	-
RH75 (0.0075% H_2O_2)	✓	✓	✓	-

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ 3-3 การกำหนดชุดการทดลองสำหรับหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ก่อนนำไปต้มสุกและเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยแบบต้มสุก

ชุดการทดลอง	น้ำประปา	H_2O_2	น้ำแข็งเกล็ด	ชุดควบคุม
CC00 (ล้างน้ำประปา)	✓	-	✓	✓
CH35 (0.0035% H_2O_2)	✓	✓	✓	-
CH55 (0.0055% H_2O_2)	✓	✓	✓	-
CH75 (0.0075% H_2O_2)	✓	✓	✓	-

เนื้อหมึกกล้วยทั้งส่วนที่ 1 และ ส่วนที่ 2 ถูกสุ่มมาตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา ทุก 2 วัน นาน 20 วัน ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก 2 วัน จนกระทั่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานที่กำหนด (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6 log CFU/g, (กองควบคุมอาหาร, 2556)) การได้ชุดใดก่อนหลังให้เป็นไปตามลำดับการสุ่ม ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 3-1

6.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพ

6.1.2.1 คุณภาพทางเคมี

- ปริมาณด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) และปริมาณไตรเมทธิลเอมีน (TMA-N) วิธี Conway microdiffusion method ตามวิธีของ Hasegawa (1987)

6.1.2.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ตามวิธีของ AOAC (1995), *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ตามวิธีของ AOAC (1994) (วิเคราะห์เฉพาะในวันที่ 0 ของการทดลอง)

6.1.2.3 คุณภาพทางกายภาพ

- ความเป็นกรดด่าง ตามวิธีของ AOAC (1995)
- ค่าสีโดยใช้ระบบ CIE (L*, a* และ b*)
- แรงเฉือนโดยใช้ใบมีดชนิด HDP/ WBV Warner Bratzler blade set ที่ความเร็ว pre - test speed 2.00 มิลลิเมตร/ วินาที post - test speed 2.50 มิลลิเมตร/ วินาที และ test speed 2.00 มิลลิเมตร/ วินาที

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

6.1.2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

- การทดสอบความชอบ

ให้ผู้ทดสอบที่เคยผ่านการทดสอบความชอบมาแล้ว ทำการทดสอบความชอบ 9 point hedonic scale (9 = ชอบมากที่สุด, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) โดยใช้ตัวอย่างหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ดังชุดการทดลองที่กำหนดไว้ ให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความรู้สึกในแต่ละลักษณะลงในแบบทดสอบทางประสาทสัมผัสที่มีเกณฑ์การให้คะแนนความชอบเนื้อหมึกกล้วยดิบ 4 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก ทดสอบ 5 ลักษณะ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ทำการทดสอบคุณภาพทุก 2 วัน จนกระทั่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานที่กำหนด (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6 log CFU/ g, (กองควบคุมอาหาร, 2556)) การรายงานผลการทดสอบความชอบ ดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 การแปรผลคะแนนความชอบในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

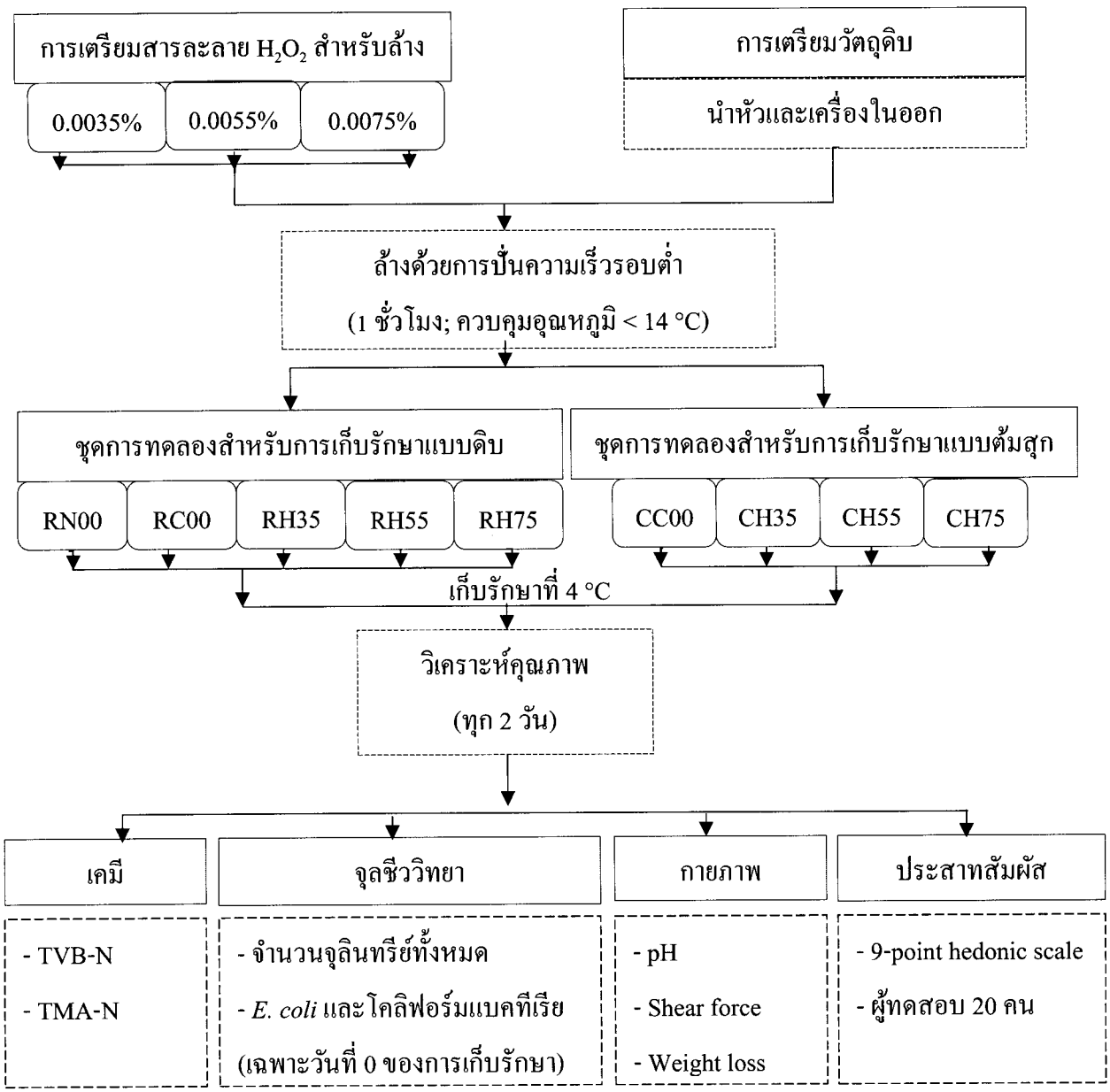
ช่วงคะแนนความชอบ	ระดับความชอบ
8.20 - 9.00	ชอบมากที่สุด
7.30 - 8.19	ชอบมาก
6.40 - 7.29	ชอบปานกลาง
5.50 - 6.39	ชอบเล็กน้อย
4.60 - 5.49	เฉยๆ
3.70 - 4.59	ไม่ชอบเล็กน้อย
2.80 - 3.69	ไม่ชอบปานกลาง
1.90 - 2.79	ไม่ชอบมาก
1.00 - 1.89	ไม่ชอบมากที่สุด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

6.1.3 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้หมึกจำนวน 3 ล็อต (block) สำหรับคุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยา กายภาพ และประสาทสัมผัส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีของ Tukey (Tukey's Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ใช้โปรแกรมทางสถิติ (Minitab Version 17)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของ H_2O_2 ที่ใช้ล้างหมึกกล้วย ต่อคุณภาพของหมึกกล้วยดิบและหมึกกล้วยต้มสุก

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

6.2 ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ใช้เคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ

การศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยไธม์ (Thyme essential oil, TEO) ในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก มีวิธีการเตรียมสารละลายสำหรับเคลือบดังแสดงในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 การเตรียมสารละลายสำหรับเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก (สวามินี ธีระวุฒิ, ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, และรัชดาภรณ์ อาจพงษ์, 2559)

สารละลาย	ปริมาตร	หมายเหตุ
(1) 0.002% sodium alginate	0.02 g sodium alginate + 1,000 ml H_2O	(1) ต้มที่ 80 องศาเซลเซียส
(2) 0.002% calcium chloride	0.02g calcium chloride + 1,000 ml H_2O	(2) ผสมเข้ากันที่อุณหภูมิห้อง
(3) 0.25% thyme essential oil solution (TEO)	2.5 ml TEO + 0.625 ml Tween 80	การเตรียมสารละลายข้อ (3) - (6) ผสมเข้ากันที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 ml ด้วย 0.002% sodium alginate
(4) 0.5% thyme essential oil solution (TEO)	5 ml TEO + 1.25 ml Tween 80	
(5) 0.75% thyme essential oil solution (TEO)	7.5 ml TEO + 1.875 ml Tween 80	
(6) 1% thyme essential oil solution (TEO)	10 ml TEO + 2.5 ml Tween 80	

<u>หมายเหตุ</u>: Tween 80 ใช้เป็นสารลดแรงตึงผิว ผสม TEO + Tween 80 ให้เข้ากันก่อนแล้วจึงปรับปริมาตรด้วย 0.002% sodium alginate

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

6.2.2 วัตถุดิบและการเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างเนื้อหมึกกล้วยดิบจากข้อ 6.1.1.1 มาล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ด้วยความเข้มข้นที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 1 (0.0075% H_2O_2) จากนั้นนำเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างมาหั่นชิ้นขนาด 1.5 x 1.5 นิ้ว บั้งเป็นลายตารางเท่าๆ กัน ลึกประมาณ 2 มิลลิเมตร ต้มในน้ำร้อนจนอุณหภูมิกลางชิ้นเนื้อหมึกเป็น 95 ± 2 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที นำเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ได้จุ่มในน้ำผสมน้ำแข็ง นาน 10 วินาที (เนื้อหมึก 150 กรัม: น้ำผสมน้ำแข็ง 1 ลิตร) ทิ้งให้สะเด็ดน้ำ นาน 10 วินาที และนำเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ได้มาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมัน-หอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 0.75 และ 1% (ตารางที่ 3-5; ข้อ 3 - 6)) (สารละลายมีการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส) ในอัตราส่วนเนื้อหมึก 200 กรัม: สารละลาย 1 ลิตร นาน 30 วินาที พักให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงสะอาดเหนือผิวหน้าน้ำแข็ง 1 นาที จากนั้นนำไปเคลือบด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ 0.002% (ตารางที่ 3-5; ข้อ 2) โดยการแช่ นาน 30 วินาที พักให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงสะอาดเหนือผิวหน้าน้ำแข็ง 30 วินาที กำหนดชุดการทดลองในการเคลือบดังแสดงในตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 การกำหนดชุดการทดลองสำหรับเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO

ชุดการทดลอง	TEO	alginate	$CaCl_2$	ชุดควบคุม
TC000 (ไม่เคลือบ)	-	-	-	✓
TA000 (0.002% alginate)	-	✓	✓	✓
TM025 (0.25% TEO)	✓	✓	✓	-
TM050 (0.50% TEO)	✓	✓	✓	-
TM075 (0.75% TEO)	✓	✓	✓	-
TM100 (1% TEO)	✓	✓	✓	-

จากนั้นนำเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบสารละลายน้ำมัน-หอมระเหยไธม์แล้วบรรจุลงถุงพลาสติก PP (เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในสัดส่วน 30% ของปริมาตรถุง (10 - 13 ชิ้น) ปิดปากถุงด้วยความร้อน เก็บที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส และนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยา กายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก 2 วัน จนกระทั่ง

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

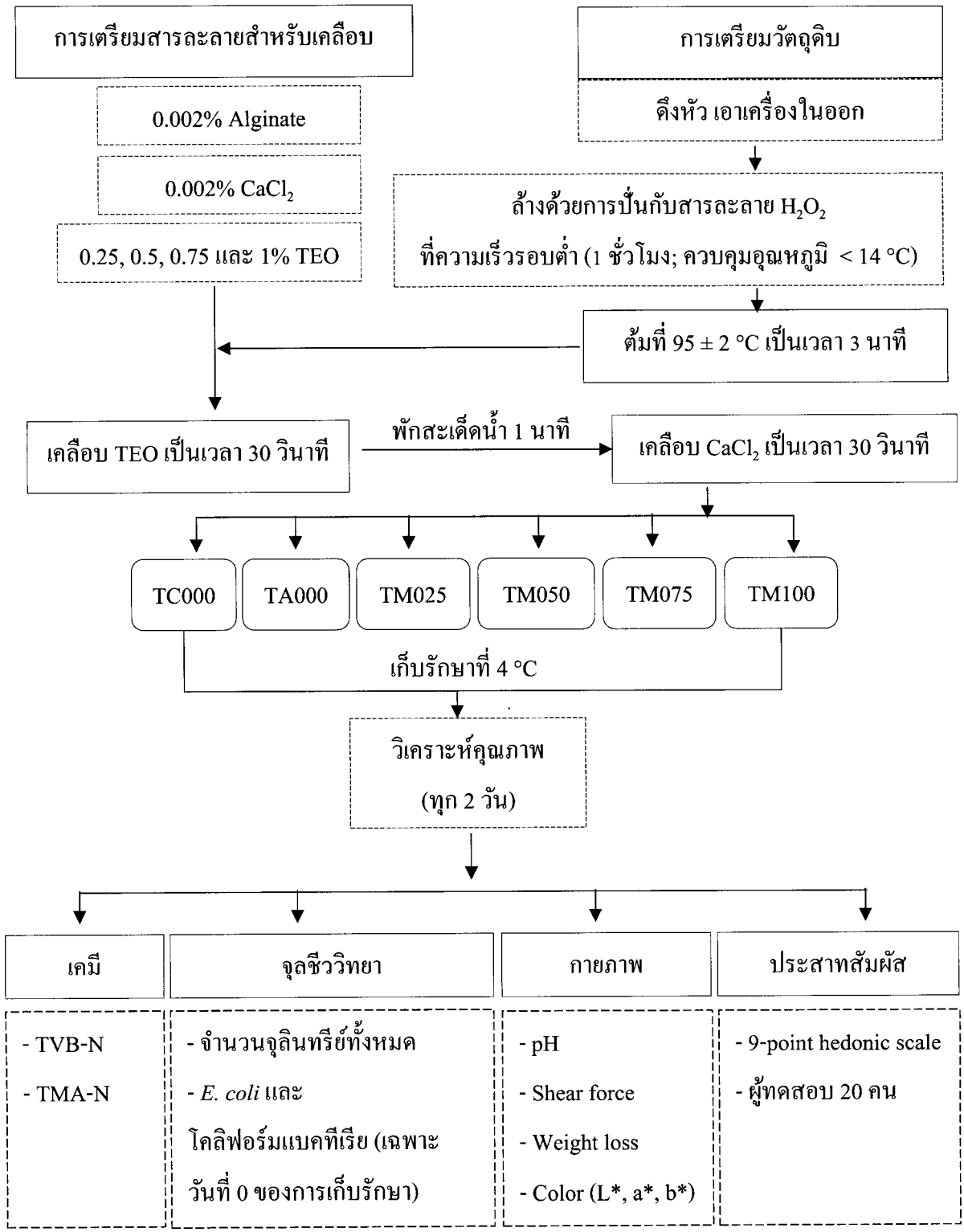
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานที่กำหนด (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6 log CFU/ g, (กองควบคุมอาหาร, 2556)) โดยวิเคราะห์ 3 ซ้ำ (3 ถุง/ วัน/ชุดการทดลอง) ซึ่งวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพเช่นเดียวกับข้อ 6.1.2 และวิเคราะห์ผลทางสถิติ เช่นเดียวกับข้อ 6.1.3 ขั้นตอนการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ใช้เคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ดังแสดงในภาพที่ 3 - 2

6.4 สถานที่ทำการทดลอง

6.4.1 ห้องปฏิบัติการภาควิชาวาริชศาสตร์ อาคารวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

6.4.2 อาคารปฏิบัติการแปรรูปอาหาร 2 สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตรและอาคารอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการศึกษาระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ใช้เคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเนื้อหมึกกล้วย

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. การล้างหมึกกล้วยดิบด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

หมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ผสมน้ำแข็งที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน ได้แก่ ชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการล้าง (RN00) และล้างด้วยน้ำประปา (RC00), 0.0035 (RH35), 0.0055 (RH55) และ 0.0075% H_2O_2 (RH75) แล้วต้มเนื้อหมึกกล้วยในน้ำร้อน นาน 3 นาที บรรจุเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกลงถุง polypropylene ปิดปากถุงด้วยความร้อน และหมึกกล้วยต้มสุกประกอบด้วยชุดการทดลองควบคุมที่ล้างด้วยน้ำประปา (CC00), 0.0035 (CH35), 0.0055 (CH55) และ 0.0075% H_2O_2 (CH75) ทั้งชุดการทดลองที่เก็บรักษาแบบดิบและต้มสุกถูกนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี จุลชีววิทยา กายภาพ และประสาทสัมผัสทุก 2 วัน จนกระทั่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานที่กำหนด (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6 log CFU/ g, (กองควบคุมอาหาร, 2556)) การได้ชุดใดก่อนหลังให้เป็นไปตามลำดับการสุ่ม มีผลการทดลอง ดังนี้

1.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2

1.1.1 ปริมาณด่างระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกดิบ มีปริมาณ TVB-N อยู่ในช่วง 1.63 - 2.21 mg/ 100g และเนื้อหมึกกล้วยดิบทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-1) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบ ชุดการทดลอง RN00 และ RC00 มีปริมาณ TVB-N คือ 73.91 และ 40.67 mg/ 100g ส่วน RH35, RH55 และ RH75 มีปริมาณ TVB-N คือ 25.78, 7.74 และ 6.37 mg/ 100g ตามลำดับ ในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก วันที่ 0 ของการเก็บรักษามีปริมาณ TVB-N อยู่ในช่วง 2.21 - 2.41 mg/ 100g และเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มของปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-2) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วย-ต้มสุก ชุดการทดลอง CC00 มีปริมาณ TVB-N คือ 5.86 mg/ 100g ส่วน CH35, CH55 และ CH75 มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 4.89, 4.15 และ 4.05 mg/ 100g ตามลำดับ เนื่องจากเกิดการเสื่อมคุณภาพของโปรตีนในเนื้อหมึกกล้วยจากการทำงานของเอนไซม์ในกล้ามเนื้อหมึกและจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโปรตีนในเนื้อหมึกกล้วย เกิดการเสียสภาพของโปรตีนให้ผลผลิต

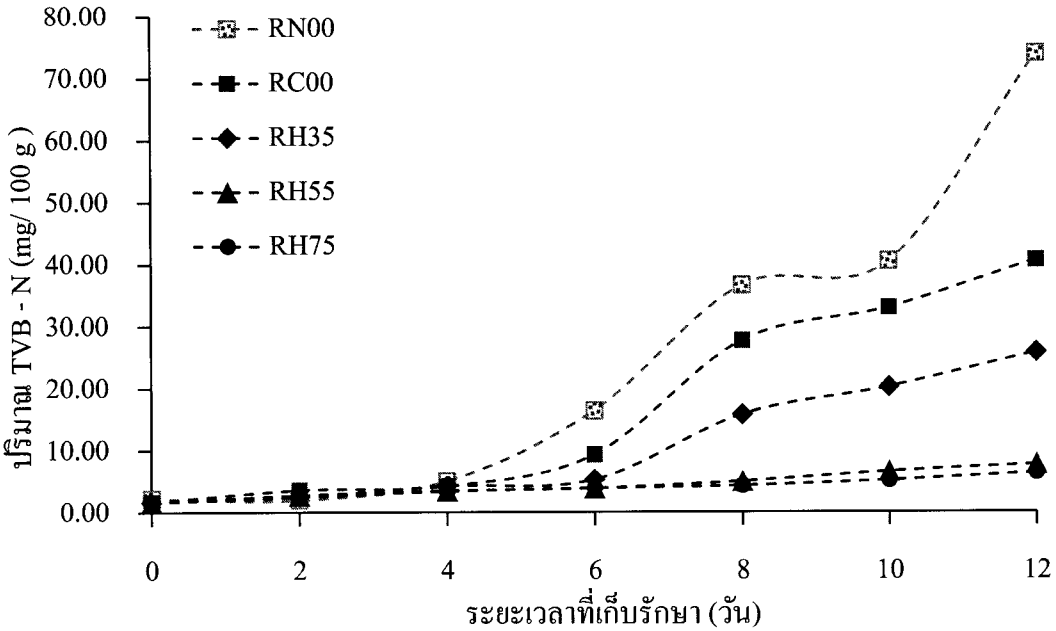
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

เป็นด่างระเหยชนิดต่างๆ ได้ ประกอบด้วยแอมโมเนียและเอมีน (Fan et al., 2008) เมื่อการเน่าเสียเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาจึงทำให้เกิดการสะสมสารที่เป็นด่างระเหยเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Shadman et al. (2017) พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) มีค่า TVB-N เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และ Xiao et al. (2017) ที่พบว่าเนื้อหมึกกล้วยมีแนวโน้มของปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

เนื้อหมึกที่ไม่ผ่านการล้าง (RN00) และล้างด้วยน้ำประปา (RC00 และ CC00) มีปริมาณ TVB-N สูงสุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ทั้งเนื้อหมึกกล้วยดิบ (RH35, RH55 และ RH75) และเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก (CH35, CH55 และ CH75) มีปริมาณ TVB-N แปรผันตามความเข้มข้นของ H_2O_2 โดยเนื้อหมึกกล้วยดิบชุดการทดลองที่มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุด คือ RH75 รองลงมาได้แก่ RH55 และ RH35 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ ก-1) สำหรับเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลองที่มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุด คือ CH75 รองลงมาได้แก่ CH55 และ CH35 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ ก-2) เนื่องจาก H_2O_2 มีสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อ เมื่อนำมาใช้ในการล้างร่วมกับน้ำแข็งจึงมีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน และความเย็นของน้ำแข็งยังมีผลในการชะลอการทำงานของเอนไซม์จึงเกิดการเน่าเสียเกิดช้าลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Alvarez et al. (2005) พบว่าการแช่เนื้อปลาคอด (*Gadus morhua*) ในสารละลาย H_2O_2 ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N ได้

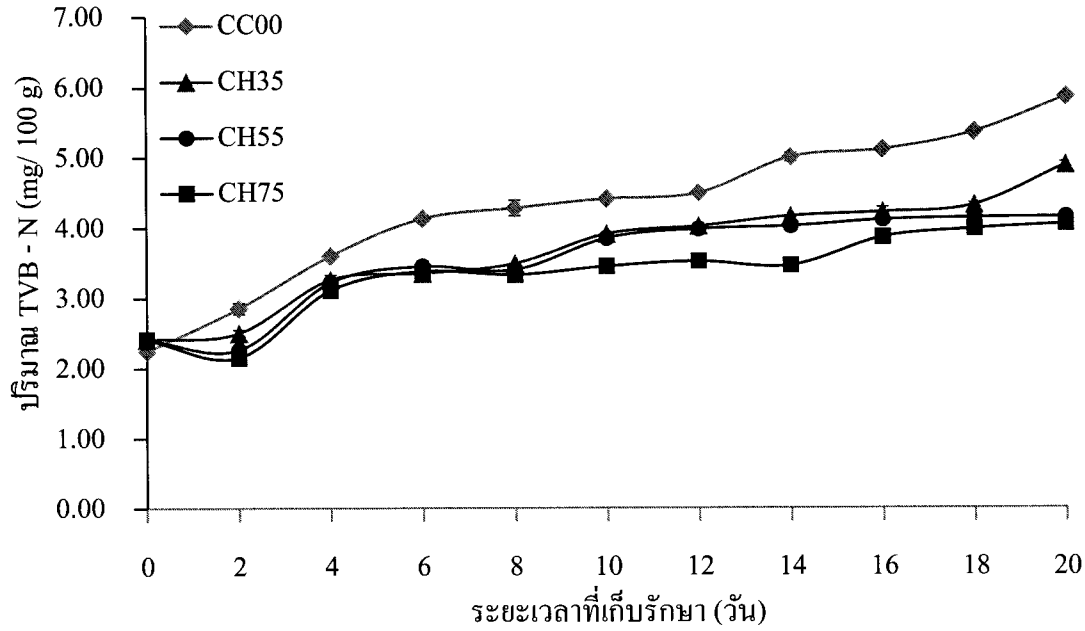
ทั้งนี้ปริมาณ TVB-N เป็นปริมาณด่างระเหยที่เกิดจากกระบวนการการเน่าเสียของสัตว์น้ำที่ส่งผลให้เกิดกลิ่นรสของสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลงไป (จีรวรรณ มณีโรจน์, และจิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร, 2558) จึงใช้เป็นตัวชี้วัดความสดของสัตว์น้ำได้ โดยหมึกกล้วยควรมีปริมาณ TVB-N น้อยกว่า 15 mg/ 100g (Okusumi & Fujii, 2000) ซึ่งตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลองมี TVB-N ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากประสิทธิภาพของ H_2O_2 ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้เกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นได้น้อยลง ปริมาณ TVB-N ที่ตรวจวัดได้จึงมีค่าน้อย

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-1 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (RN00 (ไม่ผ่านการล้าง), RC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), RH35 (0.0035% H_2O_2), RH55 (0.0055% H_2O_2) และ RH75 (0.0075% H_2O_2))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน (CC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), CH35 (0.0035% H_2O_2), CH55 (0.0055% H_2O_2) และ CH75 (0.0075% H_2O_2))

1.1.2 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA-N)

วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบ มีปริมาณ TMA-N คือ 0.00 mg/ 100g ในทุกชุดการทดลองและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-3) ในวันที่ 12 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบ ชุดการทดลอง RN00 และ RC00 มีปริมาณ TMA-N คือ 9.47 และ 4.96 mg/ 100g ส่วน RH35, RH55 และ RH75 มีปริมาณ TMA-N คือ 3.60, 0.83 และ 0.83 mg/ 100g ตามลำดับ ในขณะที่เนื้อหมึกกล้วยต้มสุก วันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีปริมาณ TMA-N คือ 0.14 mg/ 100g ในทุกชุดการทดลองและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-4) ในวันที่ 20 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลอง CC00 มีปริมาณ TMA-N คือ 0.86 mg/ 100g ส่วน CH35, CH55 และ CH75 มีปริมาณ TMA-N คือ 0.51, 0.50 และ 0.48 mg/ 100g ตามลำดับ เนื่องจากระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นส่งผลให้เกิดการเน่าเสีย

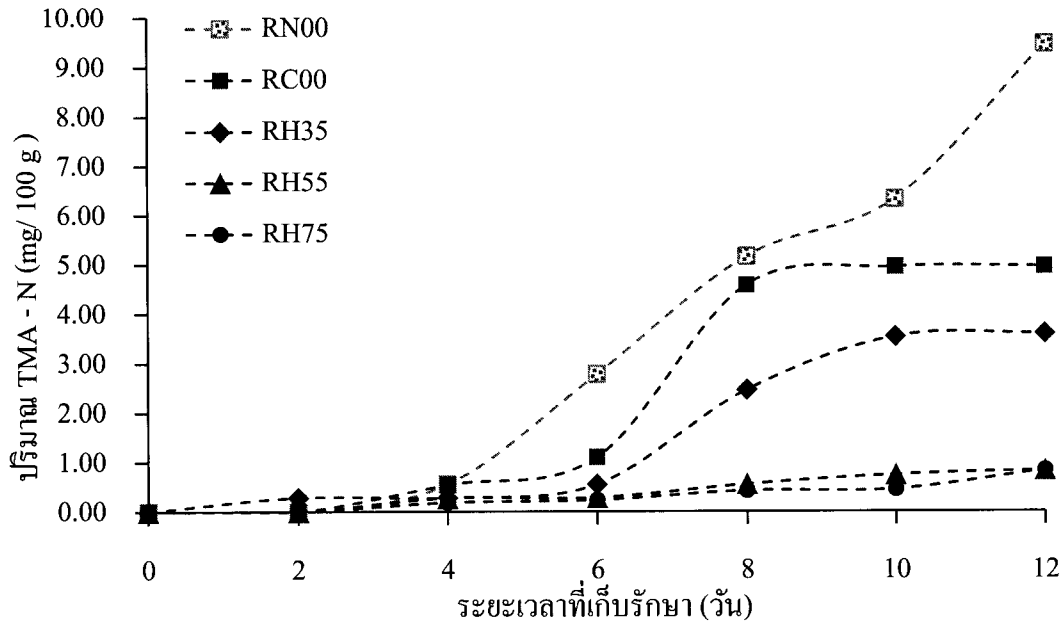
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

เพิ่มมากขึ้น โดยสาร TMAO (trimethylamine oxide) ที่เป็นสารรักษาความชื้นในเนื้อหมึก ถูกเปลี่ยนเป็น TMA-N จากเอนไซม์ TMAO reductase ที่สร้างโดยแบคทีเรียที่เจริญในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน เมื่อเกิดการเน่าเสียมากขึ้น จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์เพื่อเปลี่ยนสาร TMAO มากขึ้นจึงเกิดปริมาณ TMA-N มากขึ้น (Gram & Huss, 1996) ส่งผลให้ปริมาณ TMA-N มากขึ้นตามการเน่าเสีย เช่นเดียวกับงานวิจัยหลายชิ้นที่พบว่าเนื้อหมึก (*Octopus vulgaris*) มีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Atrea, Papavergou, Amvrosiadis, & Savvaidis, 2009; Capillas, Moral, Morales, & Montero, 2002; Hurtado, Montero, & Borderias, 2001)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเนื้อหมึกกล้วยดิบ ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา มีปริมาณ TMA-N ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$, ตารางที่ ก-3) และมีแนวโน้มของปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดย RN00 มีปริมาณ TMA-N มากที่สุด รองลงมาได้แก่ RC00 RH35 RH55 และ RH75 ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TMA-N ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันที่ 0 - 16 ของการเก็บรักษา ($p > 0.05$, ตารางที่ ก-4) อย่างไรก็ตามเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลอง CC00 มีปริมาณ TMA-N มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 20 วัน รองมาคือ CH35, CH55 และ CH75 ตามลำดับ เนื่องจากชุดการทดลองกลุ่มที่ใช้สารละลาย H_2O_2 ในการล้างร่วมกับน้ำแข็งก่อนการต้มสุก มีประสิทธิภาพยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ที่ปล่อยเอนไซม์เพื่อเปลี่ยน TMAO เป็น TMA-N ให้เกิดน้อยลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Alvarez et al. (2005) พบว่าการใช้ H_2O_2 ช่วยยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้ นอกจากนี้ผลการทดลองในครั้งนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N มีมากขึ้นเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลาย H_2O_2 มากขึ้น

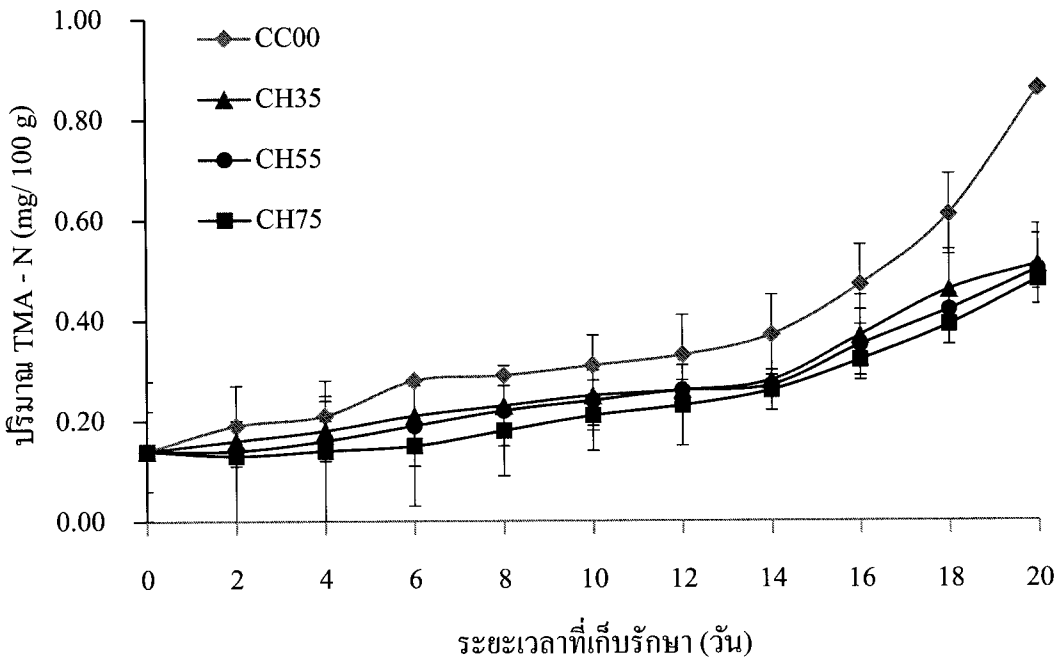
หากพิจารณาถึงคุณภาพความสดและยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ปริมาณ TMA-N ในเนื้อหมึกกล้วยไม่ควรเกิน 5 mg/ 100g (Hebard et al., 1982; Ke et al., 1984) ในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่มีปริมาณ TMA-N มากกว่า 5 mg/ 100g ทำให้คุณภาพความสดลดลงและมีกลิ่นรสที่เปลี่ยนไป ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งในเนื้อหมึกกล้วยดิบและต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าค่ามาตรฐานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามค่า TMA-N อาจไม่เหมาะในการใช้ตัดสินอายุการเก็บรักษา เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงน้อยจึงควรใช้ค่าอื่นในการตัดสินอายุการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบและเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกควบคู่ไปด้วยกัน

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (RN00 (ไม่ผ่านการล้าง), RC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), RH35 (0.0035% H_2O_2), RH55 (0.0055% H_2O_2) และ RH75 (0.0075% H_2O_2)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-4 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน (CC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), CH35 (0.0035% H_2O_2), CH55 (0.0055% H_2O_2) และ CH75 (0.0075% H_2O_2))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

1.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2

1.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count; TPC)

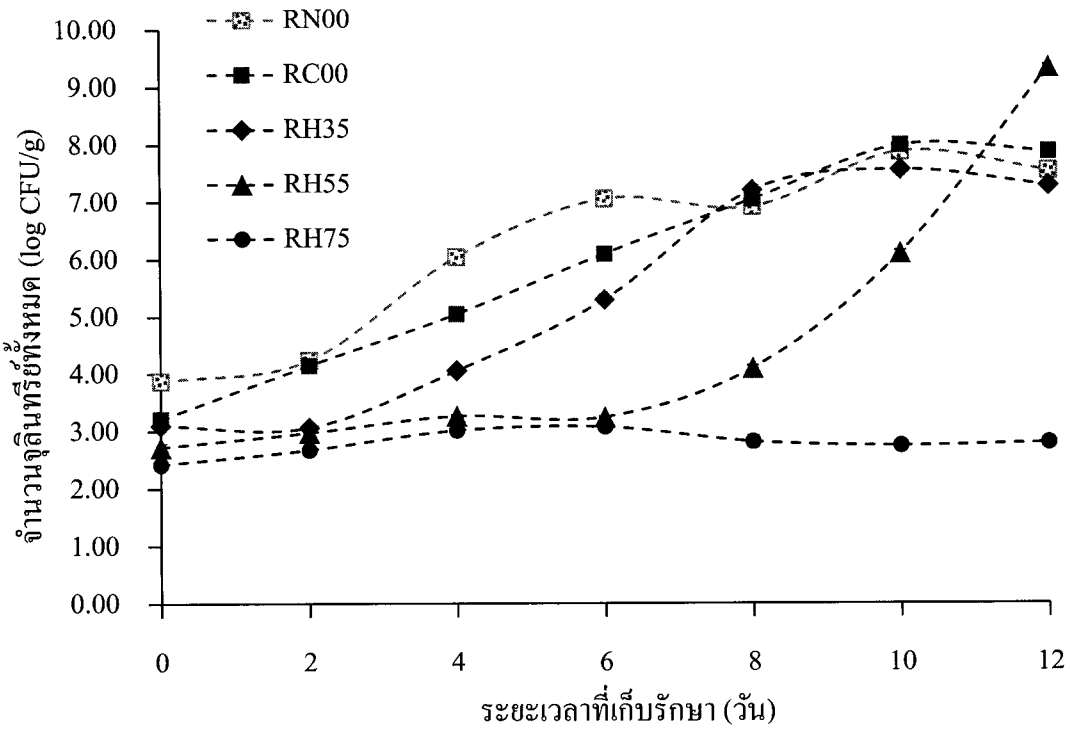
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหมึกกล้วยดิบก่อนการล้างคือ 3.87 log CFU/g และในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ในช่วง 2.42 - 3.87 log CFU/ g ขณะที่วันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบในชุดการทดลอง RH55 มีจำนวนจุลินทรีย์มากที่สุดคือ 9.33 log CFU/ g รองลงมาได้แก่ RC00, RN00, RH35 และ RH75 มีจำนวนจุลินทรีย์ 7.87, 7.54, 7.28 และ 2.79 log CFU/ g ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-5) ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.82 - 2.89 log CFU/ g ขณะที่วันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในชุดการทดลอง CC00 มีจำนวนจุลินทรีย์มากที่สุดคือ 3.18 log CFU/ g รองลงมาได้แก่ CH35, CH55 และ CH75 มีจำนวนจุลินทรีย์ 2.59, 2.48 และ 2.02 log CFU/ g ตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในทุกชุดการทดลอง แบ่งเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 ของการเก็บรักษา (วันที่ 0 - 4) มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดคงที่รวมทั้งเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีจำนวนจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันในแต่ละชุดการทดลอง ($p > 0.05$, ตารางที่ ข-2) เนื่องจากเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ที่ทนต่อความร้อนจากการต้มหรือรอดจากประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของ H_2O_2 ที่ใช้ในการล้างก่อนนำหมึกกล้วยมาต้ม มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่จึงใช้เวลาในการปรับตัวและยังไม่มีการแบ่งเซลล์ จำนวนจุลินทรีย์ที่ตรวจพบจึงมีค่าคงที่ในช่วงแรกของการเก็บรักษา (นฤมล มาแทน, 2561) ส่วนช่วงที่ 2 ของการเก็บรักษา (วันที่ 4 - 8) เป็นช่วงระยะเวลาที่มีจำนวนจุลินทรีย์ลดลง เนื่องจากมีการตายของจุลินทรีย์มากกว่าการเพิ่ม-จำนวนขึ้น โดย H_2O_2 มีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ต่อการรักษาสมดุลภายในและภายนอกเซลล์อีกทั้งเกิดการเสียสภาพของโครงสร้างโมเลกุลโปรตีนในเซลล์ จุลินทรีย์ไม่สามารถนำเข้าสารอาหารเพื่อการเจริญ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดจึงลดลง (Krishnan et al., 2006) และช่วงที่ 3 ของการเก็บรักษา (วันที่ 8 - 16) เนื่องจากประสิทธิภาพของ H_2O_2 เริ่มลดน้อยลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น จุลินทรีย์กลับมาเจริญอีกครั้ง จึงส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์เพิ่มจำนวนมากขึ้นในช่วงที่ 3 (ภาพที่ 4-6) เช่นเดียวกับการศึกษาของ McDonnell and Russell (1999) พบว่า H_2O_2 มีสมบัติในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและไวรัส โดย OH^- ไปทำลายส่วนประกอบของเซลล์ที่จำเป็นทั้งโปรตีน ไขมันและ DNA ของจุลินทรีย์ได้

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ผลการทดลองยังพบว่าเนื้อหมึกกล้วยที่มีจำนวนจุลินทรีย์น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาคือชุดการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 มากที่สุด คือ 0.0075% H_2O_2 (RH75 และ CH75) รองลงมาคือ 0.0055% H_2O_2 (RH55 และ CH55) และ 0.0035% H_2O_2 (RH35 และ CH35) ตามลำดับ (ตารางที่ ข-1 และ ข-2) เนื่องจาก H_2O_2 มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อจากการรบกวนสมดุลการนำเข้าอาหารเพื่อการเจริญของจุลินทรีย์และความเข้มข้นที่มากขึ้น ทำให้สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้มากขึ้น เช่นเดียวกับ Alvarez et al. (2005) พบว่าการใช้ H_2O_2 ความเข้มข้น 0.25 - 0.0075% ในขั้นตอนการทำเค็มปลาคอด (*G. morhua*) ที่มีจำนวนจุลินทรีย์ในช่วงท้ายของการเก็บรักษาน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้ใช้ H_2O_2 และ Block ((Ed.), 2001) และ McDonnell and Russell (1999) พบว่าการใช้ H_2O_2 สามารถยับยั้งกิจกรรมของแบคทีเรีย ยีสต์ ราและไวรัสได้

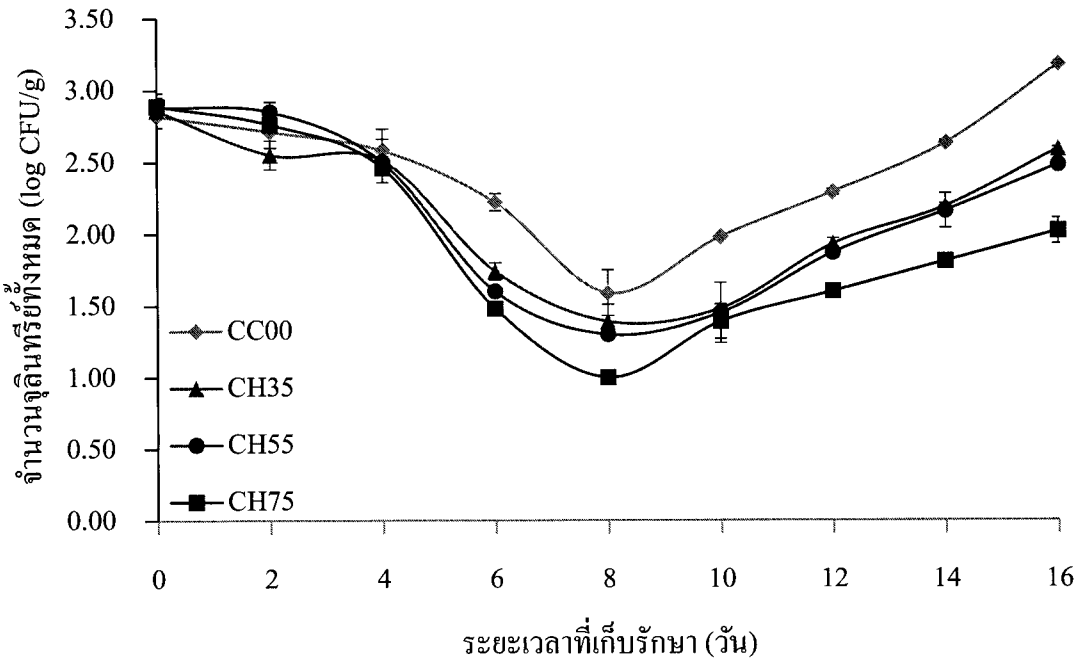
อย่างไรก็ตาม ในเนื้อหมึกกล้วยดิบ RH75 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาและมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ในขณะที่ RN00 RC00 RH35 และ RH55 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินเกณฑ์-มาตรฐานในวันที่ 4, 6, 8 และ 10 ของการเก็บรักษา ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา จำนวน-จุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานในทุกชุดการทดลอง (จำนวนจุลินทรีย์-ทั้งหมดได้ไม่เกิน 6 log CFU/ g (กองควบคุมอาหาร, 2556)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-5 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (RN00 (ไม่ผ่านการล้าง), RC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), RH35 (0.0035% H_2O_2), RH55 (0.0055% H_2O_2) และ RH75 (0.0075% H_2O_2)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-6 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (CC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), CH35 (0.0035% H_2O_2), CH55 (0.0055% H_2O_2) และ CH75 (0.0075% H_2O_2))

1.2.2 Escherichia coli และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

ผลการวิเคราะห์จำนวน *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียในเนื้อหมึกกล้วย-ดิบและต้มสุก ในวันที่ 0 ไม่พบ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียในทุกชุดการทดลอง (CC00, CH35, CH55 และ CH75) เนื่องจากหมึกกล้วยดิบผ่านการล้างด้วย H_2O_2 ผสมน้ำแข็ง หลังจากนั้นมีการต้มเนื้อหมึกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แล้วจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ซึ่ง *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ถูกทำลายได้โดยใช้ความร้อนตั้งแต่ 70 องศาเซลเซียส ขึ้นไป (ภัทรชัย กีรติสิน, และอมรรัตน์ ลีลาภรณ์, 2554) สอดคล้องกับงานวิจัยหลายฉบับที่ระบุว่าความร้อนที่สูงกว่า 90 องศาเซลเซียส (Ferreira, Landeiro, Rogeria, & Ana, 2007), 95 องศาเซลเซียส (สวามินี ธีระวุฒิ, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2562) ทำลาย *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

หากคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภคอาหารทะเลจากอันตรายที่เกิดจากจุลินทรีย์ก่อโรคในกลุ่มโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ที่มักปนเปื้อนมากับอาหาร น้ำหรือกระบวนการแปรรูป โดยทำให้เกิดอาการท้องเสีย อาเจียน อาหารเป็นพิษ (บุษกร อุตรภิชาติ, 2555) ซึ่งกำหนดให้ตรวจพบจำนวน *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้ไม่เกิน 3 log CFU/ g (กองควบคุมอาหาร, 2552) จึงได้มีการตรวจวัดจุลินทรีย์กลุ่มนี้เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและเป็นการตรวจวัดความสะอาดของขั้นตอนการแปรรูป ซึ่งผลการทดลองตรวจไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรคกลุ่มนี้ แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนปฏิบัติการทดลองมีความสะอาดถูกสุขอนามัยจึงตรวจไม่พบ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

1.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2

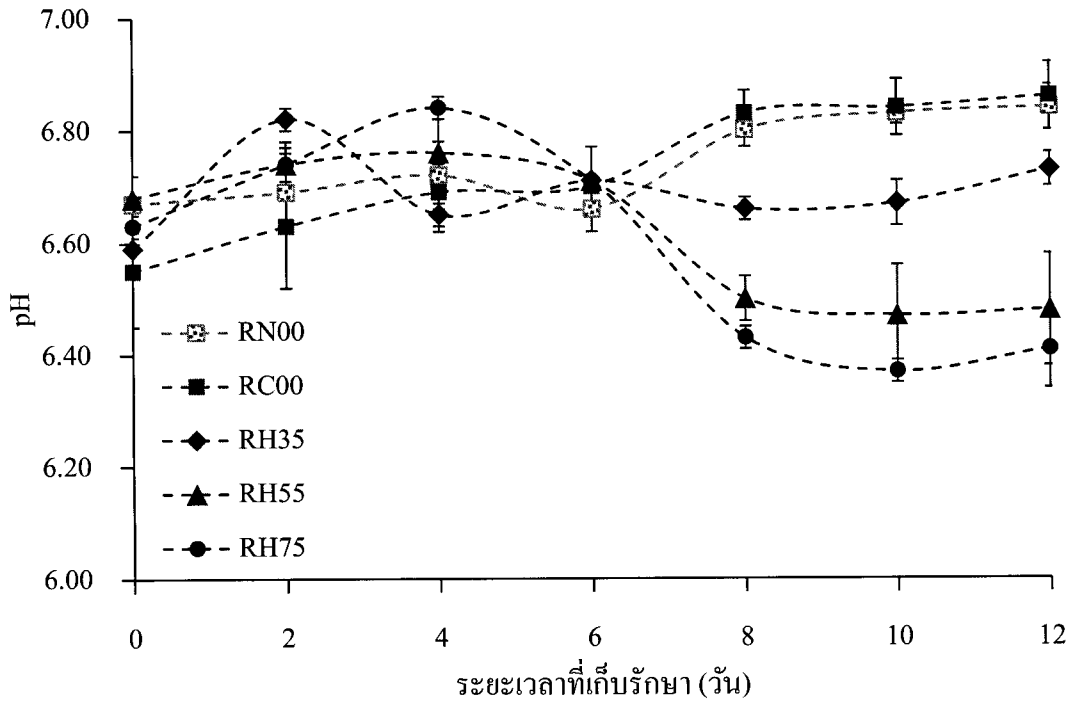
1.3.1 ความเป็นกรดด่าง

วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบแต่ละชุดการทดลองมีค่า pH เริ่มต้นอยู่ในช่วง 6.37 - 6.66 ในขณะที่เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกแต่ละชุดการทดลองมีค่า pH เริ่มต้นอยู่ในช่วง 6.96 - 6.97 เมื่อเก็บรักษานานขึ้น ค่า pH ของเนื้อหมึกกล้วยดิบและเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีค่าเพิ่มขึ้นตามการเน่าเสีย ซึ่งสัตว์น้ำสดโดยทั่วไปมีค่า pH อยู่ในช่วง 5 - 7 (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) วันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกดิบ RN00 มีค่า pH 6.86 ขณะที่ RC00, RH35, RH55 และ RH75 มี pH 6.84, 6.84, 6.82 และ 6.76 ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในชุดการทดลอง CC00 มีค่า pH 7.12 ขณะที่ CH35, CH55 และ CH75 มี pH 7.08, 7.07 และ 7.05 ตามลำดับ (ภาพที่ 4-7 และ 4-8) เนื่องจากภายหลังการตายของสัตว์น้ำเกิดการสะสมกรดแลกติกในกล้ามเนื้อทันทีที่สัตว์น้ำหยุดหายใจ แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงระยะหลังการเกร็งตัวมีการสลายตัวของสารประกอบไนโตรเจนที่มีสมบัติเป็นเบส (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) อีกทั้งจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนและสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนในเนื้อสัตว์น้ำเกิดเป็นด่างระเหยที่มีสมบัติเป็นเบส ส่งผลให้ pH ของสัตว์น้ำเพิ่มขึ้นตามการเน่าเสีย (สวามินี ธีระวุฒิ, 2559) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Rahimabadi and Divband (2012) ที่ศึกษาการเก็บรักษาเนื้อปลา silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) โดยการแช่ด้วยน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจาก *Zataria multiflora* Boiss (Shirazi thyme) พบว่า pH ของเนื้อปลา silver carp เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และ Palacio (2002) และ Olivas, Sandez, Haard, Aguilar, and Brauer (2000) ที่พบว่าในเนื้อหมึก (*Dosidicus gigas*) แช่เย็นมีค่า pH ลดลงเล็กน้อยในช่วงแรกแล้วค่า pH จึงเพิ่มขึ้นไปจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

หากเปรียบเทียบในแต่ละชุดการทดลองพบว่าเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 มีค่า pH น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม ($p \leq 0.05$, ตารางที่ ค-1) สอดคล้องกับเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ชุดการทดลอง CH75 มีค่า pH น้อยที่สุดตลอดการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ CH55, CH35 และ CC00 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ ค-2) การที่ชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 (CH35, CH55 และ CH75) มีค่า pH น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม (CC00) เป็นผลจากสมบัติการฆ่าเชื้อของ H_2O_2 ที่ทำให้จุลินทรีย์ตาย หรือไม่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนได้ (Price & Lee, 1970) การปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายของโครงสร้างโปรตีนและองค์ประกอบอื่นๆ ในเนื้อหมึกกล้วยเกิดช้าลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sapers, Miller, Jantscheke, and Mattrazzo (2000)

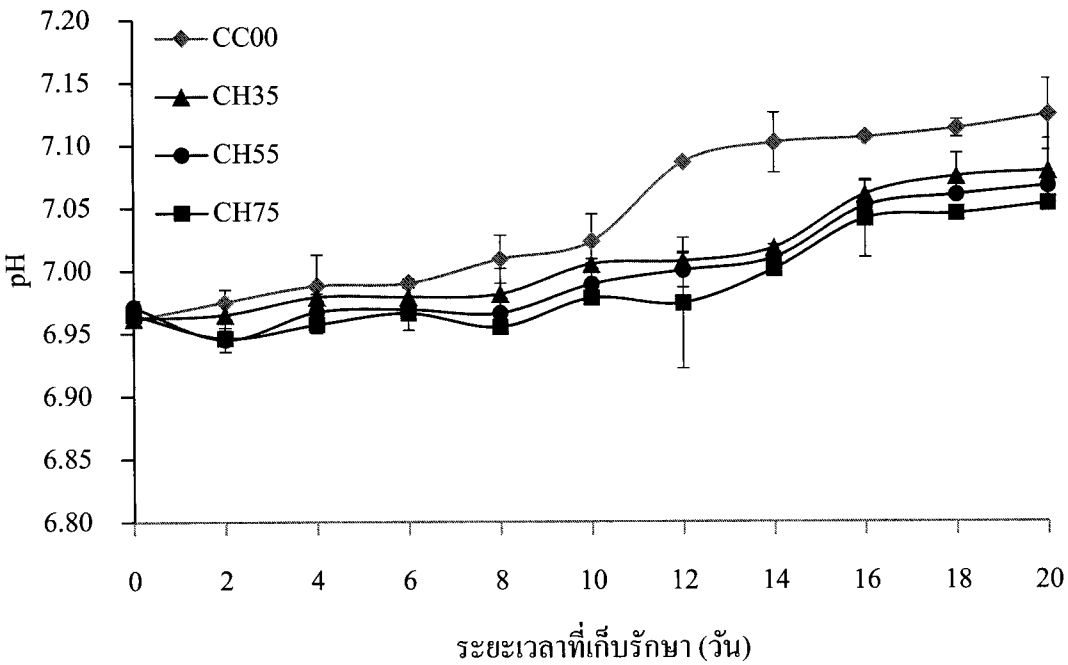
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

พบว่า H_2O_2 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จึงลดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนและสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนในเนื้อสัตว์น้ำได้ ปริมาณด่างระเหยที่มีสมบัติเป็นเบสจึงน้อยลง อีกทั้งความเป็นบัฟเฟอร์ของเนื้อสัตว์น้ำเมื่อเติมสารละลายที่มีค่า pH ที่เป็นกรดหรือด่างลงไปจะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยมาก



ภาพที่ 4-7 ความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (RN00 (ไม่ผ่านการล้าง), RC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), RH35 (0.0035% H_2O_2), RH55 (0.0055% H_2O_2) และ RH75 (0.0075% H_2O_2))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-8 ความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน (CC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), CH35 (0.0035% H_2O_2), CH55 (0.0055% H_2O_2) และ CH75 (0.0075% H_2O_2))

1.3.2 แรงเฉือน

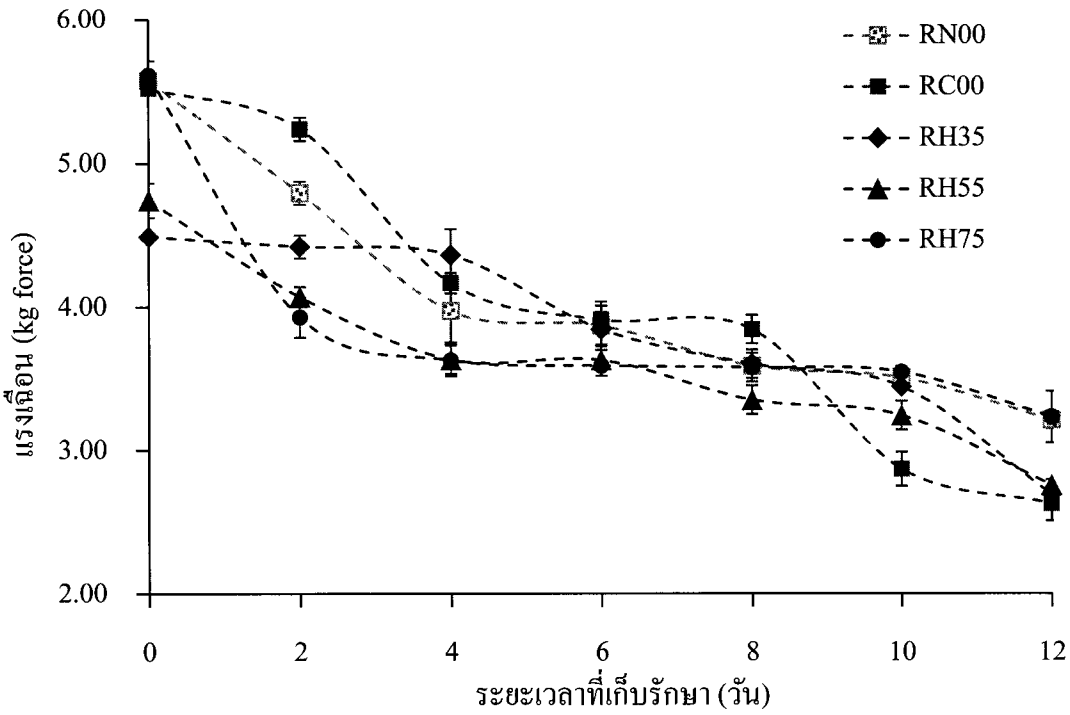
วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบทุกชุดการทดลองมีค่าแรงเฉือน (shear force) อยู่ในช่วง 5.22 - 5.61 kg force เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นมีแนวโน้มของค่าแรงเฉือนลดลง โดยชุดการทดลอง RH75 มีค่าแรงเฉือนมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมา คือ RH55, RH35, RC00 และ RN00 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-9) ทั้งนี้วันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบชุดการทดลอง RH75 มีค่าแรงเฉือนมากที่สุด คือ 3.23 kg forceส่วน RH55 RH35 RN00 และ RC00 มีค่าแรงเฉือน 3.02, 2.75, 2.69 และ 2.63 kg force ตามลำดับส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลองมีค่าแรงเฉือน อยู่ในช่วง 1.20 - 1.62 kg force เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นมีแนวโน้มของค่าแรงเฉือนลดลงและวันที่ 20 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลอง CH35 มี

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ค่าแรงเฉือนมากที่สุดคือ 1.06 kg force ขณะที่ CC00, CH55 และ CH75 มีค่าแรงเฉือน 0.98, 0.92 และ 0.74 kg force ตามลำดับ หากเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองพบว่า CH35 มีค่าแรงเฉือนมากที่สุดตลอดการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ CC00, CH55 และ CH75 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-10) เนื่องจากเมื่อเกิดการเน่าเสียของสัตว์น้ำ โครงสร้างต่างๆ ของกล้ามเนื้อถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์จากภายในตัวสัตว์น้ำเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ปล่อยออกมา ทำให้โครงสร้างกล้ามเนื้อถูกย่อยสลายและโครงสร้างโปรตีนคลายตัวจึงมีค่าแรงเฉือนน้อยลงตามการเน่าเสียที่มากขึ้น (สุมาลี เหลืองสกุล, 2541) ในเนื้อหมึกกล้วยประกอบด้วยโปรตีนไมโอไฟบริลเป็นหลัก ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีบทบาทในการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อสัตว์น้ำ ทำให้เนื้อของหมึกกล้วยมีความยืดหยุ่นสูง เมื่อเกิดการเน่าเสียขึ้นแล้วเกิดการย่อยสลายโปรตีนไมโอไฟบริลความยืดหยุ่นของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกจึงน้อยลง (นฤมล อัศวเกศมณี, 2550) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Zhang, Ma, Deng, Xie, and Qiu (2015) พบว่า เมื่อการเน่าเสียมากขึ้นความแข็งแรงของโครงสร้างโปรตีนในกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ลดลง และผลการศึกษาของ Alvarez et al. (2005) พบว่าเนื้อปลาคอด (*G. morhua*) ที่แช่ด้วย H_2O_2 ก่อนการทำเค็มมีค่า shear strength เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Young, Neumann, McGill, and Hardy (1980) และ Srinivasan and Hultin (1995) พบว่าเนื้อปลาแมคเคอเรล (*Scomber scombrus*) ที่แช่ด้วย H_2O_2 มีเนื้อแน่นขึ้น

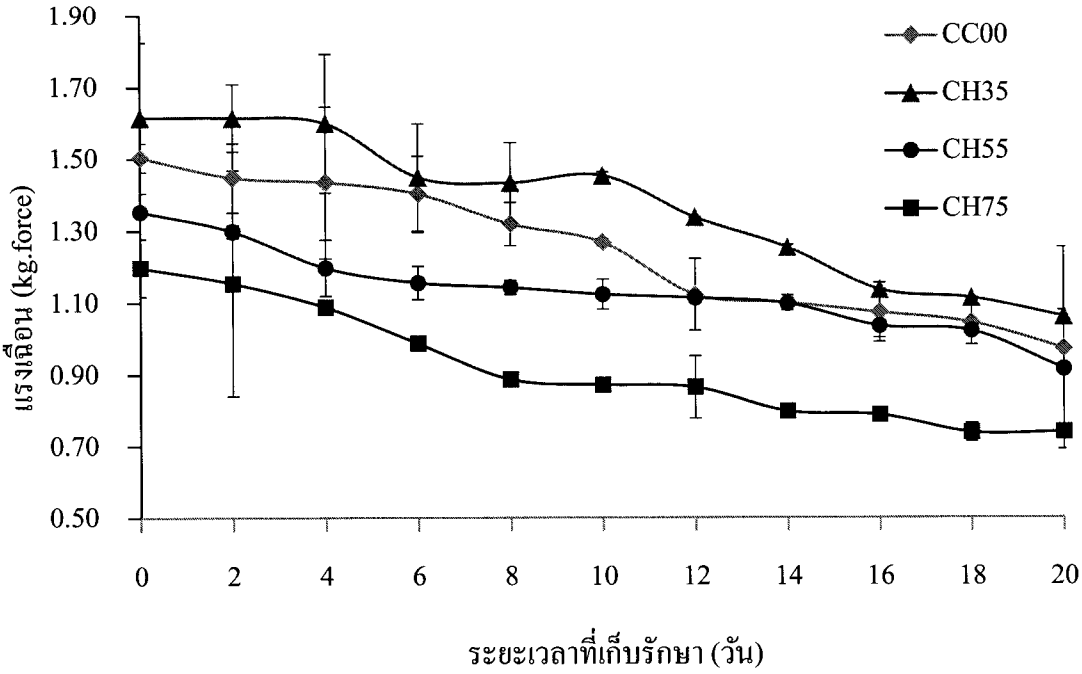
อย่างไรก็ตามพบว่าเนื้อหมึกกล้วยดิบ RH75 มีค่าแรงเฉือนมากที่สุด รองลงมา คือ RH55 RH35 RN00 และ RC00 ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก CH35 มีค่าแรงเฉือนมากที่สุดรองลงมาคือชุดการทดลอง CC00 CH55 และ CH75 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ ค-3 และ ค-4) เนื่องจากการใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่มากเกินไปดังเช่นในชุดการทดลอง CH75 ส่งผลให้โครงสร้างโปรตีนเกิดการเสียสภาพได้ โดย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นมากไปเร่งการเกิดการออกซิเดชันของไขมันที่แทรกอยู่ตามโมเลกุลโปรตีน ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างโครงสร้าง-กล้ามเนื้อ (Krishnan et al., 2006) ทำให้ชุดการทดลองที่มีความเข้มข้น H_2O_2 สูง มีค่าแรงเฉือนมากกว่าชุดการทดลองที่มีความเข้มข้น H_2O_2 น้อยกว่า

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-9 แรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (RN00 (ไม่ผ่านการล้าง), RC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), RH35 (0.0035% H_2O_2), RH55 (0.0055% H_2O_2) และ RH75 (0.0075% H_2O_2))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-10 แรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน (CC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), CH35 (0.0035% H_2O_2), CH55 (0.0055% H_2O_2) และ CH75 (0.0075% H_2O_2))

1.3.3 การสูญเสียน้ำหนัก

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบในทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้น อยู่ระหว่าง 8.37 - 10.49 g/ ชิ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นน้ำหนักของหมึกกล้วยดิบลดลงซึ่งแสดงถึงการสูญเสียน้ำหนักที่มากขึ้น โดยชุดการทดลอง RH75 มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ RN00 RH55 RH35 และ RC00 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-11) ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาหมึกกล้วยดิบ RN00 มีการสูญเสียน้ำหนักเท่ากับ 14.50% และ RC00 มีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับ 6.66% ส่วน RH75 RH55 และ RH35 มีการสูญเสียน้ำหนัก เท่ากับ 14.52, 12.19 และ 10.92% ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้น อยู่ระหว่าง 6.47 - 8.70 g/ ชิ้น เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นน้ำหนักของหมึกกล้วยต้มสุกลดลงซึ่งแสดงถึงการสูญเสียน้ำหนักที่มากขึ้นเช่นกันและวันที่ 20 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

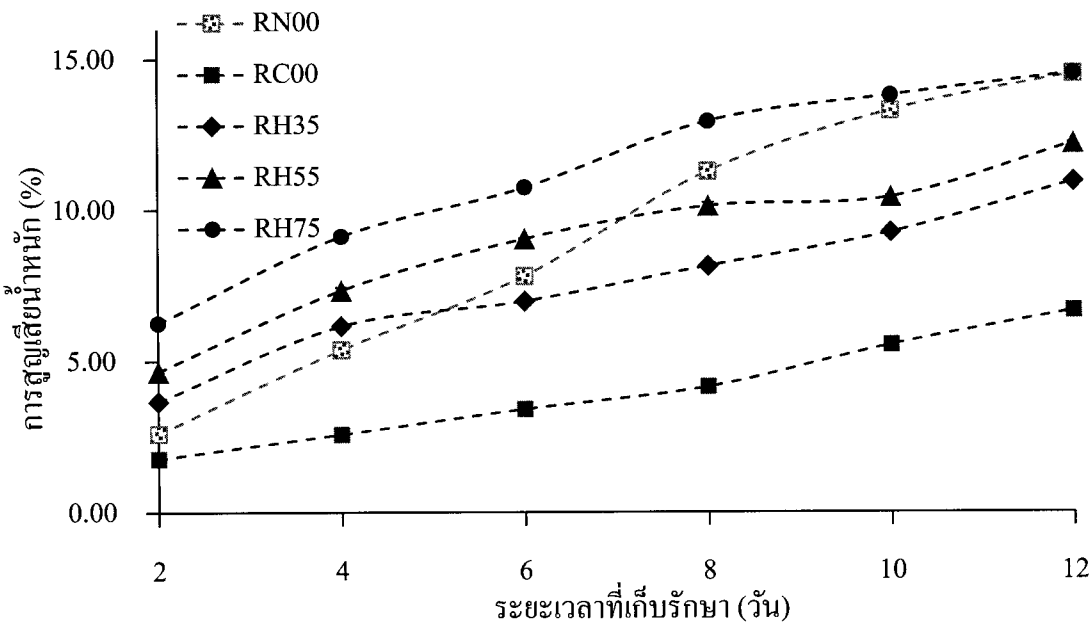
ในชุดการทดลอง CC00 มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดคือ 2.92% ขณะที่ CH75, CH55 และ CH35 มีการสูญเสียน้ำหนัก 2.47, 1.76 และ 0.71% ตามลำดับ การสูญเสียน้ำหนักของหมึกกล้วยต้มสุกที่เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-12) เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหมึกกล้วยเกิดการเน่าเสียโดยการทำงานของเอนไซม์จากในกล้ามเนื้อที่ยังคงอยู่หลังผ่านความร้อนจากการต้ม และจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนให้คลายตัวแล้วปลดปล่อยของเหลวที่ถูกห่อหุ้มไว้เมื่อครั้งยังไม่เกิดการเน่าเสียออกมา (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) ทำให้เนื้อหมึกกล้วยสูญเสียน้ำหนักมากขึ้นเมื่อมีการเน่าเสียมากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Mexis, Chouliara, and Kontominas (2009) ที่ศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*O. mykiss*) ด้วยการใช้สารดูดความชื้นและน้ำมันหอมระเหยออริกาโน พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ที่ใช้และไม่ใช้สารดูดความชื้นและน้ำมันหอมระเหยออริกาโน มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และงานวิจัยของ Shi, Davis, Zhang, Duffy, and Yu (2014) พบว่าเนื้อปลา silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มมากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลอง พบว่าเนื้อหมึกกล้วยดิบ RH75 มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาได้แก่ RN00 RH55 RH35 และ RC00 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ ค-5) ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลอง CC00 มีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษามากที่สุด รองลงมา คือ CH75, CH55 และ CH35 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ ค-5 และ ค-6) เนื่องจาก H_2O_2 ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทำให้จุลินทรีย์เสียสมดุลในการนำเข้าสารอาหารเพื่อการเจริญจึงยับยั้งการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ (Krishnan et al., 2006) และลดการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อหมึกกล้วยได้ ทำให้การสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อพิจารณาในชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 พบว่าชุดการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 มากที่สุด (RH75 และ CH75) มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 น้อยกว่า เนื่องจากการใช้ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นมากเกินไปมีผลต่อโครงสร้างของโปรตีนและไขมันที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างกล้ามเนื้อ (Jahnke & Lauth, 1997; Kong & Davison, 1980; Krishnan et al., 2006; Pedchoo et al., 2014) ทำให้เกิดการเสียสภาพของโครงสร้างโปรตีนที่เกิดจากการออกซิเดชันของไขมันในกล้ามเนื้อแล้วเกิดช่องว่างระหว่างโครงสร้างขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำจึงลดลง เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นมากขึ้นจึงมีการสูญเสีย-น้ำหนักมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้ความ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

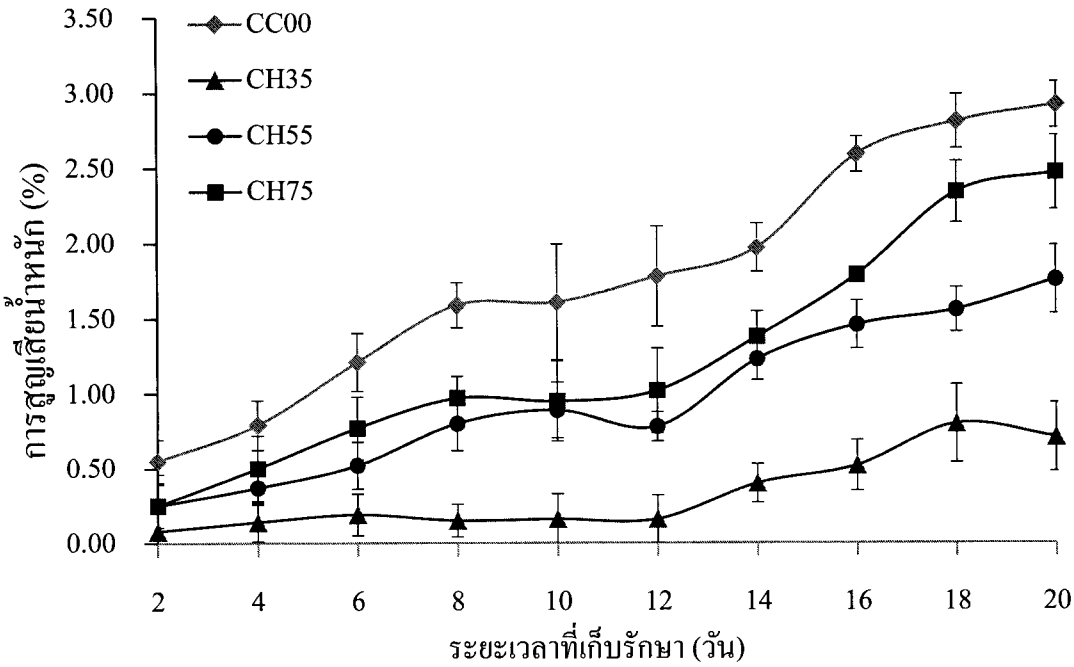
เข้มข้น H_2O_2 น้อยกว่า เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sungsri-in (2010) ที่พบว่าหมึก (*Loligo formosana*) ที่ผ่านการแช่ด้วย H_2O_2 ให้ผลการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะทางกายภาพในด้านการสูญเสียน้ำหนัก พบว่า การล้างหมึกกล้วยด้วย 0.0035% H_2O_2 (RH35 และ CH35) มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมา คือ 0.0055% H_2O_2 (RH55 และ CH55), 0.0075% H_2O_2 (RH75 และ CH75) และล้างน้ำประปา (CC00, RC00) และไม่ล้าง (RN00) ตามลำดับ



ภาพที่ 4-11 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (RN00 (ไม่ผ่านการล้าง), RC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), RH35 (0.0035% H_2O_2), RH55 (0.0055% H_2O_2) และ RH75 (0.0075% H_2O_2)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-12 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน (CC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), CH35 (0.0035% H_2O_2), CH55 (0.0055% H_2O_2) และ CH75 (0.0075% H_2O_2))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

1.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2

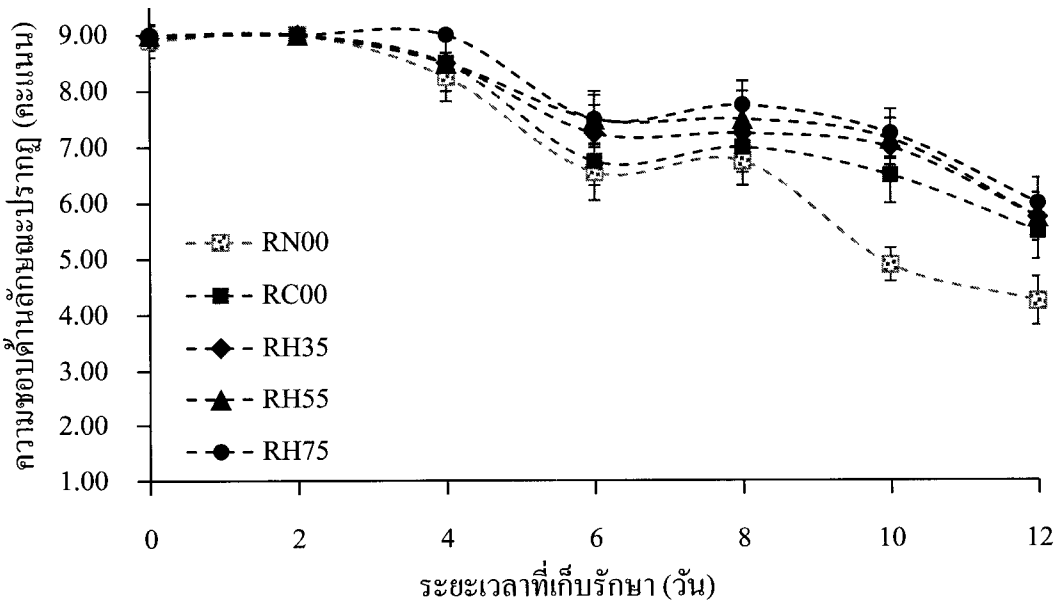
1.4.1 ลักษณะปรากฏ

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา เนื้อหมึกกล้วยดิบมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏอยู่ในช่วง 8.80 - 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) และมีคะแนนความชอบลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-13 และตารางที่ ง-1) ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ในทุกชุดการทดลอง ทั้งนี้วันแรกของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ล้างด้วย H_2O_2 (RH35 RH55 และ RH75) มีลักษณะเนื้อใสมากกว่าชุดการทดลองควบคุม (RN00 และ RC00) ในขณะที่เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 (CH35, CH55 และ CH75) จะมีสีขาวเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้น เมื่อเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบลดลงทั้งในหมึกกล้วยดิบและต้มสุก ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-13 และ 4-14; ตารางที่ ง-1 และ ง-2) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบ (วันที่ 12 ของการเก็บรักษา) มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏอยู่ระหว่าง 4.25 - 6.00 คะแนน (ไม่ชอบเล็กน้อย - ชอบเล็กน้อย) และ RH75 ได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด รองลงมาคือ RH55 RH35 RC00 และ RN00 ตามลำดับ ส่วนวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก (วันที่ 16 ของการเก็บรักษา) มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏอยู่ระหว่าง 8.40 - 8.80 คะแนน (ชอบมากที่สุด) โดยเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลองที่ได้รับคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากที่สุดคือ CH35 และ CC00 ซึ่งมีคะแนนความชอบ คือ 8.80 (ชอบมากที่สุด) รองลงมา ได้แก่ CH55 และ CH75 มีคะแนนความชอบคือ 8.40 (ชอบมากที่สุด) ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นพบว่า เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลองมีสีขาวอมเหลืองและมีความมันเงาจากการเกิดเมือกมากขึ้น เนื่องจากเกิดการทำปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวส์ (reducing sugar) กับกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ในเนื้อหมึกกล้วย แล้วผลิตผลที่ได้เป็นสารประกอบหลายชนิดที่ให้สีน้ำตาล (เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน, 2546) จึงทำให้เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่เก็บรักษานานขึ้น มีสีเข้มขึ้นตามการเน่าเสีย เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Alvarez et al. (2005) ที่พบว่าการใช้ H_2O_2 ในการล้างปลาคอด (*G. morhua*) ช่วยให้เนื้อปลาคอดมีสีขาวขึ้น เนื่องจาก H_2O_2 มีสมบัติความเป็นตัวออกซิไดซ์และสารฟอกขาวและสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ จึงลดการเกิดการออกซิเดชันที่มีสาเหตุจากเอนไซม์เป็นตัวเร่ง ทำให้ชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 มีสีเหลืองน้อยกว่า แต่เมื่อใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 มากขึ้น ทำให้เนื้อหมึกกล้วยต้มสุก

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

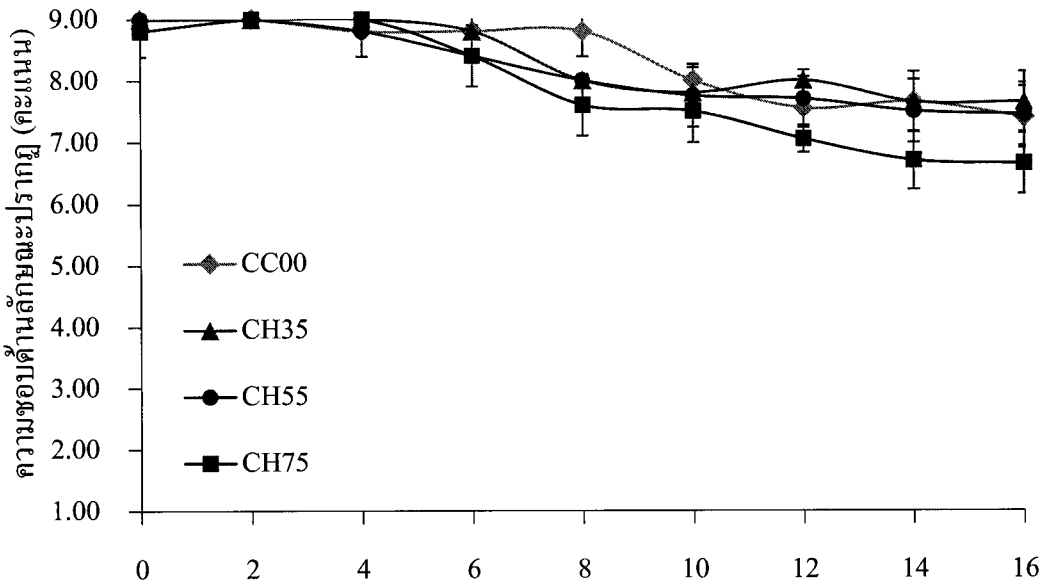
มีสีขาวมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 น้อยกว่าและชุดการทดลองที่ล้างด้วยน้ำประปา เนื่องจาก H_2O_2 มีสมบัติในการฟอกสีจากการแตกตัวของ H_2O_2 ให้ OH^- แล้วเกิดการออกซิไดซ์กับโปรตีนเม็ดสีในเนื้อหมึกกล้วย เมื่อใช้ความเข้มข้นมากขึ้นจึงส่งผลให้เกิดการออกซิไดซ์กับโปรตีนเม็ดสีมากเกินไป เนื้อหมึกจึงใสมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้ความเข้มข้น H_2O_2 น้อยกว่า เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Nagarajan et al. (2013a) ศึกษาผลของ H_2O_2 ในการฟอกสีและการเกิดเจลของเจลาตินจากผิวหมึกกล้วย (*L. formosana*) พบว่าเจลาตินที่ได้จากผิวหมึกกล้วยที่ผ่านการฟอกสีด้วย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเจลาตินที่ได้มีความขาวมากขึ้น เช่นเดียวกับ Liu, Zhang, Cui, and Wang (2019) พบว่าการใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่มากมีผลในการฟอกสีเนื้อปลาช่อน (*Channa argus*) ให้ขาวขึ้นได้

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการล้างและล้างด้วยน้ำประปากับชุดการทดลองที่ล้างด้วย H_2O_2 พบว่าในเนื้อหมึกกล้วยดิบ RH75 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏมากที่สุด รองลงมาคือ RH55 RH35 RC00 และ RN00 ตามลำดับ ขณะที่เนื้อหมึกกล้วยต้มสุก CH35 ได้รับคะแนนความชอบลักษณะปรากฏมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ CC00 CH55 และ CH75 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-13 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (RN00 (ไม่ผ่านการล้าง), RC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), RH35 (0.0035% H_2O_2), RH55 (0.0055% H_2O_2) และ RH75 (0.0075% H_2O_2))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-14 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (CC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), CH35 (0.0035% H_2O_2), CH55 (0.0055% H_2O_2) และ CH75 (0.0075% H_2O_2))

1.4.2 กลิ่น

เนื้อหมึกกล้วยดิบมีคะแนนความชอบด้านกลิ่น ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 8.95 - 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) และมีแนวโน้มของคะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-15 และตารางที่ ง-3) โดย RH75 RH55 RH35 และ RN00 ได้รับคะแนนความชอบกลิ่นมากที่สุด คือ 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) รองลงมาคือ RC00 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น 8.95 คะแนน (ชอบมากที่สุด) โดยเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจะมีกลิ่นคาวตามธรรมชาติน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม ในขณะชุดการทดลองควบคุมเมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะมีกลิ่นเหม็นเน่าเกิดขึ้น ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 วันที่ 0 ของการเก็บรักษามีคะแนนความชอบด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 7.80 - 9.00 คะแนน (ชอบมาก - ชอบมากที่สุด) โดยชุดการทดลอง CC00 และ CH35 ได้รับคะแนนมากที่สุด คือ 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) รองลงมาคือชุดการทดลอง CH55 และ CH75 มีคะแนนความชอบกลิ่น 7.80 คะแนน (ชอบมาก)

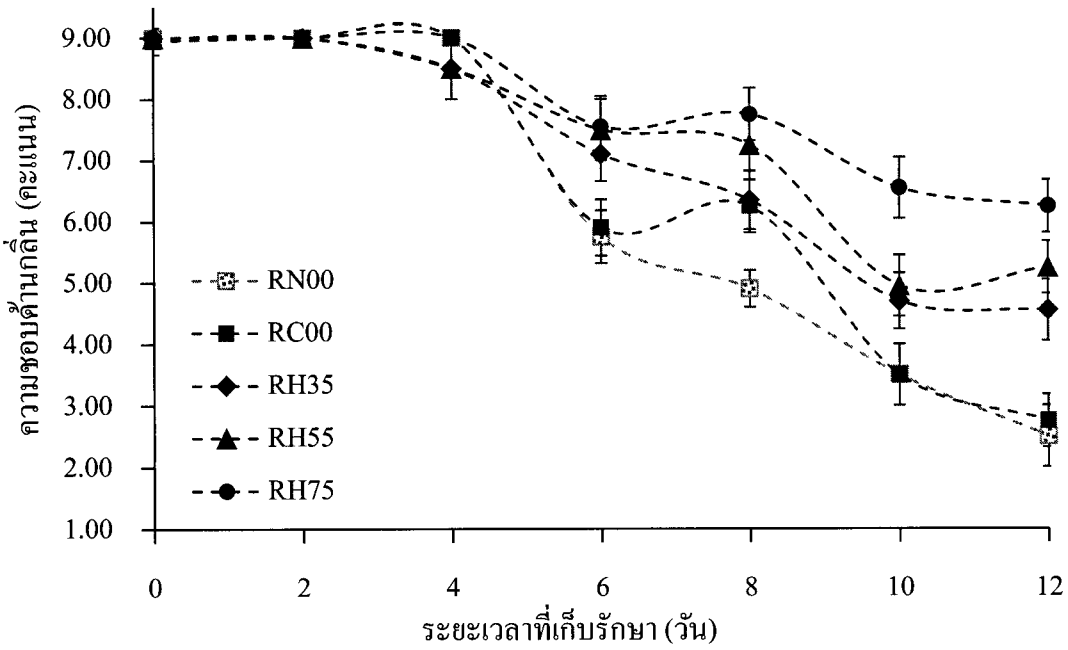
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ซึ่งเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในชุดการทดลอง CC00 มีกลิ่นหมึกต้มชัดเจน แต่ชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 เนื้อหมึกกล้วยมีกลิ่นหอมหวานลดลงและยิ่งลดลงเมื่อความเข้มข้นของ H_2O_2 มากขึ้น ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-16 และตารางที่ ง-4) ระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น ชุดการทดลอง CC00 มีกลิ่นเค็มเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 ยังคงให้กลิ่น-หอมหวานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

คะแนนความชอบกลิ่นทั้งในเนื้อหมึกกล้วยดิบและเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากเกิดการเสียสภาพของกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสในเนื้อหมึกกล้วยจากการย่อยสลายโปรตีนจากเอนไซม์ในเนื้อหมึกกล้วยเองและเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ส่งผลให้เกิดด่างระเหยที่เป็นเบสมากขึ้นจึงทำให้กลิ่นในเนื้อหมึกกล้วยเปลี่ยนไป จนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531) เมื่อเกิดการเน่าเสียมากขึ้น ในขณะที่ชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 มีกลิ่นหอมหวานลดลง เนื่องจาก H_2O_2 มีความเป็นกรด อาจเกิดการกัดกร่อนหรือทำลายกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นเฉพาะของเนื้อหมึกต้มเสียสภาพไป จึงให้กลิ่นหอมหวานเฉพาะตัวของเนื้อหมึกลดลงเมื่อความเข้มข้น H_2O_2 มากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Donnelly and McGinnis (1977) ที่พบว่าการใช้ 4 - 20 % H_2O_2 ในการล้างผิวหมึกกล้วยที่ 24 ชั่วโมง มีผลต่อโครงสร้างของโปรตีนทำให้โปรตีนสายยาวสั้นลงและกรดอะมิโนเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลให้กรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสเฉพาะในเนื้อหมึกกล้วยเมื่อเกิดการเสียสภาพ กลิ่นรสจึงเปลี่ยนแปลงไป แต่ในขณะเดียวกันความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่มากขึ้น สามารถยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่าหรือเหม็นเปรี้ยวเกิดได้น้อยลง การใช้ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นมากที่สุดจึงให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นในเนื้อหมึกกล้วยดิบมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

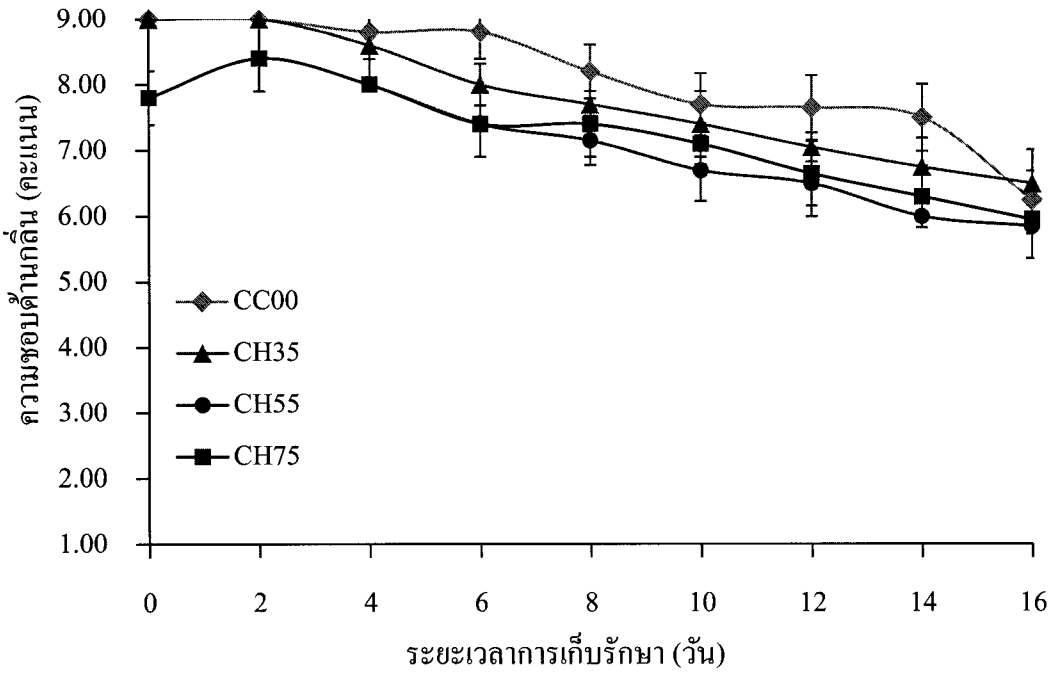
เมื่อพิจารณาคะแนนความชอบด้านกลิ่นในเนื้อหมึกกล้วยดิบพบว่า RH75 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นมากที่สุด รองลงมาได้แก่ RH55 RH35 RC00 และ RN00 ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลอง CC00 และ CH35 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นมากกว่า CH55 และ CH75 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-16 และตารางที่ ง-4) เนื่องจากในชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นมากขึ้นยิ่งให้กลิ่นหอมหวานลดลง

BUU ithesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-15 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (RN00 (ไม่ผ่านการล้าง), RC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), RH35 (0.0035% H_2O_2), RH55 (0.0055% H_2O_2) และ RH75 (0.0075% H_2O_2))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-16 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (CC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), CH35 (0.0035% H_2O_2), CH55 (0.0055% H_2O_2) และ CH75 (0.0075% H_2O_2))

1.4.3 กลิ่นรส

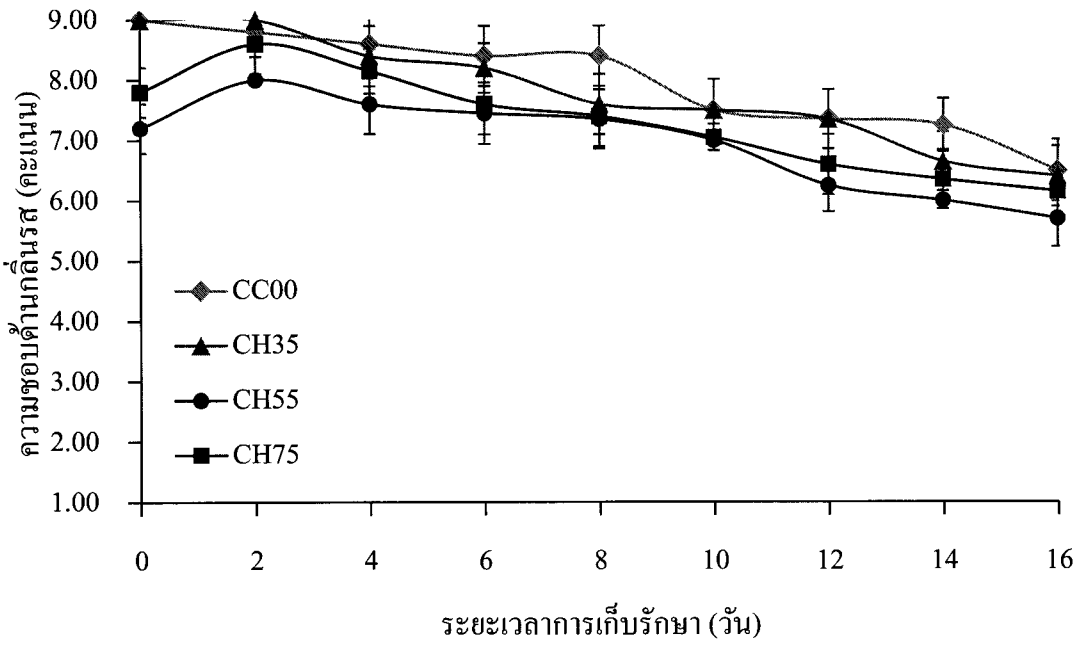
วันที่ 0 ของการเก็บรักษา เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสอยู่ในช่วง 7.20 - 9.00 คะแนน (ชอบปานกลาง - ชอบมากที่สุด) โดยชุดการทดลอง CC00 และ CH35 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสมากที่สุดคือ 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) รองลงมาคือ CH75 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส 7.80 คะแนน (ชอบมาก) และ CH55 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส 7.20 คะแนน (ชอบปานกลาง) ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลองได้รับคะแนนความชอบลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-17 และตารางที่ ง-5) โดยเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีกลิ่นรสหอมหวานตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (วันที่ 0 - 6) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสอยู่ในช่วง 7.40 -8.80 คะแนน (ชอบมาก - ชอบมากที่สุด) โดยชุดการทดลอง CC00 มีคะแนนมากที่สุดคือ 8.80 คะแนน (ชอบมากที่สุด) รองลงมาคือ CH35 เท่ากับ 8.00 คะแนน (ชอบมาก), CH55 และ CH75 เท่ากับ 7.40 คะแนน (ชอบมาก) ตามลำดับ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของแต่ละชุดการทดลอง พบว่า เนื้อหมึกกล้วยต้มสุก CC00 และ CH35 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสมากกว่า CH55 และ CH75 เนื่องจากเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 ให้กลิ่นรสหอมหวานลดลงและมีกลิ่นรสหอมหวานน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 เนื่องจาก H_2O_2 มีสมบัติการเป็นตัวออกซิไดซ์ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างไขมันกับออกซิเจนที่มีผลต่อกลิ่นและกลิ่นรสในเนื้อหมึกต้มเปลี่ยนไป เมื่อความเข้มข้นของ H_2O_2 มากขึ้นส่งผลให้กลิ่นรสเปลี่ยนไปมากขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีกลิ่นรสหอมหวานน้อยลงและมีรสจืดมากขึ้น เนื่องจากเนื้อหมึกกล้วยมีกรดอะมิโนไกลซีน (Glycine) เป็นองค์ประกอบมากกว่า 70% ซึ่งเป็นกรดอะมิโนอิสระที่ให้รสหวาน (สุภาวดี จันทร์จรุงจิตต์, 2541) เมื่อเกิดการเน่าเสียมากขึ้นจากการทำงานของเอนไซม์ภายในตัวหมึกเองหรือเอนไซม์จากกิจกรรมที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นไปย่อยสลายกรดอะมิโนแล้วเกิดการเสียสภาพจึงทำให้กลิ่นรสเปลี่ยนไป เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Alvarez et al. (2005) พบว่าการใช้ H_2O_2 ช่วยยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้ จึงลดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจากกิจกรรมของจุลินทรีย์แล้วให้กลิ่นรสที่เปลี่ยนแปลงไปในเนื้อสัตว์น้ำได้ คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสในชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 จึงมีคะแนนมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการล้าง

เมื่อพิจารณาจากทุกชุดการทดลอง พบว่า CC00 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสมากที่สุด รองลงมาคือ CH35 CH75 และ CH55 ตามลำดับ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-17 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (CC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), CH35 (0.0035% H_2O_2), CH55 (0.0055% H_2O_2) และ CH75 (0.0075% H_2O_2))

1.4.4 เนื้อสัมผัส

วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบ พบว่าชุดการทดลอง RC00 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดคือ 8.90 คะแนน (ชอบมากที่สุด) รองลงมาคือ CH35 RH55 และ CH75 ที่มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส 8.85 คะแนน (ชอบมากที่สุด) และ RN00 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส 8.75 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก วันที่ 0 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลอง CC00 และ CH75 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดคือ 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) รองลงมาคือ CH35 และ CH55 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส 8.70 คะแนน (ชอบมากที่สุด) และ 7.85 คะแนน (ชอบมาก) ตามลำดับ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสน้อยลงทั้งในหมึกกล้วยดิบและต้มสุก ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-18 และ 4-19; ตารางที่ ง-6 และ ง-7) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบ มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส อยู่ในช่วง 4.75 - 5.60 คะแนน (เฉยๆ -

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

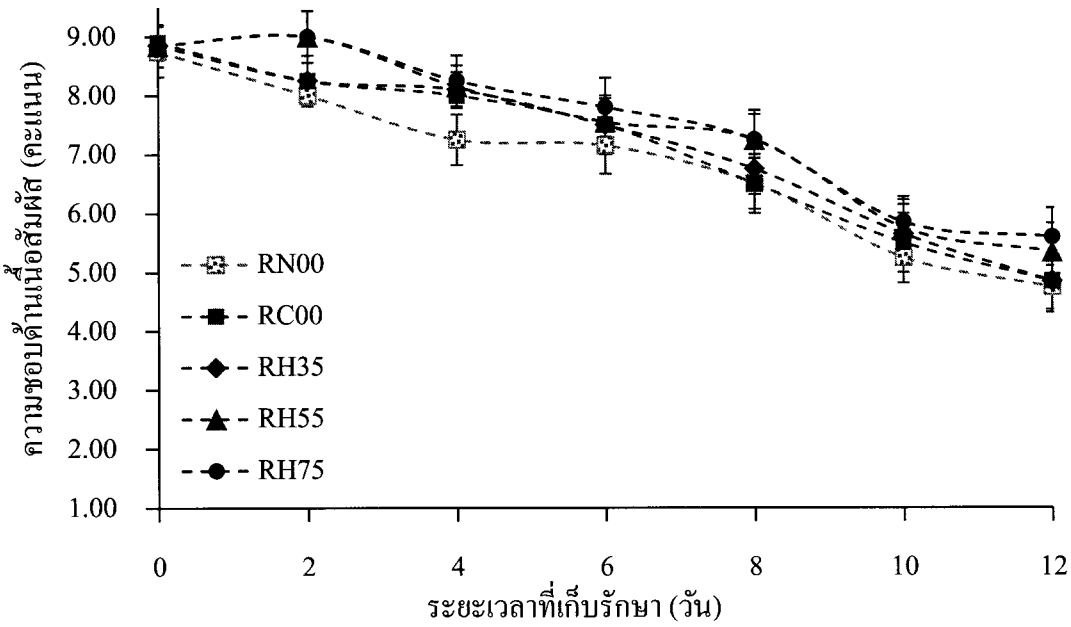
ชอบเล็กน้อย) ซึ่ง RH75 มีคะแนนความชอบมากที่สุด รองลงมาได้แก่ RH55 RH35 RC00 และ RH75 ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกวันสุดท้ายของการเก็บรักษามีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสอยู่ในช่วง 7.60 - 8.80 คะแนน (ชอบมาก - ชอบมากที่สุด) โดยชุดการทดลอง CH35 และ CH55 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด คือ 8.80 คะแนน (ชอบมากที่สุด) รองลงมาคือ CH75 เท่ากับ 8.40 คะแนน (ชอบมากที่สุด) และ CC00 เท่ากับ 7.60 (ชอบมาก) ตามลำดับ

ลักษณะเนื้อสัมผัสโดยทั่วไปในวันแรกของการเก็บรักษาของหมึกกล้วยดิบที่ล้างด้วย H_2O_2 (RH35 RH55 และ RH75) มีความยืดหยุ่นของเนื้อสัมผัสมากกว่าชุดการทดลองควบคุม (RN00 และ RC00) และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ชุดการทดลอง-ควบคุมมีเนื้อสัมผัสนิ่มเละมากขึ้น ในขณะที่ชุดการทดลองที่ล้างด้วย H_2O_2 มีความเหนียวตามธรรมชาติมากกว่า ซึ่ง RN00 มีความเหนียวน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก พบว่า ชุดการทดลอง CC00 และ CH35 มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความเหนียวตามธรรมชาติ ส่วน CH55 และ CH75 เนื้อหมึกมีความเหนียวน้อยกว่าและเหนียวน้อยลงเมื่อความเข้มข้นของ H_2O_2 มากขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นพบว่าชุดการทดลอง CC00 มีความเหนียวน้อยที่สุดตลอดการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดการทดลองในกลุ่มที่ใช้ H_2O_2 ในการล้างเนื้อหมึกมีความเหนียวมากกว่า โดยชุดการทดลองที่มีคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสมากที่สุดคือชุดการทดลองที่ใช้ความเข้มข้น H_2O_2 มากที่สุดในหมึกกล้วยดิบ (RH75) และน้อยที่สุดในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก (CH35) นอกจากนี้การใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่มากเกินไปส่งผลให้เนื้อหมึกมีความเหนียวน้อยลง เมื่อเกิดการสัมผัสโดยการกัดหรือบีบเนื้อหมึกจะนิ่มเละได้ง่ายกว่าชุดการทดลองที่ความเข้มข้นน้อยและชุดการทดลองควบคุม เนื่องจาก H_2O_2 มีผลต่อโครงสร้างโมเลกุลโปรตีน โดย H_2O_2 ไปทำลายโครงสร้างโปรตีนทำให้เกิดการคลายตัวของกล้ามเนื้อ เมื่อกัดหรือสัมผัสจึงเกิดการนิ่มเละได้ง่าย

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าเนื้อหมึกกล้วยดิบ RH75 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-18 และตารางที่ ง-6) รองลงมาได้แก่ RH55 RH35 RC00 และ RN00 ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก ชุดการทดลอง CH35 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-19 และตารางที่ ง-7) รองลงมาคือ CH55 CH75 และ CC00 ตามลำดับ เนื่องจากในกลุ่มที่ใช้ H_2O_2 ให้ผลในเรื่องของเนื้อสัมผัสดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้ใช้ แต่ในชุดการทดลองที่ใช้ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นมากขึ้นให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสน้อยลง เนื่องจาก H_2O_2 ที่ความเข้มข้นมากขึ้นมีผลทำให้เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีความเหนียวลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Aewsiria, Benjakula, and Visessanguanb (2009) พบว่า การล้างหมึกกระดอง (*Sepia pharaonis*)

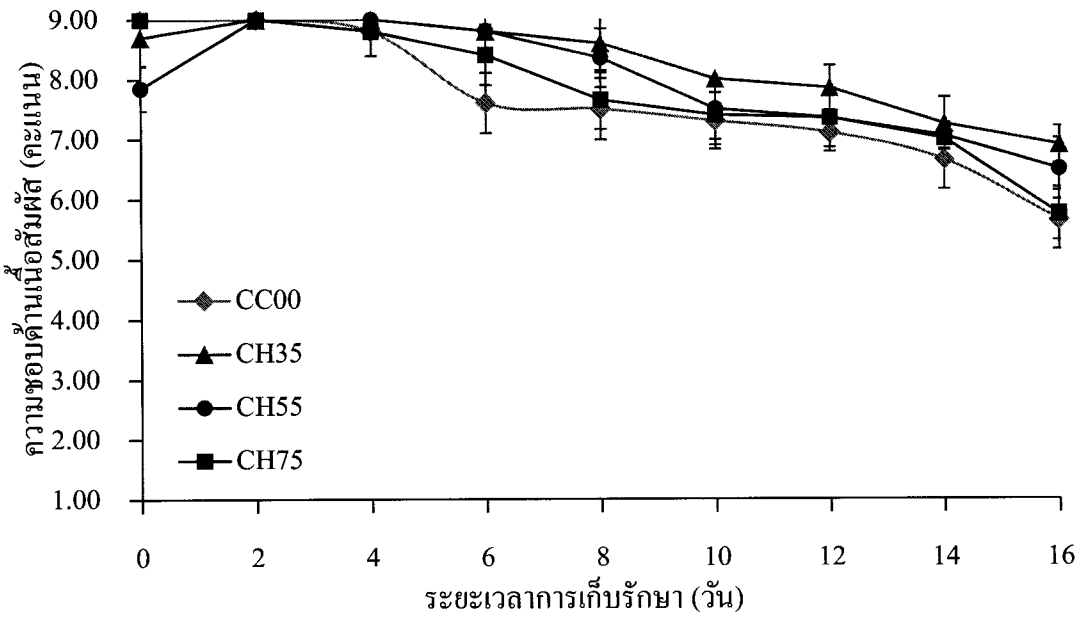
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ด้วย H_2O_2 ช่วยให้ความแข็งแรงของเจลในเนื้อหมึกกระดองเพิ่มขึ้นและน้ำหนักโมเลกุลโปรตีนเพิ่มขึ้น จึงให้เนื้อสัมผัสที่มีความเหนียวมากขึ้น เมื่อใช้ H_2O_2 ในการล้างเนื้อหมึกกล้วยจึงให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการล้าง



ภาพที่ 4-18 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (RN00 (ไม่ผ่านการล้าง), RC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), RH35 (0.0035% H_2O_2), RH55 (0.0055% H_2O_2) และ RH75 (0.0075% H_2O_2))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-19 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (CC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), CH35 (0.0035% H_2O_2), CH55 (0.0055% H_2O_2) และ CH75 (0.0075% H_2O_2))

1.4.5 ความชอบรวม

วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยดิบชุดการทดลองที่ได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุดคือ RH75 RH55 RH35 และ RC00 เท่ากับ 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) และ RC00 เท่ากับ 8.95 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก วันที่ 0 ของการเก็บรักษา ชุดการทดลองที่ได้รับคะแนนความชอบรวมมากที่สุดคือ CH75 เท่ากับ 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) และ CH55 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) รองลงมาคือ CH35 เท่ากับ 8.60 คะแนน (ชอบมากที่สุด) และ CC00 เท่ากับ 7.80 คะแนน (ชอบมาก) ตามลำดับ ซึ่งคะแนนความชอบรวมนี้ได้จากการประเมินภาพรวมของคุณลักษณะในทุกด้านของเนื้อหมึกกล้วยดิบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรส และเนื้อสัมผัส ที่ผู้ทดสอบได้ให้คะแนนความชอบจากการทดสอบ อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ความชอบรวมในหมึกกล้วยดิบและต้มสุกมีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-20 และ 4-21; ตารางที่ ง-8 และ ง-9) ในทุกชุดการทดลอง วันสุดท้ายของการเก็บรักษา

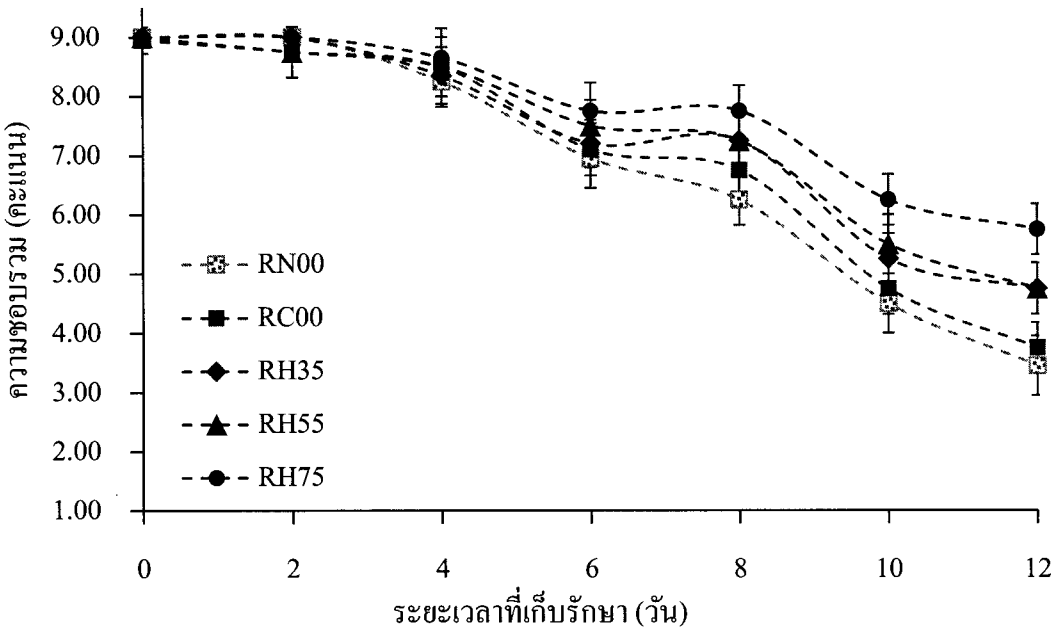
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

เนื้อหมึกกล้วยดิบ RH75 มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด เท่ากับ 5.75 คะแนน (ชอบเล็กน้อย) รองลงมาได้แก่ RH55 RH35 RC00 และ RN00 มีคะแนนความชอบรวม 4.75 (เฉยๆ), 4.75 (เฉยๆ), 3.75 (ไม่ชอบเล็กน้อย) และ 3.45 คะแนน (ไม่ชอบปานกลาง) ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก ชุดการทดลองที่มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุดคือ CH75 และ CH55 เท่ากับ 6.65 คะแนน (ชอบปานกลาง) รองลงมา ได้แก่ CH35 เท่ากับ 5.90 คะแนน (ชอบเล็กน้อย) และ CC00 เท่ากับ 5.05 คะแนน (เฉยๆ) ตามลำดับ

การลดลงของคะแนนความชอบรวมตามระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากเนื้อหมึกกล้วยที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 ที่มีการเก็บรักษานานขึ้น ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และสมบัติในการออกซิไดซ์โปรตีนเม็ดสีของ H_2O_2 มีประสิทธิภาพลดลง กระบวนการเน่าเสียจากการทำงานของเอนไซม์ที่ยังมีอยู่ในเนื้อสัตว์น้ำเริ่มทำงานขึ้นอีกครั้ง และจุลินทรีย์เริ่มเพิ่มจำนวนมากขึ้นแล้วปล่อยเอนไซม์เพื่อย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนในเนื้อหมึกกล้วยมากขึ้น ทำให้เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเริ่มมีลักษณะปรากฏที่เปลี่ยนไป มีสีเหลืองขึ้น มีเมือกมากขึ้น เนื้อสัมผัสนิ่มเละมากขึ้นและให้กลิ่นรสที่เปลี่ยนไป คุณภาพโดยรวมจากทุกคุณลักษณะจึงมีคะแนนความชอบรวมลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sapers et al. (2000) พบว่า H_2O_2 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ จึงลดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นได้ ลักษณะปรากฏที่ไม่พึงประสงค์จากการเน่าเสียเกิดขึ้นช้าลง เช่น มีเมือกมากขึ้น เนื้อสัตว์น้ำมีสีเหลืองมากขึ้น มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และเหม็นหืนเกิดขึ้น เป็นต้น

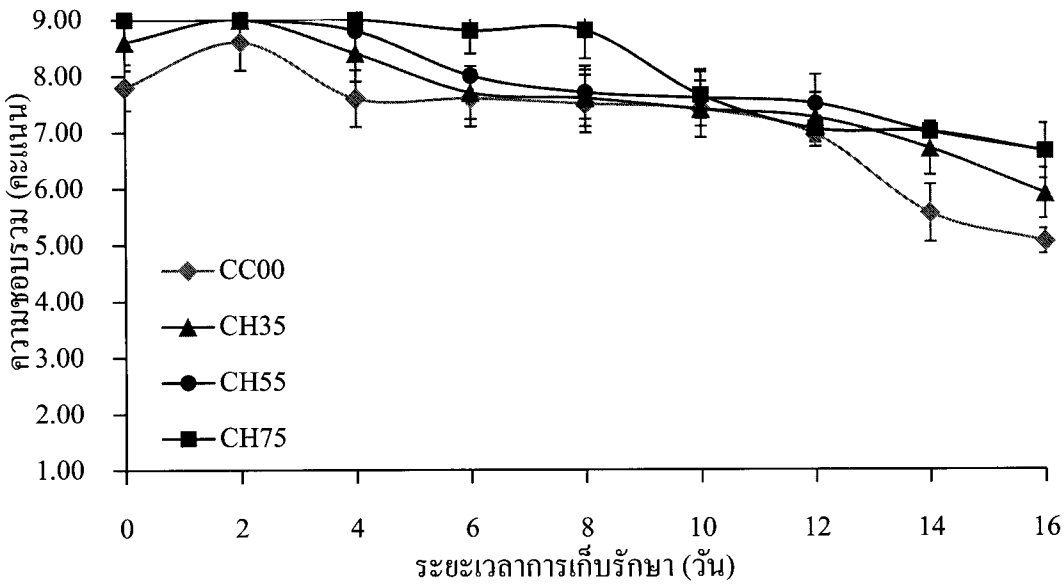
หากพิจารณาจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การล้างหมึกกล้วยด้วย 0.0075% H_2O_2 (RH75 และ CH75) มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาคือ 0.005% H_2O_2 (RH55 และ CH55), 0.0035% H_2O_2 (RH35 และ CH35) และ การล้างด้วยน้ำประปา (RC00 และ CC00) และไม่ผ่านการล้าง (RN00) ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, ตารางที่ ง-8 และ ง-9)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-20 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน (RN00 (ไม่ผ่านการล้าง), RC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), RH35 (0.0035% H_2O_2), RH55 (0.0055% H_2O_2) และ RH75 (0.0075% H_2O_2)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-21 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (CC00 (ล้างด้วยน้ำประปา), CH35 (0.0035% H_2O_2), CH55 (0.0055% H_2O_2) และ CH75 (0.0075% H_2O_2))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

2. การเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ (TEO)

หมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย 0.0075% H_2O_2 ผสมน้ำแข็ง นาน 1 ชั่วโมง แล้วต้มเนื้อหมึกกล้วยในน้ำร้อนจนอุณหภูมิกลางชิ้นหมึกเป็น 95 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที ก่อนนำมาเคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ (TEO) ที่ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 0.75 และ 1% จากนั้นบรรจุลงถุงพลาสติก polypropylene ปิดปากถุงด้วยความร้อน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ± 1 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา ทุก 2 วัน ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทุก 2 วัน จนกระทั่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเกินมาตรฐานที่กำหนด (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 6 log CFU/ g, กองควบคุมอาหาร, 2556) การได้ชุดใดก่อนหลังให้เป็นไปตามลำดับการสุ่ม มีผลการทดลอง ดังนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

2.1.1 ปริมาณด่างระเหยได้ทั้งหมด (TVB-N)

ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีปริมาณ TVB-N อยู่ระหว่าง 1.67 - 2.64 mg/ 100 g โดยชุดการทดลองที่ไม่เคลือบสารละลาย TEO (TMC00) มีปริมาณ TVB-N คงที่ในช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0 - 8) แล้วจึงค่อยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-20) ส่วนชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO (TM025, TM050, TM075 และ TM100) และสารละลายอัลจิเนต (TA000) พบว่ามีปริมาณ TVB-N คงที่ในช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0 - 10) แล้วเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ($p \leq 0.05$) วันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 20) เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลอง TM050 มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุด คือ 10.44 mg/ 100 g รองลงมา ได้แก่ TM075 TM100 และ TM025 มีปริมาณ TVB-N เท่ากับ 38.59, 43.21 และ 44.65 mg/100 g ตามลำดับ ในขณะที่ TA000 และ TMC00 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 20) มีปริมาณ TVB-N คือ 52.04 และ 55.59 mg/ 100 g ตามลำดับ ปริมาณ TVB-N ที่คงที่ในช่วงแรกของการเก็บรักษาและเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา เนื่องจากช่วงแรกของการเก็บรักษา การย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของเนื้อหมึกกล้วยเกิดขึ้นได้น้อยจากประสิทธิภาพของ TEO ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Burt, 2004) อีกทั้งความร้อนที่ใช้ในการต้มเนื้อหมึกกล้วยก่อนการเคลือบสารละลาย TEO ยังทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียได้ (ภัทรชัย กีรติสิน และอมรรัตน์ ลีลาภรณ์, 2554) ปริมาณ TVB-N ในช่วงแรกจึงยังมีค่าคงที่ ต่อมาเมื่อประสิทธิภาพของ TEO ลดลง เอนไซม์จากต่างๆ ในเนื้อหมึกกล้วยกลับมาทำงานอีกครั้งจึงเกิด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

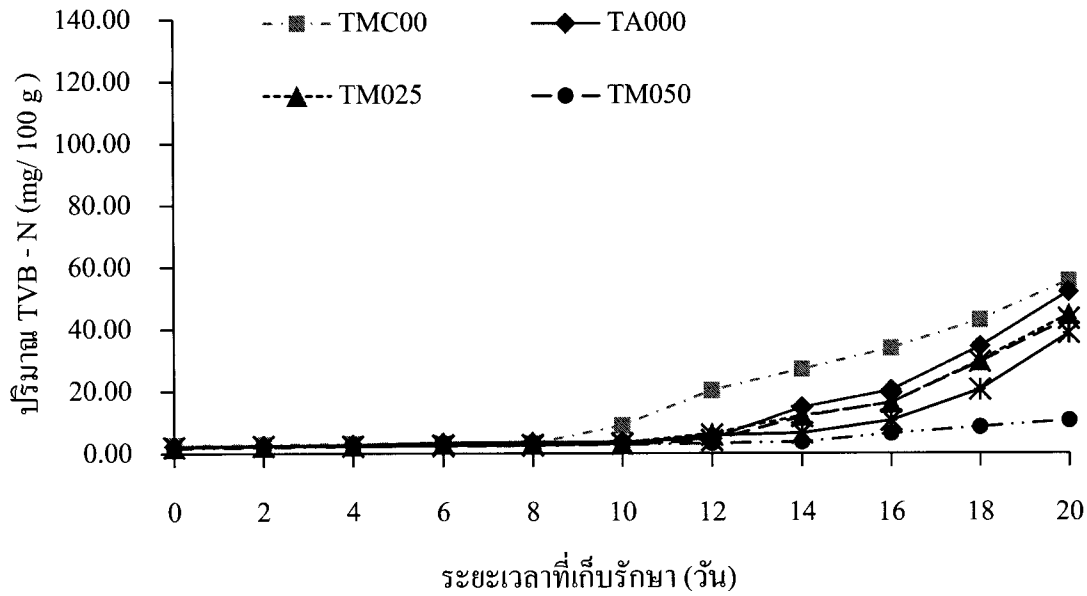
การย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลงแล้วจุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญ จากนั้นจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนอีกครั้งหนึ่ง ปริมาณ TVB-N ที่ตรวจวัดได้จึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามการเน่าเสียที่มากขึ้น เช่นเดียวกับ สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน (2561) พบว่าการแช่กุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) ในน้ำแข็งผสมกับน้ำมันหอมระเหย-ไธม์ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N ได้

เมื่อเปรียบเทียบชุดการทดลองควบคุมกับชุดการทดลองที่เคลือบสารละลาย TEO และสารละลายอัลจิเนต พบว่า TM025, TM050, TM075 และ TM100 มีปริมาณ TVB-N น้อยกว่าชุดการทดลอง TA000 และ TMC00 ($p \leq 0.05$, ตารางที่ จ-1) เนื่องจาก TEO มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ได้ จากสารที่เรียกว่า thymol และ carvacrol muj ทำให้เซลล์-จุลินทรีย์เสียสมดุลการนำเข้าสารอาหารเพื่อการเจริญ จึงชะลอการเพิ่มจำนวนเซลล์จุลินทรีย์ได้ อีกทั้ง มีสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระทำให้ลดการเกิดการออกซิเดชันของไขมันใกล้ามเนื้อหมึกกล้วยได้ จึงลดการเกิดปริมาณ TVB-N ที่เป็นผลผลิตของกิจกรรมย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจากจุลินทรีย์ ปริมาณ TVB-N ในชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO จึงน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO แต่การใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่น้อย (TM025) หรือมาก (TM075 และ TM100) เกินไป มีปริมาณ TVB-N มากกว่าชุดการทดลอง TM050 (ภาพที่ 4-22) เนื่องจากความเข้มข้นที่น้อยเกินไปประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เกิดได้น้อย จุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนได้มาก ปริมาณ TVB-N ที่ตรวจวัดได้จึงมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นของ TEO มากกว่า ในขณะที่การใช้ความเข้มข้นที่มากขึ้นประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก TEO มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบเมื่อความเข้มข้นของ TEO มากขึ้น จึงอาจเกิดการออกซิเดชันของไขมันส่งผลให้เกิดการเน่าเสียจากสาเหตุอื่นตามมา ปริมาณ TVB-N ที่ตรวจวัดได้จึงมีค่ามาก เช่นเดียวกับ El-Obeid et al. (2018) พบว่าปลาไหลรมควันที่เคลือบและไม่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์มีปริมาณ TVB-N เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะเดียวกันชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% เพียงอย่างเดียวพบปริมาณ TVB-N รองจาก TMC00 เนื่องจากการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตทำให้เกิดฟิล์มบางๆ บริเวณด้านนอกผิวหมึกกล้วย ซึ่งช่วยคงสภาพโครงสร้างโปรตีนได้จากการห่อหุ้มของแผ่นฟิล์มได้ระยะหนึ่ง เมื่อเกิดการย่อยสลายโครงสร้างจากเอนไซม์ภายในเนื้อหมึกกล้วยเองและเอนไซม์จากจุลินทรีย์มากขึ้นจึงเกิดด่างระเหยที่มีสมบัติเป็นเบสมากขึ้น ปริมาณ TVB-N ที่ตรวจวัดได้จึงมีค่ามากรองจากชุดการทดลองควบคุม เช่นเดียวกับ สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน (2557) ที่พบว่าหอยแมลงภู่สุกที่ผ่านการเคลือบ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ด้วยสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียวมีปริมาณ TVB-N มากกว่าชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหย

เมื่อพิจารณาค่า TVB- N ตามมาตรฐานในเนื้อหมึกที่ไม่ควรเกิน 15 mg/ 100 g (Okusumi & Fujii, 2000) ชุดการทดลองที่มีปริมาณ TVB-N น้อยที่สุด ได้แก่ TM050 มีอายุการเก็บรักษา 20 วัน รองลงมาได้แก่ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 มีอายุการเก็บรักษา 16, 14, 14, 14 และ 10 วัน ตามลำดับ



ภาพที่ 4-22 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) และ TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

2.1.2 ปริมาณไตรเมทิลเอมีน (TMA-N)

วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย TEO ทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TMA-N คือ 0.00 mg/ 100 g และปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-23) โดยเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงแรกแล้วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 12 (TMC00 TA000 และ TM025) วันที่ 14 (TM100) และวันที่ 20 (TM050 และ TM075)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ของการเก็บรักษา ซึ่งวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลองยังคงมีปริมาณ TMA-N ต่ำกว่ามาตรฐาน (ปริมาณ TMA-N ในเนื้อหมึกไม่เกิน 5 mg/ 100 g) คือ TMC00 และ TA000 (วันที่ 20 ของการเก็บรักษา) มีปริมาณ TMA-N คือ 3.69 และ 3.47 mg/ 100 g โดย TM050 มีปริมาณ TMA-N น้อยที่สุด คือ 0.86 mg/ 100 g รองลงมาคือ TM075 TM100 และ TM025 มีปริมาณ TMA-N เท่ากับ 0.98, 2.36 และ 2.99 mg/ 100 g ตามลำดับ (วันที่ 20 ของการเก็บรักษา) จากปริมาณ TMA-N ที่ตรวจไม่พบในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก แสดงให้เห็นว่ามีการสลายตัวของสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีน หรือ TMAO ไปเป็น TMA-N ด้วยเอนไซม์ trimethylamine oxidase จากการสร้างของจุลินทรีย์เกิดการย่อยสลายได้น้อย เนื่องจากจุลินทรีย์ถูกทำลายด้วยความร้อนจากการต้มและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จาก TEO ที่ใช้ในการเคลือบ วันที่ 0 ของการเก็บรักษาจึงตรวจไม่พบปริมาณ TMA-N เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกนานขึ้น มีปริมาณ TMA-N ที่ตรวจวัดเพิ่มขึ้นจากประสิทธิภาพของ TEO ที่ใช้ในการเคลือบลดลงตามการเก็บรักษา ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนในเนื้อหมึกกล้วยจากเอนไซม์ในเนื้อหมึกกล้วยเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ปริมาณ TMA-N จึงมากขึ้นตามการเน่าเสีย เช่นเดียวกับ Li, Robinson, Oberle, Lucas, and Bosworth (2012) ที่พบว่าการจุ่มเนื้อปลา yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) ในสารละลายผสมระหว่างสารกัดจากชาและสารสกัดจากโรสแมรี่สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของ TMA-N ได้

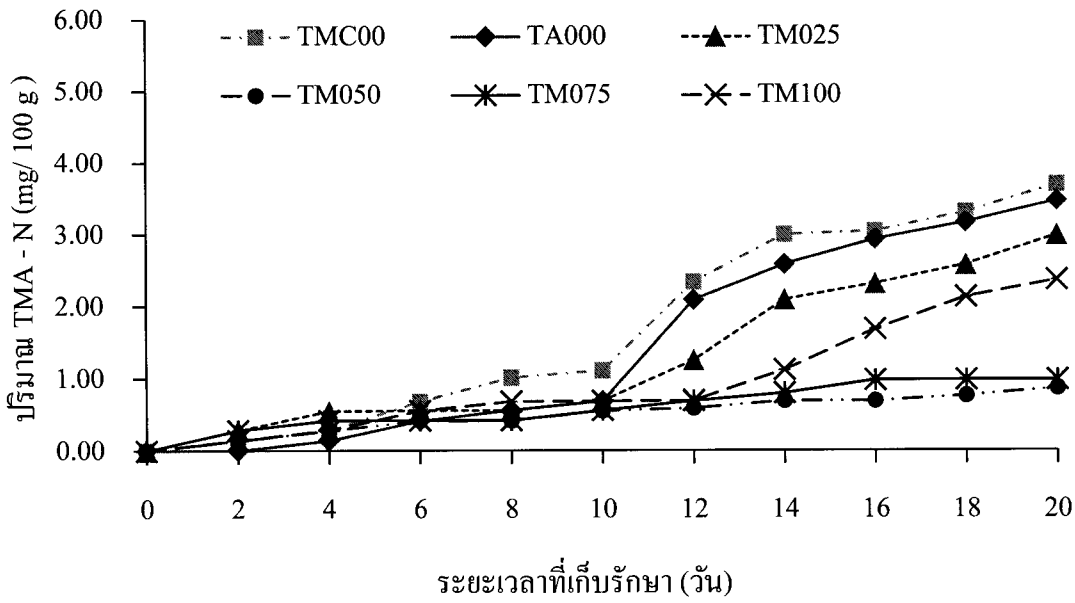
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณ TMA-N ของทุกชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบสารละลาย TEO และอัลจิเนต มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม ($p \leq 0.05$; ตารางที่ จ-2) เนื่องจาก TEO มีสมบัติในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนในอาหารได้ จึงไปลดกิจกรรมการเปลี่ยนสาร TMAO ไปเป็น TMA-N ของจุลินทรีย์ให้เกิดน้อยลง (Hebard et al., 1982; Ke et al., 1984; สวามินี ธีระวุฒิ, 2559) ปริมาณ TMA-N ที่ตรวจวัดได้จึงมีปริมาณน้อย ทำให้ชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วย TEO มีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วย TEO อีกทั้งอัลจิเนตมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เจริญได้ในอุณหภูมิต่ำ (สวามินี ธีระวุฒิ, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2554) ทำให้การย่อยสลายโปรตีนเนื้อสัตว์น้ำเกิดเป็นด่างระเหยได้น้อยลง จึงมีปริมาณ TMA-N น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองควบคุม เช่นเดียวกับ Jouki, Yazdi, Mortazavi, Koocheki, and Khazaei (2014) พบว่าการเคลือบเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์และออริกาโนสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA-N ได้ ในกรณีเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่เคลือบด้วย TEO อาจไม่เหมาะสมในการใช้ค่าใช้มาตรฐานการตรวจพบ TMA-N ที่ 5 mg/ 100 g ในการกำหนดอายุการเก็บรักษา เนื่องจากตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ทุกชุดการทดลองมีปริมาณ TMA-N ไม่เกินค่ามาตรฐาน ดังนั้น จึงควรใช้ค่าอื่นร่วมในการระบุอายุการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่เคลือบด้วยสารละลาย TEO ร่วมกับปริมาณ TMA-N

หากพิจารณาในทุกชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลอง TM050 มีปริมาณ TMA-N น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 ตามลำดับ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-23 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) และ TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

2.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO

2.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

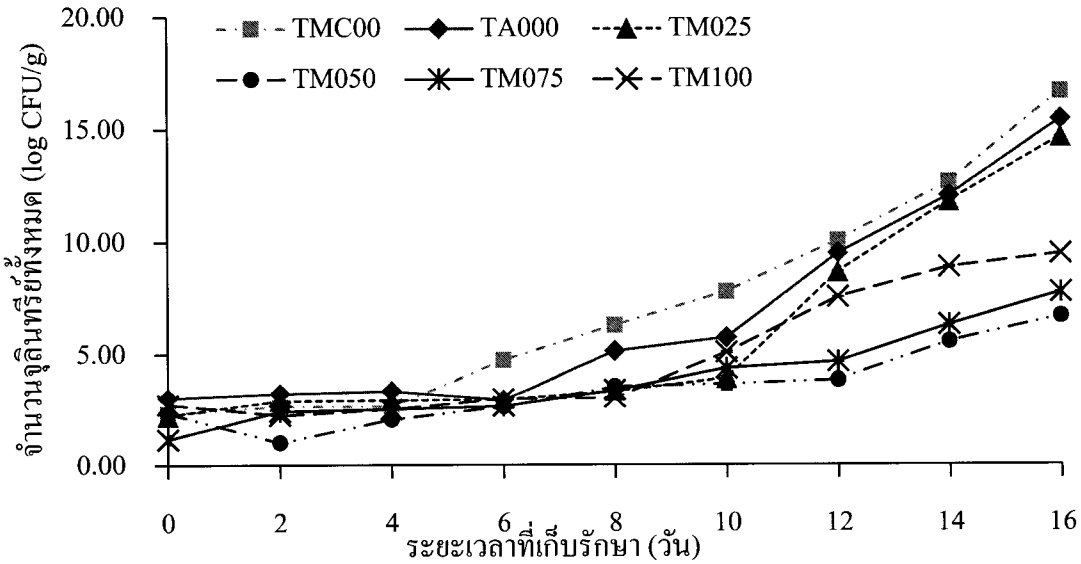
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วย TEO พบว่าวันที่ 0 ของการเก็บรักษามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเริ่มต้น 1.15 - 3.04 log CFU/ g ขณะที่วันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดการทดลอง TMC00 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด คือ 16.67 log CFU/ g รองลงมาได้แก่ TA000 TM025 TM100 TM075 และ TM050 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 15.44, 14.66, 9.47, 7.76 และ 6.70 log CFU/ g ตามลำดับ โดย TMC00 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ตารางที่ ฉ-1) ในขณะที่ชุดการทดลอง TA000 และ TM025 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดคงที่ในช่วงแรก (วันที่ 0 - 10) แล้วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 12 - 16) ส่วน TM050 มีจำนวนจุลินทรีย์ลดลงในวันที่ 2 ก่อนเพิ่มขึ้นในวันที่ 4 และเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และเป็นชุดการทดลองที่มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนชุดการทดลอง TM075 และ TM100 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดคงที่ในช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0 - 10) แล้วเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในช่วงวันที่ 12 - 16 ของการเก็บรักษา (ภาพที่ 4-24)

การที่ช่วงแรกของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีจำนวนจุลินทรีย์คงที่เนื่องจากเป็นช่วงที่จุลินทรีย์ที่ทนต่อประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของ H_2O_2 ความร้อนที่ใช้ต้มและประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของ TEO ที่ใช้เคลือบ มีการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ จึงมีจำนวนจุลินทรีย์คงที่ในช่วงแรก เมื่อประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จาก H_2O_2 และ TEO ที่ใช้น้อยลงจุลินทรีย์เริ่มปรับตัวได้จึงมีการเจริญและเพิ่มจำนวนมากขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา ในขณะที่ TM050 มีจำนวนจุลินทรีย์ลดลงในวันที่ 2 ก่อนมีการเพิ่มจำนวนมากขึ้นในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการตายของจุลินทรีย์มากกว่าการเพิ่มจำนวนขึ้นจากประสิทธิภาพของ TEO ที่ใช้ในการเคลือบและหากพิจารณาจากชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วย TEO กับชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO พบว่าชุดการทดลองที่เคลือบด้วย TEO ให้ผลในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ได้ดีกว่าไม่ใช้ เนื่องจาก TEO มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จากสาร thymol และ carvacrol สารประกอบฟีนอลทั้ง 2 ชนิด มีหมู่ OH^- ที่สามารถซึมผ่านชั้นไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์จุลินทรีย์ ไปรบกวนสมดุลภายในและนอกเซลล์ส่งผลให้เกิดการฉีกขาดของผนังเซลล์แล้วเกิดการรั่วของสารอาหารหรือของเหลวภายในเซลล์ จุลินทรีย์จึงไม่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนเซลล์ได้ (Burt, 2004) แต่การใช้ความเข้มข้นที่น้อย (TM025) หรือมากเกินไป (TM075 และ TM100) ส่งผลให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวน

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ได้เร็วขึ้น เนื่องจาก TEO ที่ใช้เคลือบหากมีความเข้มข้นน้อยประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จึงน้อยลงตามไปด้วย เพราะปริมาณสาร thymol และ carvacrol ใน TEO มีปริมาณน้อย จึงทำให้เกิดการเน่าเสียได้เร็วกว่าการใช้ความเข้มข้นมาก ในขณะที่ความเข้มข้นของ TEO ที่มากขึ้นประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นไปด้วย แต่การใช้ TEO ในปริมาณที่มากเกินไปอาจเกิดการออกซิเดชันของไขมันได้เนื่องจาก TEO มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นชุดการทดลอง TM050 จึงให้ผลยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ดีที่สุด เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Wang, Lei, Ma, Yuan, and Sun (2017) พบว่าการใช้ carvacrol ในการเคลือบกุ้งขาว (*L. vannamei*) สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้

เมื่อพิจารณาจากความปลอดภัยของผู้บริโภค พบว่าเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลอง TM050 มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด มีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 14 วัน รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 และ TA000 มีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 12, 10, 10 และ 10 วัน ตามลำดับ ส่วน TMC00 มีอายุการเก็บรักษาไม่เกิน 6 วัน (มาตรฐานจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในอาหารทะเลปรุงสุกไม่เกิน 6 log CFU/ g (กองควบคุมอาหาร, 2556))



ภาพที่ 4-24 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

2.2.2 Escherichia coli และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย

E. coli และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย เป็นจุลินทรีย์ก่อโรคที่มักพบปนเปื้อนมากับน้ำ อาหารหรือระหว่างการผลิต เป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษ จึงใช้เป็นจุลินทรีย์บ่งชี้การปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำ พบได้ทั่วไปในธรรมชาติ ลำไส้ใหญ่ของมนุษย์และสัตว์ (บุษกร อุตรภิชาติ, 2555) เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคอาหารทะเลจึงมีมาตรฐานกำหนดให้ตรวจพบ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียในอาหารทะเลสุกพร้อมบริโภคได้ไม่เกิน 3 log CFU/ g (กองควบคุมอาหาร, 2552) จึงมีการตรวจวิเคราะห์จำนวน *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO เฉพาะวันที่ 0 ของการเก็บรักษา ผลการวิเคราะห์ไม่พบ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียในทุกชุดการทดลอง (TMC00 TA000 TM025 TM050 TM075 และ TM100) เนื่องจากเนื้อหมึกกล้วยผ่านการต้มด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที แล้วจึงนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย ถูกทำลายได้จากความร้อนที่ใช้ในการต้ม ซึ่งโดยปกติความร้อนมากกว่า 70 องศาเซลเซียส สามารถทำลายจุลินทรีย์ดังกล่าวได้ (ภัทรชัย กีรติสิน และอมรรัตน์ ลีลาภรณ์, 2554) และ TEO สามารถยับยั้งการเจริญและเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ได้รวมถึงจุลินทรีย์ก่อโรคด้วย

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

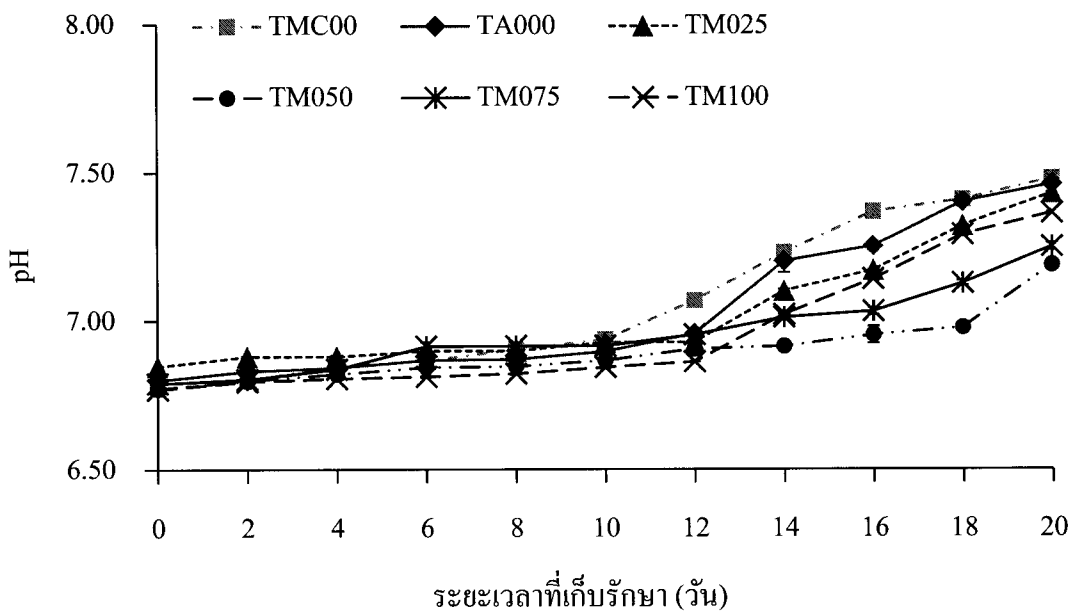
2.3.1 ความเป็นกรดด่าง (pH)

วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบสารละลาย TEO ทุกชุดการทดลองมีค่า pH อยู่ในช่วง 6.77 - 6. 85 และมีค่า pH คงที่ในวันที่ 0 - 12 ของการเก็บรักษา แล้วค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในวันที่ 10 (TMC00) และ 12 (TA000 TM025 TM050 TM075 และ TM100) ของการเก็บรักษา ขณะที่วันสุดท้ายของการเก็บรักษา พบว่า TMC00 มีค่า pH มากที่สุด รองลงมาคือ TA000 TM025 TM100 TM075 และ TM050 มีค่า pH 7.48, 7.46, 7.43, 7.36, 7.25 และ 7.19 ตามลำดับ เนื่องจากหลังการตายของสัตว์น้ำเกิดการสะสมกรดแลกติกในกล้ามเนื้อ ตัวอย่างสัตว์น้ำสดมักมีค่า pH อยู่ที่ 5 - 7 ต่อมาจุลินทรีย์ปนเปื้อนปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของกล้ามเนื้อหมึกกล้วยเกิดสารประกอบที่เป็นด่างระเหยที่มีสมบัติเป็นเบสได้มากขึ้น ค่า pH ของเนื้อหมึกกล้วยที่ตรวจวัดได้จึงเพิ่มขึ้นตามการเน่าเสีย (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554; สวามินี ธีระวุฒิ, 2559) เช่นเดียวกับ Haard (1992) และ Massa, Paredi, and Crupkin (2003) ที่พบว่าภายหลังการตายสัตว์น้ำมีค่า pH ลดลงในช่วงแรกเนื่องจากมีการสะสมกรดแลกติกในกล้ามเนื้อแล้วมีค่า pH เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

ผลการทดลองยังพบว่าชุดการทดลอง TMC00 ที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO มีค่า pH มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาคือ TA000 TM025 TM100 และ TM075 ตามลำดับ ในขณะที่ TM050 มีค่า pH น้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-25) เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบสารละลาย TEO (TM025 TM050 TM075 TM100) และที่ผ่านการเคลือบด้วยอัลจิเนต 0.002% (TA000) มีค่า pH น้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม (TMC00) ($p \leq 0.05$, ตารางที่ ช-1) เนื่องจากประสิทธิภาพในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์จาก TEO ที่แตกตัวแล้วซึมผ่านชั้นไขมันของเซลล์จุลินทรีย์ไปรบกวนสมดุลการนำเข้าสารอาหารและทำให้เซลล์จุลินทรีย์เกิดรอยรั่ว จึงไปลดการเจริญและเพิ่มจำนวนของเซลล์จุลินทรีย์ทั้งหมดได้ (Burt, 2004) เมื่อการเจริญของจุลินทรีย์น้อยลงการสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยจึงเกิดน้อยลง การเกิดด่างระเหยที่มีสมบัติเป็นเบสจึงเกิดขึ้นได้น้อยลง ทำให้ค่า pH ของ TM025 TM050 TM075 และ TM100 น้อยกว่า TMC00 ในขณะที่ชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยอัลจิเนตมีผลในการเกิดฟิล์มเคลือบบางๆ ทำให้ลดการสัมผัสอากาศของเซลล์จุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนในการเจริญได้ (สวามินี ธีระวุฒิ, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557) จึงลดกิจกรรมการย่อยสลายของเซลล์จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดด่างระเหยที่เป็นเบสได้น้อยลง

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

เช่นเดียวกับ Jonki et al. (2014) ที่พบว่าน้ำมันหอมระเหยไธม์และน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีประสิทธิภาพ
ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในปลาเรนโบว์เทราท์ได้ จึงลดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นได้



ภาพที่ 4-25 ความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) และ TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

2.3.2 แรงเฉือน

แรงเฉือนเป็นค่าที่บ่งบอกความยืดหยุ่นของเนื้อสัตว์น้ำ โดยทั่วไปสัตว์น้ำสดมีค่าแรงเฉือนมาก เนื่องจากโครงสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อยังอยู่ในสภาพแข็งแรง (สุมาลี เหลืองสกุล, 2541) ผลการทดลองพบว่าวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบสารละลาย TEO มีค่าแรงเฉือนอยู่ในช่วง 1.32 - 1.78 kg force เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีแนวโน้มของค่าแรงเฉือนน้อยลง ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-26) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีค่าแรงเฉือนอยู่ในช่วง 0.15 - 0.76 kg force โดย

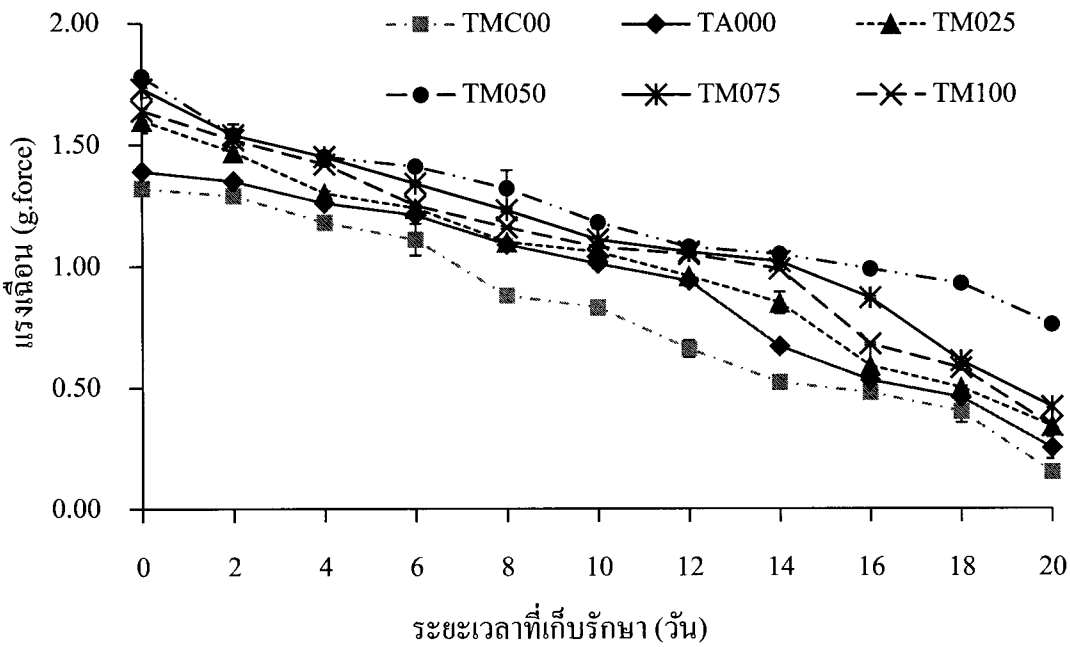
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ชุดการทดลองที่มีค่าแรงเฉือนมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาคือ TM050 รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 การลดลงของค่าแรงเฉือนตามระยะเวลาการเก็บรักษาเนื่องจากโครงสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อหมึกกล้วยถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ทำให้โครงสร้างโปรตีนคลายตัวและเสียสภาพความยืดหยุ่นของเนื้อสัตว์น้ำและความแข็งแรงของโครงสร้างโปรตีนจึงมีค่าน้อยลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น (สวามินี ธีระวุฒิ, และ ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557) เช่นเดียวกับ Chen and Youling (2008) ที่พบว่ากุ้งก้ามกรามแดง (*Cherax quadricarinatus*) มีค่าแรงเฉือนลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เช่นเดียวกับ Mastromatteo et al. (2010) ที่พบว่าการเคลือบเนื้อกุ้ง (*Palaemon serratus*) ด้วยน้ำมันหอมระเหย-ไธม์ช่วยรักษาความแข็งแรงของโครงสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อกุ้งได้ดีกว่าการไม่เคลือบ

ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO (TM025 TM050 TM075 และ TM100) มีค่าแรงเฉือนมากกว่าชุดการทดลองที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต (TA000) และชุดการทดลองควบคุม (TMC00) เนื่องจากใน TEO มีสาร thymol และ carvacrol ที่มีสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเน่าเสียและเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของเนื้อหมึกกล้วย โดยสารประกอบฟีนอลทั้งสองชนิดไปรบกวนสมดุลของผนังเซลล์จุลินทรีย์ทำให้ลดการนำเข้าสารอาหารเพื่อการเจริญ (Burt, 2004) จำนวนจุลินทรีย์จึงน้อยกว่าทำให้มีการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยได้น้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการเคลือบสารละลาย TEO ในขณะที่ TA000 มีผลในการเคลือบที่ให้ลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ ของอัลจิเนตบริเวณผิวเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก และอัลจิเนตมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2557) ในเนื้อหมึกกล้วยได้ ทำให้การย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของเนื้อหมึกกล้วยจากเอนไซม์ของจุลินทรีย์เกิดช้ากว่าทำให้ TA000 มีค่าแรงเฉือนมากกว่า TMC00 เช่นเดียวกับ Neetoo, Ye, and Chen (2010) ที่พบว่า การใช้สารละลายอัลจิเนตผสมกับโซเดียมแลกเตต สามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ได้ ทำให้ลดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของสัตว์น้ำจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น โครงสร้างโปรตีนจึงยังแข็งแรงอยู่ ค่าแรงเฉือนจึงมีค่ามากกว่าชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย

เมื่อพิจารณาในทุกชุดการทดลอง พบว่าชุดการทดลองที่มีแรงเฉือนมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา คือ TM050 ($p \leq 0.05$, ตารางที่ ช-2) รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 ตามลำดับ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-26 แรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) และ TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

2.3.3 การสูญเสียน้ำหนัก

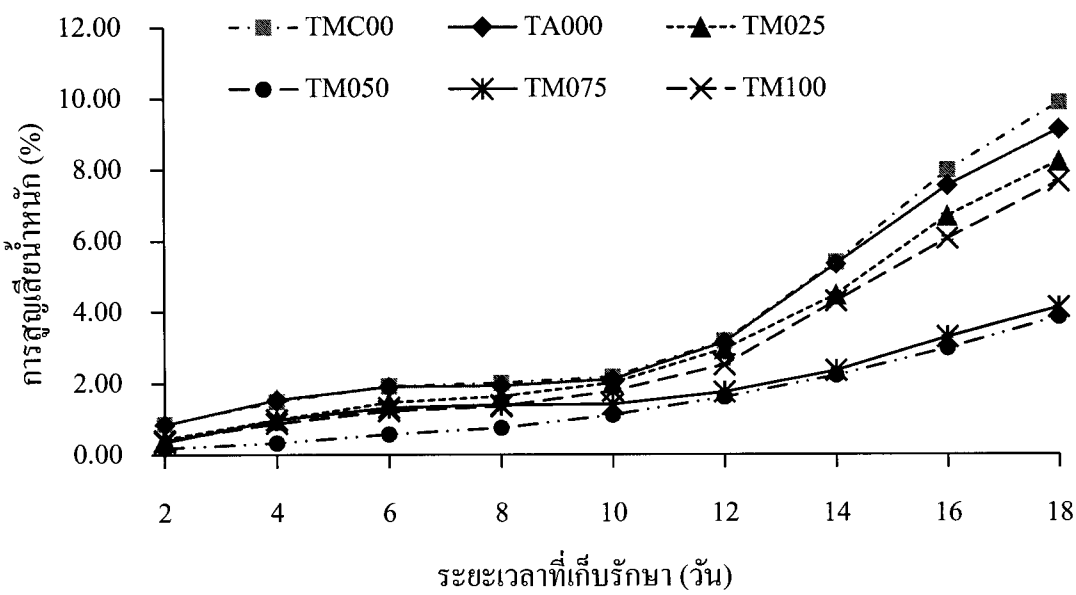
การสูญเสียน้ำหนักเป็นค่าที่บ่งบอกการเน่าเสียได้จากการคลายตัวของโครงสร้างโปรตีนที่ถูกย่อยสลายแล้วปลดปล่อยโมเลกุลน้ำออกมาจากโครงสร้าง (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531) ทำให้น้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยเปลี่ยนแปลงไป วันที่ 2 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO มีการสูญเสียน้ำหนักอยู่ในช่วง 0.18 - 0.86% โดยมีแนวโน้มการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-27) ทั้งนี้วันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดการทดลอง TMC00 มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด รองลงมาคือ TA000 TM025 TM100 TM075 และ TM050 โดยมีการสูญเสียน้ำหนัก 9.88%, 9.14%, 8.23%, 7.66%, 3.85% และ 4.12% ตามลำดับ เช่นเดียวกับสวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน (2557) ที่พบว่าเนื้อกุ้งต้มที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหย-ออริกาโนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์และช่วยชะลอการเกิดการออกซิเดชันจึงลด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อกุ้งได้ดีกว่าการเคลือบอัลจิเนตเพียงอย่างเดียวหรือการไม่เคลือบสารละลายเลย เมื่อพิจารณาการสูญเสียน้ำหนักในทุกชุดการทดลอง พบว่าเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO มีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยได้จาสารประกอบฟีนอล thymol และ carvacrol ใน TEO โดยไปรบกวนการทำงานและสมดุลการนำเข้าสารอาหารเพื่อการเจริญของจุลินทรีย์ส่งผลให้ลดการเจริญและแบ่งเซลล์ของจุลินทรีย์ (Burt, 2004) จึงลดกิจกรรมการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของเนื้อหมึกกล้วยได้ เมื่อเกิดการย่อยสลายหรือการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีนน้อยลง จึงเกิดการสูญเสียน้ำหนักในเนื้อหมึกกล้วยที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO น้อยลงไปด้วย ขณะที่ชุดการทดลอง TA000 ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตที่มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และช่วยลดการสูญเสียน้ำของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้จากการเกิดแผ่นฟิล์มบางๆ เคลือบที่ผิวเนื้อด้านนอก จึงเกิดการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม เช่นเดียวกับ Song, Liu, Shen, You, and Luo (2011) พบว่าเนื้อปลากะพงที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตแล้วนำไปแช่เย็น ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อปลากะพงได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบสารละลายอัลจิเนต

เมื่อพิจารณาในทุกชุดการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยที่สุดคือ TM050 รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$; ตารางที่ ช-3)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-27 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 18 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) และ TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

2.3.4 ค่าสี (L*, a*, b*)

ค่า L* เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกความสว่างของสี โดยค่า L* มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 100 หมายถึง ค่า L* เท่ากับ 0 คือ เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีสีดำ และเมื่อค่า L* มาก หมายถึง เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีสีสว่างมาก ค่า a* เป็นค่าที่แสดงระดับความมีสีแดง - เขียว ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก เมื่อค่า a* มีค่าบวกแสดงถึงลักษณะสีแดงของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกและเมื่อค่าเป็นลบแสดงถึงลักษณะสีเขียวและค่า b* คือค่าที่แสดงระดับสีเหลือง - น้ำเงิน ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก เมื่อค่า b* มีค่าบวกแสดงลักษณะสีเหลือง เมื่อมีค่าเป็นลบแสดงลักษณะสีน้ำเงิน (Young & Whittle, 1985) จากผลการทดลองพบว่าวันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่เคลือบด้วยสารละลาย TEO มีค่า L* a* และ b* อยู่ในช่วง 45.34 - 47.84, -1.29 - -1.17 และ -3.64 - -4.18 ตามลำดับ โดยค่า L* และ a* มีแนวโน้มของค่าลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ค่า b* มีแนวโน้มของค่าเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในวันแรกของการเก็บรักษามีสีขาวค่า L* ที่บอกความสว่างในวันแรกของการเก็บรักษาจึงมีค่ามาก สอดคล้องกับค่า a* และ b* ที่บอกลักษณะสีแดงและสีน้ำเงินในวันแรกของการเก็บรักษา

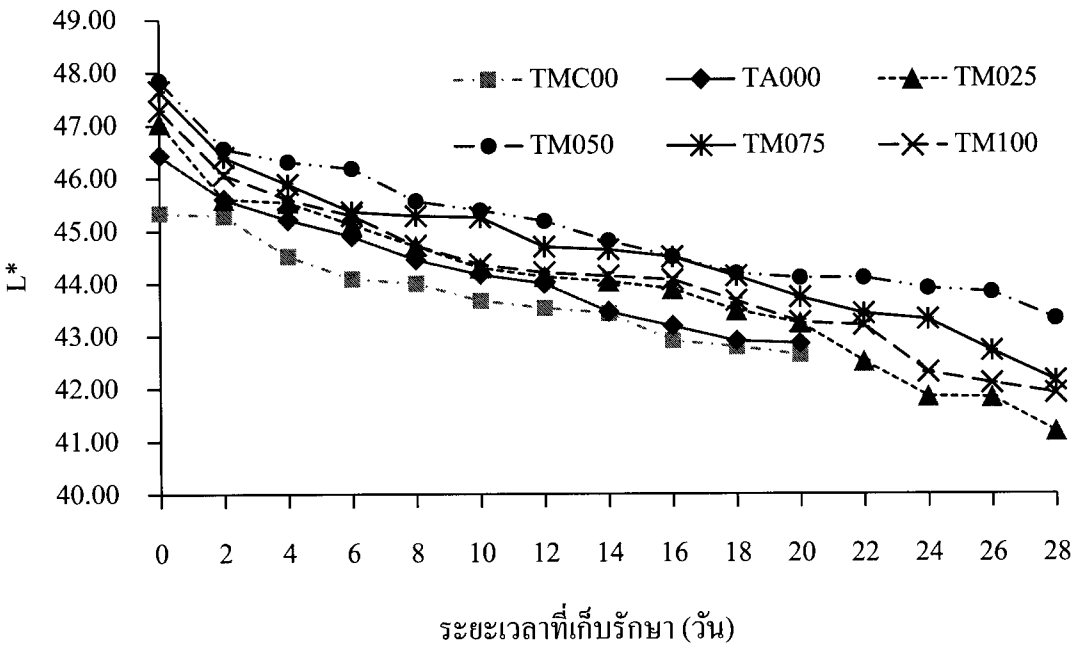
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

จึงมีค่าน้อย แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีค่า L* (ภาพที่ 4-28) และ a* (ภาพที่ 4-29) ลดลง ในขณะที่ค่า b* (ภาพที่ 4-30) เพิ่มขึ้น หมายถึงมีความสว่างของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกลดลงและมีสีเหลืองและเขียวของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมากขึ้นจากการเน่าเสีย เช่นเดียวกับ Zhang et al. (2015) พบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นมีค่า L* และ a* ลดลง แสดงว่าเนื้อกุ้งขาวที่ผ่านการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีสีคล้ำมากขึ้น

เมื่อพิจารณาทุกชุดการทดลองพบว่าเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ชุดการทดลอง TM050 มีค่า L* มากที่สุด รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 ตามลำดับ เช่นเดียวกับค่า a* ในขณะที่ TM050 มีค่า b* น้อยที่สุด รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 ตามลำดับ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-28, ภาพที่ 4-29, ภาพที่ 4-30, ตารางที่ ช-4, ตารางที่ ช-5, ตารางที่ ช-6) เนื่องจากชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO มีสารประกอบฟีนอลที่ช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุให้เกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของกล้ามเนื้อสัตว์น้ำ ซึ่งส่งผลให้โปรตีนที่จับกับรงควัตถุเสียสภาพ เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกจึงมีสีเปลี่ยนไป อีกทั้ง TEO มีสมบัติเป็นสารกันหืนช่วยชะลอการทำงานของเอนไซม์ที่เป็นตัวเร่งการเกิดออกซิเดชันแล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในเนื้อสัตว์น้ำได้ (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทดสอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์, 2556) เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO จึงให้ค่าสีดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ใช้ TEO อย่างไรก็ตามผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลาย TEO ในการเคลือบมากเกินไป (TM075 และ TM100) หรือน้อยเกินไป (TM025) ให้ผลในการยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์และลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้ค่าสีเปลี่ยนแปลงไปได้น้อยกว่าชุดการทดลอง TM050 เนื่องจากความเข้มข้นที่น้อยเกินไปประสิทธิภาพของ TEO ในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์หรือการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระลดลง จึงเกิดการเน่าเสียและทำให้สีเนื้อหมึกต้มสุกมีค่าเปลี่ยนไป ในขณะที่การใช้ความเข้มข้น TEO มากขึ้น แม้ว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์มีมากขึ้น แต่ปริมาณน้ำมันที่เป็นส่วนประกอบในสารละลาย TEO ที่ใช้ในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีมากขึ้นจึงอาจเกิดการออกซิเดชันได้ง่าย ดังนั้นค่าความสว่างของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ความเข้มข้นของ TEO มาก จึงมีค่าลดลง และมีสีเขียวและเหลืองในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมากขึ้น เช่นเดียวกับ สวามินี ธีระวุฒิ, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน (2561ข) ที่พบว่ากุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์สามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ทำให้โปรตีนยังคงจับกับรงควัตถุให้สีได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ใช้น้ำมันหอมระเหยไธม์

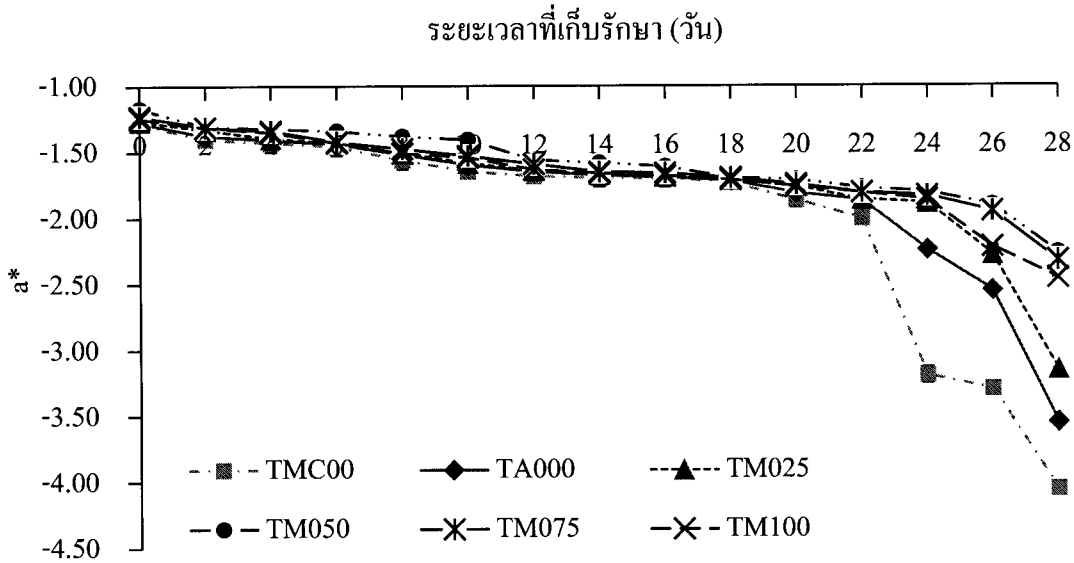
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

เมื่อพิจารณาจากค่าสี L* (ค่าความสว่าง) และ a* (สีแดง - เขียว) พบว่า ชุดการทดลองที่มีค่ามากที่สุดคือ TM050 รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 ตามลำดับ ขณะที่ค่า b* (สีเหลือง - น้ำเงิน) ชุดการทดลองที่มีค่าน้อยที่สุดคือ TM050 รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 ตามลำดับ



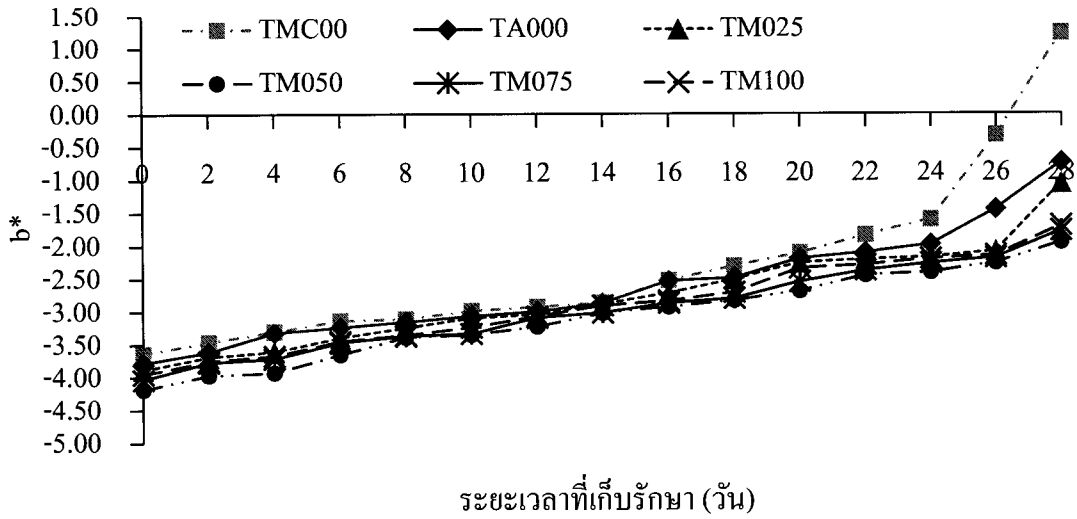
ภาพที่ 4-28 ค่า L* (ความสว่าง) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) และ TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-29 ค่า a* (สีแดง - เขียว) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) และ TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-30 ค่า b* (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) และ TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

2.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

2.4.1 ลักษณะปรากฏ

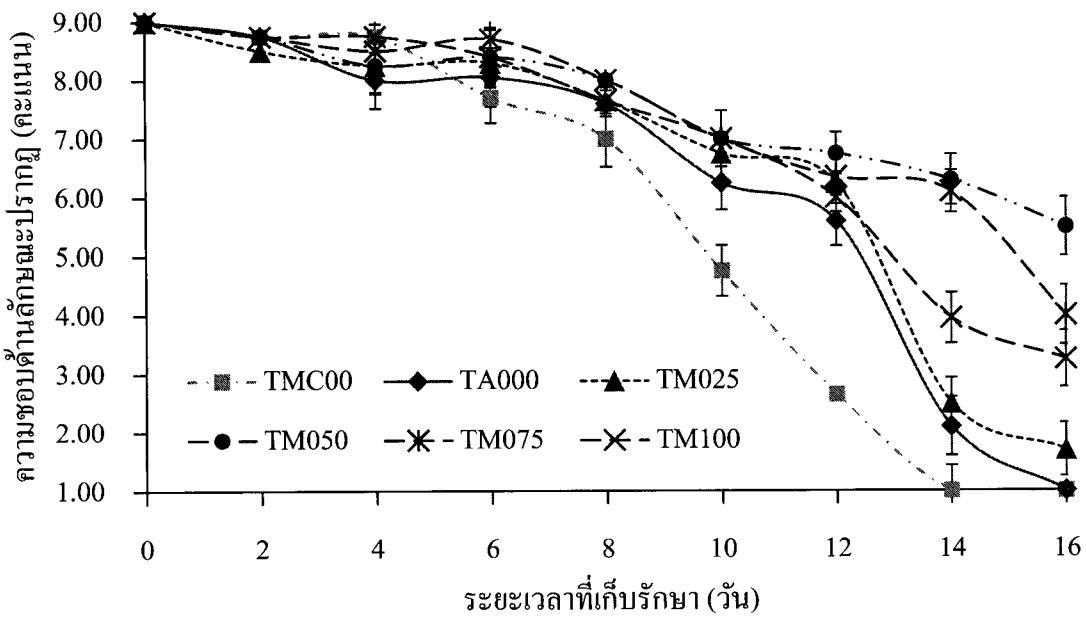
วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเคลือบสารละลาย TEO มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏ 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ในทุกชุดการทดลองและทุกชุดการทดลองมีคะแนนความชอบคงที่ในช่วง 2 - 4 วันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นคะแนนความชอบลักษณะปรากฏมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยชุดการทดลอง TMC00 มีแนวโน้มการลดลงของคะแนนความชอบในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา ส่วน TA0000 TM025 TM050 TM075 และ TM100 เริ่มมีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏลดลงในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-31 และตารางที่ ซ-1) ทั้งนี้วันสุดท้ายของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ในชุดการทดลอง TM050 และ TM075 มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏมากที่สุด คือ 5.50 คะแนน (ชอบเล็กน้อย) รองลงมาคือ TM100 TM025 TA0000 และ TMC00 มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏ 3.35 (ไม่ชอบปานกลาง) 2.70 (ไม่ชอบมาก) 1.00 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) และ 1.00 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) ตามลำดับ

คะแนนความชอบลักษณะปรากฏที่ลดลงตามระยะการเก็บรักษาที่นานขึ้นเนื่องจากประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จากสารละลายอัลจิเนตและสารละลาย TEO ที่ใช้ในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีประสิทธิภาพลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่งผลให้จุลินทรีย์มีการเจริญและเกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยและเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้เกิดลักษณะภายนอกที่เปลี่ยนไปจากเนื้อหมึกสีขาวเริ่มเปลี่ยนเป็นสีครีมและมีสีเหลืองอมเขียวมากขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา มีความเป็นเมือกมากขึ้นจากการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของเอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่มีรูปร่างเป็นแคปซูล (capsule) ซึ่งสร้างสารพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ออกมา เมื่อจุลินทรีย์เพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้อาหารเกิดลักษณะเป็นเมือก (slime) เหนียวยืด Jay (1992) เช่นเดียวกับ สวามินี ธีระวุฒิ, ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน , อรัชพร บุญสัน, and พรพิพัฒน์ เล็กสิงห์โต (2560) พบว่ากุ้งขาวสุกที่เก็บรักษาในบรรยากาศปกติและแบบปรับสภาพบรรยากาศมีสีเหลืองมากขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น

เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏในแต่ละชุดการทดลอง (ภาพที่ 4-31 และตารางที่ ซ-1) พบว่า TM050 มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏมากที่สุด รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA0000 และ TMC00 ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Shadman et al. (2017) พบว่าการเคลือบเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*O. mykiss*) ด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ -

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

(*Zataria multiflora*) ที่ความเข้มข้น 1% ร่วมกับ sunflower oil-based nanoemulsion ช่วยรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้อย่างน้อย 15 วัน เช่นเดียวกับผลการศึกษาในครั้งนี้ที่การใช้สารละลาย TEO ในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ความเข้มข้นมากหรือน้อยเกินไปทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เนื่องจากความเข้มข้นที่น้อยเกินไปของ TEO ที่ใช้เคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก มีประสิทธิภาพในยับยั้งการเน่าเสียที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์และการยับยั้งการเกิดการออกซิเดชันของไขมันน้อยลง ในขณะที่ความเข้มข้น TEO มากขึ้น มีผลในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ได้มากขึ้นแต่อาจไปเร่งการเกิดการออกซิเดชันของไขมันจากส่วนประกอบของ TEO ที่เคลือบเนื้อหมึกกล้วยได้จากความเข้มข้นที่มากขึ้น ปริมาณน้ำมันในสารละลายที่ใช้เคลือบจึงมากขึ้นไปด้วย การใช้ความเข้มข้นที่มากเกินไปจึงมีผลให้เกิดการเปลี่ยนไปของลักษณะปรากฏได้เร็วกว่าความเข้มข้นที่เหมาะสม (TM050)



ภาพที่ 4-31 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) และ TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

2.4.2 กลิ่น

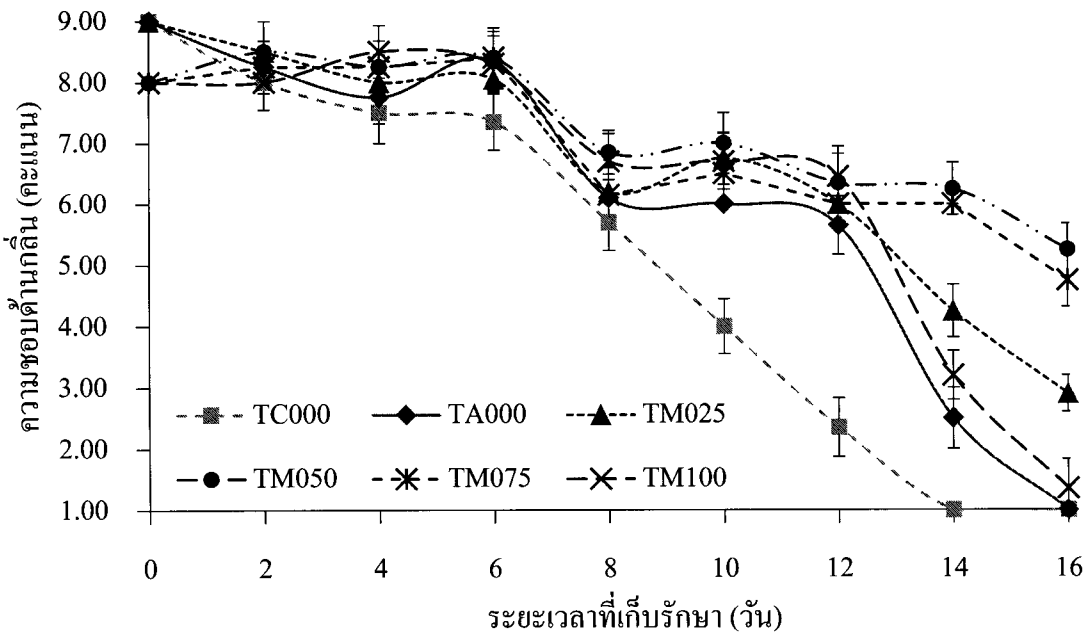
วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ในชุดการทดลอง TM025 เนื้อหมึกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต (TA000) และเนื้อหมึกที่ไม่เคลือบสารละลาย (TMC00) มีคะแนนความชอบกลิ่น 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ขณะที่ TM050 TM075 และ TM100 มีคะแนนความชอบกลิ่น 8 คะแนน (ชอบมาก) เมื่อเก็บรักษานานขึ้นมีแนวโน้มของคะแนนความชอบกลิ่นลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกชุดการทดลอง ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-33) โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษาชุดการทดลอง TM050 มีคะแนนความชอบกลิ่นมากที่สุด คือ 5.25 คะแนน (เฉยๆ) รองลงมาคือ TM075 TM025 TM100 TA000 และ TMC00 มีคะแนนความชอบกลิ่น 4.75 (เฉยๆ) 2.90 (ไม่ชอบปานกลาง) 1.35 (ไม่ชอบมาก) 1.00 (ไม่ชอบมากที่สุด) และ 1.00 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) ($p \leq 0.05$; ตารางที่ ซ-2) ตามลำดับ ผลการทดลองยังพบว่า TMC00 มีแนวโน้มของคะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลดอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ TA000 TM025 และ TM100 มีการเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบกลิ่นเป็น 2 ช่วง คือ มีคะแนนคงที่ในวันที่ 0 - 6 ของการเก็บรักษา จากนั้นคะแนนความชอบกลิ่นจึงลดลงในวันที่ 8 แล้วคงที่จนถึงวันที่ 10 ของการเก็บรักษา แล้วจึงมีคะแนนความชอบกลิ่นลดลงจนวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วน TM050 และ TM075 มีคะแนนความชอบกลิ่นเพิ่มขึ้นจากวันแรกของการเก็บรักษาเล็กน้อยในช่วงวันที่ 2 - 4 แล้วจึงมีคะแนนความชอบกลิ่นลดลงในวันที่ 6 และคงที่ในช่วงวันที่ 8 - 10 แล้วจึงลดลงอีกครั้งในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

แนวโน้มของคะแนนความชอบกลิ่นที่ลดลงเนื่องจากระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพของสารละลายอัลจิเนตและสารละลาย TEO ในการยับยั้งการเน่าเสียจากจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพลดลง จึงเกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยมากขึ้น เกิดเป็นด่างระเหยที่เป็นเบสมากขึ้น ส่งผลให้กลิ่นเนื้อหมึกกล้วยเกิดการเปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งการใช้ความเข้มข้นของ TEO ที่มากส่งผลให้เกิดกลิ่นมิ้นต์ในเนื้อหมึกกล้วยชัดกว่ากลิ่นหมึกต้มตามธรรมชาติ ทำให้ชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบ TEO มีคะแนนความชอบกลิ่นน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ผ่านการเคลือบหรือเคลือบด้วยความเข้มข้นที่น้อยกว่า แต่เมื่อเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกไประยะหนึ่งจึงมีคะแนนความชอบกลิ่นเพิ่มขึ้นก่อนลดลงตามการเน่าเสียที่มากขึ้น ซึ่งการใช้สารละลาย TEO ที่เข้มข้นมากหรือน้อยเกินไปในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก มีผลต่อการยอมรับด้านกลิ่นของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสได้ เช่นเดียวกับ Shadman et al. (2017) ที่พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*O. mykiss*) ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ช่วยรักษา

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นได้ แต่การใช้ที่ความเข้มข้นมากเกินไปทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากทุกชุดการทดลองพบว่า TM050 มีคะแนนความชอบกลิ่นมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา รองลงมาคือ TM075 TM025 TM100 TA000 และ TMC00 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-32 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) และ TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

2.4.3 กลิ่นรส

วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก พบว่าชุดการทดลอง TMC00 TA000 และ TM025 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสมากที่สุด คือ 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) รองลงมาคือ TM050 TM075 และ TM100 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส 8.00 คะแนน (ชอบมาก) โดยช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0 - 6) แบ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสออกได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่หนึ่งคือชุดการทดลอง TMC00 TA000 และ

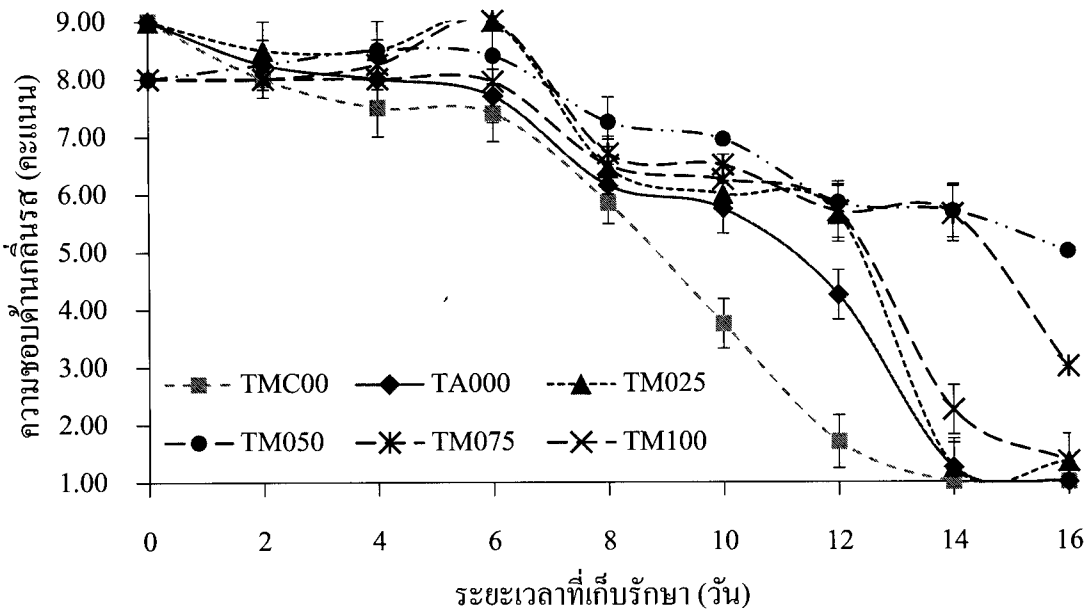
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

TM025 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสมากที่สุด (9.00 คะแนน) ในวันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นมีแนวโน้มของคะแนนลดลงและคงที่เป็นบางช่วงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะกลุ่มที่ 2 คือ ชุดการทดลอง TM050 TM075 และ TM100 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสในวันแรกของการเก็บรักษาน้อยกว่าชุดการทดลองกลุ่มที่ 1 โดยชุดการทดลองกลุ่มที่ 2 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสเพิ่มขึ้นในวันที่ 2 - 6 แล้วจึงค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ โดยวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 4-33) ชุดการทดลอง TM050 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสมากที่สุด คือ 5.00 คะแนน (เฉยๆ) รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TMC00 และ TA000 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส 3.00 (ไม่ชอบปานกลาง) 1.35 (ไม่ชอบมากที่สุด) 1.35 (ไม่ชอบมากที่สุด) 1.00 (ไม่ชอบมากที่สุด) และ 1.00 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) ตามลำดับ

แนวโน้มของคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสที่ลดลงเนื้องจากประสิทธิภาพของสารละลายอัลจิเนตและสารละลาย TEO ที่ใช้ในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีประสิทธิภาพลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่งผลให้เกิดการย่อยสลายกรดอะมิโนที่ให้กลิ่นรสในเนื้อหมึกกล้วยเสียสภาพ รสชาติจึงเปลี่ยนไปจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อีกทั้งในวันแรกของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกความเข้มข้นของสารละลาย TEO ที่มากส่งผลให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสน้อยลง เนื้องจากมีกลิ่นรสมิ้นต์ที่ค่อนข้างชัดเจน แต่เมื่อเก็บรักษาไประยะหนึ่งกลิ่นรสมิ้นต์จางลงและให้รสหวานมากขึ้นจึงมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสเพิ่มขึ้น เมื่อประสิทธิภาพของ TEO ลดลง คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสจึงลดลงไปด้วย เนื่องจากรสชาติที่เปลี่ยนไปตามการเน่าเสีย เช่นเดียวกับ Shadman et al. (2017) ที่พบว่าการใช้เทคนิคนาโนอีมัลชันร่วมกับน้ำมันหอมระเหยไธม์ช่วยเพิ่มคะแนนความชอบด้านกลิ่นและด้านกลิ่นรสในเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*O. mykiss*) ได้

เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส พบว่า TM050 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสมากที่สุด รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 ตามลำดับ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-33 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

2.4.4 เนื้อสัมผัส

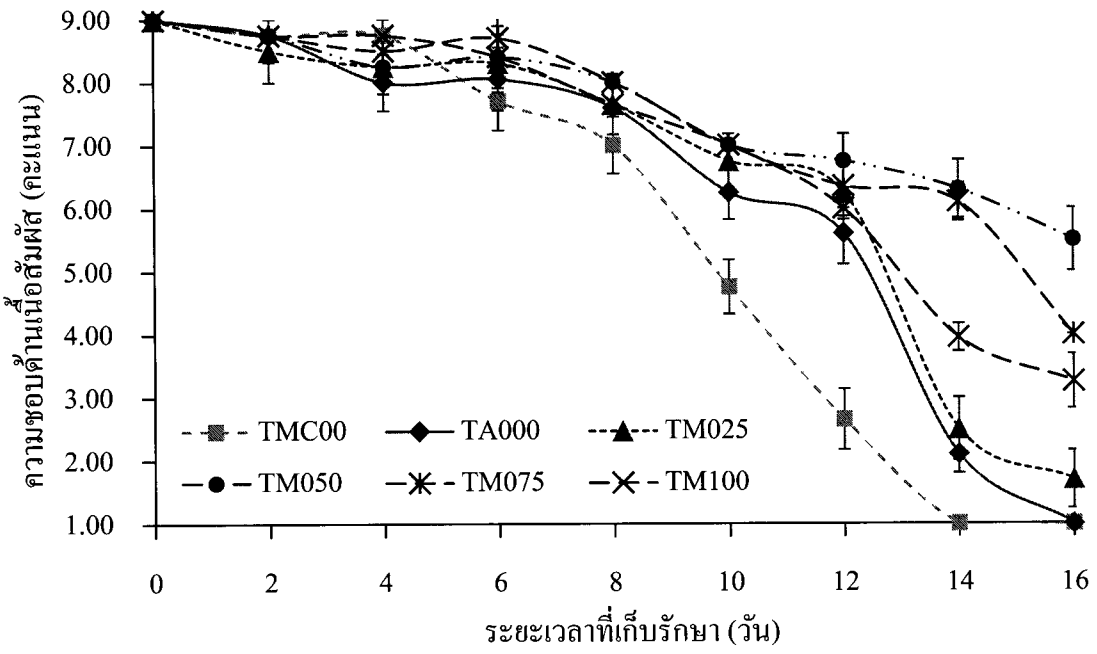
วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก ชุดการทดลอง TMC00 TA000 และ TM025 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) ส่วน TM050 TM075 และ TM100 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส 8.00 คะแนน (ชอบมาก) โดยทุกชุดการทดลองมีแนวโน้มคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-34) ผลการทดลองยังพบว่า TMC00 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ส่วนชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตและสารละลาย TEO มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา TM050 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากที่สุด คือ 5.50 คะแนน (ชอบปานกลาง) รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส 4.00 (ไม่ชอบเล็กน้อย) 3.25 (ไม่ชอบปานกลาง) และ 1.70 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) 1.00 (ไม่ชอบมากที่สุด) และ 1.00 คะแนน (ไม่ชอบมากที่สุด) ตามลำดับ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

เนื่องจากสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จากอัลจิเนตและ TEO ที่ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์จึงลดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของเนื้อหมึกกล้วยจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นได้ ทำให้เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกชุดการทดลอง TA000 TM025 TM050 TM075 และ TM100 ได้รับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากกว่า TMC00 โดยช่วงแรกของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลองมีเนื้อสัมผัสที่มีความเหนียวของเนื้อมาก เมื่อเกิดการย่อยสลายของเอนไซม์จากจุลินทรีย์มากขึ้นส่งผลให้ความเหนียวน้อยลง เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสจึงมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงตามการเน่าเสีย นอกจากนี้ผลการทดลองพบว่าการใช้ความเข้มข้นของสารละลาย TEO ที่มากหรือน้อยเกินไป มีผลต่อเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภคได้ เนื่องจากความเข้มข้นสารละลาย TEO ที่น้อยเกินไปประสิทธิภาพในการยับยั้งการเน่าเสียจากจุลินทรีย์และการชะลอการเกิดออกซิเดชันน้อยลงไปด้วย ในขณะที่ความเข้มข้นของสารละลาย TEO ที่มากเกินไปเร่งการเกิดการออกซิเดชันจากปริมาณน้ำมันและไขมันที่เคลือบอยู่ที่ผิวหน้าเนื้อหมึกกล้วยจึงเกิดการเน่าเสียมากขึ้น ซึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันสามารถเร่งการย่อยสลายโปรตีนได้มากขึ้น (Gray, 1978; สวามินี ธีระวุฒิ, 2559) ดังนั้นเนื้อสัมผัสของหมึกกล้วยต้มสุกจึงมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงตามการเน่าเสีย เช่นเดียวกับ Sriket et al. (2012) พบว่ากุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) ที่เก็บรักษานานขึ้นมีคะแนนการยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลง

เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสในทุกชุดการทดลอง พบว่า TM050 มีคะแนนความชอบเนื้อสัมผัสมากที่สุด รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 TA000 และ TMC00 ตามลำดับ เช่นเดียวกับ พบว่าการเคลือบเนื้อปลาแรนโบว์เทราท์ด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ร่วมการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าชุดการทดลองที่ไม่เคลือบ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-34 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

2.4.5 ความชอบรวม

วันที่ 0 ของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลองมีคะแนนความชอบรวม 9.00 คะแนน (ชอบมากที่สุด) โดยพบว่าคะแนนความชอบรวมในทุกชุดการทดลองแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือช่วงวันที่ 0 - 6 ของการเก็บรักษา ทุกชุดการทดลองมีคะแนนความชอบ-รวมคงที่และเริ่มมีคะแนนความชอบรวมลดลงในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ซึ่ง TMC00 มีคะแนนลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p \leq 0.05$; ภาพที่ 4-35) ในขณะที่ TA000 มีคะแนนความชอบ-รวมคงที่ในช่วงวันที่ 8 - 10 ของการเก็บรักษาแล้วค่อยลดลงอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกับ TM025 และ TM100 ที่มีคะแนนความชอบรวมคงที่ในช่วงวันที่ 8 - 10 ของการเก็บรักษา ส่วน TM050 และ TM075 มีคะแนนความชอบรวมค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ จนวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ตารางที่ ซ-5) การคงที่ของคะแนนความชอบรวมในช่วงต้นของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก เกิดจาก TEO ที่ใช้ในการเคลือบมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเน่าเสีย

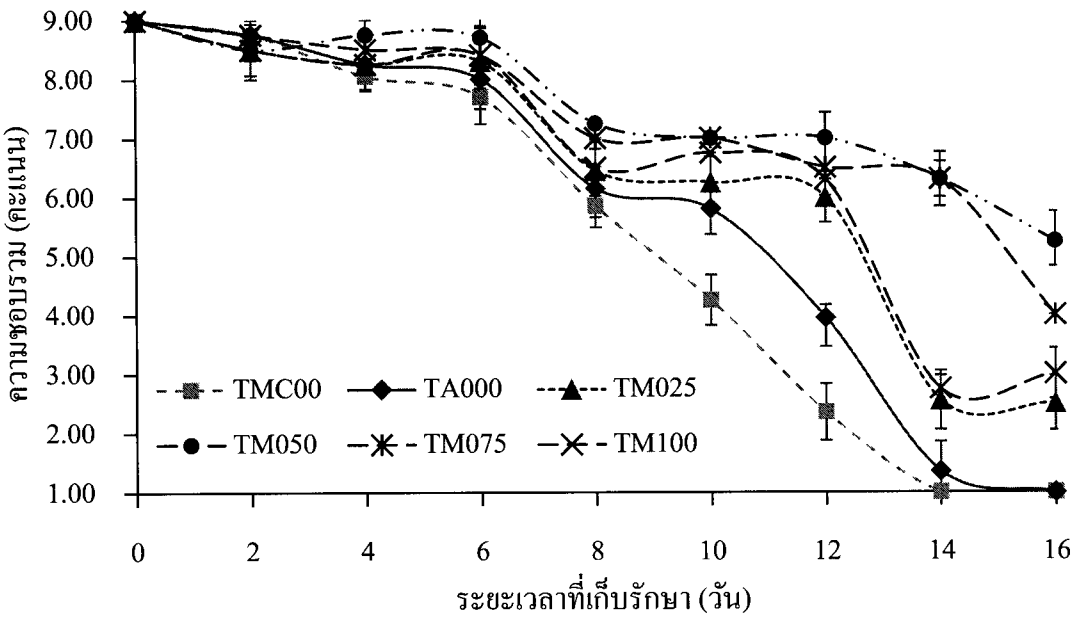
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ จากเอนไซม์ในเนื้อหมึกเองและจากการเกิดการออกซิเดชันของไขมัน และประสิทธิภาพการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนจากความร้อนที่ใช้ต้ม ซึ่งยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้ คะแนนความชอบรวมซึ่งมีค่าคงที่ในช่วงต้น เมื่อประสิทธิภาพของ TEO ที่ใช้ในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกลดลง การเน่าเสียจึงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัส คะแนนความชอบรวมจึงลดลงในช่วงท้ายของการเก็บรักษาจากลักษณะปรากฏ กลิ่น รส เนื้อสัมผัส ที่เปลี่ยนไป โดยเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเกิดการเน่าเสียมีลักษณะปรากฏเปลี่ยนจากเนื้อสีขาวไม่มีเมือกไปเป็นเนื้อสีเหลืองอมเขียวมากขึ้น และมีเมือกเกิดมากขึ้น ในขณะที่กลิ่นของเนื้อหมึกต้มลดลงมีกลิ่นเค็มและเหม็นเน่าเพิ่มมากขึ้น ส่วนกลิ่นรสของเนื้อหมึกต้มและความหวานตามธรรมชาติลดลง มีรสจืดและเฝื่อนลิ้นเพิ่มมากขึ้น และเนื้อสัมผัสมีความเหนียวลดลง นิ่มและมากขึ้นเมื่อเกิดการเน่าเสีย

ผลการทดลองพบว่า การใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่มาก (TM100) เกินไป ส่งผลต่อลักษณะประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ กลิ่น กลิ่นรสหรือเนื้อสัมผัสที่ให้ผลดีน้อยกว่าชุดการทดลอง TM025 และ TM050 เนื่องจากการใช้ความเข้มข้นของสารละลาย TEO ที่มากกว่า 0.5% TEO (TM075, TM100) ส่งผลให้เกิดกลิ่นมิ้นต์ที่มีผลต่อการรับรู้ทางประสาทสัมผัสในด้านกลิ่น และรสชาติของผู้ทดสอบ จึงมีคะแนนความชอบน้อยกว่าการใช้ความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 0.5% TEO (TM025, TM050) เช่นเดียวกับ สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน (2557) พบว่าการใช้ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยออริกาโนที่ความเข้มข้นมากเกินไปมีผลต่อประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสของเนื้อกุ้งต้มได้

เมื่อพิจารณาจากคะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกและผลวิเคราะห์ทางสถิติ ($p \leq 0.05$, ภาพที่ 4-35, ตารางที่ ซ-5) พบว่า TM050 มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด รองลงมาคือ TM075 TM100 TM025 และ TA000 เช่นเดียวกับ Mohammad and Mustafa (2013) ที่พบว่าการเคลือบเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*O. mykiss*) ด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์และออริกาโนสามารถรักษาคะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสไว้ได้มากกว่า 11 วัน ขณะที่เนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์และออริกาโนมีอายุการเก็บรักษาน้อยกว่า 11 วัน

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102



ภาพที่ 4-35 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน (TMC00 (ไม่เคลือบสารละลาย), TA000 (0.002% alginate), TM025 (0.25% TEO) TM050 (0.5% TEO), TM075 (0.75% TEO) และ TM100 (1% TEO))

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

1. อภิปรายผลการทดลอง

1.1 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2

1.1.1 คุณภาพทางเคมี

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเกิดการเน่าเสียจากการถูกย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนด้วยเอนไซม์ในเนื้อหมึกกล้วยเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเกิดเป็นด่างที่ระเหยได้ (TVB-N) มีสมบัติเป็นเบส ประกอบด้วยแอมโมเนียและเอมีน (Fan, Chai, & Zhang, 2008) และเกิดเป็น TMA-N จากการเปลี่ยนแปลงของสาร TMAO ด้วยเอนไซม์ที่สร้างโดยจุลินทรีย์ที่เจริญในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน (Gram & Huss, 1996) เมื่อเกิดการเน่าเสียมากขึ้นปริมาณด่างระเหยได้ทั้งสองชนิดจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยที่พบว่าเนื้อหมึก (*Octopus vulgaris*) มีปริมาณ TMA-N เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Atrea et al., 2009; Hurtado et al., 2001; Capillas et al., 2002) เมื่อพิจารณาในทุกชุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองควบคุม (RN00, RC00 และ CC00) มีปริมาณ TVB-N และ TMA-N มากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 มีปริมาณ TVB-N และ TMA-N น้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าการใช้ H_2O_2 ล้างหมึกกล้วยก่อนการต้มสุกมีผลในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N และ TMA-N ตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น โดยชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย 0.0075% H_2O_2 มีปริมาณ TVB-N และ TMA-N น้อยที่สุด รองลงมาคือ 0.0055 และ 0.0035% H_2O_2 ตามลำดับ เนื่องจากการใช้ความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่มากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นไปด้วย โดย H_2O_2 เมื่อเกิดการแตกตัวแล้วให้ OH^- ที่สามารถซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์มีผลต่อโปรตีนบริเวณผนังเซลล์ทำให้เกิดการฉีกขาดและเสียสภาพไปของผนังเซลล์ ส่งผลให้ของเหลวภายในเซลล์ไหลออกมาจึงเกิดการเสียสมดุลภายในและภายนอกเซลล์จุลินทรีย์ (Alvarez et al., 2005) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Alvarez et al. (2005) พบว่าการแช่เนื้อปลาคอด (*G. morhua*) ในสารละลาย H_2O_2 ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N ได้

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

เมื่อพิจารณาจากทุกชุดการทดลอง พบว่า การล้างหมึกกล้วยด้วย 0.0075% H_2O_2 มีผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีได้ดีที่สุดทั้งในเนื้อหมึกกล้วยดิบและต้มสุก

1.1.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหมึกกล้วยดิบมีจำนวนเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีจำนวนจุลินทรีย์คงที่ในช่วงแรกของการเก็บรักษา (วันที่ 0 - 4) จากนั้นมีจำนวนจุลินทรีย์ลดลงในช่วงที่สอง (วันที่ 4 - 14) และเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการเก็บรักษา (วันที่ 14 - 16) โดยจุลินทรีย์ที่มีจำนวนคงที่ในช่วงแรกเนื่องจากเป็นช่วงของการปรับตัวกับสภาพแวดล้อมใหม่ (นฤมล มาแทน, 2561) และประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จาก H_2O_2 ที่ใช้ล้างหมึกกล้วยดิบ (Krishnan et al., 2006) อีกทั้งความร้อนที่ใช้ต้มอยู่ในอุณหภูมิที่มากกว่า 75 องศาเซลเซียส (ภัทรชัย กีรติสิน และอมรรัตน์ ลีลาภรณ์, 2554) ซึ่งสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ จึงเป็นช่วงที่จุลินทรีย์มีจำนวนคงที่ ต่อมาจำนวนจุลินทรีย์ลดลงเนื่องจากเป็นช่วงที่มีการตายของจุลินทรีย์มากกว่าการเพิ่มจำนวนขึ้น โดย H_2O_2 มีผลต่อเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ส่งผลให้เกิดการเสียสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ จึงไม่สามารถนำเข้าสารอาหารเพื่อการเจริญได้ (Krishnan et al., 2006) ช่วงที่สองจึงมีการตายมากกว่าการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์และในช่วงท้ายของการเก็บรักษามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากประสิทธิภาพของ H_2O_2 ในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพลดลงจุลินทรีย์จึงกลับมาเจริญและเพิ่มจำนวนมากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Alvarez et al. (2005) พบว่าการใช้ H_2O_2 ความเข้มข้น 0.25 - 1% ในขั้นตอนการทำเค็มปลาคอด (*G. morhua*) ที่มีจำนวนจุลินทรีย์ในช่วงท้ายของการเก็บรักษาน้อยกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้ใช้ H_2O_2 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Back, Ha, and Kang (2014) ที่พบว่า H_2O_2 สามารถยับยั้งการเจริญของ *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7 และ *Listeria monocytogenes* ได้

เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละชุดการทดลองพบว่า ชุดการทดลองที่ใช้ความเข้มข้น H_2O_2 มากที่สุด (RH75 และ CH75) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ 0.0055 (RH55 และ CH55), 0.0035% H_2O_2 (RH35 และ RH35) และ ชุดการทดลองควบคุม (RN00, RC00 และ CC00) ตามลำดับ เนื่องจาก H_2O_2 มีสมบัติในการฆ่าเชื้อจากการรบกวนสมดุลการนำเข้าอาหารเพื่อการเจริญของจุลินทรีย์และความเข้มข้นที่มากขึ้น ทำให้ผลการยับยั้งมากขึ้น ในขณะที่วันที่ 0 ของการเก็บรักษา ตรวจไม่พบจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคในทุกชุดการทดลอง เนื่องจากเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ร่วมกับการผสมน้ำแข็ง แล้วจึงนำไปต้ม

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิมากกว่า 95 องศาเซลเซียส ซึ่ง H_2O_2 มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อและความร้อนที่ใช้ในการต้มตั้งแต่ 70 องศาเซลเซียส ขึ้นไป (ภัทรชัย กีรติสิน และอมรรัตน์ ลีลาภรณ์, 2554) สามารถทำลายจุลินทรีย์ก่อโรค (*E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย) ได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยหลายฉบับที่ระบุว่าความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส (Ferreira et al., 2007), 95 องศาเซลเซียส (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, 2562) ทำลาย *E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรียได้

1.1.3 คุณภาพทางกายภาพ

เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเกิดการเน่าเสียจากการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนหมึกกล้วยด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในเนื้อหมึกเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นส่งผลให้โครงสร้างโปรตีนเกิดการเสียสภาพความสามารถในการยึดเหนี่ยวหรืออุ้มน้ำของโปรตีนเนื้อหมึกลดลง (สุมาลี เหลืองสกุล, 2541) ค่าแรงเฉือนที่ตรวจวัดได้ในเนื้อหมึกกล้วยจึงน้อยลงเมื่อเกิดการเน่าเสียมากขึ้น และเกิดการสูญเสียน้ำหนักจากการปลดปล่อยของเหลวที่โครงสร้างโปรตีนห่อหุ้มเอาไว้เมื่อครั้งยังสด เมื่อเกิดการเน่าเสียโครงสร้างโปรตีนถูกย่อยสลายจึงเกิดการปล่อยของเหลวที่ห่อหุ้มไว้ออกมาค่าการสูญเสียน้ำหนักจึงเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกับการศึกษาของ Mexis et al. (2009) ที่พบว่าเนื้อปลาเรนโบว์เทราท์ (*O. mykiss*) มีการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะเดียวกันการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจากเอนไซม์ในเนื้อหมึกและเอนไซม์จากจุลินทรีย์ส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นด่างระเหยมีสมบัติเป็นเบส เมื่อเกิดการเน่าเสียมากขึ้น ค่า pH ที่ตรวจวัดได้จึงมีค่าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Olivas et al. (2000) และ Palacio (2002) ที่พบว่าในเนื้อหมึก (*Dosidicus gigas*) แช่เย็นมีค่า pH ลดลงเล็กน้อยในช่วงแรกแล้วค่า pH จึงเพิ่มขึ้นไปจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา

เมื่อพิจารณาจากทุกชุดการทดลองพบว่าการใช้ H_2O_2 ในการล้างหมึกกล้วยก่อนการต้มสุกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเน่าเสียได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ได้ใช้ H_2O_2 ในการล้าง โดยการใช้ที่ 0.0075% H_2O_2 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเพิ่มขึ้นของค่า pH ได้และมีประสิทธิภาพในการชะลอการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ได้มีประสิทธิภาพที่สุด ทำให้ค่าแรงเฉือนมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ 0.0055 (RH55 และ CH55), 0.0035% H_2O_2 (RH35 และ RH35) และ ชุดการทดลองควบคุม (RN00, RC00 และ CC00) ตามลำดับ เนื่องจากสมบัติของ H_2O_2 ที่ใช้ในการล้างเนื้อหมึกกล้วยและความร้อนที่ใช้ในการต้มเนื้อหมึกไปชะลอการทำงานของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนให้ทำงานได้น้อยลงและทำงานได้ช้าลง ในขณะเดียวกันเกิดการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่เป็นสาเหตุหลักของการเน่าเสียได้จากความร้อนที่ใช้มากกว่า 75 องศาเซลเซียส (ภัทรชัย กีรติสิน และอมรรัตน์

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ลีลาภรณ์, 2554) และความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่ใช้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (Price & Lee, 1970) แต่การใช้ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นมากขึ้นส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น เนื่องจาก H_2O_2 ที่ความเข้มข้นมากเกินไปอาจมีผลต่อโครงสร้างโปรตีนและไขมันที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างกล้ามเนื้อในหมึกกล้วยจากการเกิดออกซิเดชันได้ (Krishnan et al., 2006; Kong & Davison, 1980; Jahnke & Lauth, 1997; Pedchoo et al., 2014) เมื่อเกิดการออกซิเดชันของไขมันที่แทรกระหว่างกล้ามเนื้อจึงเกิดช่องว่างระหว่างโครงสร้างขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง เนื้อหมึกกล้วยในชุดที่ใช้ H_2O_2 ที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจึงเกิดการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าชุดการทดลองที่ใช้ความเข้มข้นน้อยกว่า อย่างไรก็ตามการล้างหมึกกล้วยก่อนการต้มสุกช่วยชะลอการเน่าเสียได้ เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Alvarez et al. (2005) พบว่าเนื้อปลาคอด (*G. morhua*) ที่แช่ด้วย H_2O_2 ก่อนการทำเค็มมีค่า shear strength เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ Young et al. (1980) และ Srinivasan and Hultin (1995) ที่พบว่าเนื้อปลาแมคเคอเรล (*Scomber scombrus*) ที่แช่ด้วย H_2O_2 มีเนื้อแน่นขึ้น

1.1.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เนื้อหมึกกล้วยดิบวันแรกของการเก็บรักษา พบว่ามีลักษณะเนื้อใส ไม่มีเมือก มีกลิ่นคาวตามธรรมชาติ โดยความใสของเนื้อหมึกจะเพิ่มมากขึ้นตามความเข้มข้นของ H_2O_2 และเนื้อสัมผัสมีความเหนียวตามธรรมชาติ เมื่อเกิดการเน่าเสียเนื้อหมึกกล้วยดิบจะมีเมือกกลิ่นเหม็นเปรี้ยว และเนื้อสัมผัสนิ่มเละมากขึ้น ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในวันแรกของการเก็บรักษาในชุดการทดลอง CC00 มีสีขาว ไม่มีเมือก มีกลิ่นหมึกต้มชัดเจนและรสชาติหวานตามธรรมชาติ มีความเหนียวของเนื้อมาก เมื่อเกิดการเน่าเสียเนื้อหมึกเปลี่ยนจากสีขาวไปเป็นสีเหลืองมากขึ้น มีเมือกและกลิ่นหมึกต้มลดลง กลิ่นเค็มเพิ่มขึ้น กลิ่นรสหอมหวานน้อยลง เนื้อสัมผัสนิ่มเละ ในขณะที่ชุดการทดลองที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 ในวันแรกของการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้มมีความใส มีความยืดหยุ่นของเนื้อมากและมีกลิ่นรสหอมหวานเล็กน้อย โดยกลิ่นและกลิ่นรสหอมหวานลดลงเมื่อความเข้มข้น H_2O_2 ที่ใช้เพิ่มมากขึ้น เมื่อเกิดการเน่าเสียเนื้อหมึกที่ผ่านการล้างด้วย H_2O_2 มีสีเหลืองมากขึ้นแต่น้อยกว่าชุดการทดลองที่ล้างด้วยน้ำประปา CC00 และมีกลิ่นหอมหวานลดลง กลิ่นรสหอมหวานลดลงเนื้อสัมผัสนิ่มเละมากขึ้น เนื่องจากระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เกิดการเน่าเสียมากขึ้นจากการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนไมโอไฟบริล ซึ่งเป็นโปรตีนกลุ่มหลักในกล้ามเนื้อหมึกกล้วยซึ่งมีความยืดหยุ่นสูง ช่วยในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อให้หมึกเคลื่อนตัว (เกษม นันทชัย, 2526; สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) เมื่อเกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจากเอนไซม์ภายในเนื้อหมึกกล้วยเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นเกิดการเสียสภาพของโปรตีนและกรดอะมิโนเนื้อสัมผัสจึงนิ่มเละ (สุมาลี เหลืองสกุล, 2541)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

อีกทั้งเกิดการย่อยสลายสารประกอบโปรตีนที่มีไนโตรเจนและไม่ใช่ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ และเกิดการทำปฏิกิริยาของน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน โปรตีนและสารประกอบอื่นๆ ในเนื้อหมึกกล้วยเกิดผลผลิตที่ได้เป็นสารประกอบหลายชนิดที่ให้สีน้ำตาล (เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน, 2546) เนื้อหมึกกล้วยที่เกิดการเน่าเสียจึงมีสีเข้มขึ้น ขณะเดียวกันกลิ่นรสที่เปลี่ยนไปเกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณด่างระเหยซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการย่อยสลายโปรตีนด้วย

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชุดการทดลองที่ใช้และไม่ใช้ H_2O_2 พบว่า ในเนื้อหมึกกล้วยดิบ RH75 มีคะแนนความชอบทุกด้านมากที่สุด รองลงมาคือ RH55 RH35 RN00 และ RC00 ตามลำดับ ส่วนในเนื้อหมึกกล้วย้ตมสุก CC00 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น และกลิ่นรสมากที่สุด ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะตัวอย่างที่ล้างด้วย H_2O_2 ชุดการทดลอง CH35 มีคะแนนความชอบลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัสมากที่สุด รองลงมาคือ CH55 และ CH75 ตามลำดับ ส่วนความชอบด้านรสชาติและความชอบรวม CH75 มีคะแนนความชอบมากที่สุด รองลงมาคือ CH55 CH35 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองทางประสาทสัมผัสระหว่างชุดการทดลองที่ใช้และไม่ใช้ H_2O_2 ในการล้างหมึกกล้วยพบว่าการใช้ H_2O_2 ให้ผลชะลอการเน่าเสียได้ดีกว่า เนื่องจากสมบัติของ H_2O_2 ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุหลักของการเน่าเสียโดยไปรบกวนสมดุลการนำเข้าสารอาหารเพื่อการเจริญของจุลินทรีย์จึงลดการเจริญและลดการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ได้ (Krishnan et al., 2006) อีกทั้งมีสมบัติการเป็นสารออกซิไดซ์ที่ช่วยฟอกสี (Nagarajan et al, 2013a) เนื้อหมึกกล้วยให้มีความขาวและชะลอการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลได้ โดยพบว่าการใช้ H_2O_2 ที่ความเข้มข้น 0.0075% ให้ผลในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ดีที่สุดและยังเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค รองลงมาได้แก่ 0.0055, 0.0035% H_2O_2 และชุดการทดลอง-ควบคุม ตามลำดับ

1.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่เคลือบด้วยสารละลาย TEO

1.2.1 คุณภาพทางเคมี

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจากเอนไซม์ในเนื้อหมึกกล้วยเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น เกิดเป็นด่างระเหยได้ (TVB-N) ที่มีสมบัติเป็นเบส (Fan, Chai, & Zhang, 2008) และเกิดการเปลี่ยนแปลงสารรักษาความชื้นในสัตว์น้ำ TMAO ไปเป็น TMA-N ด้วยเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น (Gram & Huss, 1996) เมื่อเกิดการเน่าเสียมากขึ้นปริมาณด่างระเหยได้ทั้งสองชนิดจึงมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาในทุกชุดการทดลองพบว่าการใช้สารละลาย TEO ในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกให้ผลในการชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N และ TMA-N ได้ดีกว่าชุดการทดลองที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียวและชุดการทดลองที่ไม่ได้เคลือบสารละลาย เนื่องจาก TEO

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

มีสารประกอบฟีนอล 2 ชนิดคือ thymol และ carvacrol ที่มีสมบัติในการแซกซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์ไปรบกวนสมดุลภายในและภายนอกเซลล์ทำให้ผนังเซลล์ฉีกขาดเกิดการรั่วไหลของของเหลวภายในเซลล์จุลินทรีย์จึงไม่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนได้ (Burt, 2004) แต่การใช้ TEO ที่ความเข้มข้นน้อย (TM025) หรือมากเกินไป (TM075 และ TM100) ทำให้ปริมาณ TVB-N และ TMA-N มากกว่าชุดการทดลอง TM050 เนื่องจากปริมาณความเข้มข้นที่น้อยเกินไปประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของจุลินทรีย์เกิดได้น้อย ทำให้เกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยแล้วเกิด TVB-N และ TMA-N ได้มาก ในขณะที่การใช้ TEO ในปริมาณที่มากเกินไป อาจเร่งการเกิดการออกซิเดชันได้เร็วขึ้นเนื่องจาก TEO มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบส่งผลให้เกิดการเน่าเสียด้วยสาเหตุอื่นตามมา (Gray, 1978; สวามินี ธีระวุฒิ, 2559) ปริมาณ TVB-N และ TMA-N ที่ตรวจวัดได้จึงมีค่ามาก ในขณะที่ชุดการทดลองที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต (TA000) เพียงอย่างเดียวมีปริมาณ TVB-N และ TMA-N รองจาก TMC00 เนื่องจากการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตทำให้เกิดฟิล์มบางๆ ห่อหุ้มผิวหมึกกล้วยต้มสุก ช่วยคงสภาพโครงสร้างโปรตีนได้ระยะหนึ่ง เมื่อเกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยด้วยเอนไซม์จากจุลินทรีย์มากขึ้นปริมาณ TVB-N และ TMA-N จึงเพิ่มมากขึ้น โดยมีค่ามากรองจากชุดการทดลอง TMC00 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kusuma and Teerawut (2014) พบว่าเนื้อกุ้งขาว (*L. vannamei*) สุกที่เคลือบด้วยสารละลายน้ำมันหอมระเหยออริกาโน ช่วยชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TVB-N และ TMA-N ได้

เมื่อพิจาณาจากทุกชุดการทดลอง พบว่า 0.5% TEO ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้มีประสิทธิภาพที่สุด รองลงมา ได้แก่ 0.75, 0.1 0.25% TEO, 0.002% alginate และชุดการทดลองคสบคุม ตามลำดับ

1.2.2 คุณภาพทางจุลชีววิทยา

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเน่าเสียมากขึ้น โดยเกิดจากการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยด้วยเอนไซม์ที่อยู่ในเนื้อหมึกกล้วยเอง ทำให้โมเลกุลโปรตีนที่มีขนาดใหญ่เล็กลงแล้วจุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญ ต่อมาจุลินทรีย์สร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยอีกครั้งหนึ่งทำให้โมโลกุลโปรตีนมีนาดเล็กลงอีก และจุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญได้อีก (Fraser & Sumar, 1998; Gray et al., 1983; Mazorra et al., 2000) เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกจึงเกิดการเน่าเสียมากขึ้น เมื่อพิจารณาในทุกชุดการทดลองพบว่าชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าชุดการทดลอง

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% และชุดการทดลองควบคุมที่ไม่ผ่านการเคลือบสารละลาย เนื่องจาก TEO มีสารประกอบฟีนอลสองชนิด คือ thymol และ carvacrol ที่มีหมู่ OH^- ทำให้สามารถซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์เข้าไปรบกวนสมดุลภายในและภายนอกเซลล์จึงเกิดผนังเซลล์ฉีกขาด ของเหลวภายในเกิดการรั่วไหลจุลินทรีย์ไม่สามารถรักษาสมดุลได้จึงไม่สามารถเจริญและเพิ่มจำนวนได้ (Burt, 2004) โดยประสิทธิภาพของสารละลาย TEO ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มีมากขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้การใช้ความเข้มข้นของสารละลาย TEO ที่มากเกิดไปอาจทำให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันได้มากขึ้น เนื่องจากสารละลาย TEO มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบ (Gray, 1978; สวามินี ธีระวุฒิ, 2559)

ดังนั้น TM050 (0.5% TEO) จึงเป็นชุดการทดลองที่มีประสิทธิภาพในการชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีสุด รองลงมาคือ TM075 (0.75% TEO) TM100 (1% TEO) TM025 (0.25% TEO) ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนต 0.002% (TA000) จากสมบัติการยับยั้งจุลินทรีย์ในกลุ่มที่เจริญได้ในอุณหภูมิต่ำ และสมบัติการเกิดฟิล์มที่เคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกไว้ในลักษณะแผ่นฟิล์มบางๆ สามารถช่วยชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ระยะหนึ่งทำให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าชุดการทดลองควบคุม ในขณะที่จุลินทรีย์ก่อโรค (*E. coli* และโคลิฟอร์มแบคทีเรีย) วันที่ 0 ของการเก็บรักษาตรวจไม่พบในทุกชุดการทดลอง เนื่องจากเนื้อหมึกกล้วยสุกผ่านการต้มด้วยความร้อนมากกว่า 95 องศาเซลเซียส ซึ่งจุลินทรีย์ก่อโรคสามารถถูกทำลายได้ตั้งแต่ความร้อน 70 องศาเซลเซียส ขึ้นไป (ภัทรชัย กีรติสิน และอมรรัตน์ ลีลาภรณ์, 2554)

1.2.3 คุณภาพทางกายภาพ

เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีการเน่าเสียมากขึ้น โดยเกิดการย่อยสลายของโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยซึ่งมีโปรตีนไมโอไฟบริลเป็นองค์ประกอบหลัก (สุทธวัฒน์ เบญจกุล, 2554) เมื่อเกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนจากเอนไซม์ของเนื้อหมึกกล้วยเองหรือเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ส่งผลให้เกิดปริมาณด่างระเหยที่มีสมบัติเป็นเบสเพิ่มมากขึ้น ค่า pH ในเนื้อหมึกกล้วยที่ตรวจวัดได้จึงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดการเน่าเสียมากขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Palacio (2002) และ Olivas et al. (2000) พบว่าเนื้อหมึก (*Loligo bleekert*) แช่เย็นมีค่า pH ลดลงในช่วงแรกและมีค่า pH เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ในขณะที่โครงสร้างโปรตีนถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์และเกิดการออกซิเดชันของไขมันที่แทรกตามกล้ามเนื้อหมึกกล้วย ทำให้โครงสร้างโปรตีนเกิดการคลายตัวและเกิดช่องว่างขึ้น น้ำที่ถูกห่อหุ้มเอาไว้เมื่อโครงสร้างโปรตีนยังแข็งแรงอยู่จึงถูกปลดปล่อยออกมา (นงลักษณ์ สุทธิวนิช, 2531)

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมากขึ้น ค่าแรงเฉือนน้อยลง (สุมาลี เหลืองสกุล , 2541) และเนื้อหมึกกล้วยที่เกิดการเน่าเสียมากขึ้นมีค่าความสว่าง (L*) ลดลง เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีความขาวน้อยลง มีสีเขียว (a* เพิ่มมากขึ้น) และเหลือง (b* ลดลง) เพิ่มมากขึ้น ((Young & Whittle, 1985) ตามการเน่าเสีย เมื่อพิจารณาจากทุกชุดการทดลองพบว่าการใช้สารละลาย TEO ในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้จากสารประกอบฟีนอลใน TEO คือ thymol และ carvacrol ที่ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ (Burt, 2004) จึงช่วยลดการสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนได้ การเพิ่มขึ้นของค่า pH และการสูญเสียน้ำหนัก การลดลงของค่าแรงเฉือนในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกจึงเกิดช้าลง ในขณะเดียวกัน TEO ยังมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดการเกิดการออกซิเดชันของไขมันได้ถ้าใช้ในปริมาณที่เหมาะสม จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีได้น้อยลง แต่การใช้ TEO ในปริมาณน้อยเกินไปประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มีน้อย การเน่าเสียจึงมาก ในขณะเดียวกันการใช้ความเข้มข้นของ TEO ที่มากเกินไปอาจไปเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เกิดเร็วขึ้น ทำให้เกิดการเน่าเสียได้เร็วขึ้น เนื่องจาก TEO มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบ

ดังนั้นในกลุ่มที่ใช้สารละลาย TEO ชุดการทดลอง TM050 จึงมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก รองลงมาคือ TM075 TM100 และ TM025 ตามลำดับ ขณะที่ TA000 ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพได้ดีกว่า TMC00 แต่มีประสิทธิภาพน้อยกว่าชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO เนื่องจากอัลจิเนตมีสมบัติมีผลในการเคลือบที่ให้ลักษณะเป็นฟิล์มบางๆ ของอัลจิเนตบริเวณผิวเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก และอัลจิเนตมีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (สวามินี ธีระวุฒิ และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน , 2557) ในเนื้อหมึกกล้วยได้ ทำให้การย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนของเนื้อหมึกกล้วยจากเอนไซม์ของจุลินทรีย์เกิดช้ากว่า TMC00 เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Jonki et al.(2014) ที่พบว่าน้ำมัน-หอมระเหยไธม์และน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในปลาเรนโบว์เทราท์ได้

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

1.2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกในวันแรกของการเก็บรักษาทุกชุดการทดลองมีสีขาว ไม่มีเมือก โดย TMC00 (ไม่ผ่านการเคลือบสารละลาย) และ TA000 (เคลือบสารละลายอัลจิเนต 0.002%) มีกลิ่นหอมหวาน รสชาติหวานเล็กน้อย เนื้อสัมผัสมีความเหนียวมาก เมื่อเกิดการเน่าเสีย ความขาวของเนื้อหมึกกล้วยลดน้อยลงมีความเหลืองมากขึ้น มีเมือกมากและเนื้อสัมผัสนิ่มเละ ส่วนชุดการทดลองที่ผ่านการเคลือบสารละลาย TEO (TM025 TM050 TM075 และ TM100) ในวันแรกของการเก็บรักษาเนื้อหมึกกล้วยมีสีขาว ไม่มีเมือก มีกลิ่นมิ้นต์และรสเผ็ดมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของ TEO เพิ่มมากขึ้น เนื้อสัมผัสมีความเหนียวมาก เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษา-นานขึ้นสีเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO มีสีขาวลดลงเล็กน้อย มีสีเหลืองอมเขียวเพิ่มมากขึ้น มีกลิ่นมิ้นต์และรสเผ็ดลดลง มีความหวานของเนื้อหมึกกล้วยเพิ่มขึ้นก่อนที่รสชาติหวานของเนื้อหมึกลดลงแล้วจึงให้รสจืดตามมา เนื่องจากระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนไมโอไฟบริลจากเอนไซม์ภายในเนื้อหมึกกล้วยเองและเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ส่งผลให้โครงสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนเกิดการเสียสภาพ เนื้อสัมผัสของหมึกกล้วยต้มสุกจึงนิ่มเละ (สุมาลี เหลืองสกุล, 2541) กลิ่นรสเปลี่ยนไปจากปริมาณด่างระเหยได้ที่เกิดขึ้น (Fan, Chai & Zhang, 2008) อีกทั้งการเกิดปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์กับกรดอะมิโน โปรตีนและสารประกอบอื่นๆ ในเนื้อหมึกกล้วยเกิดผลผลิตที่เป็นสารประกอบหลายชนิดที่ให้สีน้ำตาล (เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน, 2546) เนื้อหมึกกล้วยที่เกิดการเน่าเสียจึงมีสีเข้มมากขึ้น เมื่อพิจารณาจากทุกชุดการทดลองพบว่าเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO มีคะแนนความชอบทางด้านประสาทสัมผัสดีกว่าชุดการทดลอง TMC00 และ TA000 เนื่องจากใน TEO มีสารประกอบฟีนอล 2 ชนิด คือ thymol และ carvacrol ที่มีสมบัติการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ทำให้ลดการเกิดการย่อยสลายโครงสร้างโปรตีนเนื้อหมึกกล้วยจากเอนไซม์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ในขณะเดียวกันการใช้ความเข้มข้นของ TEO ที่มากเกินไปอาจไปเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เกิดเร็วขึ้น ทำให้เกิดการเน่าเสียได้เร็วขึ้น เนื่องจาก TEO มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบ (Gray, 1978; สวามินี ธีระวุฒิ, 2559) ดังนั้นชุดการทดลอง TM050 จึงมีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ดีที่สุด รองลงมาคือ TM075 TM100 และ TM025 ตามลำดับ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Shadman et al. (2017) ที่พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยไธม์ร่วมกับเทคนิคนาโนอีมัลชันสามารถชะลอการเกิดการออกซิเดชันของไขมันได้และช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และเพิ่มการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นและรสของ

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ปลาเรนโบว์เทราท์ได้ แต่การใช้ความเข้มข้นที่มากเกินไปทำให้มีผลต่อรสสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้

นอกจากนี้จากผลการทดลองพบว่า การเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกด้วย TEO มีอายุการเก็บรักษาน้อยกว่าเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่เตรียมจากการล้างเนื้อหมึกกล้วยดิบด้วยสารละลาย H_2O_2 เพียงอย่างเดียว เนื่องจาก TEO มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบ อาจเร่งการเกิดการออกซิเดชันในเนื้อหมึกกล้วยแล้วซึ่งไปกระตุ้นให้ปฏิกิริยาการเน่าเสียอื่นตามมา แต่การเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกด้วย TEO ให้กลิ่นรสหอมหวานในเนื้อหมึกกล้วยได้ดีกว่าการล้าง H_2O_2 เพียงอย่างเดียว

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

2. สรุปผลการทดลอง

การล้างหมึกกล้วยด้วย H_2O_2 มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหมึกกล้วยดิบและต้มสุกได้มากกว่าชุดการทดลองควบคุม โดยมีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพได้มากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ H_2O_2 มากขึ้นและการใช้สารละลาย 0.0075% H_2O_2 ในการล้างหมึกกล้วยดิบก่อนการต้มสุก พบว่าให้ผลมากที่สุด โดยช่วยยับยั้งการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากที่สุดและได้รับคะแนนความชอบรวมจากผู้ทดสอบมากที่สุด เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัยในการบริโภค (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 6 log CFU/ g) ในการกำหนดอายุการเก็บรักษาพบว่าเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ล้างด้วย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% สามารถเก็บรักษาได้มากที่สุด คือ มากกว่า 12 วัน รองลงมาคือ 0.0055, 0.0035% H_2O_2, การล้างด้วยน้ำประปาและไม่ผ่านการล้าง มีอายุการเก็บรักษา 8, 6, 4 และ 2 วัน ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกทุกชุดการทดลองมีอายุการเก็บรักษามากกว่า 16 วัน

การใช้สารละลาย TEO ในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้ดีกว่าการเคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตเพียงอย่างเดียวและการไม่เคลือบสารละลาย โดยสารละลายน้ำมันหอมระเหยไธม์ที่ความเข้มข้น 0.5% มีประสิทธิภาพในการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก ทั้ง 4 ด้าน ได้ดีที่สุด คือ มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และได้รับคะแนนความชอบรวมจากผู้ทดสอบมากที่สุด แต่การใช้ TEO ที่ความเข้มข้นมากเกินไป (0.75% และ 1%) อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเกิดเร็วขึ้น เมื่อพิจารณาจากความปลอดภัยของผู้บริโภค (จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ไม่เกิน 6 log CFU/ g) ในการกำหนดอายุการเก็บรักษาพบว่า เนื้อหมึกกล้วยต้มสุกเคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.5% มีอายุการเก็บรักษา 14 วัน รองลงมา คือ ความเข้มข้นน้ำมันหอมระเหยไธม์ 0.75, 1 และ 0.25%

มีอายุการเก็บรักษา 12 10 และ 10 วัน ตามลำดับ ส่วนเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่เคลือบด้วยสารละลายอัลจิเนตและที่ไม่ผ่านการเคลือบสารละลายมีอายุการเก็บรักษา 10 และ 6 วัน ตามลำดับ

การล้างเนื้อหมึกกล้วยดิบด้วย 0.0075% H_2O_2 จากนั้นนำเนื้อหมึกไปต้มให้สุกแล้วเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกด้วย 0.5% TEO สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้ อีกทั้งเพิ่มกลิ่นรสหอมหวานในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกได้อีกด้วย

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ความเข้มข้น 0.0075% H_2O_2 ที่ใช้ในการล้างเนื้อหมึกกล้วย มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหมึกกล้วยก่อนการแปรรูปในระดับอุตสาหกรรมได้

3.2 ความเข้มข้น 0.5% TEO ที่ใช้ในการเคลือบเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเนื้อหมึกกล้วยพร้อมบริโภคในระดับอุตสาหกรรมได้

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

บรรณานุกรม

Aewsiria, T., Benjakula, S., & Visessanguanb, W. (2009). Functional properties of gelatin from cuttlefish (*Sepia pharaonis*) skin as affected by bleaching using hydrogen peroxide. *Food Chemistry, 115*(1), 243-249.

Alfonso, C. O. P., Romero, D. M., Zapata, P. J., Serrano, M., Valero, D., & Castillo, S. (2012). The effects of essential oils carvacrol and thymol on growth of *Penicillium digitatum* and *P. italicum* involved in lemon decay. *International Journal of Food Microbiology, 158*, 101-106.

Alvarez, O. M., Borderías, J., & Guillén, M. C. G. (2005). Use of hydrogen peroxide and carbonate/bicarbonate buffer for soaking of bacalao (salted cod). *European Food Research and Technology, 221*, 226-231.

American Industrial Hygiene Association (AIHA). (1957). *Hydrogen peroxide*. Retrieved from https://www.osha.gov/dcsp/alliances/aiha/aiha.html

AOAC. (1994). AOAC Official Method 991.14 Coliform and *Escherichia coli* count in foods. *J. AOAC, 74*, 635.

AOAC. (1995). Official Methods of analysis (16th ed.). Association of Official analytical chemist: Arlington Virginia.

Atrea, I., Papavergou, A., Amvrosiadis, I., & Savvaidis, I. N. (2009). Combined effect of vacuum-packaging and oregano essential oil on the shelf-life of Mediterranean octopus (*Octopus vulgaris*) from the Aegean sea stored at 4 °C. *Food Microbiology, 26*(2), 166-172.

Back, K. H., Ha, J. W., & Kang, D. H. (2014). Effect of hydrogen peroxide vapor treatment for inactivating *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on organic fresh lettuce. *Food Control, 44*, 78-85.

Block, S. S. ((Ed.). 2001). *Disinfection, sterilization and preservation*, Lopincott, Williams & Wilins, New York, pp. 41, 195.

Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in food a review. *International journal of food microbiology, 94*(3), 223-253.

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

CalForLife. (2015). *พลังงานและสารอาหารจาก Squid, mixed species, raw (ปลาหมึก).* เข้าถึงได้จาก http://www.calforlife.com/th/calories/squid-mixed-species-raw

Canadian Centre for occupational health and safety (CCOHS). (1998). *การใช้ไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์ในอุตสาหกรรมอาหาร.* เข้าถึงได้จาก https://www.ccohs.ca/

Capillas, C. R., Moral, A., Morales, J., & Montero, P. (2002). Characterisation of non-protein nitrogen in the Cephalopods volador (*Illex coindetii*), pota (*Todaropsis eblanae*) and octopus (*Eledone cirrhosa*). *Food Chemistry, 76*(2), 165-172.

Chen, G., & Youling, Y. L. (2008). Shelf-stability enhancement of precooked red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) tails by modified $CO_2/O_2/N_2$ gas packaging. *LWT-Food Science and Technology, 41*, 1431-1436.

Donnelly, T. H., & McGinnis, R. S. (1977). Gelatin manufacture; peroxide liquefaction process. *US Patent, 4*(43), 996.

El-Obeid, T., Yehia, H., Sakkas, H., Lambrianidi, L., Tsiraki, M. I., Ioannis, N., & Savvaidis, I. N. (2018). Shelf-life of smoked eel fillets treated with chitosan or thyme oil. *Int. J. Food Micro, 114*, 578-583.

Erkan, N. (2012). The effect of thyme and garlic oil on the preservation of vacuum-packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food and Bioprocess Technology, 5*(4), 1246-1254.

Fan, W., Chai, Y., & Zhang, S. (2008). The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) during storage in ice. *Food Chemistry, 108*, 148-153.

Ferreira, S., Landeiro, M., Rogeria, A., & Ana, N. (2007). Hazards and critical control points in Brazilian seafood dish preparation. *Food Control, 18*, 513-520.

Fraser, O., & Sumar, S. (1998). Compositional changes and spoilage in fish - an introduction. *Nutrition & Food Science, 98*(5), 275-279.

Gram, L., & Huss, H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *Int. J. Food Micro, 33*, 121-137.

Gray, J. I. (1978). Measurement of lipid oxidation a review. *J. Am. oil. Chem. Soc., 55*(6), 539-546.

Gray, R. J. H., Hoover, D. G., & Mur, A. M. (1983). Attenuation of microbial growth on modified atmosphere-packaged fish. *J. Food. Prot., 46*(9), 600-613.

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

Haard, N. F. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International, 25*(4), 289-307.

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.

Haute, S. V., Raes, K., Meeren, P. V., & Sampers, I. (2016). The effect of cinnamon, oregano and thyme essential oils in marinade on the microbial shelf life of fish and meat products. *Food Control, 68*, 30-39.

Haute, S. V., Raesa, K., Devlieghereb, F., & Sampersa, I. (2017). Combined use of cinnamon essential oil and MAP/vacuum packaging to increase the microbial and sensorial shelf life of lean pork and salmon. *Food Packaging and Shelf Life, 12*, 51-58.

Hebard, C. E., Flick, G. J., & Martin, R. E. (1982). Occurrence and significance of trimethylamine oxide and its derivatives in fish and shellfish. *In Chemistry and Biochemistry of Marine Food Product. (Martin, R. E., Flick, G. J. & Ward, D. R., eds.).* , p. 149-304. AVI Publishing Company. New York.

Hurtado, J. L., Montero, P., & Borderias, A. J. (2001). Chilled storage of pressurized octopus *(Octopus vulgaris)* muscle. *Journal of Food Science, 66*(3), 400-406.

Ito, A., Sato, Y., Kudo, S., Sato, S., Nakajima, H., & Toba, T. (2003). The screening of hydrogen peroxide-producing lactic acid bacteria and their application to inactivating Psychrotrophic food-borne pathogens. *Food-Borne Pathogens. Current Microbiology, 47*(3), 0231-0236.

Jahnke, M., & Lauth, G. (1997). Room decontamination with hydrogen peroxide vapor. *In the research areas, rooms that are Pharm. Ind, 58*(11).

Jay, J. M. (1992).). Modern food microbiology 4th Ed. Pagges 199-233. Van Nostand Reinhold, New York.

Jouki, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., Koocheki, A., & Khazaei, N. (2014). Effect of quince seed mucilage edible films incorporated with oregano or thyme essential oil on shelf life extension of refrigerated rainbow trout fillets. *Int. J. Food Microbiol., 174*, 88-97.

Ke, P. J., Burns, B. G., & Woyewoda, A. D. (1984). Recommended procedures anf guidelines for quality evaluation of Atlantic short – fin squid (*Illex illecebrosus*). *Lebensm. Wiss. Technol., 17*, 276-281.

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

Kilcast, D., Cathro, J., & Morris, L. (1996). Practical approaches to increasing vegetable consumption. *Nutrition & Food Science, 96*(5), 48-51.

Kong, S., & Davison, A. J. (1980). The role of interactions between O_2, H_2O_2, OH, e^- and O_2^- in free radical damage to biological systems. *Archives of Biochemistry and Biophysics, 204*(1), 18-29.

Konica Minolta. (2016). *Colour.* Retrieved from https://www.fi.muni.cz/for-partners/presentation-KonicaMinolta-20.pdf

Krishnan, J., Berry, J., Fey, G., & Wagener, S. (2006). Vaporized hydrogen peroxide-based biocontamination of a high-containment laboratory under negative pressure. *Applied Biosafety, 11*(2), 74-80.

Kusuma, B., & Teerawut, S. (2014). Shelf-life extension of pre-cooked shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by oregano essential oil during refrigerated storage: chemical and sensorial attributes. *Burapha Sci. J, 19*(SUPPPL), 71-77.

Lawless, H. T., & Heymann, H. (1998). Sensory evaluation of food. *Springer-Verlag New York, 2*, 1-18.

Li, M. H., Robinson, E. H., Oberle, D. F., Lucas, P. M., & Bosworth, B. G. (2012). Evaluation of corn gluten feed and cottonseed meal as partial replacements for soybean meal and corn in diets for pond-raised hybrid catfish, *Ictalurus punctatus * I. furcatus. J. World Aquacult. Soc., 43*(1), 107-113.

Liu, w., Zhang, Y., Cui, N., & Wang, T. (2019). Extraction and characterization of pepsin-solubilized collagen from snakehead (*Channa argus*) skin: Effects of hydrogen peroxide pretreatments and pepsin hydrolysis strategies. *Process Biochemistry, 76*, 197-202.

Mazorra, M. A. M., Aguilar, R. P., Rojas, E. I., & Sanchez, M. E. (2000). Postmortem changes in black skipjack muscle during storage in ice. *J. Food. Sci, 65*(5), 774-779.

Massa, A. E., Paredi, M. E., & Crupkin, M. (2003). A chemical assessment of freshness in stored adductor muscle from scallops. Braz. *J. Chem. Eng., 20*(2), 147-152.

Mastromatteo, A., Danza, A., Conte, A., Muratore, G., & Nobile, M. A. (2010). Shelf life of ready to use peeled shrimps as affected by thymol essential oil and modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Microbiology, 144*, 250-256.

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

Mazorra, M. A. M., Aguilar, R. P., Rojas, E. I., & Sanchez, M. E. (2000). Postmortem changes in black skipjack muscle during storage in ice. *J. Food. Sci, 65*(5), 774-779.

McDonnell, G., & Russell, A. D. (1999). Antiseptics and disinfectants: Activity, action, and resistance. *Clinical Microbiology Reviews, 12*, 147-179.

Mexis, S. F., Chouliara, E., & Kontominas, M. (2009). Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4°C. *Food Microbiology, 26*(6), 598-605.

Mohammad, I. A., & Mustafa, S. Z. (2013). Abdulqader ameliorative effect of the aqueous extract of zingiber officinale on the cadmium-induced liver and kidney injury in female rats. *Jordan. J. Biol. Sci., 6*, 231-234.

Nagarajan, M., Benjakul, S., Prodpran, T., & Songtipya, P. (2013). Effects of bleaching on characteristics and gelling property of gelatin from splendid squid *(Loligo formosana)* skin. *Food Hydrocolloids, 32*, 447-452.

Nagarajan, M., Benjakul, S., Prodpran, T., Songtipya, P., & Nuthong, P. (2013). Film forming ability of gelatins from splendid squid (*Loligo formosana*) skin bleached with hydrogen peroxide. *Food Chemistry, 138*, 1101-1108.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (1996). *NIOSH Respirator User Notices Subject: All Users of Type CE, Abrasive-blast Supplied-air Respirators.*

Neetoo, H., Ye, M., & Chen, H. Q. (2010). Bioactive alginate coating to control *Listeria monocytogenes* on cold-smoked salmon slices and fillets. *Int. J. Food Microbiol., 136*, 326-331.

Okusumi, M., & Fujii, T. (2000). Nutrition and functional properties of squid and cuttlefish. *National Cooperative Association of squid Processors*. Tokyo.

Olivas, R. R., Sandez, O. R., Haard, N. F., Aguilar, R. P., & Brauer, J. M. E. (2000). Changes in firmness and thermal behavior of ice-stored muscle of jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *European Food Research and Technology, 219*(4), 312-315.

Ozogul, Y., Yuvka, I., Ucar, Y., Durmus, M., Kosker, R. A., Oz, M., & Ozogul, F. (2017). Evaluation of effects of nanoemulsion based on herb essential oils (rosemary, laurel, thyme and sage) on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during ice storage. *LWT - Food Science and Technology, 75*, 677-684.

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

Palacio, E. F. M. (2002). *Comportamiento bioquímico postmortem del calamar gigante (Dosidicus gigas) almacenado en hielo y su relación con parámetros de calidad.* (Master's thesis), Hermosillo, Sonora, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD).

Pedchoo, S., Chaikittipor, C., Pruktharathikul, V., Luksamijarulkul, P., Singhakajen, V., & Kolladarungkri, T. (2014). *Evaluation of the efficacy of Hydrogen peroxide vapour for operating room air microbial decontamination*. Retrieved from http://www.vali-tech.net/home/article-read.php?ArticleId=7

Price, R. J., & Lee, J. S. (1970). Inhibition of *Pseudomonas* sp. by hydrogen peroxide producing lactobacilli. *Journal of milk food technology, 31*, 13-18.

Rahimabadi, E. Z., & Divband, M. (2012). The effects of coating and *Zataria multiflora* Boiss essential oil on chemical attributes of silver carp fillet stored at 4°C. *International Food Research Journal, 19*(2), 685-690.

Sapers, G. M., Miller, R. L., Jantscheke, M., & Mattrazzo, A. M. (2000). Factors limiting the efficacy of hydrogen peroxide washes for decontamination of apples containing *Escherichia coli. J. Food Sci. , 65*, 529-532.

Shadman, S., Hosseini, S. E., Langroudi, H. E., & Shabani, S. (2017). Evaluation of the effect of a sunflower oil-based nanoemulsion with *Zataria multiflora* Boiss. essential oil on the physicochemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during cold storage. *LWT - Food Science and Technology, 79*, 511-517.

Shi, Y., Davis, K. J., Zhang, F., Duffy, C. J., & Yu, X. (2014). Parameter estimation of a physically-based land surface hydrologic model using the ensemble Kalman filter: A synthetic experiment. *Water Resources Research, 50*, 706-724.

Song, Y., Liu, L., Shen, H., You, J., & Luo, Y. (2011). Effect of sodium alginate-based edible coating containing different anti-oxidants on quality and shelf life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control, 22*(3-4), 608-615.

Sriket, C., Benjakul, S., Visessanguan, W., Hara, K., Yoshida, A., & Liang, X. (2012). Low molecular weight trypsin from hepatopancreas of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*): Characteristics and biochemical properties. *Food Chemistry, 134*(1), 351-358.

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

Srinivasan, S., & Hultin, H. O. (1995). Hydroxyl radical modification of fish muscle proteins. *J. Food Biochem, 18*, 405-425.

Sungsri-in, R. (2010). *Development of pink color of squid and the effect of chemical treatment on physico-chemical changes of squid during frozen storage.* Master's thesis, Food Science and Technology, Prince of Songkla University.

Valverde, J. C., Llorens, S. M., Vidal, A. T., Jover, M., Rodríguez, C., Estefanell, J., & Gairín, J. I. (2013). Amino acids composition and protein quality evaluation of marine species and meals for feed formulations in cephalopods. *Aquaculture International, 21*(2), 413-433.

Vaught, K. C., Abbott, T. R., & Boss, K. J. (1989). *A classification of the living Mollusca*. American Malacologists: Melbourne. 12, p. 195.

Wang, Q., Lei, J., Ma, J., Yuan, G., & Sun, H. (2017). Effect of chitosan-carvacrol coating on the quality of Pacific white shrimp during iced storage as affected by caprylic acid. *International Journal of Biological Macromolecules, Accessed Aug, 1*, 2017.

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.

Young, K. W., Neumann, S. L., McGill, L. A. S., & Hardy, R. (1980). The use of dilute solutions of hydrogen peroxide to whiten fish flesh, in Connell, J. J. (Ed.), *Advances in Fish Science and Technology* (pp. 242-250). UK: Fishing New Book.

Young, K. W., & Whittle, K. J. (1985). Colour measurement of fish minces using Hunter L,a,b values. *J sci. Food. Agric., 36*, 383-392.

Zhang, B., Ma, L. K., Deng, S. G., Xie, C., & Qiu, X. H. (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*.

Zhang, Y., Li, D., Lv, J., Li, Q., Kong, C., & Luo, Y. (2017). Effect of cinnamon essential oil on bacterial diversity and shelf-life in vacuum-packaged common carp (*Cyprinus carpio*) during refrigerated storage. *International Journal of Food Microbiology, 249*, 1-8.

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

เกษม นันทชัย. (2526). *กล้ามเนื้อและเนื้อสัตว์*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. เอกสารประกอบการสอน.

เนตรนรินทร์ ขุนสูงเนิน. (2546). *การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลานิลซึ่งเก็บรักษาภายใต้การปรับเปลี่ยนบรรยากาศ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

กรมประมง. (2555). *หมึก*. เข้าถึงได้จาก https://www.fisheries.go.th/cstrang/index.php?option=com_content&view=article&id=65&Itemid=66

กรมประมง. (2556). *ชีววิทยาหมึก*. เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/cs-trang/index.php?option=com_content&view=article&id=65&Itemid=66

กลุ่มเศรษฐกิจประมง กรมประมง. (2558). *รายงานสถานการณ์สินค้าหมึก*. เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th/strategy/fisheconomic /pages/Cuttlefish.html

กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กองประมงต่างประเทศ. (2557). *รายงานสถานการณ์สินค้าหมึก*. เข้าถึงได้จาก http://www.fisheries.go.th

กองควบคุมอาหาร. (2552). *เรื่อง มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทาให้เกิดโรค*. เข้าถึงได้จาก http://www.fda.moph.go.th/sites/food/law1/food_law.pdf

กองควบคุมอาหาร. (2556). *เรื่อง มาตรฐานอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค*. เข้าถึงได้จาก http://elib.fda.moph.go.th/fulltext2/กฎหมาย/กองควบคุมอาหาร/ประกาศกระทรวงสาธารณสุข/56/364.pdf

จีรวรรณ มณีโรจน์, และจิราพร รุ่งเลิศเกรียงไกร. (2558). *ผลของอินูลินที่มีต่อความคงตัวของอิมัลชั่นคุณภาพทางเคมีและกายภาพในแบตเตอร์จากเนื้อปลาบด*. กรุงเทพฯ : ระบบบริหารจัดการงานวิจัยแห่งชาติ (NRMS).

นงลักษณ์ สุทธิวนิช. (2531). *คุณภาพสัตว์น้ำ*. สงขลา: ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นฤมล มาแทน. (2550). สารกันบูดทางธรรมชาติ น้ำมันหอมระเหย. *วารสารอาหาร*, *37*(2), 127-132.

นฤมล มาแทน. (2561). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์. เข้าถึงได้จาก https://essentialoil.wu.ac.th/wp-content/uploads/2018/01/82386_ปัจจัยที่ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโต.pdf

นฤมล อัศวเกศมณี. (2550). *การเก็บถนอมสัตว์น้ำ*. สงขลา: สำนักพิมพ์คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

บุษกร อุตรภิชาติ. (2555). *จุลชีววิทยาทางอาหาร* (พิมพ์ครั้งที่ 5). สงขลา: นำศิลป์โฆษณา สาขาหาดใหญ่.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. (ม.ป.ป.). *Haemocyanin / ฮีโมไซยานิน*. เข้าถึงได้จาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/5110/haemocyanin-ฮีโมไซยานิน

พิมพร ลีลาพรพิสิฐ. (2545). *สุคนธบำบัด (Aromatherapy)*. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม, คณะเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภัทรชัย กีรติสิน, และอมรรัตน์ ลีลาภรณ์. (2554). *โรคติดเชื้อเอนเทอโรฮีโมเรจิก อีโคไลระบาดในประเทศไทยเยอรมนี*. *ธรรมศาสตร์เวชสาร, 11*(3), 472-476.

ศศิกานต์ ศิริมา. (2556). *คำจำกัดความและจุดมุ่งหมายของการทดสอบทางประสาทสัมผัส*. เข้าถึงได้จาก https://www.gotoknow.org/posts/554706.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการทดสอบผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเพื่อการผลิตสัตว์. (2556). *ออริกาโน (Oregano)*. เข้าถึงได้จาก http://nrtdc.agri.kps.ku.ac.th/herb/oricano.pdf

สวามินี ธีระวุฒิ. (2559). *Seafood Chemistry*. ชลบุรี: ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. เอกสารประกอบการสอน.

สวามินี ธีระวุฒิ, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2554). *การยืดอายุการเก็บรักษาหอยนางรมสดแกะเปลือกโดยการดัดแปรสภาวะการเก็บรักษา (ปีที่ 2 : การปรับสภาวะบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์)*. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2554. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สวามินี ธีระวุฒิ, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2557). *การยืดอายุการเก็บรักษาหอยแมลงภู่สุกด้วยการเคลือบอัลจิเนตผสมสารกันหืนร่วมกับการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศ: ผลของสารละลายอัลจิเนตผสมสารกันหืน*. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2557. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สวามินี ธีระวุฒิ, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2561ข). ผลของการใช้น้ำแข็งแข็งผสมน้ำมันหอมระเหยไธม์ต่อการรักษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพของกุ้งขาว. *แก่นเกษตร, 46*, 1059-1066.

สวามินี ธีระวุฒิ, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2561ก). *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ การประยุกต์ใช้การเคลือบวิตามินซีและชาเขียวและการปรับสภาพบรรยากาศในบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมึกต้ม: การเคลือบวิตามินซีและชาเขียว*. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2561. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

สวามินี ธีระวุฒิ, และปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน. (2562). *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการประยุกต์ใช้น้ำแข็งที่ผสมกรดอินทรีย์จากธรรมชาติเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาหมึกกล้วย*. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัยทุนอุดหนุน งบประมาณแผ่นดิน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2561. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สวามินี ธีระวุฒิ, ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, และรัชดาภรณ์ อาจพงษ์. (2559). ชาเขียวและวิตามินซีกับการชะลอการเสื่อมคุณภาพของเนื้อหอยแมลงภู่สุก: คุณภาพทางเคมีและจุลชีววิทยา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 21*(2), 1-16.

สวามินี ธีระวุฒิ, ปฏิยุทธ์ ขวัญอ่อน, อรัชพร บุญสัน, และพรพิพัฒน์ เล็กสิงห์โต. (2560). ผลของการบรรจุแบบปรับสภาพบรรยากาศต่อลักษณะทางกายภาพ และจุลชีววิทยาของกุ้งขาวสุกเคลือบสารละลายชาเขียวและโซเดียมแอสคอร์เบต. *แก่นเกษตร, 45*(ฉบับพิเศษ 1), 921-928.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมศุลกากร. (2561). *สถิติการส่งออกหมึกและผลิตภัณฑ์รวม*. เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/

สำนักงานกองทุนสร้างเสริมสุขภาพ. (2556). *หมึกดำคุณค่าที่มองไม่เห็น*. เข้าถึงได้จาก http://www.thaiealth.or.th/Content/7171-หมึกดำคุณค่าที่คุณมองไม่เห็น.html

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมศุลกากร. (2561). *สถิติการส่งออกหมึกและผลิตภัณฑ์รวม*. เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. (2554). *เคมีและคุณภาพสัตว์น้ำ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

สุภาวดี จันทร์จรุงจิตต์. (2541). *ชีววิทยาประมงของหมึกกล้วย Loligo duvauceli บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุมาลี เหลืองสกุล. (2541). *จุลชีววิทยาทางอาหาร* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ชัยเจริญ.

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาคผนวก

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ผลสถิติคุณภาพทางเคมีของเนื้อหมึกกล้วยที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ตารางที่ ก-1 ปริมาณ TVB-N ในเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	TVB-N (mg/ 100g) (Mean ± SEM)				
	RN00	RC00	RH35	RH55	RH75
0	$2.21_g^A \pm 0.00$	$1.68_g^B \pm 0.00$	$1.65_g^D \pm 0.00$	$1.63_g^E \pm 0.00$	$1.67_g^C \pm 0.00$
2	$1.96_f^E \pm 0.00$	$3.59_f^A \pm 0.00$	$2.47_f^D \pm 0.00$	$2.76_f^B \pm 0.00$	$2.49_f^C \pm 0.00$
4	$5.04_e^A \pm 0.00$	$4.22_e^C \pm 0.00$	$4.26_e^B \pm 0.00$	$3.48_e^D \pm 0.00$	$3.41_e^E \pm 0.00$
6	$16.42_d^A \pm 0.00$	$9.34_d^B \pm 0.00$	$5.28_d^C \pm 0.00$	$3.87_d^D \pm 0.00$	$3.90_d^E \pm 0.00$
8	$36.59_c^A \pm 0.00$	$27.68_c^B \pm 0.00$	$15.78_c^C \pm 0.00$	$5.00_c^D \pm 0.00$	$4.29_c^E \pm 0.00$
10	$40.49_b^A \pm 0.00$	$33.00_b^B \pm 0.00$	$20.22_b^C \pm 0.00$	$6.58_b^D \pm 0.00$	$5.16_b^E \pm 0.00$
12	$73.91_a^A \pm 0.00$	$40.67_a^B \pm 0.00$	$25.78_a^C \pm 0.00$	$7.74_a^D \pm 0.00$	$6.37_a^E \pm 0.00$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

RN00 ไม่ผ่านการล้าง (ชุดการทดลองควบคุม)

RC00 ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)

RH35 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH55 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH75 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ก-2 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	TVB-N (mg/ 100g) (Mean ± SEM)			
	CC00	CH35	CH55	CH75
0	$2.24_{i}^{B} \pm 0.00$	$2.41_{h}^{A} \pm 0.04$	$2.41_{f}^{A} \pm 0.06$	$2.41_{f}^{A} \pm 0.08$
2	$2.85_{h}^{A} \pm 0.08$	$2.50_{g}^{A} \pm 0.02$	$2.26_{g}^{B} \pm 0.05$	$2.16_{f}^{B} \pm 0.05$
4	$3.60g^{A} \pm 0.04$	$3.26_{f}^{B} \pm 0.07$	$3.22_{e}^{BC} \pm 0.00$	$3.11_{e}^{C} \pm 0.07$
6	$4.13_{f}^{A} \pm 0.04$	$3.35_{f}^{B} \pm 0.00$	$3.45_{d}^{B} \pm 0.08$	$3.38_{cd}^{B} \pm 0.04$
8	$4.28_{ef}^{A} \pm 0.01$	$3.49_{e}^{B} \pm 0.00$	$3.40_{d}^{B} \pm 0.08$	$3.33_{d}^{B} \pm 0.04$
10	$4.41_{de}^{A} \pm 0.00$	$3.91_{d}^{B} \pm 0.00$	$3.85_{c}^{C} \pm 0.04$	$3.45_{cd}^{D} \pm 0.02$
12	$4.49_{d}^{A} \pm 0.02$	$4.02_{d}^{B} \pm 0.02$	$3.98_{bc}^{B} \pm 0.06$	$3.52_{c}^{C} \pm 0.08$
14	$5.00_{c}^{A} \pm 0.06$	$4.16_{c}^{B} \pm 0.00$	$4.02_{ab}^{C} \pm 0.05$	$3.46_{cd}^{D} \pm 0.04$
16	$5.11_{c}^{A} \pm 0.04$	$4.22_{bc}^{B} \pm 0.07$	$4.11_{ab}^{B} \pm 0.07$	$3.86_{b}^{C} \pm 0.05$
18	$5.36_{b}^{A} \pm 0.03$	$4.32_{b}^{B} \pm 0.03$	$4.14_{ab}^{C} \pm 0.04$	$3.98_{ab}^{D} \pm 0.06$
20	$5.86_{a}^{A} \pm 0.03$	$4.89_{a}^{B} \pm 0.04$	$4.15_{a}^{C} \pm 0.03$	$4.05_{a}^{C} \pm 0.08$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

CC00 ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)

CH35 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

CH55 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

CH75 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ก-3 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	TMA-N (mg/ 100g) (Mean ± SEM)				
	RN00	RC00	RH35	RH55	RH75
0^{NS}	$0.00_{f} \pm 0.00$	$0.00_{f} \pm 0.00$	$0.00_{g} \pm 0.00$	$0.00_{e} \pm 0.00$	0.00e ± 0.00
2	$0.00_{f}^{B} \pm 0.00$	$0.00_{f}^{C} \pm 0.00$	$0.28_{f}^{A} \pm 0.00$	$0.00_{e}^{D} \pm 0.00$	$0.00_{e}^{D} \pm 0.00$
4	$0.55_{e}^{A} \pm 0.00$	$0.54_{e}^{A} \pm 0.00$	$0.28_{e}^{B} \pm 0.00$	$0.27_{d}^{B} \pm 0.00$	$0.18_{de}^{B} \pm 0.00$
6	$2.78_{d}^{A} \pm 0.00$	$1.10_{d}^{B} \pm 0.00$	$0.55_{d}^{C} \pm 0.00$	$0.28_{d}^{D} \pm 0.00$	$0.23_{cd}^{D} \pm 0.00$
8	$5.16_{c}^{A} \pm 0.00$	$4.58_{c}^{B} \pm 0.00$	$2.46_{c}^{C} \pm 0.00$	$0.55_{c}^{D} \pm 0.00$	$0.42_{bc}^{E} \pm 0.08$
10	$6.33_{b}^{A} \pm 0.00$	$4.95_{b}^{B} \pm 0.00$	$3.54_{b}^{C} \pm 0.00$	$0.74_{b}^{D} \pm 0.00$	$0.45_{b}^{E} \pm 0.08$
12	$9.47_{a}^{A} \pm 0.00$	$4.96_{a}^{B} \pm 0.00$	$3.60_{a}^{C} \pm 0.00$	$0.83_{a}^{D} \pm 0.08$	$0.83_{a}^{D} \pm 0.00$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c, \ldots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
$^{A, B, C, \ldots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
^{NS}	แนวแถวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
RN00	ไม่ผ่านการล้าง (ชุดการทดลองควบคุม)
RC00	ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)
RH35	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
RH55	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
RH75	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ก-4 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	TMA-N (mg/ 100g) (Mean ± SEM)			
	CC00	CH35	CH55	CH75
0^{NS}	$0.14_{f} \pm 0.00$	$0.14_{d} \pm 0.14$	$0.14_{cd} \pm 0.08$	$0.14_{b} \pm 0.14$
2^{NS}	$0.19_{ef} \pm 0.08$	$0.16_{cd} \pm 0.04$	$0.14_{d} \pm 0.00$	$0.13_{b} \pm 0.14$
4^{NS}	$0.21_{def} \pm 0.04$	$0.18_{cd} \pm 0.06$	$0.16_{d} \pm 0.04$	$0.14_{b} \pm 0.14$
6^{NS}	$0.28_{def} \pm 0.00$	$0.21_{cd} \pm 0.07$	$0.19_{cd} \pm 0.08$	$0.15_{b} \pm 0.12$
8^{NS}	$0.29_{cdef} \pm 0.02$	$0.23_{cd} \pm 0.08$	$0.22_{cd} \pm 0.07$	$0.18_{b} \pm 0.09$
10^{NS}	$0.31_{cdef} \pm 0.06$	$0.25_{bcd} \pm 0.06$	$0.24_{cd} \pm 0.06$	$0.21_{ab} \pm 0.07$
12^{NS}	$0.33_{cde} \pm 0.08$	$0.26_{bcd} \pm 0.02$	$0.26_{bcd} \pm 0.02$	$0.23_{ab} \pm 0.08$
14^{NS}	$0.37_{cd} \pm 0.08$	$0.28_{bcd} \pm 0.00$	$0.27_{bcd} \pm 0.01$	$0.26_{ab} \pm 0.04$
16^{NS}	$0.47_{bc} \pm 0.08$	$0.37_{abc} \pm 0.08$	$0.35_{abc} \pm 0.07$	$0.32_{ab} \pm 0.01$
18	$0.61_{b}^{A} \pm 0.08$	$0.46_{ab}^{AB} \pm 0.08$	$0.42_{ab}^{B} \pm 0.00$	$0.39_{ab}^{B} \pm 0.04$
20	$0.86_{a}^{A} \pm 0.00$	$0.51_{a}^{B} \pm 0.08$	$0.50_{a}^{B} \pm 0.07$	$0.48_{a}^{B} \pm 0.02$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c, \cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
$^{A, B, C, \cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
^{NS}	แนวแถวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
CC00	ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)
CH35	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH55	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH75	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ผลสถิติคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อหมึกกล้วย ที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ตารางที่ ข-1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) (Mean ± SEM)				
	RN00	RC00	RH35	RH55	RH75
0	$3.87_{g}^{A} \pm 0.03$	$3.21_{f}^{B} \pm 0.02$	$3.10_{e}^{B} \pm 0.02$	$2.72_{f}^{C} \pm 0.06$	$2.42_{c}^{D} \pm 0.03$
2	$4.23_{f}^{A} \pm 0.03$	$4.14_{e}^{A} \pm 0.05$	$3.06_{e}^{B} \pm 0.06$	$2.97_{e}^{B} \pm 0.01$	$2.67_{b}^{C} \pm 0.03$
4	$6.04_{e}^{A} \pm 0.06$	$5.04_{d}^{B} \pm 0.03$	$4.05_{d}^{C} \pm 0.01$	$3.26_{d}^{D} \pm 0.02$	$3.01_{a}^{E} \pm 0.02$
6	$7.05_{c}^{A} \pm 0.03$	$6.09_{c}^{B} \pm 0.04$	$5.29_{c}^{C} \pm 0.01$	$3.24_{d}^{D} \pm 0.01$	$3.07_{a}^{E} \pm 0.02$
8	$6.91_{d}^{B} \pm 0.00$	$7.04_{b}^{AB} \pm 0.04$	$7.20_{b}^{A} \pm 0.07$	$4.09_{c}^{C} \pm 0.05$	$2.81_{b}^{D} \pm 0.10$
10	$7.87_{a}^{A} \pm 0.02$	$7.98_{a}^{A} \pm 0.00$	$7.56_{b}^{B} \pm 0.02$	$6.10_{b}^{C} \pm 0.05$	$2.74_{b}^{D} \pm 0.03$
12	$7.54_{b}^{C} \pm 0.04$	$7.87_{a}^{B} \pm 0.04$	$7.28_{a}^{A} \pm 0.06$	$9.33_{a}^{D} \pm 0.04$	$2.79_{b}^{E} \pm 0.05$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

RN00 ไม่ผ่านการล้าง (ชุดการทดลองควบคุม)

RC00 ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)

RH35 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH55 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH75 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ข-2 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) (Mean ± SEM)			
	CC00	CH35	CH55	CH75
0^{NS}	$2.82_{ab} \pm 0.01$	$2.86_{a} \pm 0.12$	$2.88_{a} \pm 0.07$	$2.89_{a} \pm 0.02$
2^{NS}	$2.71_{b} \pm 0.11$	$2.55_{ab} \pm 0.10$	$2.85_{a} \pm 0.07$	$2.76_{a} \pm 0.03$
4^{NS}	$2.58_{bc} \pm 0.15$	$2.51_{bc} \pm 0.15$	$2.50_{b} \pm 0.04$	$2.46_{b} \pm 0.04$
6	$2.22_{cd}{}^{A} \pm 0.06$	$1.74_{ef}{}^{B} \pm 0.06$	$1.60_{ef}{}^{C} \pm 0.00$	$1.48_{f}{}^{D} \pm 0.00$
8	$1.59_{e}{}^{A} \pm 0.16$	$1.39_{f}{}^{AB} \pm 0.12$	$1.30_{f}{}^{AB} \pm 0.00$	$1.00_{f}{}^{B} \pm 0.00$
10	$1.98_{de}{}^{A} \pm 0.00$	$1.48_{f}{}^{AB} \pm 0.00$	$1.45_{f}{}^{B} \pm 0.21$	$1.39_{e}{}^{B} \pm 0.12$
12	$2.29_{cd}{}^{A} \pm 0.02$	$1.93_{de}{}^{B} \pm 0.04$	$1.87_{de}{}^{B} \pm 0.04$	$1.60_{de}{}^{C} \pm 0.00$
14	$2.63_{bc}{}^{A} \pm 0.02$	$2.19_{cd}{}^{B} \pm 0.02$	$2.16_{cd}{}^{B} \pm 0.12$	$1.81_{cd}{}^{B} \pm 0.05$
16	$3.18_{a}{}^{A} \pm 0.00$	$2.59_{ab}{}^{B} \pm 0.01$	$2.48_{bc}{}^{B} \pm 0.03$	$2.02_{c}{}^{C} \pm 0.09$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
$^{A, B, C,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
^{NS}	แนวแถวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
CC00	ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)
CH35	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH55	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH75	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ผลสถิติคุณภาพทางกายภาพของเนื้อหมึกกล้วยที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ตารางที่ ค-1 ความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ความเป็นกรดด่าง (Mean ± SEM)				
	RN00	RC00	RH35	RH55	RH75
0	$6.66_{c}^{A} \pm 0.04$	$6.59_{d}^{A} \pm 0.06$	$6.55_{f}^{AB} \pm 0.04$	$6.47_{d}^{BC} \pm 0.03$	$6.37_{da}^{C} \pm 0.02$
2	$6.67_{c}^{A} \pm 0.01$	$6.65_{cd}^{A} \pm 0.04$	$6.63_{e}^{A} \pm 0.03$	$6.48_{d}^{B} \pm 0.02$	$6.41_{cd}^{B} \pm 0.02$
4	$6.70_{bc}^{A} \pm 0.08$	$6.69_{bcd}^{A} \pm 0.03$	$6.66_{de}^{A} \pm 0.03$	$6.50_{d}^{B} \pm 0.01$	$6.43_{c}^{B} \pm 0.03$
6	$6.78_{ab}^{A} \pm 0.03$	$6.76_{abc}^{AB} \pm 0.06$	$6.70_{cd}^{ABC} \pm 0.01$	$6.67_{c}^{BC} \pm 0.02$	$6.63_{b}^{C} \pm 0.03$
8	$6.83_{a}^{A} \pm 0.03$	$6.80_{ab}^{AB} \pm 0.05$	$6.73_{bc}^{BC} \pm 0.01$	$6.71_{bc}^{C} \pm 0.00$	$6.71_{a}^{C} \pm 0.02$
10	$6.84_{a}^{A} \pm 0.02$	$6.83_{a}^{AB} \pm 0.03$	$6.78_{ab}^{BC} \pm 0.01$	$6.74_{b}^{CD} \pm 0.01$	$6.73_{a}^{D} \pm 0.00$
12	$6.86_{a}^{A} \pm 0.00$	$6.84_{a}^{A} \pm 0.04$	$6.84_{a}^{A} \pm 0.01$	$6.82_{a}^{A} \pm 0.02$	$6.76_{a}^{B} \pm 0.01$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

RN00 ไม่ผ่านการล้าง (ชุดการทดลองควบคุม)

RC00 ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)

RH35 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH55 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH75 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ค-2 ความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ความเป็นกรดด่าง (Mean ± SEM)			
	CC00	CH35	CH55	CH75
0^{NS}	$6.96_{c} \pm 0.00$	$6.96_{c} \pm 0.00$	$6.97_{d} \pm 0.01$	$6.97_{b}^{B} \pm 0.01$
2	$6.98_{c}^{A} \pm 0.01$	$6.97_{c}^{AB} \pm 0.01$	$6.95_{e}^{B} \pm 0.01$	$6.95_{b}^{B} \pm 0.00$
4	$6.99_{bc}^{A} \pm 0.02$	$6.98_{bc}^{B} \pm 0.00$	$6.97_{a}^{B} \pm 0.00$	$6.96_{b}^{B} \pm 0.01$
6	$6.99_{bc}^{A} \pm 0.00$	$6.98_{bc}^{AB} \pm 0.01$	$6.97_{de}^{B} \pm 0.00$	$6.97_{b}^{B} \pm 0.01$
8	$7.01_{b}^{A} \pm 0.02$	$6.98_{bc}^{AB} \pm 0.02$	$6.97_{de}^{B} \pm 0.00$	$6.96_{b}^{B} \pm 0.00$
10	$7.02_{a}^{A} \pm 0.02$	$7.01_{b}^{B} \pm 0.00$	$6.99_{cd}^{AB} \pm 0.02$	$6.98_{b}^{B} \pm 0.00$
12	$7.09_{a}^{A} \pm 0.00$	$7.01_{b}^{B} \pm 0.01$	$7.00_{c}^{B} \pm 0.01$	$6.97_{ab}^{B} \pm 0.05$
14	$7.10_{a}^{A} \pm 0.02$	$7.02_{b}^{B} \pm 0.00$	$7.01_{c}^{B} \pm 0.00$	$7.00_{a}^{B} \pm 0.00$
16	$7.11_{a}^{A} \pm 0.00$	$7.06_{a}^{B} \pm 0.01$	$7.05_{b}^{B} \pm 0.00$	$7.04_{a}^{B} \pm 0.03$
18	$7.11_{a}^{A} \pm 0.01$	$7.07_{a}^{B} \pm 0.02$	$7.06_{b}^{BC} \pm 0.00$	$7.05_{a}^{C} \pm 0.00$
20	$7.12_{a}^{A} \pm 0.03$	$7.08_{a}^{AB} \pm 0.03$	$7.07_{b}^{B} \pm 0.01$	$7.05_{a}^{B} \pm 0.01$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c, \cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
$^{A, B, C, \cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
^{NS}	แนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
CC00	ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)
CH35	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH55	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH75	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ค-3 แรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	แรงเฉือน (kg force) (Mean ± SEM)				
	RN00	RC00	RH35	RH55	RH75
0	$5.22_{a}^{B} \pm 0.02$	$5.24_{a}^{B} \pm 0.01$	$5.52_{a}^{A} \pm 0.01$	$5.58_{a}^{A} \pm 0.12$	$5.61_{a}^{A} \pm 0.10$
2	$4.07_{b}^{D} \pm 0.08$	$3.93_{b}^{D} \pm 0.08$	$4.42_{b}^{C} \pm 0.08$	$4.79_{b}^{B} \pm 0.07$	$5.24_{b}^{A} \pm 0.14$
4	$3.68_{c}^{B} \pm 0.22$	$3.63_{c}^{B} \pm 0.07$	$3.97_{c}^{AB} \pm 0.18$	$4.17_{c}^{A} \pm 0.10$	$4.36_{c}^{A} \pm 0.11$
6	$3.63_{c}^{AB} \pm 0.17$	$3.59_{cd}^{B} \pm 0.10$	$3.84_{c}^{AB} \pm 0.12$	$3.87_{d}^{AB} \pm 0.11$	$3.91_{d}^{A} \pm 0.01$
8	$3.50_{cd}^{C} \pm 0.05$	$3.35_{d}^{BC} \pm 0.10$	$3.55_{d}^{BC} \pm 0.10$	$3.60_{e}^{B} \pm 0.10$	$3.84_{d}^{A} \pm 0.10$
10	$3.24_{d}^{C} \pm 0.08$	$2.87_{e}^{B} \pm 0.12$	$3.44_{d}^{AB} \pm 0.01$	$3.50_{e}^{A} \pm 0.10$	$3.54_{e}^{A} \pm 0.01$
12	$2.69_{e}^{C} \pm 0.06$	$2.63_{e}^{C} \pm 0.12$	$2.75_{e}^{BC} \pm 0.01$	$3.02_{f}^{AB} \pm 0.04$	$3.23_{f}^{A} \pm 0.18$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

RN00 ไม่ผ่านการล้าง (ชุดการทดลองควบคุม)

RC00 ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)

RH35 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH55 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH75 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ค-4 แรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	แรงเฉือน (kg force) (Mean ± SEM)			
	CC00	CH35	CH55	CH75
0	$1.50_{a}^{AB} \pm 0.04$	$1.62_{a}^{A} \pm 0.21$	$1.35_{a}^{AB} \pm 0.14$	$1.20_{a}^{B} \pm 0.08$
2	$1.45_{ab}^{AB} \pm 0.10$	$1.62_{a}^{A} \pm 0.09$	$1.30_{ab}^{AB} \pm 0.02$	$1.15_{ab}^{B} \pm 0.31$
4	$1.44_{abc}^{AB} \pm 0.21$	$1.60_{a}^{A} \pm 0.19$	$1.20_{abc}^{B} \pm 0.08$	$1.09_{abc}^{B} \pm 0.02$
6	$1.40_{abcd}^{AB} \pm 0.11$	$1.45_{abc}^{A} \pm 0.15$	$1.16_{bcd}^{BC} \pm 0.05$	$0.99_{abcd}^{C} \pm 0.02$
8	$1.32_{abcde}^{A} \pm 0.06$	$1.43_{abc}^{A} \pm 0.11$	$1.14_{bcd}^{B} \pm 0.02$	$0.89_{bcd}^{C} \pm 0.00$
10	$1.27_{abcde}^{B} \pm 0.01$	$1.45_{ab}^{A} \pm 0.01$	$1.12_{cd}^{C} \pm 0.04$	$0.87_{bcd}^{D} \pm 0.01$
12	$1.12_{bcde}^{B} \pm 0.10$	$1.34_{abcd}^{A} \pm 0.00$	$1.11_{cd}^{B} \pm 0.01$	$0.87_{bcd}^{C} \pm 0.09$
14	$1.10_{cde}^{B} \pm 0.02$	$1.25_{bcd}^{A} \pm 0.01$	$1.10_{cd}^{B} \pm 0.01$	$0.80_{cd}^{C} \pm 0.01$
16	$1.07_{de}^{B} \pm 0.08$	$1.14_{cd}^{A} \pm 0.00$	$1.04_{de}^{A} \pm 0.03$	$0.79_{d}^{B} \pm 0.01$
18	$1.05_{de}^{AB} \pm 0.06$	$1.11_{d}^{A} \pm 0.00$	$1.02_{de}^{B} \pm 0.01$	$0.74_{d}^{C} \pm 0.03$
20	$0.97_{e}^{B} \pm 0.28$	$1.06_{d}^{A} \pm 0.02$	$0.92_{e}^{C} \pm 0.00$	$0.74_{d}^{D} \pm 0.02$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

CC00 ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)

CH35 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

CH55 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

CH75 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางผนวกที่ ค - 1 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	การสูญเสียน้ำหนัก (%) (Mean ± SEM)				
	RN00	RC00	RH35	RH55	RH75
2	$2.61_{f}^{D} \pm 0.01$	$1.78_{f}^{E} \pm 0.02$	$3.66_{f}^{C} \pm 0.13$	$4.65_{f}^{B} \pm 0.01$	$6.25_{f}^{A} \pm 0.07$
4	$5.37_{e}^{D} \pm 0.01$	$2.58_{e}^{E} \pm 0.01$	$6.15_{e}^{C} \pm 0.05$	$7.33_{e}^{B} \pm 0.10$	$9.11_{e}^{A} \pm 0.03$
6	$7.80_{d}^{C} \pm 0.13$	$3.41_{d}^{E} \pm 0.13$	$6.97_{d}^{D} \pm 0.07$	$9.03_{d}^{B} \pm 0.03$	$10.73_{d}^{A} \pm 0.03$
8	$11.26_{c}^{B} \pm 0.15$	$4.14_{c}^{E} \pm 0.04$	$8.13_{c}^{D} \pm 0.09$	$10.12_{c}^{C} \pm 0.11$	$12.93_{c}^{A} \pm 0.08$
10	$13.28_{b}^{B} \pm 0.19$	$5.53_{b}^{E} \pm 0.07$	$9.24_{b}^{D} \pm 0.02$	$10.41_{b}^{C} \pm 0.04$	$13.79_{b}^{A} \pm 0.03$
12	$14.50_{a}^{A} \pm 0.12$	$6.66_{a}^{D} \pm 0.08$	$10.92_{a}^{C} \pm 0.11$	$12.19_{a}^{B} \pm 0.03$	$14.52_{a}^{A} \pm 0.12$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

RN00 ไม่ผ่านการล้าง (ชุดการทดลองควบคุม)

RC00 ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)

RH35 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH55 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH75 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ค-5 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	การสูญเสียน้ำหนัก (%) (Mean ± SEM)			
	CC00	CH35	CH55	CH75
2	$0.55_{e}^{B} \pm 0.14$	$0.08_{b}^{C} \pm 0.14$	$0.25_{ef}^{A} \pm 0.21$	$0.25_{f}^{A} \pm 0.14$
4	$0.79_{de}^{A} \pm 0.17$	$0.14_{b}^{B} \pm 0.13$	$0.37_{ef}^{AB} \pm 0.11$	$0.50_{ef}^{AB} \pm 0.22$
6	$1.21_{cd}^{A} \pm 0.19$	$0.19_{b}^{C} \pm 0.14$	$0.52_{def}^{BC} \pm 0.16$	$0.77_{ef}^{AB} \pm 0.21$
8	$1.59_{bc}^{A} \pm 0.15$	$0.15_{b}^{C} \pm 0.11$	$0.80_{cde}^{B} \pm 0.18$	$0.97_{de}^{B} \pm 0.15$
10	$1.61_{bc}^{A} \pm 0.38$	$0.16_{b}^{C} \pm 0.17$	$0.89_{cd}^{B} \pm 0.19$	$0.95_{de}^{AB} \pm 0.27$
12	$1.78_{bc}^{A} \pm 0.33$	$0.16_{b}^{C} \pm 0.16$	$0.78_{cde}^{BC} \pm 0.10$	$1.02_{de}^{B} \pm 0.28$
14	$1.97_{b}^{A} \pm 0.16$	$0.40_{ab}^{C} \pm 0.13$	$1.23_{bc}^{B} \pm 0.14$	$1.38_{c}^{B} \pm 0.17$
16	$2.59_{a}^{A} \pm 0.12$	$0.52_{ab}^{C} \pm 0.17$	$1.46_{ab}^{B} \pm 0.16$	$1.79_{bc}^{B} \pm 0.05$
18	$2.81_{a}^{A} \pm 0.18$	$0.80_{a}^{C} \pm 0.26$	$1.56_{ab}^{B} \pm 0.15$	$2.34_{ab}^{A} \pm 0.21$
20	$2.92_{a}^{A} \pm 0.15$	$0.71_{a}^{C} \pm 0.23$	$1.76_{a}^{B} \pm 0.23$	$2.47_{a}^{A} \pm 0.25$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

CC00 ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)

CH35 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

CH55 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

CH75 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ผลสถิติคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วย ที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ตารางที่ ง-1 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Mean ± SEM)				
	RN00	RC00	RH35	RH55	RH75
0^{NS}	$8.90_{a} \pm 0.30$	$8.95_{a} \pm 0.22$	$8.95_{a} \pm 0.22$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$
2^{NS}	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$
4	$8.25_{a}^{B} \pm 0.43$	$8.50_{b}^{B} \pm 0.50$	$8.50_{b}^{B} \pm 0.50$	$8.50_{b}^{B} \pm 0.50$	$9.00_{a}^{A} \pm 0.00$
6	$6.55_{b}^{B} \pm 0.50$	$6.75_{c}^{B} \pm 0.43$	$7.25_{c}^{A} \pm 0.50$	$7.50_{c}^{A} \pm 0.50$	$7.50_{b}^{A} \pm 0.43$
8	$6.75_{c}^{D} \pm 0.43$	$7.00_{cd}^{CD} \pm 0.45$	$7.25_{cd}^{BC} \pm 0.43$	$7.50_{c}^{AB} \pm 0.50$	$7.75_{c}^{A} \pm 0.43$
10	$4.90_{d}^{C} \pm 0.30$	$6.50_{d}^{B} \pm 0.50$	$7.00_{d}^{A} \pm 0.32$	$7.15_{c}^{A} \pm 0.36$	$7.25_{c}^{A} \pm 0.43$
12	$4.25_{e}^{C} \pm 0.43$	$5.50_{e}^{B} \pm 0.50$	$5.75_{e}^{AB} \pm 0.43$	$5.75_{d}^{AB} \pm 0.43$	$6.00_{d}^{A} \pm 0.45$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
$^{A, B, C,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
^{NS}	แนวแถวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
RN00	ไม่ผ่านการล้าง (ชุดการทดลองควบคุม)
RC00	ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)
RH35	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
RH55	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
RH75	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ง-2 คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ (Mean ± SEM)			
	CC00	CH35	CH55	CH75
0	9.00_{a}^{A}±0.00	9.00_{a}^{A}±0.00	9.00_{ab}^{A}±0.00	8.80_{ab}^{B}±0.41
2^{NS}	9.00_{a} ±0.00	9.00_{a}^{A}±0.00	9.00_{a}^{AB}±0.00	9.00_{a}^{A}±0.00
4	8.80_{a}^{B}±0.41	9.00_{a}^{A}±0.00	8.85_{ab}^{AB}±0.41	9.00_{a}^{A}±0.00
6	8.80_{a}^{A}±0.41	8.80_{a}^{A}±0.41	8.40_{bc}^{B}±0.50	8.40_{b}^{B}±0.50
8	8.80_{a}^{A}±0.41	8.00_{b}^{B}±0.00	8.00_{cd}^{B}±0.00	7.60_{c}^{B}±0.50
10	8.00_{b}^{A}±0.00	7.80_{bc}^{B}±0.41	7.75_{e}^{B}±0.51	7.50_{c}^{B}±0.51
12	7.55_{c}^{B}±0.51	8.00_{b}^{A}±0.00	7.70_{de}^{AB}±0.47	7.05_{d}^{C}±0.22
14	7.65_{bc}^{A}±0.49	7.65_{c}^{A}±0.49	7.50_{e}^{A}±0.51	6.70_{d}^{B}±0.47
16	7.40_{c}^{A}±0.05	7.65_{bc}^{A}±0.49	7.45_{e}^{A}±0.51	6.65_{d}^{B}±0.49

หมายเหตุ:

$^{a, b, c, \ldots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
$^{A, B, C, \ldots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
^{NS}	แนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
CC00	ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)
CH35	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH55	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH75	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ง-3 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบด้านกลิ่น (Mean ± SEM)				
	RN00	RC00	RH35	RH55	RH75
0^{NS}	$9.00_{a} \pm 0.00$	$8.95_{a} \pm 0.22$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$
2^{NS}	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$
4	$9.00_{a}^{A} \pm 0.00$	$9.00_{a}^{A} \pm 0.00$	$8.50_{b}^{B} \pm 0.50$	$8.50_{b}^{B} \pm 0.50$	$9.00_{a}^{A} \pm 0.00$
6	$5.75_{b}^{C} \pm 0.43$	$5.90_{b}^{C} \pm 0.46$	$7.10_{c}^{B} \pm 0.44$	$7.50_{c}^{A} \pm 0.50$	$7.55_{b}^{A} \pm 0.50$
8	$4.90_{c}^{D} \pm 0.30$	$6.25_{c}^{C} \pm 0.43$	$6.35_{d}^{C} \pm 0.48$	$7.25_{c}^{B} \pm 0.43$	$7.75_{b}^{A} \pm 0.43$
10	$3.50_{d}^{C} \pm 0.50$	$3.50_{d}^{C} \pm 0.50$	$4.70_{e}^{B} \pm 0.46$	$4.95_{d}^{B} \pm 0.50$	$6.55_{c}^{A} \pm 0.50$
12	$2.50_{e}^{D} \pm 0.50$	$2.75_{e}^{D} \pm 0.43$	$4.55_{e}^{C} \pm 0.50$	$5.25_{d}^{B} \pm 0.43$	$6.25_{c}^{A} \pm 0.43$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
$^{A, B, C,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
^{NS}	แนวแถวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
RN00	ไม่ผ่านการล้าง (ชุดการทดลองควบคุม)
RC00	ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)
RH35	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
RH55	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
RH75	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

8951583 BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ง-4 คะแนนความชอบด้านกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบด้านกลิ่น (Mean ± SEM)			
	CC00	CH35	CH55	CH75
0	9.00_{a}^{A}±0.00	9.00_{a}^{A} ±0.00	7.80_{bc}^{B}±0.41	7.80_{bc}^{B}±0.41
2	9.00_{a}^{A}±0.00	9.00_{a}^{A}±0.00	8.40_{a}^{B}±0.50	8.40_{a}^{B}±0.50
4	8.80_{a}^{A}±0.41	8.60_{a}^{A}±0.50	8.00_{ab}^{B}±0.00	8.00_{ab}^{B}±0.00
6	8.80_{b}^{A}±0.41	8.00_{b}^{A}±0.32	7.40_{cd}^{B}±0.50	7.40_{cd}^{B}±0.50
8	8.20_{b}^{A}±0.41	7.70_{bc}^{B}±0.47	7.15_{de}^{C}±0.37	7.40_{cd}^{C}±0.50
10	7.70_{c}^{A}±0.47	7.40_{cd}^{B}±0.50	6.70_{ef}^{C}±0.47	7.10_{d}^{C}±0.31
12	7.65_{c}^{A}±0.49	7.05_{de}^{B}±0.22	6.50_{f}^{C}±0.50	6.65_{e}^{C}±0.49
14	7.50_{c}^{A}±0.51	6.75_{ef}^{B}±0.44	6.00_{g}^{D}±0.00	6.30_{ef}^{C}±0.47
16	6.25_{d}^{AB}±0.44	6.50_{f}^{A}±0.51	5.85_{gh}^{C}±0.49	5.95_{fg}^{BC}±0.22

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

CC00 ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)

CH35 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

CH55 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

CH75 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ง-5 คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบด้านกลิ่นรส (Mean ± SEM)			
	CC00	CH35	CH55	CH75
0	9.00_{a}^{A}±0.00	9.00_{a}^{A}±0.00	7.20_{cd}^{B}±0.41	7.80_{bc}^{C}±0.41
2	8.80_{ab}^{AB}±0.41	9.00_{a}^{A}±0.00	8.00_{a}^{B}±0.00	8.60_{a}^{C}±0.50
4	8.60_{ab}^{A}±0.50	8.40_{b}^{AB}±0.50	7.60_{ab}^{C}±0.49	8.15_{b}^{B}±0.37
6	8.40_{ab}^{A}±0.50	8.20_{b}^{A}±0.41	7.45_{bc}^{B}±0.51	7.60_{c}^{B}±0.50
8	8.40_{b}^{A}±0.50	7.60_{c}^{B}±0.50	7.35_{bc}^{C}±0.49	7.40_{cd}^{BC}±0.50
10	7.50_{c}^{A}±0.51	7.50_{c}^{B}±0.51	7.00_{d}^{C}±0.00	7.05_{d}^{C}±0.22
12	7.35_{c}^{A}±0.49	7.35_{c}^{A}±0.49	6.25_{e}^{C}±0.44	6.60_{e}^{B}±0.50
14	7.25_{c}^{A}±0.44	6.65_{d}^{B}±0.49	6.00_{ef}^{C}±0.00	6.35_{ef}^{B}±0.49
16	6.50_{d}^{A}±0.51	6.40_{d}^{A}±0.50	5.70_{fg}^{B}±0.47	6.15_{f}^{A}±0.37

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

CC00 ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)

CH35 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

CH55 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

CH75 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ง-6 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส (Mean ± SEM)				
	RN00	RC00	RH35	RH55	RH75
0	$8.75_{a}^{B} \pm 0.43$	$8.90_{a}^{A} \pm 0.30$	$8.85_{a}^{AB} \pm 0.36$	$8.85_{a}^{AB} \pm 0.36$	$8.85_{a}^{AB} \pm 0.36$
2	$8.00_{b}^{B} \pm 0.00$	$9.00_{b}^{A} \pm 0.44$	$8.25_{b}^{B} \pm 0.43$	$8.25_{a}^{B} \pm 0.43$	$9.00_{a}^{A} \pm 0.00$
4	$7.25_{c} \pm 0.43$	$8.00_{b} \pm 0.43$	$8.10_{b} \pm 0.43$	$8.15_{b} \pm 0.43$	$8.25_{b} \pm 0.43$
6	$7.55_{d}^{B} \pm 0.40$	$7.80_{c}^{AB} \pm 0.50$	$7.15_{c}^{A} \pm 0.48$	$7.50_{c}^{A} \pm 0.50$	$7.50_{c}^{A} \pm 0.50$
8	$6.50_{e}^{B} \pm 0.43$	$7.25_{d}^{A} \pm 0.50$	$6.50_{d}^{B} \pm 0.50$	$6.75_{d}^{B} \pm 0.43$	$7.25_{c}^{A} \pm 0.43$
10^{NS}	$5.25_{f} \pm 0.43$	$5.50_{e} \pm 0.50$	$5.60_{e} \pm 0.50$	$5.75_{e} \pm 0.48$	$5.85_{d} \pm 0.43$
12	$4.75_{g}^{B} \pm 0.43$	$4.85_{f}^{B} \pm 0.48$	$4.85_{f}^{B} \pm 0.48$	$5.35_{e}^{A} \pm 0.48$	$5.60_{d}^{A} \pm 0.49$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

RN00 ไม่ผ่านการล้าง (ชุดการทดลองควบคุม)

RC00 ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)

RH35 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH55 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

RH75 ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ง-7 คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส (Mean ± SEM)			
	CC00	CH35	CH55	CH75
0	9.00_{a}^{A}±0.00	8.70_{a}^{B}±0.47	7.85_{c}^{C}±0.37	9.00_{c}^{C}±0.00
2^{NS}	9.00_{a}±0.00	9.00_{a}±0.00	9.00_{a}±0.00	9.00_{a}±0.00
4	8.80_{a}^{B}±0.41	9.00_{a}^{A}±0.00	9.00_{a}^{A}±0.00	8.80_{ab}^{B}±0.41
6	7.60_{b}^{C}±0.50	8.80_{a}^{AB}±0.41	8.80_{a}^{A}±0.41	8.40_{b}^{B}±0.50
8	7.50_{b}^{C}±0.51	8.60_{a}^{A}±0.50	8.35_{b}^{A}±0.49	7.65_{cd}^{B}±0.49
10	7.30_{b}^{D}±0.47	8.00_{a}^{A}±0.00	7.50_{cd}^{B}±0.51	7.40_{cde}^{C}±0.50
12	7.10_{bc}^{B}±0.31	7.85_{b}^{A}±0.37	7.35_{de}^{B}±0.49	7.35_{de}^{B}±0.49
14	6.65_{c}^{B}±0.49	7.25_{c}^{A}±0.44	7.05_{e}^{A}±0.22	7.00_{e}^{A}±0.00
16	5.65_{d}^{C}±0.49	6.90_{cd}^{A}±0.31	6.50_{f}^{B}±0.51	5.75_{f}^{C}±0.44

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
$^{A, B, C,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
^{NS}	แนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
CC00	ล้างในน้ำประปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)
CH35	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH55	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH75	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ง-8 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยดิบที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 12 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบรวม (Mean ± SEM)				
	RN00	RC00	RH35	RH55	RH75
0^{NS}	$9.00_{a} \pm 0.00$	$8.95_{a} \pm 0.22$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$	$9.00_{a} \pm 0.00$
2	$9.00_{a}^{A} \pm 0.00$	$8.75_{ab}^{B} \pm 0.43$	$9.00_{a}^{A} \pm 0.00$	$8.75_{ab}^{B} \pm 0.43$	$9.00_{a}^{A} \pm 0.00$
4	$8.25_{b} \pm 0.43$	$8.50_{b} \pm 0.50$	$8.35_{b} \pm 0.48$	$8.50_{b} \pm 0.50$	$8.65_{b} \pm 0.48$
6	$6.95_{c}^{C} \pm 0.50$	$7.10_{c}^{C} \pm 0.44$	$7.20_{c}^{BC} \pm 0.40$	$7.50_{c}^{AB} \pm 0.43$	$7.75_{c}^{A} \pm 0.50$
8	$6.25_{d}^{D} \pm 0.43$	$6.75_{c}^{C} \pm 0.43$	$7.25_{d}^{B} \pm 0.43$	$7.25_{c}^{B} \pm 0.43$	$7.75_{c}^{A} \pm 0.43$
10	$4.50_{e}^{C} \pm 0.50$	$4.75_{d}^{C} \pm 0.43$	$5.25_{e}^{B} \pm 0.43$	$5.50_{d}^{B} \pm 0.50$	$6.25_{d}^{A} \pm 0.43$
12	$3.45_{f}^{C} \pm 0.50$	$3.75_{e}^{C} \pm 0.43$	$4.75_{f}^{B} \pm 0.43$	$4.75_{e}^{B} \pm 0.43$	$5.75_{e}^{A} \pm 0.43$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
$^{A, B, C,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
^{NS}	แนวแถวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)
RN00	ไม่ผ่านการล้าง (ชุดการทดลองควบคุม)
RC00	ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)
RH35	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
RH55	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
RH75	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ง-9 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการล้างด้วยสารละลาย H_2O_2 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบรวม (Mean ± SEM)			
	CC00	CH35	CH55	CH75
0	7.80_{a}^{C}±0.41	8.60_{ab}^{B}±0.50	9.00_{a}^{A}±0.00	9.00_{a}^{A}±0.00
2	8.60_{b}^{B}±0.50	9.00_{a}^{A}±0.00	9.00_{a}^{A}±0.00	9.00_{a}^{A}±0.00
4	7.60_{b}^{C}±0.50	8.40_{b}^{B}±0.50	8.80_{a}^{A}±0.41	9.00_{a}^{A}±0.00
6	7.60_{b}^{C}±0.50	7.70_{c}^{BC}±0.47	8.00_{b}^{B}±0.00	8.80_{a}^{A}±0.41
8	7.50_{bc}^{B}±0.51	7.60_{cd}^{B}±0.50	7.70_{c}^{AB}±0.47	8.80_{b}^{B}±0.50
10	7.40_{bc}^{B}±0.50	7.40_{cd}^{B}±0.50	7.60_{c}^{B}±0.50	7.65_{a}^{A}±0.41
12	6.95_{c}^{B}±0.22	7.25_{de}^{AB}±0.44	7.50_{c}^{A}±0.51	7.05_{bc}^{B}±0.22
14	5.55_{d}^{B}±0.51	6.70_{e}^{A}±0.47	7.00_{d}^{A}±0.00	7.00_{c}^{A}±0.00
16	5.05_{e}^{C}±0.22	5.90_{f}^{B}±0.45	6.65_{e}^{A}±0.49	6.65_{c}^{A}±0.49

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
$^{A, B, C,\cdots}$	ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวนอน มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)
CC00	ล้างในน้ำปะปาร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด (ชุดการทดลองควบคุม)
CH35	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0035% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH55	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0055% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด
CH75	ล้างในสารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.0075% ร่วมกับน้ำแข็งเกล็ด

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ผลสถิติคุณภาพทางเคมีของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุก ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ตารางที่ จ-1 ปริมาณ TVB-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	TVB-N (mg/ 100g) (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA000	TM025	TM050	TM075	TM100
0	2.64_{j}^{A}±0.00	2.23_{k}^{B}±0.00	1.92_{m}^{D}±0.00	1.67_{m}^{F}±0.00	1.95_{m}^{C}±0.00	1.92_{l}^{E}±0.00
2	2.79_{i}^{A}±0.00	2.46_{j}^{B}±0.00	2.22_{l}^{E}±0.00	1.92_{l}^{F}±0.00	2.22_{l}^{D}±0.00	2.23_{k}^{C}±0.00
4	3.07_{h}^{A}±0.00	2.75_{i}^{B}±0.01	2.52_{k}^{C}±0.00	2.21_{k}^{F}±0.00	2.23_{k}^{D}±0.00	2.22_{k}^{E}±0.00
6	3.07_{h}^{C}±0.00	3.34_{h}^{A}±0.01	3.32_{j}^{B}±0.00	2.35_{j}^{E}±0.00	2.52_{j}^{D}±0.00	2.37_{j}^{F}±0.01
8	3.17_{g}^{A}±0.01	3.54_{g}^{C}±0.00	3.63_{i}^{B}±0.01	2.62_{i}^{E}±0.00	2.64_{i}^{D}±0.00	2.49_{i}^{F}±0.01
10	8.90_{f}^{A}±0.00	3.72_{f}^{B}±0.01	3.35_{h}^{C}±0.01	2.76_{h}^{F}±0.00	3.07_{h}^{D}±0.00	2.92_{h}^{E}±0.01
12	20.24_{e}^{A}±0.01	4.62_{e}^{D}±0.00	6.28_{g}^{B}±0.01	3.14_{g}^{F}±0.00	5.73_{g}^{C}±0.00	3.99_{g}^{E}±0.01
14	27.09_{d}^{A}±0.00	14.75_{d}^{B}±0.00	12.03_{f}^{C}±0.00	3.59_{f}^{F}±0.00	6.41_{f}^{E}±0.00	11.72_{f}^{D}±0.02
16	33.85_{c}^{A}±0.01	20.27_{c}^{B}±0.01	16.18_{e}^{D}±0.00	6.34_{e}^{F}±0.00	10.45_{e}^{E}±0.00	16.24_{e}^{C}±0.01
18	43.00_{b}^{A}±0.01	34.41_{b}^{B}±0.01	29.78_{d}^{C}±0.00	8.38_{d}^{F}±0.00	20.40_{d}^{E}±0.00	29.38_{d}^{D}±0.00
20	55.59_{a}^{A}±0.01	52.04_{a}^{B}±0.01	44.65_{c}^{C}±0.01	10.44_{c}^{F}±0.00	38.59_{c}^{E}±0.00	43.21_{c}^{D}±0.00

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

8551583
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ จ-2 ปริมาณ TMA-N ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	TMA-N (mg/ 100g) (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA000	TM025	TM050	TM075	TM100
0^{NS}	0.00_{k}±0.00	0.00_{j}±0.00	0.00_{i}±0.00	0.00_{k}±0.00	0.00_{i}±0.00	0.00_{i}±0.00
2	0.14_{j}^{E}±0.00	0.00_{j}^{F}±0.00	0.28_{k}^{A}±0.00	0.14_{j}^{D}±0.00	0.28_{h}^{B}±0.00	0.14_{k}^{C}±0.00
4	0.27_{i}^{E}±0.00	0.14_{i}^{F}±0.00	0.55_{j}^{A}±0.00	0.27_{i}^{D}±0.00	0.42_{g}^{B}±0.00	0.28_{j}^{C}±0.00
6	0.68_{h}^{A}±0.00	0.41_{h}^{F}±0.00	0.55_{j}^{C}±0.00	0.41_{h}^{E}±0.00	0.42_{g}^{D}±0.00	0.55_{i}^{B}±0.00
8	1.01_{g}^{A}±0.01	0.56_{g}^{C}±0.00	0.56_{i}^{C}±0.00	0.41_{h}^{D}±0.00	0.42_{g}^{D}±0.00	0.68_{h}^{B}±0.00
10	1.11_{f}^{A}±0.01	0.68_{f}^{C}±0.00	0.69_{h}^{B}±0.00	0.55_{g}^{D}±0.00	0.56_{f}^{D}±0.00	0.68_{h}^{C}±0.00
12	2.34_{e}^{A}±0.01	2.09_{e}^{B}±0.00	1.25_{g}^{C}±0.00	0.59_{f}^{E}±0.01	0.69_{e}^{D}±0.00	0.69_{g}^{D}±0.00
14	3.00_{d}^{A}±0.00	2.58_{d}^{B}±0.00	2.09_{f}^{C}±0.00	0.69_{e}^{F}±0.00	0.80_{d}^{E}±0.01	1.12_{f}^{D}±0.00
16	3.04_{c}^{A}±0.01	2.93_{c}^{B}±0.00	2.31_{e}^{C}±0.01	0.69_{e}^{F}±0.00	0.97_{c}^{E}±0.01	1.68_{e}^{D}±0.00
18	3.31_{b}^{A}±0.01	3.17_{b}^{B}±0.00	2.58_{d}^{C}±0.01	0.76_{d}^{F}±0.00	0.98_{c}^{E}±0.00	2.12_{d}^{D}±0.01
20	3.69_{a}^{A}±0.01	3.47_{a}^{B}±0.01	2.99_{c}^{C}±0.01	0.86_{c}^{F}±0.01	0.98_{c}^{E}±0.00	2.36_{c}^{D}±0.00

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

^{NS} แนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาคผนวก ฉ

การวิเคราะห์ผลสถิติคุณภาพทางจุลชีววิทยาของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ตารางที่ ฉ-1 จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g) (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA000	TM025	TM050	TM075	TM100
0	$2.30_{h}^{BC} \pm 0.09$	$3.04_{i}^{A} \pm 0.07$	$2.22_{fg}^{C} \pm 0.01$	$2.34_{i}^{BC} \pm 0.12$	$1.15_{i}^{D} \pm 0.21$	$2.73_{h}^{AB} \pm 0.05$
2	$2.63_{j}^{C} \pm 0.07$	$3.25_{h}^{A} \pm 0.02$	$2.91_{h}^{B} \pm 0.02$	$1.00_{h}^{F} \pm 0.00$	$2.41_{h}^{D} \pm 0.01$	$2.23_{j}^{E} \pm 0.07$
4	$2.65_{i}^{BC} \pm 0.01$	$3.36_{h}^{A} \pm 0.01$	$2.94_{g}^{B} \pm 0.01$	$2.05_{h}^{D} \pm 0.21$	$2.51_{h}^{C} \pm 0.01$	$2.50_{i}^{C} \pm 0.01$
6	$4.75_{g}^{A} \pm 0.01$	$2.95_{h}^{B} \pm 0.01$	$2.98_{f}^{C} \pm 0.01$	$2.62_{h}^{C} \pm 0.03$	$2.65_{h}^{C} \pm 0.05$	$3.00_{g}^{B} \pm 0.00$
8	$6.31_{g}^{A} \pm 0.01$	$5.14_{g}^{B} \pm 0.03$	$3.36_{e}^{D} \pm 0.03$	$3.57_{g}^{C} \pm 0.04$	$3.40_{g}^{D} \pm 0.00$	$3.05_{g}^{E} \pm 0.04$
10	$7.79_{f}^{A} \pm 0.03$	$5.74_{f}^{B} \pm 0.08$	$3.95_{e}^{DE} \pm 0.04$	$3.69_{f}^{E} \pm 0.30$	$4.38_{f}^{D} \pm 0.03$	$5.09_{f}^{C} \pm 0.03$
12	$10.06_{e}^{A} \pm 0.00$	$9.48_{e}^{B} \pm 0.00$	$8.68_{e}^{C} \pm 0.01$	$3.86_{e}^{F} \pm 0.08$	$4.68_{e}^{E} \pm 0.03$	$7.54_{e}^{D} \pm 0.00$
14	$12.66_{d}^{A} \pm 0.00$	$12.06_{d}^{B} \pm 0.01$	$11.81_{d}^{C} \pm 0.01$	$5.57_{d}^{E} \pm 0.02$	$6.32_{d}^{F} \pm 0.00$	$8.87_{d}^{D} \pm 0.03$
16	$16.67_{c}^{A} \pm 0.02$	$15.44_{c}^{B} \pm 0.01$	$14.66_{c}^{C} \pm 0.01$	$6.70_{c}^{F} \pm 0.01$	$7.76_{c}^{E} \pm 0.01$	$9.47_{c}^{D} \pm 0.01$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

8951583
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาคผนวก ช

การวิเคราะห์ผลสถิติคุณภาพทางกายภาพของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ตารางที่ ช-1 ค่าความเป็นกรดด่างของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ค่าความเป็นกรดด่าง (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA000	TM025	TM050	TM075	TM100
0	$6.77_{j}^{C} \pm 0.02$	$6.80_{i}^{B} \pm 0.00$	$6.85_{i}^{A} \pm 0.00$	$6.77_{h}^{BC} \pm$	$6.79_{f}^{BC} \pm$	$6.77_{h}^{BC} \pm$
2	$6.80_{i}^{C} \pm 0.01$	$6.83_{hi}^{B} \pm 0.00$	$6.88_{h}^{A} \pm$	$6.80_{gh}^{C} \pm$	$6.80_{f}^{C} \pm$	$6.80_{g}^{C} \pm$
4	$6.85_{h}^{B} \pm$	$6.84_{gh}^{BC} \pm 0.00$	$6.88_{h}^{A} \pm$	$6.82_{fg}^{hC} \pm$	$6.84_{f}^{BC} \pm$	$6.81_{g}^{C} \pm$
6	$6.86_{h}^{C} \pm$	$6.87_{fg}^{BC} \pm$	$6.90_{g}^{AB} \pm$	$6.84_{fg}^{CD} \pm$	$6.91_{e}^{A} \pm$	$6.81_{g}^{D} \pm$
8	$6.90_{g}^{A} \pm$	$6.87_{fg}^{B} \pm 0.00$	$6.90_{g}^{A} \pm$	$6.85_{fg}^{C} \pm$	$6.91_{e}^{A} \pm$	$6.82_{f}^{C} \pm 0.00$
10	$6.94_{f}^{AB} \pm$	$6.90_{f}^{BC} \pm 0.00$	$6.93_{f}^{AB} \pm$	$6.87_{ef}^{CD} \pm$	$6.91_{e}^{A} \pm$	$6.84_{f}^{D} \pm$
12	$7.07_{e}^{A} \pm$	$6.96_{e}^{D} \pm 0.00$	$6.93_{f}^{E} \pm 0.00$	$6.90_{de}^{F} \pm$	$6.95_{d}^{C} \pm$	$6.86_{e}^{B} \pm$
14	$7.23_{d}^{A} \pm$	$7.20_{d}^{A} \pm 0.04$	$7.10_{e}^{B} \pm$	$6.91_{de}^{D} \pm$	$7.01_{d}^{C} \pm$	$7.02_{d}^{B} \pm$
16	$7.37_{c}^{A} \pm$	$7.25_{c}^{B} \pm 0.01$	$7.17_{d}^{C} \pm$	$6.95_{cd}^{E} \pm$	$7.03_{c}^{D} \pm$	$7.14_{d}^{CD} \pm$
18	$7.41_{b}^{A} \pm$	$7.40_{b}^{A} \pm 0.00$	$7.32_{c}^{B} \pm$	$6.98_{e}^{E} \pm 0.01$	$7.13_{c}^{D} \pm$	$7.29_{c}^{C} \pm$
20	$7.48_{a}^{A} \pm$	$7.46_{a}^{B} \pm 0.00$	$7.43_{b}^{C} \pm$	$7.19_{b}^{F} \pm 0.01$	$7.25_{b}^{E} \pm$	$7.36_{b}^{D} \pm$

หมายเหตุ:

$_{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C}_{,\ ,\ ,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ช-2 ค่าแรงเฉือนของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 20 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ค่าแรงเฉือน (kg force) (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA000	TM025	TM050	TM075	TM100
0	$1.32_{a}^{C} \pm 0.01$	$1.39_{a}^{C} \pm 0.01$	$1.60_{a}^{B} \pm 0.05$	$1.78_{a}^{A} \pm 0.01$	$1.73_{a}^{A} \pm 0.01$	$1.64_{a}^{B} \pm 0.06$
2	$1.29_{a}^{A} \pm 0.01$	$1.35_{a}^{A} \pm 0.01$	$1.47_{b}^{B} \pm 0.02$	$1.54_{b}^{B} \pm 0.01$	$1.54_{b}^{B} \pm 0.01$	$1.52_{b}^{B} \pm 0.07$
4	$1.18_{b}^{E} \pm 0.01$	$1.26_{b}^{D} \pm 0.01$	$1.30_{c}^{C} \pm 0.01$	$1.45_{c}^{A} \pm 0.01$	$1.45_{c}^{A} \pm 0.01$	$1.42_{c}^{B} \pm 0.01$
6	$1.11_{b}^{C} \pm 0.07$	$1.21_{b}^{B} \pm 0.01$	$1.24_{c}^{B} \pm 0.01$	$1.41_{c}^{A} \pm 0.01$	$1.34_{d}^{A} \pm 0.01$	$1.25_{d}^{B} \pm 0.01$
8	$0.88_{c}^{D} \pm 0.01$	$1.09_{c}^{C} \pm 0.00$	$1.10_{d}^{C} \pm 0.01$	$1.32_{d}^{A} \pm 0.08$	$1.23_{e}^{B} \pm 0.01$	$1.16_{e}^{BC} \pm 0.01$
10	$0.83_{c}^{D} \pm 0.03$	$1.01_{d}^{C} \pm 0.02$	$1.06_{de}^{BC} \pm 0.01$	$1.18_{e}^{A} \pm 0.01$	$1.11_{f}^{B} \pm 0.05$	$1.08_{f}^{B} \pm 0.01$
12	$0.66_{d}^{C} \pm 0.04$	$0.94_{d}^{B} \pm 0.02$	$0.96_{e}^{B} \pm 0.01$	$1.08_{f}^{A} \pm 0.01$	$1.06_{g}^{A} \pm 0.01$	$1.05_{fg}^{A} \pm 0.01$
14	$0.52_{e}^{E} \pm 0.02$	$0.67_{e}^{D} \pm 0.02$	$0.85_{f}^{C} \pm 0.05$	$1.05_{fg}^{A} \pm 0.01$	$1.02_{g}^{AB} \pm 0.01$	$0.99_{g}^{B} \pm 0.01$
16	$0.48_{ef}^{D} \pm 0.01$	$0.53_{f}^{D} \pm 0.05$	$0.59_{g}^{CD} \pm 0.10$	$0.99_{gh}^{A} \pm 0.01$	$0.87_{h}^{B} \pm 0.01$	$0.68_{h}^{C} \pm 0.01$
18	$0.40_{f}^{D} \pm 0.05$	$0.46_{g}^{CD} \pm 0.04$	$0.50_{g}^{C} \pm 0.01$	$0.93_{h}^{A} \pm 0.01$	$0.61_{i}^{B} \pm 0.01$	$0.58_{i}^{B} \pm 0.01$
20	$0.15_{g}^{E} \pm 0.01$	$0.25_{h}^{D} \pm 0.05$	$0.34_{h}^{C} \pm 0.01$	$0.76_{i}^{A} \pm 0.01$	$0.42_{j}^{B} \pm 0.01$	$0.34_{j}^{C} \pm 0.01$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

6551583
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ช-3 การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 18 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	การสูญเสียน้ำหนัก (%) (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA000	TM025	TM050	TM075	TM100
2	$0.86_{i}^{A} \pm 0.01$	$0.84_{h}^{A} \pm 0.01$	$0.44_{i}^{B} \pm 0.01$	$0.18_{i}^{D} \pm 0.01$	$0.35_{h}^{C} \pm 0.05$	$0.40_{i}^{BC} \pm 0.05$
4	$1.49_{h}^{A} \pm 0.02$	$1.53_{g}^{A} \pm 0.01$	$0.98_{h}^{B} \pm 0.01$	$0.32_{h}^{D} \pm 0.02$	$0.97_{g}^{B} \pm 0.02$	$0.87_{h}^{C} \pm 0.07$
6	$1.92_{g}^{A} \pm 0.01$	$1.90_{f}^{A} \pm 0.01$	$1.46_{g}^{B} \pm 0.01$	$0.57_{g}^{E} \pm 0.00$	$1.32_{f}^{C} \pm 0.01$	$1.23_{g}^{D} \pm 0.01$
8	$2.01_{f}^{A} \pm 0.01$	$1.93_{f}^{B} \pm 0.02$	$1.63_{f}^{C} \pm 0.01$	$0.75_{f}^{E} \pm 0.05$	$1.39_{e}^{D} \pm 0.01$	$1.36_{f}^{D} \pm 0.01$
10	$2.18_{e}^{A} \pm 0.01$	$2.11_{e}^{A} \pm 0.01$	$2.01_{e}^{B} \pm 0.00$	$1.11_{e}^{E} \pm 0.02$	$1.41_{e}^{D} \pm 0.01$	$1.78_{e}^{C} \pm 0.08$
12	$3.18_{d}^{A} \pm 0.02$	$3.15_{d}^{A} \pm 0.01$	$2.96_{d}^{B} \pm 0.01$	$1.60_{d}^{E} \pm 0.02$	$1.75_{d}^{D} \pm 0.01$	$2.52_{d}^{C} \pm 0.01$
14	$5.39_{c}^{A} \pm 0.01$	$5.35_{c}^{A} \pm 0.01$	$4.48_{c}^{B} \pm 0.05$	$2.22_{c}^{E} \pm 0.01$	$2.35_{c}^{D} \pm 0.04$	$4.30_{c}^{C} \pm 0.01$
16	$7.98_{b}^{A} \pm 0.01$	$7.55_{b}^{B} \pm 0.01$	$6.70_{b}^{C} \pm 0.05$	$2.97_{b}^{F} \pm 0.01$	$3.29_{b}^{E} \pm 0.02$	$6.06_{b}^{D} \pm 0.06$
18	$9.88_{a}^{A} \pm 0.01$	$9.14_{a}^{B} \pm 0.01$	$8.23_{a}^{C} \pm 0.01$	$3.85_{a}^{F} \pm 0.01$	$4.12_{a}^{E} \pm 0.01$	$7.66_{a}^{D} \pm 0.01$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ช-4 ค่า L* (ความสว่าง) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ค่า L* (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA000	TM025	TM050	TM075	TM100
0	45.34_{a}^{F}±0.01	46.43_{a}^{E}±0.01	47.04_{a}^{D}±0.01	47.84_{a}^{A}±0.00	47.65_{a}^{B}±0.01	47.28_{a}^{C}±0.00
2	45.28_{b}^{E}±0.06	45.60_{a}^{D}±0.00	45.60_{b}^{D}±0.00	46.55_{b}^{A}±0.01	46.40_{b}^{B}±0.01	46.06_{b}^{C}±0.06
4	44.52_{c}^{F}±0.01	45.20_{b}^{E}±0.01	45.54_{c}^{D}±0.01	46.30_{c}^{A}±0.01	45.88_{c}^{B}±0.03	45.60_{c}^{C}±0.01
6	44.09_{d}^{F}±0.01	44.90_{c}^{E}±0.00	45.11_{d}^{D}±0.01	46.18_{d}^{A}±0.00	45.36_{d}^{B}±0.01	45.28_{d}^{C}±0.01
8	43.99_{e}^{F}±0.01	44.45_{de}^{E}±0.00	44.71_{e}^{D}±0.00	45.56_{e}^{A}±0.00	45.28_{e}^{B}±0.00	44.72_{e}^{C}±0.01
10	43.67_{f}^{F}±0.03	44.17_{f}^{E}±0.00	44.29_{f}^{D}±0.01	45.38_{f}^{A}±0.00	45.25_{f}^{B}±0.00	44.35_{f}^{C}±0.03
12	43.53_{f}^{F}±0.02	43.99_{g}^{E}±0.01	44.13_{g}^{D}±0.00	45.18_{g}^{A}±0.01	44.69_{g}^{B}±0.03	44.20_{g}^{C}±0.02
14	43.43_{g}^{E}±0.07	43.45_{h}^{E}±0.00	44.03_{h}^{D}±0.01	44.81_{h}^{A}±0.02	44.64_{h}^{B}±0.07	44.13_{h}^{C}±0.07
16	42.90_{h}^{E}±0.05	43.18_{i}^{D}±0.01	43.89_{i}^{C}±0.00	44.50_{i}^{A}±0.01	44.50_{i}^{A}±0.0j3	44.06_{i}^{B}±0.05
18	42.79_{i}^{F}±0.05	42.90_{i}^{E}±0.00	43.48_{j}^{D}±0.00	44.19_{j}^{A}±0.01	44.13_{j}^{B}±0.0l0	43.66_{j}^{C}±0.05
20	42.63_{j}^{E}±0.05	42.85_{j}^{D}±0.01	43.24_{k}^{C}±0.00	44.10_{k}^{A}±0.00	43.73_{k}^{B}±0.02	43.26_{k}^{C}±0.05
22	41.94_{k}^{F}±0.05	42.02_{k}^{E}±0.00	42.51_{l}^{D}±0.00	44.10_{l}^{A}±0.01	43.42_{l}^{B}±0.02	43.20_{l}^{C}±0.05
24	41.38_{l}^{F}±0.01	41.64_{l}^{E}±0.00	41.84_{m}^{D}±0.00	43.90_{m}^{A}±0.00	43.31_{m}^{B}±0.2	42.30_{m}^{C}±0.01
26	41.08_{m}^{F}±0.01	41.55_{m}^{E}±0.00	41.83_{n}^{D}±0.01	43.83_{n}^{A}±0.01	42.71_{n}^{B}±0.01	42.09_{n}^{C}±0.01
28	39.85_{n}^{F}±0.01	40.76_{n}^{E}±0.00	41.18_{o}^{D}±0.00	43.32_{o}^{A}±0.01	42.14_{o}^{B}±0.00	41.91_{o}^{C}±0.01

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ช-5 ค่า a* (สีแดง - เขียว) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ค่า a* (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA000	TM025	TM050	TM075	TM100
0	$-1.29_{a}^{E}\pm0.01$	$-1.28_{a}^{DE}\pm0.01$	$-1.26_{a}^{CD}\pm0.00$	$-1.17_{ab}^{A}\pm0.01$	$-1.23_{a}^{B}\pm0.01$	$-1.25_{a}^{BC}\pm0.01$
2	$-1.40_{ab}^{E}\pm0.01$	$-1.38_{b}^{D}\pm0.01$	$-1.33_{b}^{C}\pm0.01$	$-1.30_{ab}^{A}\pm0.01$	$-1.31_{ab}^{AB}\pm0.01$	$-1.31_{b}^{B}\pm0.00$
4^{NS}	$-1.43_{b}\pm0.07$	$-1.41_{c}\pm0.01$	$-1.39_{c}\pm0.02$	$-1.32_{a}\pm0.00$	$-1.34_{bc}\pm0.06$	$-1.35_{c}\pm0.01$
6^{NS}	$-1.46_{bc}\pm0.01$	$-1.44_{c}\pm0.04$	$-1.43_{d}\pm0.00$	$-1.34_{ab}\pm0.00$	$-1.42_{cd}\pm0.11$	$-1.43_{d}\pm0.01$
8	$-1.56_{cd}^{C}\pm0.07$	$-1.52_{d}^{BC}\pm0.01$	$-1.51_{e}^{BC}\pm0.00$	$-1.38_{ab}^{A}\pm0.00$	$-1.47_{de}^{B}\pm0.00$	$-1.51_{e}^{BC}\pm0.01$
10	$-1.64_{de}^{D}\pm0.02$	$-1.60_{e}^{C}\pm0.00$	$-1.58_{f}^{C}\pm0.00$	$-1.41_{ab}^{A}\pm0.00$	$-1.53_{ef}^{B}\pm0.01$	$-1.54_{f}^{B}\pm0.00$
12	$-1.68_{de}^{E}\pm0.01$	$-1.65_{f}^{D}\pm0.01$	$-1.64_{g}^{CD}\pm0.01$	$-1.56_{ab}^{A}\pm0.00$	$-1.59_{fg}^{B}\pm0.00$	$-1.63_{g}^{C}\pm0.00$
14	$-1.70_{e}^{B}\pm0.07$	$-1.68_{f}^{B}\pm0.00$	$-1.67_{h}^{B}\pm0.01$	$-1.58_{ab}^{A}\pm0.01$	$-1.65_{gh}^{AB}\pm0.01$	$-1.66_{h}^{B}\pm0.01$
16	$-1.70_{e}^{B}\pm0.07$	$-1.69_{fg}^{B}\pm0.01$	$-1.68_{h}^{B}\pm0.00$	$-1.61_{ab}^{A}\pm0.00$	$-1.66_{gh}^{AB}\pm0.00$	$-1.68_{h}^{AB}\pm0.00$
18	$-1.73_{e}^{D}\pm0.00$	$-1.72_{g}^{CD}\pm0.01$	$-1.71_{i}^{BC}\pm0.01$	$-1.70_{b}^{A}\pm0.05$	$-1.70_{h}^{AB}\pm0.01$	$-1.71_{i}^{BC}\pm0.01$
20	$-1.86_{f}^{C}\pm0.06$	$-1.81_{h}^{BC}\pm0.01$	$-1.76_{j}^{AB}\pm0.01$	$-1.71_{b}^{A}\pm0.01$	$-1.74_{hi}^{A}\pm0.00$	$-1.76_{j}^{AB}\pm0.00$
22	$-2.00_{g}^{D}\pm0.01$	$-1.86_{i}^{C}\pm0.00$	$-1.86_{k}^{C}\pm0.00$	$-1.77_{b}^{A}\pm0.01$	$-1.81_{i}^{B}\pm0.01$	$-1.81_{k}^{B}\pm0.01$
24	$-3.19_{h}^{A}\pm0.06$	$-2.24_{j}^{D}\pm0.01$	$-1.88_{k}^{C}\pm0.01$	$-1.80_{b}^{B}\pm0.00$	$-1.83_{i}^{BC}\pm0.00$	$-1.86_{l}^{BC}\pm0.00$
26	$-3.29_{i}^{F}\pm0.01$	$-2.55_{k}^{E}\pm0.01$	$-2.28_{l}^{D}\pm0.01$	$-1.90_{b}^{A}\pm0.00$	$-1.95_{j}^{B}\pm0.01$	$-2.22_{m}^{C}\pm0.01$
28	$-4.05_{j}^{F}\pm0.01$	$-3.55_{l}^{E}\pm0.01$	$-3.15_{m}^{D}\pm0.01$	$-2.26_{b}^{A}\pm0.00$	$-2.32_{k}^{B}\pm0.01$	$-2.45_{n}^{C}\pm0.00$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

^{NS} แนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ช-6 ค่า b* (สีเหลือง - น้ำเงิน) ของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 28 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	ค่า b* (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA000	TM025	TM050	TM075	TM100
0	-3.64_{o}^{A}±0.01	-3.78_{o}^{B}±0.01	-3.88_{o}^{C}±0.00	-4.18_{o}^{F}±0.02	-4.03_{n}^{E}±0.01	-3.95_{m}^{D}±0.01
2	-3.46_{n}^{A}±0.00	-3.61_{n}^{B}±0.00	-3.69_{n}^{C}±0.01	-3.97_{n}^{F}±0.01	-3.77_{n}^{E}±0.01	-3.75_{l}^{D}±0.01
4	-3.31_{m}^{A}±0.01	-3.33_{m}^{A}±0.01	-3.61_{m}^{B}±0.01	-3.93_{m}^{E}±0.00	-3.72_{m}^{D}±0.01	-3.67_{k}^{C}±0.03
6	-3.14_{l}^{A}±0.00	-3.24_{l}^{B}±0.01	-3.40_{l}^{C}±0.00	-3.65_{l}^{F}±0.00	-3.47_{l}^{E}±0.00	-3.45_{j}^{D}±0.01
8	-3.11_{k}^{A}±0.00	-3.16_{k}^{B}±0.00	-3.25_{k}^{C}±0.00	-3.39_{k}^{F}±0.00	-3.37_{k}^{E}±0.00	-3.36_{i}^{D}±0.00
10	-2.99_{j}^{A}±0.00	-3.07_{j}^{B}±0.01	-3.10_{j}^{C}±0.00	-3.35_{j}^{F}±0.01	-3.34_{j}^{E}±0.00	-3.24_{h}^{D}±0.00
12	-2.93_{i}^{A}±0.01	-3.00_{i}^{B}±0.00	-3.04_{i}^{C}±0.00	-3.23_{i}^{E}±0.00	-3.09_{i}^{D}±0.01	-3.07_{g}^{CD}±0.03
14	-2.87_{h}^{A}±0.00	-2.87_{h}^{A}±0.01	-2.89_{h}^{A}±0.01	-3.02_{h}^{B}±0.01	-3.02_{h}^{B}±0.02	-2.91_{f}^{A}±0.07
16	-2.53_{g}^{A}±0.01	-2.54_{g}^{A}±0.00	-2.72_{g}^{B}±0.00	-2.93_{g}^{D}±0.01	-2.87_{g}^{C}±0.01	-2.84_{e}^{C}±0.03
18	-2.31_{f}^{A}±0.00	-2.49_{f}^{B}±0.00	-2.51_{f}^{C}±0.00	-2.83_{f}^{F}±0.00	-2.80_{f}^{E}±0.01	-2.71_{d}^{D}±0.00
20	-2.12_{e}^{A}±0.01	-2.20_{e}^{B}±0.00	-2.26_{e}^{C}±0.00	-2.69_{e}^{F}±0.00	-2.55_{c}^{E}±0.00	-2.34_{c}^{D}±0.02
22	-1.84_{d}^{A}±0.01	-2.10_{d}^{B}±0.00	-2.21_{d}^{C}±0.00	-2.45_{d}^{F}±0.00	-2.38_{d}^{E}±0.01	-2.30_{c}^{D}±0.02
24	-1.61_{c}^{A}±0.00	-1.98_{c}^{B}±0.00	-2.18_{c}^{C}±0.01	-2.41_{c}^{F}±0.01	-2.27_{c}^{E}±0.00	-2.20_{b}^{D}±0.02
26	-0.33_{b}^{A}±0.00	-1.45_{b}^{B}±0.01	-2.09_{b}^{E}±0.01	-2.27_{b}^{F}±0.01	-2.19_{b}^{D}±0.01	-2.15_{b}^{C}±0.01
28	1.23_{a}^{A}±0.00	-0.74_{a}^{B}±0.00	-1.06_{a}^{C}±0.01	-1.95_{a}^{F}±0.01	-1.78_{a}^{E}±0.01	-1.70_{a}^{D}±0.00

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

8951583
BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ภาคผนวก ซ

การวิเคราะห์ผลสถิติคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ตารางที่ ซ-1 คะแนนความชอบลักษณะปรากฏของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบลักษณะปรากฏ (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA0000	TM025	TM050	TM075	TM100
0^{NS}	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$
2^{NS}	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$
4	$8.30_{b}^{B}\pm0.46$	$8.65_{b}^{AB}\pm0.48$	$8.65_{a}^{AB}\pm0.48$	$8.70_{ab}^{AB}\pm0.46$	$8.70_{ab}^{AB}\pm0.46$	$8.75_{a}^{A}\pm0.43$
6	$8.25_{b}^{B}\pm0.43$	$8.50_{b}^{AB}\pm0.50$	$8.25_{b}^{B}\pm0.43$	$8.50_{c}^{AB}\pm0.50$	$8.50_{b}^{AB}\pm0.50$	$8.70_{a}^{A}\pm0.46$
8	$7.65_{c}^{B}\pm0.48$	$7.95_{c}^{A}\pm0.22$	$7.05_{c}^{C}\pm0.22$	$7.00_{c}^{C}\pm0.00$	$7.00_{c}^{C}\pm0.00$	$7.00_{b}^{C}\pm0.00$
10	$5.25_{d}^{C}\pm0.43$	$6.30_{d}^{B}\pm0.46$	$7.00_{c}^{A}\pm0.00$	$7.00_{c}^{A}\pm0.00$	$6.35_{d}^{B}\pm0.48$	$7.00_{b}^{A}\pm0.00$
12	$3.00_{e}^{D}\pm0.00$	$5.25_{e}^{C}\pm0.43$	$6.45_{d}^{B}\pm0.50$	$6.85_{c}^{A}\pm0.36$	$6.30_{d}^{B}\pm0.46$	$6.20_{c}^{B}\pm0.43$
14	$1.75_{f}^{F}\pm0.43$	$2.50_{f}^{E}\pm0.50$	$3.75_{e}^{D}\pm0.43$	$6.75_{c}^{A}\pm0.43$	$6.15_{d}^{B}\pm0.36$	$4.25_{d}^{C}\pm0.43$
16	$1.00_{g}^{D}\pm0.00$	$1.00_{g}^{D}\pm0.00$	$2.70_{f}^{C}\pm0.46$	$5.50_{d}^{A}\pm0.50$	$5.50_{e}^{A}\pm0.50$	$3.35_{e}^{B}\pm0.48$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

^{NS} แนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ซ-2 คะแนนความชอบกลิ่นของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบกลิ่น (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA0000	TM025	TM050	TM075	TM100
0	9.00_{a}^{A} ±0.00	9.00_{a}^{A} ±0.00	9.00_{a}^{A} ±0.00	8.00_{b}^{B} ±0.00	8.00_{b}^{B} ±0.00	8.00_{b}^{B} ±0.00
2	8.00_{b}^{B} ±0.00	8.25_{b}^{AB} ±0.43	8.50_{b}^{A} ±0.50	8.50_{a}^{A} ±0.50	8.25_{ab}^{AB}±0.43	8.00_{b}^{B} ±0.45
4	7.50_{c}^{D}±0.50	7.75_{c}^{CD}±0.43	8.00_{c}^{BC}±0.45	8.25_{ab}^{AB}±0.43	8.25_{ab}^{AB}±0.43	8.50_{a}^{A} ±0.43
6	7.35_{c}^{B}±0.46	8.35_{b}^{A}±0.48	8.05_{c}^{A}±0.22	8.40_{ab}^{A}±0.49	8.40_{a}^{A}±0.49	8.30_{ab}^{A}±0.46
8	5.70_{d}^{C}±0.46	6.10_{d}^{B}±0.30	6.20_{e}^{B}±0.40	6.85_{c}^{A}±0.36	6.15_{cd}^{B}±0.48	6.70_{c}^{A}±0.46
10	4.00_{e}^{D}±0.45	6.00_{de}^{C}±0.00	6.75_{d}^{AB}±0.43	7.00_{c}^{A}±0.50	6.50_{c}^{B}±0.50	6.70_{c}^{AB}±0.46
12	2.35_{f}^{D}±0.48	5.65_{e}^{C}±0.48	6.00_{e}^{BC}±0.00	6.35_{d}^{AB}±0.48	6.00_{d}^{BC}±0.00	6.45_{c}^{A}±0.50
14	1.00_{g}^{E}±0.00	2.50_{f}^{D}±0.50	4.25_{f}^{B}±0.43	6.25_{d}^{A}±0.43	6.00_{d}^{A}±0.00	3.20_{d}^{C}±0.50
16	1.00_{g}^{E}±0.00	1.00_{g}^{E}±0.00	2.90_{g}^{C}±0.30	5.25_{e}^{A}±0.43	4.75_{e}^{B}±0.43	1.35_{e}^{D}±0.48

หมายเหตุ:

$_{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ซ-3 คะแนนความชอบรสชาติของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบรสชาติ (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA0000	TM025	TM050	TM075	TM100
0	9.00_{a}^{A}±0.00	9.00_{a}^{A} ±0.00	9.00_{a}^{A} ±0.00	8.00_{b}^{B}±0.00	8.00_{b}^{B} ±0.00	8.00_{a}^{B} ±0.00
2	8.00_{b}^{B} ±0.32	8.25_{b}^{AB} ±0.43	8.50_{b}^{A} ±0.50	8.25_{ab}^{AB}±0.43	8.00_{b}^{B} ±0.32	8.00_{a}^{B} ±0.32
4	7.50_{c}^{C}±0.50	8.00_{bc}^{B}±0.45	8.50_{b}^{A}±0.50	8.50^{A}±0.50	8.25_{b}^{AB}±0.43	8.00_{a}^{B}±0.45
6	7.40_{c}^{D}±0.49	7.70_{c}^{CD}±0.46	9.00_{a}^{A}±0.00	8.40_{a}^{B}±0.49	9.00_{a}^{A}±0.00	7.95_{a}^{C}±0.22
8	5.85_{d}^{D}±0.36	6.15_{d}^{CD}±0.36	6.45_{c}^{BC}±0.50	7.25_{c}^{A}±0.43	6.70_{c}^{B}±0.46	6.50_{b}^{BC}±0.50
10	3.75_{e}^{E}±0.43	5.75_{e}^{D}±0.43	6.00_{d}^{CD}±0.22	6.95_{c}^{A}±0.00	6.50_{c}^{B}±0.00	6.25_{b}^{BC}±0.43
12	1.70_{f}^{D}±0.46	4.25_{e}^{C}±0.43	5.65_{d}^{B}±0.48	5.85_{d}^{A}±0.36	5.70_{d}^{A}±0.46	5.70_{c}^{A}±0.46
14	1.00_{g}^{D}±0.00	1.25_{f}^{C}±0.50	1.25_{e}^{CD}±0.43	5.70_{d}^{A}±0.46	5.65_{d}^{A}±0.48	2.25_{d}^{B}±0.43
16	1.00_{g}^{D}±0.00	1.00_{g}^{D}±0.00	1.35_{e}^{C}±0.48	5.00_{e}^{A}±0.00	3.00_{e}^{B}±0.00	1.35_{e}^{C}±0.48

หมายเหตุ:

$_{a, b, c,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ซ-4 คะแนนความชอบเนื้อสัมผัสของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

เวลา ษา (วัน)	คะแนนความชอบเนื้อสัมผัส (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA0000	TM025	TM050	TM075	TM100
0^{NS}	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$
2	$8.75_{a}^{A}\pm0.43$	$8.75_{a}^{A}\pm0.43$	$8.50_{b}^{B}\pm0.50$	$8.75_{ab}^{A}\pm0.43$	$8.75_{ab}^{A}\pm0.43$	$8.75_{ab}^{A}\pm0.43$
4	$8.75_{a}^{A}\pm0.43$	$8.00_{bc}^{C}\pm0.45$	$8.25_{b}^{BC}\pm0.43$	$8.25_{cd}^{BC}\pm0.43$	$8.50_{b}^{AB}\pm0.50$	$8.75_{ab}^{A}\pm0.43$
6	$7.70_{b}^{D}\pm0.46$	$8.05_{b}^{CD}\pm0.50$	$8.30_{b}^{BC}\pm0.46$	$8.40_{bc}^{ABC}\pm0.49$	$8.70_{ab}^{A}\pm0.46$	$8.40_{b}^{AB}\pm0.49$
8	$7.00_{c}^{C}\pm0.45$	$7.60_{c}^{B}\pm0.49$	$7.65_{c}^{AB}\pm0.48$	$8.00_{d}^{A}\pm0.00$	$8.00_{c}^{A}\pm0.00$	$7.65_{c}^{AB}\pm0.48$
10	$4.75_{d}^{C}\pm0.43$	$6.25_{d}^{B}\pm0.43$	$6.75_{d}^{A}\pm0.43$	$7.00_{e}^{A}\pm0.00$	$7.00_{d}^{A}\pm0.00$	$7.00_{d}^{A}\pm0.00$
12	$2.65_{e}^{C}\pm0.48$	$5.60_{e}^{C}\pm0.49$	$6.25_{e}^{B}\pm0.43$	$6.75_{e}^{A}\pm0.43$	$6.35_{e}^{AB}\pm0.48$	$6.00_{e}^{B}\pm0.00$
14	$1.00_{f}^{E}\pm0.00$	$2.10_{f}^{D}\pm0.30$	$2.50_{f}^{C}\pm0.50$	$6.30_{f}^{A}\pm0.46$	$6.10_{e}^{A}\pm0.30$	$3.95_{f}^{B}\pm0.22$
16	$1.00_{f}^{E}\pm0.00$	$1.00_{g}^{E}\pm0.00$	$1.70_{g}^{D}\pm0.46$	$5.50_{g}^{A}\pm0.50$	$4.00_{f}^{B}\pm0.00$	$3.25_{g}^{C}\pm0.43$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\cdots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

NS แนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102

ตารางที่ ซ-5 คะแนนความชอบรวมของเนื้อหมึกกล้วยต้มสุกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลาย TEO ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส นาน 16 วัน

ระยะเวลาที่เก็บรักษา (วัน)	คะแนนความชอบรวม (Mean ± SEM)					
	TMC00	TA0000	TM025	TM050	TM075	TM100
0^{NS}	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$	$9.00_{a}\pm0.00$
2	$8.75_{a}^{A}\pm0.43$	$8.75_{a}^{A}\pm0.43$	$8.50_{b}^{B}\pm0.50$	$8.50_{a}^{A}\pm0.50$	$8.75_{ab}^{A}\pm0.43$	$8.50_{b}^{B}\pm0.50$
4	$8.05_{b}^{C}\pm0.22$	$8.25_{b}^{BC}\pm0.43$	$8.25_{b}^{BC}\pm0.43$	$8.75_{a}^{A}\pm0.43$	$8.50_{b}^{AB}\pm0.50$	$8.25_{b}^{BC}\pm0.43$
6	$7.70_{c}^{D}\pm0.46$	$8.00_{b}^{CD}\pm0.32$	$8.30_{b}^{BC}\pm0.46$	$8.70_{a}^{A}\pm0.46$	$8.40_{b}^{AB}\pm0.49$	$8.40_{b}^{AB}\pm0.49$
8	$5.85_{d}^{C}\pm0.36$	$6.15_{c}^{BC}\pm0.36$	$6.45_{c}^{B}\pm0.50$	$7.25_{b}^{A}\pm0.43$	$7.00_{c}^{A}\pm0.00$	$6.50_{d}^{B}\pm0.50$
10	$4.25_{e}^{D}\pm0.43$	$5.80_{d}^{C}\pm0.40$	$6.25_{cd}^{B}\pm0.43$	$7.00_{b}^{A}\pm0.00$	$7.00_{c}^{A}\pm0.00$	$6.75_{d}^{A}\pm0.43$
12	$2.35_{f}^{E}\pm0.48$	$3.95_{e}^{D}\pm0.22$	$6.00_{d}^{C}\pm0.00$	$7.00_{b}^{A}\pm0.00$	$6.50_{d}^{B}\pm0.50$	$6.30_{c}^{BC}\pm0.46$
14	$1.00_{g}^{C}\pm0.00$	$1.35_{f}^{C}\pm0.50$	$2.55_{e}^{B}\pm0.50$	$6.30_{c}^{A}\pm0.46$	$6.30_{d}^{A}\pm0.46$	$2.75_{e}^{B}\pm0.43$
16	$1.00_{g}^{E}\pm0.00$	$1.00_{g}^{E}\pm0.00$	$2.50_{e}^{D}\pm0.50$	$5.25_{d}^{A}\pm0.43$	$4.00_{e}^{B}\pm0.00$	$3.00_{e}^{C}\pm0.00$

หมายเหตุ:

$^{a, b, c,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวคอลัมน์ มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

$^{A, B, C,\ldots}$ ตัวเลขที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันในแนวแถว มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$)

^{NS} แนวนอนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

TMC00	ไม่เคลือบสารละลาย (ชุดการทดลองควบคุม)	TM050	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.5%
TA000	เคลือบด้วย alginate 0.002%	TM075	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.75%
TM025	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 0.25%	TM100	เคลือบด้วยสารละลาย TEO ความเข้มข้น 1%

BUU iThesis 61910068 thesis / recv: 12032563 14:29:09 / seq: 102