



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

.....
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์)

ปริญญา

.....
คหกรรมศาสตร์

.....
คหกรรมศาสตร์

สาขา

.....
ภาควิชา

เรื่อง ผลของกลูโคโนแลคโตนต่อการหมักและการยอมรับสัมผัส

Effect of Glucono- δ -lactone on Fermentation and Acceptability of Som-fug

นามผู้วิจัย นางสาวจิตติมาพร หนูเนียม

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
อาจารย์ศิริพร เรียบร้อย, ปร.ค.

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
อาจารย์นื่องนุช ศิริวงศ์, ปร.ค.

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์มนัส ชัยจันทร์, ปร.ค.

(.....)

หัวหน้าภาควิชา

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุธีลักษณ์ ไกรสุวรรณ, ปร.ค.

(.....)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(.....
รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สิงสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของกลูโคโนแลคโตนต่อการหมักและการยอมรับรสฝัก

Effect of Glucono- δ -lactone on Fermentation and Acceptability of Som-fug

โดย

นางสาวฐิติมาพร หนูเนียม

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรกรรมศาสตร์)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จิตติมาพร หนูเนียม 2553: ผลของกลูโคโนเดลต้าแลคโตนต่อการหมักและการยอมรับ
ส้มผัก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (คหกรรมศาสตร์) สาขาคหกรรมศาสตร์
ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ศิริพร เรียบร้อย,
ปร.ค. 96 หน้า

จากการศึกษาผลของปริมาณกลูโคโนเดลต้าแลคโตน (Glucono-delta-lactone; GDL) ต่อ
การหมักและการยอมรับส้มผักที่ผลิตจากปลากทราย (*Chitala ornata*) พบว่า ระยะเวลาการหมัก
ส้มผักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 1 และ 2 จนกระทั่งมีค่าพีเอชลดลงเหลือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.6
เร็วกว่าส้มผักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 0.25 และ 0.5 ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม ส้ม
ผักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 ได้รับคะแนนการยอมรับสูงกว่าชุดการทดลองอื่น ($p < 0.05$) และ
นำไปศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านต่าง ๆ ของส้มผักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 และไม่
เติม GDL ระหว่างการหมักและการเก็บรักษาต่อไป ระหว่างการหมักส้มผัก (30 องศาเซลเซียส)
จำนวนแบคทีเรียแลคติกและปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าพีเอชของส้มผักทั้ง
สองชุดการทดลองที่ลดลง ส้มผักที่มีการเติม GDL มีการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียแลคติกและ
ปริมาณกรดทั้งหมดมากกว่าชุดควบคุม ($p < 0.05$) ส่วนปริมาณน้ำหนักรีดและปริมาณน้ำ
ไหลไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) กรดที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสและสี ทั้ง
สองชุดการทดลองมีค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะและค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น และมีค่าความสว่าง
และค่าสีแดงเพิ่มขึ้นระหว่างการหมัก ($p < 0.05$) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติด้านต่าง ๆ
และการยอมรับของส้มผักที่เติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา
3 วัน และอุณหภูมิแช่เย็นเป็นเวลา 15 วัน พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษา (ที่อุณหภูมิห้อง)
เพิ่มขึ้น จำนวนแบคทีเรียแลคติกเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งส้มผักที่มีการเติม GDL ระหว่างการ
เก็บรักษา ที่อุณหภูมิแช่เย็น พบว่า ส้มผักที่มีการเติม GDL มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณต่างที่ระเหย
ได้ทั้งหมดน้อยกว่าชุดควบคุม ($p < 0.05$) การยอมรับของส้มผักลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษา
เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะชุดควบคุม อย่างไรก็ตาม ส้มผักที่มีการเติม GDL มีการเปลี่ยนแปลงการยอมรับ
เล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Thitimaporn Nooniam 2010: Effect of Glucono- δ -lactone on Fermentation and Acceptability of Som-fug. Master of Science (Home Economics), Major Field: Home Economics, Department of Home Economics. Thesis Advisor: Ms. Siriporn Riebroy, Ph.D. 96 pages.

Fermentation and acceptability of Som-fug produced from spotted featherback (*Chitala ornata*) as affected by different levels of GDL addition were investigated. Based on the final pH desired ($\text{pH} \leq 4.6$), the fermentation time for Som-fug added with GDL at 1% and 2% were faster than those added with GDL at 0% (control), 0.25%, and 0.5% ($p < 0.05$). However, Som-fug added with 0.25% GDL had a greater acceptability than other samples ($p < 0.05$). From the results, Som-fug added with and without 0.25% GDL was used for study in properties changes during fermentation and storage. During fermentation (30°C), the increase in lactic acid bacteria (LAB) count and total acidity with the concomitant decrease in pH were observed in both samples. Som-fug added with GDL exhibited higher in LAB count and total acidity than the control ($p < 0.05$). No differences in weight loss and released water between samples ($p > 0.05$). As the fermentation proceeded, acid produced resulted in the changes in textural properties and color. Hardness, cohesiveness, and springiness of both samples increased, and L^* and a^* values also increased throughout the fermentation ($p < 0.05$). Changes in properties and acceptability of Som-fug added with and without GDL were stored 3-days at room temperature and stored 15-days at refrigerated temperature also monitored. With increasing storage time (room temperature), LAB count and total acidity increased and the rate of increase was more pronounced in Som-fug added with GDL. During refrigerated storage, Som-fug added with GDL showed lower total volatile base nitrogen (TVB-N) content than the control ($p < 0.05$). Lower acceptance in all attributes were observed in the control than Som-fug added with GDL, particularly when storage time increased ($p < 0.05$). However, Som-fug added with GDL showed slightly changes in acceptability within 15 days.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ต้องขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ศิริพร เรียบร้อย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร. นื่องนุช ศิริวงศ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนัส ชัยจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นฤมล ศราวุฒิชัย ประธานกรรมการการสอบปากเปล่า ขั้นสุดท้าย และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุภศิลา มณีรัตน์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ รวมถึงอาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและให้ความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ขอขอบคุณบุคลากร เจ้าหน้าที่ และนิสิตภาควิชาคหกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่าง ๆ

ขอกราบขอบพระคุณทุนพัฒนาบุคคลเป็นอาจารย์ โครงการช้างเผือกราชภัฏ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา สำหรับเงินทุนสนับสนุนการศึกษา และเงินทุนสนับสนุนค่าครองชีพระหว่างการศึกษาตามหลักสูตร และขอกราบขอบพระคุณสำนักวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ. มก.) สำหรับเงินทุนสนับสนุนในการค้นคว้าวิจัย

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแต่คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ประจำมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลาทุกท่าน ที่ได้อบรมและให้กำลังใจมาโดยตลอด

ฐิติมาพร หนูเนียม

พฤษภาคม 2553

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	29
สรุปและข้อเสนอแนะ	66
สรุป	66
ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	67
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก	78
ภาคผนวก ข	80
ภาคผนวก ค	83
ภาคผนวก ง	86
ภาคผนวก จ	90
ภาคผนวก ฉ	94
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	96

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบทางเคมีของสั้มไฟ้กทางการค้าบางยี่ห้อ	6
2	คะแนนการยอมรับคุณลักษณะของสั้มไฟ้กที่ผ่านการหมัก	33
3	คะแนนการยอมรับคุณลักษณะของสั้มไฟ้กระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	53
4	คะแนนการยอมรับคุณลักษณะของสั้มไฟ้กระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น	65

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 รูปแบบการเกิดโครงข่ายโปรตีนในระบบแวนลอยของโปรตีนกลุ้มเนื้อปลา	10
2 การหมักน้ำตาล โดยแบคทีเรียแลคติกกลุ่ม โสโมเฟอร์เมนเททีฟ (A) และเฮทเทอโรเฟอร์เมนเทมิฟ (B)	17
3 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (A) และแบคทีเรียแลคติก (B) ของสั้มผักจากปลากรายที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0 (◇) 0.25 (□) 0.5 (Δ) 1.0 (×) และ 2.0 (○) ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	30
4 ค่าพีเอช (A) และปริมาณกรดทั้งหมด (B) ของสั้มผักจากปลากรายที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0 (◇) 0.25 (□) 0.5 (Δ) 1.0 (×) และ 2.0 (○) ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	32
5 จำนวนแบคทีเรียแลคติกของสั้มผักจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	34
6 ค่าพีเอช (A) และปริมาณกรดทั้งหมด (B) ของสั้มผักจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	35
7 ปริมาณน้ำหนักรที่สูญเสียน (A) ปริมาณน้ำไหล (B) และปริมาณน้ำจากการบีบอัด (C) ของสั้มผักจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	37
8 ค่าความแข็ง (A) การยึดเกาะ (B) และความยืดหยุ่น (C) ของสั้มผักจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	39
9 ค่าความสว่าง (A) ค่าความเป็นสีแดง (B) และค่าความเป็นสีเหลือง (C) ของสั้มผักจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	41
10 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (A) แบคทีเรียแลคติก (B) ยีสต์และรา (C) ของสั้มผักจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
11 ค่าพีเอช (A) และปริมาณกรดทั้งหมด (B) ของส้มพีคจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)	44
12 ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดของส้มพีคจากปลากรายที่มีการเติม และไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)	45
13 ปริมาณน้ำหนักรที่สูญเสียน (A) ปริมาณน้ำไหล (B) และปริมาณน้ำจากการบีบอัด (C) ของส้มพีคจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)	47
14 ค่าความแข็ง (A) การยึดเกาะ (B) และความยืดหยุ่น (C) ของส้มพีคจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)	49
15 ค่าความสว่าง (A) ค่าความเป็นสีแดง (B) และค่าความเป็นสีเหลือง (C) ของส้มพีคจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)	51
16 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (A) และแบคทีเรียแลกติก (B) ของส้มพีคจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)	55
17 ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดของส้มพีคจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)	56
18 ค่าพีเอช (A) และปริมาณกรดทั้งหมด (B) ของส้มพีคจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)	57
19 ปริมาณน้ำหนักรที่สูญเสียน (A) ปริมาณน้ำไหล (B) และปริมาณน้ำจากการบีบอัด (C) ของส้มพีคจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)	59

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ค่าความแข็ง (A) การยืดเกาะ (B) และความยืดหยุ่น (C) ของสัมปัทจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)	61
21	ค่าความสว่าง (A) ค่าความเป็นสีแดง (B) และค่าความเป็นสีเหลือง (C) ของสัมปัทจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)	63

ผลของกลูโคโนแลคโตนต่อการหมักและการยอมรับส้มผัก

Effect of Glucono- δ -lactone on Fermentation and Acceptability of Som-fug

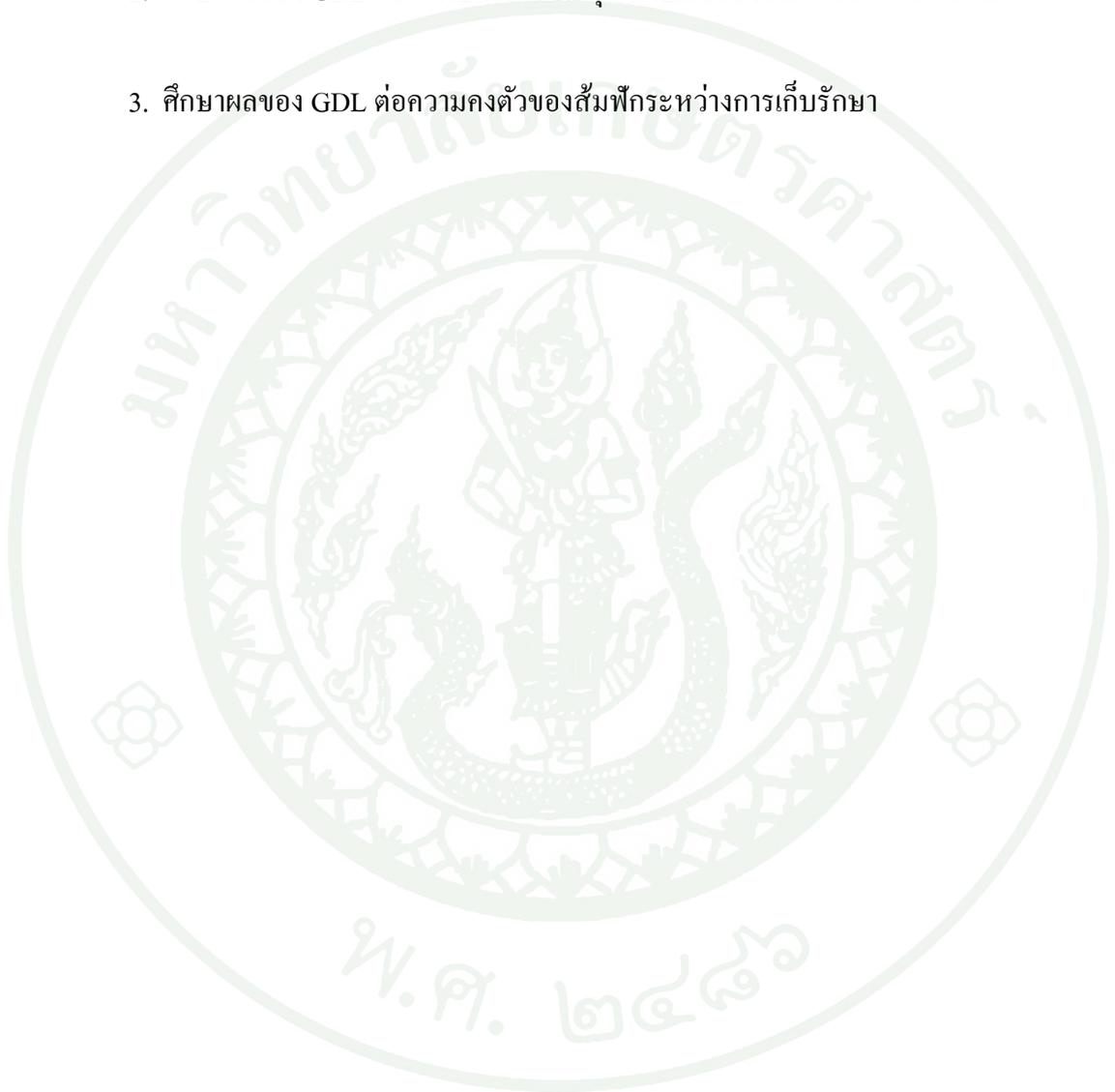
คำนำ

ส้มผักเป็นอาหารหมักพื้นเมืองที่นิยมบริโภคในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ส้มผักผลิตจากเนื้อปลาบดผสมด้วยเกลือ ข้าวสุกบด และกระเทียมบด นวดจนกระทั่งเหนียว และนำไปบรรจุถุงพลาสติกหรือใบตอง หมักที่อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 2-5 วัน (Riebroy *et al.*, 2007a; Saisithi *et al.*, 1986) เนื้อปลาน้ำจืดที่นิยมนำมาผลิตส้มผัก ได้แก่ ปลาทราย ปลายี่สก ปลาชะโด และปลาสดาด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เนื้อปลาทรายมีความเหมาะสมสำหรับการผลิตส้มผักมากที่สุด เนื่องจากส้มผักที่ได้มีเนื้อสัมผัสที่ดี (Saisithi *et al.*, 1986) นอกจากนี้เนื้อปลาหวานหนังกึ่งเป็นปลาทะเลชนิดหนึ่ง สามารถนำมาผลิตส้มผัก และได้รับการยอมรับเทียบเท่ากับส้มผักทางการค้าที่ผลิตจากปลาน้ำจืด (Riebroy *et al.*, 2007a) การบริโภคส้มผักอาจเป็นแบบผ่านหรือไม่ผ่านการปรุงสุก ทั้งนี้ส้มผักที่ผ่านการหมักและปลอดภัยสำหรับการบริโภค ควรมีค่าพีเอชเท่ากับหรือต่ำกว่า 4.6 (Riebroy *et al.*, 2007a; Saisithi *et al.*, 1986) เนื่องจากที่ระดับพีเอชดังกล่าว มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค เช่น *Clostridium botulinum* ได้ การลดลงของค่าพีเอชระหว่างการหมักส้มผัก เป็นผลมาจากการสร้างกรดอินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดแลคติกโดยแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อการหมัก (Riebroy *et al.*, 2008) แบคทีเรียแลคติกกลุ่มหลักที่พบในส้มผัก ได้แก่ *Lactobacillus* sp. และ *Pediococcus* sp. แบคทีเรียเหล่านี้สามารถใช้ข้าวสุกและกระเทียมเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตสำหรับการเจริญ โดยทั่วไปส้มผักที่ผ่านการหมักแล้ว จะมีคุณลักษณะเฉพาะตัว คือ รสชาติเปรี้ยว เนื้อสัมผัสแน่น ทั้งนี้การลดลงของค่าพีเอชมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของส้มผักระหว่างการหมัก (Riebroy *et al.*, 2007a; Saisithi *et al.*, 1986) กรดแลคติกที่เกิดขึ้นระหว่างการหมัก นอกจากมีผลต่อรสชาติเปรี้ยวของส้มผักแล้วยังมีผลเหนี่ยวนำการจับตัวกันของโปรตีนกล้ามเนื้อ ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่นสูง (Riebroy *et al.*, 2007a; Visessanguan *et al.*, 2004)

ปัจจุบันการเติมสารเจือปนอาหารประเภทที่ทำให้เกิดความเป็นกรด (acidulation) สำหรับอาหารหมักจากเนื้อสัตว์ ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีผลทำให้การลดลงของค่าพีเอชเกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งการลดลงของค่าพีเอชเป็นปัจจัยสำคัญต่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหารหมักสำหรับการบริโภค และอาจส่งผลต่อคุณลักษณะของอาหารหมักที่มีการเติมสารเจือปนอาหารดังกล่าว มีรายงานการประยุกต์ใช้กลูโคโนแลคโตน (glucono- δ -lactone; GDL) ร่วมกับกลีเซอรีนแบบผสมในการผลิตแฮมหมู สามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค และช่วยเพิ่มความปลอดภัยในการบริโภคแฮมได้มากขึ้น นอกจากนี้การเติม GDL ร้อยละ 0.25 ในผลิตภัณฑ์แฮมหมู ได้รับความยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากกว่าแฮมหมูที่มีการเติมกรดแลคติก อย่างไรก็ตามการเติม GDL และกรดแลคติกมีผลทำให้เนื้อสัมผัสของแฮมหมูนุ่มลงได้ (สุทธยา และคณะ, 2537ก) การเติม GDL จึงควรคำนึงถึงปริมาณที่เหมาะสมต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ดังนั้นการศึกษาผลของ GDL ต่อการหมักและการยอมรับสัมผัส ตลอดจนความคงตัวของสัมผัสที่มีการเติม GDL ระหว่างการเก็บรักษา จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาอาหารหมักจากสัตว์น้ำ และสามารถนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนากระบวนการผลิตสัมผัสเชิงการค้าต่อไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของปริมาณ GDL ที่เหมาะสมต่อการหมักและการยอมรับสัมผัส
2. ศึกษาผลของ GDL ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของสัมผัสระหว่างการหมัก
3. ศึกษาผลของ GDL ต่อความคงตัวของสัมผัสระหว่างการเก็บรักษา



การตรวจเอกสาร

ส้มผัก

การผลิตและคุณลักษณะทั่วไป

ส้มผักเป็นอาหารหมักพื้นเมืองที่ประกอบด้วยเนื้อปลาบด (ร้อยละ 82-85) เกลือ ข้าวสุกบด และกระเทียมบด นวดผสมจนกระทั่งเหนียว บรรจุลงพลาสติกหรือใบตอง หมักที่อุณหภูมิห้อง หรืออุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส นาน 2-5 วัน (Saisithi *et al.*, 1986; Valyasevi and Rolle, 2002) จึงสามารถบริโภคได้ ส้มผักสามารถผลิตได้จากเนื้อปลาน้ำจืดและเนื้อปลาทะเล เนื้อปลาน้ำจืดที่นำมาผลิตส้มผัก ได้แก่ ปลาทราย (*Chitala ornata*) ปลายี่สกเทศ (*Labeo rohita*) ปลาสร้อย (*Notopterus notopterus*) และปลาชะโด (*Ophicephalus micropeltes*) (Phitakpol, 1995; Saisithi *et al.*, 1986) ส่วนเนื้อปลาทะเลที่สามารถนำมาผลิตส้มผัก ได้แก่ ปลาตาหวานหนังหนา (*Priacanthus tayenus*) (Riebroy *et al.*, 2007a) และปลาสาก (*Obtuse barracuda*) (Kimhamanon, 1994) ส้มผักสามารถนำมารับประทานเป็นกับข้าวในอาหารมื้อหลัก หรือจัดเป็นอาหารว่าง คุณลักษณะของส้มผักที่ผ่านการหมักแล้ว มีรสชาติเปรี้ยวและเค็มเล็กน้อย เนื้อส้มผักมีความแน่น และยืดหยุ่น ทั้งนี้ คำว่า “ส้ม” หมายถึง รสชาติเปรี้ยว และคำว่า “ผัก” หมายถึง ความแน่นและความยืดหยุ่นของเนื้อส้มผัก (Valyasevi and Rolle, 2002) อย่างไรก็ตามคุณลักษณะของส้มผักที่ดีขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ ส่วนประกอบ และกรรมวิธีการผลิต

กมลทิพย์ และชนิตา (2541) ได้ทำการศึกษาเพื่อคัดเลือกชนิดของปลาที่เหมาะสมสำหรับผลิตส้มผัก โดยทำการผลิตส้มผักจากปลา 2 ชนิด คือ ปลาสาก และปลาช่อน พบว่า ส้มผักที่ผลิตจากปลาสาก มีคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสดีกว่าส้มผักที่ผลิตจากปลาช่อน เมื่อผ่านการหมัก 72 ชั่วโมง

ทองคำ (2538) ได้ทำการศึกษาการคัดเลือกชนิดของปลาทะเลที่เหมาะสมสำหรับการผลิตส้มผัก โดยใช้ปลาทะเล 4 ชนิด คือ ปลาสาก ปลาตาบ ปลาทรายแดง และปลาคอดทะเล พบว่า ส้มผักที่ผลิตจากปลาสาก ได้รับคะแนนการยอมรับสูงกว่าส้มผักที่ผลิตจากปลาชนิดอื่น ๆ และมีต้นทุนการผลิตต่ำ

ผ่องเพ็ญ และสุภาพรรณ (2532) ได้ทำการผลิตสั้มผักจากปลาน้ำจืด (ปลาช่อน ปลาชะโด ปลาสลิด และปลาชิว) และปลาทะเล (ปลาสาก ปลาทรายแดง ปลาทูน่า และปลาตาบ) พบว่าการผลิตสั้มผักโดยเติมเกลือร้อยละ 1-2 และหมักที่อุณหภูมิ 28-30 องศาเซลเซียส ทำให้ได้สั้มผักคุณภาพดี และหมักได้เร็วกว่าการเติมเกลือร้อยละ 3-5 ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียแลคติกสามารถเจริญได้ดีในสภาวะที่มีความเข้มข้นเกลือต่ำ (ร้อยละ 1-2) และที่อุณหภูมิเหมาะสม โดยมีข้าวสุกเป็นแหล่งคาร์บอน

Saisithi *et al.* (1986) ศึกษาการผลิตสั้มผักจากปลาน้ำจืด 6 ชนิด คือ ปลาทราย ปลาชะโด ปลาสลิด ปลาชิว ปลาตะเพียน และปลาสลิด พบว่า สั้มผักจากปลาทรายได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด เมื่อทดลองเปรียบเทียบแหล่งคาร์บอนที่ใช้ในการผลิตสั้มผัก 4 ชนิด คือ แป้งมันสำปะหลัง มันสำปะหลังต้ม ข้าวเจ้าสุก และข้าวเหนียวสุก พบว่า สั้มผักที่เติมข้าวเจ้าสุกได้รับการยอมรับมากที่สุด สำหรับบรรจุภัณฑ์พบว่า ถุงพลาสติกโพลีโพรไพรีน (Polypropylene) เป็นบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุด

องค์ประกอบทางเคมี

สั้มผักจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากมีเนื้อปลาเป็นส่วนประกอบหลัก จึงจัดเป็นอาหารที่มีปริมาณโปรตีนสูงแต่มีปริมาณไขมันต่ำ โดยทั่วไปสั้มผักประกอบด้วย ความชื้นร้อยละ 65.64-76.21 โปรตีนร้อยละ 17.01-18.43 ไขมันร้อยละ 1.8 ไยอาหารร้อยละ 0.15-0.92 เกลือร้อยละ 3.64-3.83 กรดแลกติกร้อยละ 1.27-2.46 และมีค่าพีเอชระหว่าง 4.5-5.0 (Wongkhalaung and Boonyaratanakonkit, 1986) Riebroy *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสั้มผักทางการค้าที่ผลิตจากปลาน้ำจืด 7 ยี่ห้อ แสดงดังตารางที่ 1 พบว่า สั้มผักทางการค้ามีปริมาณโปรตีนสูง (ร้อยละ 11.4-16.2) ซึ่งมาจากเนื้อปลาสด ความแตกต่างของปริมาณโปรตีนและไขมันของสั้มผักทางการค้าอาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของชนิดและปริมาณเนื้อปลาสด ปริมาณเถ้าของสั้มผักทางการค้าบ่งชี้ถึงปริมาณแร่ธาตุและเกลือที่ใช้ในการผลิต ซึ่งปริมาณเกลือที่ใช้ในการผลิตสั้มผักอยู่ระหว่างร้อยละ 3.08-4.29 (Valyasevi and Rolle, 2002)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของสั้มปักทางการค้า 7 ยี่ห้อ

ตัวอย่างสั้มปัก	องค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละ)			
	โปรตีน	ไขมัน	เถ้า	ความชื้น
A	16.2	1.56	3.60	73.25
B	11.9	1.19	3.08	77.08
C	13.9	1.30	3.81	74.88
D	13.6	1.13	3.43	75.16
E	13.0	1.20	4.29	69.66
F	11.4	1.48	3.90	73.65
G	11.6	1.46	3.75	76.25

ที่มา: ดัดแปลงจาก Riebroy *et al.* (2004)

ส่วนประกอบสำหรับการผลิตสั้มปัก

1. เนื้อปลา

เนื้อปลาเป็นส่วนประกอบหลักสำหรับการผลิตสั้มปัก โดยคิดเป็นร้อยละ 80-85 ของส่วนประกอบทั้งหมด Stanby (1963) รายงานว่า เนื้อปลาส่วนใหญ่ประกอบด้วย น้ำร้อยละ 74.8 โปรตีนร้อยละ 19.0 และไขมันร้อยละ 1.0 เนื้อปลาจึงมีปริมาณ โปรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก แต่โปรตีนอาจมีปริมาณลดลงในช่วงที่ปลาวางไข่ (spawning period) (Almas, 1981)

1.1 องค์ประกอบและสมบัติของกล้ามเนื้อปลา

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อปลาส่วนใหญ่ ได้แก่ น้ำร้อยละ 74.8 โปรตีนร้อยละ 19.0 ไขมันร้อยละ 1.0 (Stanby, 1963) ซึ่งคล้ายคลึงกับองค์ประกอบทางเคมีของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Mackie, 1994) โปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกล้ามเนื้อปลา ปริมาณ โปรตีนในปลาอยู่ในช่วงร้อยละ 15-20 (น้ำหนักเปียก) ไขมันจากเนื้อปลาทะเลประกอบด้วย กรดไขมันไม่อิ่มตัว

เป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้เกิดออกซิเดชันได้ง่าย ส่งผลให้เกิดกลิ่นหืนในผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อปลา คังกล่าวเป็นวัตถุประสงค์ (Foegeding *et al.*, 1996)

โปรตีนกล้ามเนื้อจากปลาแต่ละชนิดมีปริมาณแตกต่างกัน โดยทั่วไปแล้วโปรตีน กล้ามเนื้อปลา สามารถแบ่งตามความสามารถในการละลายในสารละลายเกลือได้ 3 กลุ่ม (Xiong, 1997) คือ

1) โปรตีนซาร์โคพลาสมิก (Sarcoplasmic proteins) เป็นโปรตีนที่สามารถละลาย ได้ในน้ำ หรือสารละลายเกลือที่มีความแรงไอออน (ionic strength) น้อยกว่า 0.15 โปรตีนซาร์โค- พลาสมิกมีประมาณร้อยละ 30 ของส่วนประกอบโปรตีนทั้งหมด โปรตีนกลุ่มนี้ได้แก่ เอนไซม์ และ เม็ดสี เป็นต้น (สุทรวัดน์, 2548)

2) โปรตีนไมโอไฟบริล (Myofibrillar proteins) โปรตีนชนิดนี้สามารถละลายได้ ในสารละลายเกลือที่มีค่า ionic strength มากกว่า 0.15 (โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 0.3-1.0) เนื้อปลาสวน ใหญ่ประกอบด้วยโปรตีนชนิดนี้ประมาณร้อยละ 40-60 โปรตีนชนิดนี้มีบทบาทสำคัญต่อการยึดหด ของกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อคุณลักษณะของเนื้อสัมผัส คุณสมบัติการอุ้มน้ำของเนื้อ และความสามารถในการเกิดเจล (gelation) โปรตีนไมโอไฟบริลประกอบด้วยโปรตีนที่สำคัญ ดังนี้

2.1) ไมโอซิน (Myosin) ไมโอซินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของฟิลาเมนต์ เส้นหนา (thick filament) โดยมีปริมาณประมาณร้อยละ 45 ของโปรตีนไมโอไฟบริล ไมโอซิน เป็นโปรตีนเส้นยาว มีความยาว 160 นาโนเมตร และมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 480,000 ดาลตัน ประกอบด้วยโปรตีน 2 หน่วยย่อย คือ ไมโอซินเส้นหนัก (myosin heavy chain; MHC) และ ไมโอซินเส้นเบา (myosin light chain; MLC) (จิรวัดน์, 2541) ไมโอซินเป็นองค์ประกอบหลักที่ สำคัญที่มีผลต่อการเกิดเจล การแผ่ตัวของโครงสร้างไมโอซินแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ที่สัตว์นั้นๆ อยู่อาศัย โดยไมโอซินจากปลามีความคงตัวต่ออุณหภูมิ (thermal stability) น้อยกว่า ไมโอซินจากสัตว์เลือดอุ่น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอันเนื่องมาจากอุณหภูมิสูง (thermal denaturation) และอุณหภูมิต่ำ (freeze denaturation) จึงเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าสัตว์เลือดอุ่น (Asghar *et al.*, 1985)

2.2) แอกติน (Actin) แอกตินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของฟิลาเมนต์เส้นบาง (thin filament) โดยมีประมาณร้อยละ 20 ของโปรตีนไมโอไฟบริล แอกตินมีรูปร่างลักษณะคล้าย เม็ดดั่ว ที่มีขนาดเท่ากันเรียงต่อกัน โมโนเมอร์ของแอกตินเรียกว่า globular actin หรือ G-actin โมโนเมอร์ดังกล่าวจะเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์สายยาว เรียกว่า fibrous actin หรือ F-actin แอกตินนั้น ไม่มีคุณสมบัติในการจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้าง 3 มิติ แต่มีรายงานว่า ตัวอย่างเจลที่มีส่วนผสม ระหว่างไมโอซินและแอกติน มีค่าความแข็งมากกว่าตัวอย่างที่มีไมโอซินแต่เพียงอย่างเดียว จึงถือว่า แอกตินมีผลส่งเสริมความแข็งของเจล (Yasui *et al.*, 1980)

2.3) โทรโปไมโอซิน (tropomyosin) และโทรโปนิน (troponin) โทรโปไมโอซินมีประมาณร้อยละ 5 ของโปรตีนไมโอไฟบริล ประกอบด้วยสายพอลิเปปไทด์ ชนิดแอลฟา-เฮลิคซ์ พันกันเป็นลักษณะ two-stranded, coiled-coil super secondary structure มีลักษณะคล้ายส่วนหางของไมโอซิน โทรโปไมโอซินแต่ละเส้นประกอบด้วย G-actin 7 โมเลกุล สำหรับโทรโปนิน ส่วนใหญ่มักอยู่ร่วมกับ โทรโปไมโอซิน โทรโปนินมีปริมาณโพรตีนมาก โทรโปนินวางตัวอยู่ตามร่องของสายคู่ของ F-actin และคร่อมบนเส้นโทรโปไมโอซิน โทรโปนินจะมีอยู่เป็นระยะ ๆ ตามความยาวของฟิลาเมนต์แอกติน

2.4) โปรตีนสโตรมา (Stroma) เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายน้ำ และสารถละลายเกลือ แต่สามารถละลายได้ในสารละลายต่างหรือกรดเข้มข้น โปรตีนในกลุ่มนี้ได้แก่ โปรตีนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่น คอลลาเจน และอีลาสติน เป็นต้น ปริมาณของโปรตีนสโตรมาขึ้นอยู่กับชนิดของปลา อาหารที่ปลากิน และระยะการเจริญของปลา โดยทั่วไปปลาจะประกอบด้วย คอลลาเจน ร้อยละ 0.2-2.2 (จักรี, 2544) เนื้อปลาจึงมีโปรตีนชนิดนี้ปริมาณน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนกลุ่มเนื้ออื่น ๆ

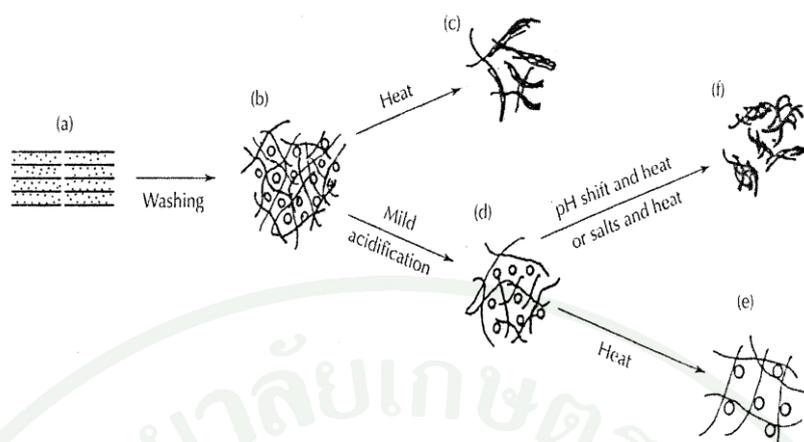
1.2 การเกิดเจลของโปรตีนกล้ามเนื้อ

การเกิดเจลเป็นการเชื่อมประสานของสายโซ่โปรตีนเกิดเป็นโครงข่าย 3 มิติ ที่สามารถอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างได้ (Smith, 1991) โดยทั่วไปการเกิดเจลของโปรตีนกล้ามเนื้อเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการให้ความร้อนระหว่างการแปรรูปอาหาร (Xiong, 1997) การเกิดเจล ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ การสูญเสียสภาพธรรมชาติ และการจัดเรียงตัวของโปรตีน (สุทธรวัฒน์, 2548) ทำให้เกิดโครงข่ายที่สามารถอุ้มน้ำและไขมันหรือส่วนประกอบอาหารอื่น ๆ ได้ ปัจจัยที่มีผลต่อการจัดเรียงตัว ได้แก่ อัตราการให้ความร้อน (Mulvihill and Kinsella, 1987) ชนิดและความ

เข้มข้นของโปรตีน และค่าพีเอช เป็นต้น (สุทรวัดณ์, 2548; Riebroy *et al.*, 2007c) พันธะที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเจลของโปรตีนกลั่นเนื้อ ได้แก่ อันตรกิริยาของหมู่ไฮโดรโฟบิก พันธะไฮโดรเจน อันตรกิริยาระหว่างประจุ (electrostatic interactions) และพันธะไดซัลไฟด์ (Benjakul *et al.*, 1997; Venugopal *et al.*, 1994; Visessanguan *et al.*, 2000)

1.3 การเหนี่ยวนำการเกิดเจลของโปรตีนกลั่นเนื้อโดยกรด

อันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลของไมโอซินในสารละลายเกลือ ขึ้นอยู่กับค่าพีเอช (Xiong, 1997) Venugopal *et al.* (1994) รายงานว่า โครงสร้างกล้ามเนื้อปลาตามเกิดเจลได้เมื่อพีเอชต่ำกว่า 3.5 ซึ่งการปรับพีเอชทำได้โดยการเติมกรดอ่อน เช่น กรดอะซิติก และกรดแลกติก เป็นต้น Fretheim *et al.* (1985) พบว่า สารละลายไมโอซินจากกล้ามเนื้อวัว สามารถเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เมื่อพีเอชลดลงสู่ 5.5 ซึ่งการลดลงของพีเอช มีผลทำให้โปรตีนเกิดการสูญเสียสภาพธรรมชาติและเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุล เกิดเป็น โครงข่ายร่างแห การลดระดับพีเอชของโปรตีนกลั่นเนื้อลง สามารถทำได้โดยการเติมกรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดอะซิติก กรดทาร์ทริก กรดซิตริก และGDL เป็นต้น (Ngapo *et al.*, 1996; Totosaus *et al.*, 2002) Chawla *et al.* (1996) รายงานว่า การลดลงของพีเอช เหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโปรตีน โดยมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณแอลฟาเฮลิกซ์ นอกจากการลดลงของพีเอชแล้ว ความแรงไอออนยังมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลโปรตีนของกล้ามเนื้อปลา Venugopal (1997) ได้รายงานกลไกการเหนี่ยวนำการเกิดเจลของโปรตีนกลั่นเนื้อโดยกรด แสดงดังภาพที่ 1 โดยจำลองรูปแบบการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนไมโอไฟบริลของกล้ามเนื้อปลาระหว่างการให้ความร้อน หรือการปรับพีเอชให้เป็นกรด ความคงตัวของโปรตีนกลั่นเนื้อลดลงเมื่อพีเอชลดลงและอุณหภูมิเพิ่มขึ้น เมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ทำให้โครงสร้างของโปรตีนกลั่นเนื้อเปลี่ยนแปลงไป มีผลทำให้เกิดอันตรกิริยากับน้ำ



ภาพที่ 1 รูปแบบการเกิดโครงข่ายโปรตีนในระบบแขวนลอยของโปรตีนกล้ามเนื้อปลา

- (a) เนื้อปลา
- (b) เนื้อปลาที่ผ่านการล้าง
- (c) โปรตีนเจลที่ผ่านความร้อน
- (d) สภาวะเติมกรดอะซิติกเพื่อลดค่าพีเอช
- (e) สภาวะลดค่าพีเอชและผ่านความร้อน (100 องศาเซลเซียส)
- (f) สภาวะการให้ความร้อนหลังจากค่าพีเอชลดลงและมีการเติมเกลือ

ที่มา: Venugopal (1997)

Venugopal *et al.* (2001) เปรียบเทียบรูปแบบของโปรตีนกล้ามเนื้อปลาลามที่ผ่านและไม่ผ่านการล้างด้วยกรดอะซิติก โดย sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) พบว่า ปลาลามที่ผ่านการล้างด้วยกรดมีความเข้มข้นของไมโอซินเส้นหนัก (MHC) ลดลง การเกิดเจลของกล้ามเนื้อปลาลามโดยการเติมกรดอะซิติก มีผลทำให้ปริมาณหมู่ซัลฟ์ไฮดริลลดลงร้อยละ 50 (Venugopal, 1997) การลดลงของปริมาณหมู่ซัลฟ์ไฮดริล และการเพิ่มขึ้นของปริมาณพันธะไดซัลไฟด์ระหว่างการบ่มแอกโตไมโอซินจากกล้ามเนื้อปลาแอตแลนติกคอดและปลาเบอร์บอทในสภาวะที่มีการเติม GDL บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอกโตไมโอซินธรรมชาติที่ถูกเหนี่ยวนำด้วยกรด (Riebroy *et al.*, 2007b) การลดลงของพีเอชทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและสมบัติทางเคมีกายภาพของโปรตีนในแฮมและสั้มฟัก โดยพบว่าในระหว่างการหมัก เกิดการย่อยสลายของโปรตีนกล้ามเนื้อ และเกิดการจัดเรียงตัวของโปรตีนหรือเปปไทด์ (Riebroy *et al.*, 2007a; Visessanguan *et al.*, 2004)

1.4 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลาระหว่างการเก็บรักษา

เนื้อปลาเป็นอาหารที่เน่าเสียได้เร็วมาก การเน่าเสียเกิดจากการสลายตัวของโปรตีนด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวปลา (autolysis) การรวมตัวกับออกซิเจนของไขมัน ทำให้เกิดกลิ่นหืน และการเจริญของจุลินทรีย์ (Dalgaard *et al.*, 1993)

ภายหลังจากปลาตาย จะเกิดการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (rigor mortis) เอนไซม์ที่มีอยู่ในตัวปลา และเอนไซม์ที่อยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์ย่อยสลายองค์ประกอบของเนื้อปลา และผลิตสารประกอบที่ระเหยได้ (volatile compounds) ซึ่งก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า นอกจากนี้การย่อยสลายโปรตีนในสภาวะที่ไร้ออกซิเจน (putrefaciens) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบที่ระเหย และก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่าได้เช่นกัน ได้แก่ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulphide) เมทิลเมอร์แคปแทน (methylmercaptan) อินโดล (indole) เอมีน (amine) และแอมโมเนีย (ammonia) ซึ่งการเน่าเสียแบบนี้มักมีสาเหตุจาก *Clostridium* spp. หลายชนิด และแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในการเจริญเล็กน้อย (facultative bacteria) เช่น *Pseudomonas* spp. *Alcaligenas* และ *Proteus* บางชนิด (Fraser and Sumar, 1998; Gray *et al.*, 1983; Manzano-mazorra *et al.*, 2000)

1.4.1 สารประกอบที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของเนื้อปลาระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีนิยมใช้ดัชนีคุณภาพทางเคมี (chemical indicators) เพื่อแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อปลา ดังนี้

ก. ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total Volatile Base Nitrogen; TVBN)

ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด ประกอบด้วย แอมโมเนีย และเอมีน (Fan *et al.*, 2008) ซึ่งเป็นผลมาจากการย่อยสลายของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non-protein nitrogenous compounds) ก่อให้เกิดกลิ่นและรสที่ผิดปกติแก่เนื้อปลา โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ และเอนไซม์ภายในตัวปลา (Ruiz-Capillas and Moral, 2005) ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดของสัตว์น้ำมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์ การจัดการ และสภาวะระหว่างการผลิต (Fan *et al.*, 2008) ปริมาณของค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด มีความสัมพันธ์กับคุณภาพของปลา คือ ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด น้อยกว่า 12 mg N/100 กรัม บ่งบอกถึงเนื้อปลาที่มี

ความสดและมีคุณภาพดี ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด เท่ากับ 12-20 mg N/100 กรัม เนื้อปลายังสามารถบริโภคได้ และเกิดการสลายตัวขององค์ประกอบภายในตัวปลา (decomposition) เล็กน้อย ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด เท่ากับ 20-25 mg N/100 กรัม เนื้อปลายังคงบริโภคได้ แต่มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด มากกว่า 25 mg N/100 กรัม เนื้อปลาเกิดการเน่าเสียจนไม่สามารถบริโภคได้ (Regenstein, 1991)

ข. ไตรเมทิลเอมีน (Trimethylamine; TMA)

การสลายตัวของสารประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนแล้วเกิดสารระเหยที่ก่อให้เกิดกลิ่นคาว และกลิ่นเหม็นเน่าของปลาและสัตว์น้ำ คือ การเปลี่ยนไตรเมทิลเอมีนออกไซด์ (TMAO) ซึ่งเป็นสารที่ป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากตัวปลา (water logout) พบมากบริเวณผิวหนัง โดย TMAO สามารถเปลี่ยนเป็นไตรเมทิลเอมีน (TMA) โดยกิจกรรมของเอนไซม์ไตรเมทิลเอมีนรีดักเตส (trimethylamine reductase) จากแบคทีเรียบางชนิด เช่น *Shewanella putrefaciens* ซึ่งรับพลังงานเพื่อใช้ในการเจริญจากการเปลี่ยนแปลง TMAO เป็น TMA ปริมาณ TMA ที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่าและมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนแบคทีเรีย และความสดของปลา นอกจากนี้ปฏิกิริยาของเอนไซม์จากปลา (endogenous enzyme) สามารถเปลี่ยน TMAO เป็น Dimethylamine (DMA) และ Formaldehyde ได้ ส่งผลให้ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยปกติปลาชนิดต่าง ๆ มีปริมาณ TMAO แตกต่างกัน ปลาคอด และปลาเซลมอน มี TMAO ประมาณร้อยละ 1 และปลาคลาม มี TMAO ประมาณร้อยละ 1.5 โดยทั่วไปการเพิ่มขึ้นของปริมาณ TMA สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพทางเคมี และตรวจวัดการเน่าเสียของปลาและสัตว์น้ำ เนื้อปลาที่มีความสดและคุณภาพดีควรมี TMA น้อยกว่า 1.5 mg N/100 กรัม หากเนื้อปลามีปริมาณ TMA มากกว่า 10-15 mg N/100 กรัม เนื้อปลาจะมีลักษณะปรากฏ และกลิ่น ไม่เป็นที่ยอมรับโดยผู้บริโภค เนื่องจากมีกลิ่นเหม็นเน่า และกลิ่นคาวปลาอย่างรุนแรง (Debever and Boskou, 1996; Sleat and Robinson, 1984)

2. กระจีต

กระจีตเป็นส่วนประกอบสำคัญในการผลิตสั้มผัก ทำหน้าที่ให้กลิ่นรสของสั้มผัก รวมทั้งช่วยลดการเกิดกลิ่นคาวของเนื้อปลา (Saisithi *et al.*, 1986) โดยทั่วไป สั้มผักมีกระจีตเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักทั้งหมด กระจีตประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตประมาณร้อยละ 25-30 ได้แก่ ฟรุคแทน (fructan) และน้ำตาลซูโครส (sucrose) ซึ่งประกอบด้วย

น้ำตาลฟรุกโตส (fructose) และน้ำตาลกลูโคส (glucose) น้อยกว่าร้อยละ 1 (Anderson and Sorensen, 1999) กระเทียมจัดเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับแบคทีเรียแลคติกสำหรับการหมักสัสมัก (Østergaard *et al.*, 1998) นอกจากนี้กระเทียมยังมีสารประกอบ allicin (2-propenyl-2-propenethiol sulfonate) ซึ่งสามารถยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่อาจมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสีย รวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ (Kyung *et al.*, 1996)

3. ข้าวสุก

ข้าวสุกจัดเป็นแหล่งคาร์บอนที่สำคัญสำหรับการหมักอาหารจากสัตว์น้ำ (Cooke *et al.*, 1987; Owen and Mendoza, 1985) ระหว่างการหมักเนื้อปลา เกลือ และข้าวสุกโดยการเติมเกลือเชื้อบริสุทธิ์ พบว่า แป้งจากข้าวถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียแลคติก ส่งผลทำให้ค่าพีเอชของเนื้อปลาหมักลดลง (Østergaard *et al.*, 1998)

4. เกลือ

เกลือ (โซเดียมคลอไรด์) เป็นส่วนประกอบสำหรับการผลิตสัสมัก โดยมีการเติมประมาณร้อยละ 3-5 ของน้ำหนักเนื้อปลา เกลือที่นิยมในการผลิตสัสมัก คือ เกลือสมุทร (Phitakpol, 1995; Saisithi *et al.*, 1986) การเติมเกลือมีผลต่อรสชาติ และทำให้ค่าวอเตอร์แอคทีวิตีลดลง จึงมีผลทำให้เกิดการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหาร และจุลินทรีย์ก่อโรค (Luck, 1998) นอกจากนี้เกลือยังมีผลต่อการละลายของโปรตีนกล้ามเนื้อ รวมทั้งความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนอีกด้วย (water holding capacity) (Peterson *et al.*, 1988)

5. ไนโตรเจน/ไนเตรท

ไนโตรเจนหรือไนเตรท เป็นส่วนประกอบสำคัญสำหรับการผลิตอาหารประเภทเนื้อหมัก ไนโตรเจนมีผลต่อสี โดยไนโตรเจนสามารถทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิน (myoglobin) กลายเป็นรงควัตถุที่มีสีชมพูซึ่งมีความคงตัวต่อความร้อน นอกจากนี้ไนโตรเจนยังมีผลในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันในไส้กรอกหมัก (Luck, 1998) และการยับยั้งการเจริญของสปอร์ของเชื้อ *Clostridium botulinum* ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (Claus *et al.*, 1994) รวมทั้งมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Listeria monocytogenes* (Rocourt *et al.*, 2000)

บทบาทของแบคทีเรียแลคติกระหว่างการหมักอาหารประเภทเนื้อ

จุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารหมัก การหมักอาหารประเภทเนื้อสัตว์ มักมีการเจริญของจุลินทรีย์หลายกลุ่ม กลุ่มที่พบมากที่สุดในการหมักอาหารประเภทเนื้อสัตว์ คือ แบคทีเรียแลคติก ซึ่งโดยปกติจุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถพบได้ตามช่องปากและลำไส้ของมนุษย์ และสัตว์ รวมถึงผักและผลไม้

แบคทีเรียแลคติก เป็นจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อการเกิดกลิ่นรสเฉพาะของผลิตภัณฑ์อาหารหมักประเภทเนื้อสัตว์ เป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่ไม่สร้างสปอร์ ลักษณะเซลล์เป็นเม็ดกลมหรือแท่ง การจัดเรียงตัวของเซลล์จะเรียงต่อกันยกเว้น *Pediococcus* ที่ต่อกันเป็นคู่มี 2 ระบายไม่สร้างเอนไซม์คะตาเลส (Catalase) แบคทีเรียแลคติกบางสายพันธุ์สามารถสร้างซูโดคะตาเลส (Pseudocatalase) ซึ่งพบเมื่อเจริญในอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลน้อย เซลล์ไม่เคลื่อนที่ ในระหว่างการหมักจะสร้างกรดแลคติก และกรดอื่น ๆ ที่ระเหยได้ พร้อมกับคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถแบ่งแบคทีเรียแลคติกเป็น 12 สกุล (De Vuyst and Vandamme, 1994) ดังนี้

1. สกุล *Streptococcus* เซลล์มีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8-1.2 ไมครอน จัดเรียงตัวเป็นสายโซ่หรือคู่ ผลิตรกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์หลักจากการหมักกลูโคส (Homofermentative) ต้องการสารอาหารปริมาณมากในการเจริญ มีหลายสปีชีส์ที่เป็นปรสิตในคนหรือสัตว์ และบางสปีชีส์สามารถทำให้เกิดโรคได้ เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 20-41 องศาเซลเซียส

2. สกุล *Vagococcus* เป็นแบคทีเรียแลคติกซึ่งเคลื่อนที่ได้บางสายพันธุ์ ประกอบด้วย 2 สปีชีส์ คือ *Vagococcus fluvialis* ซึ่งเดิมอยู่ใน streptococci กลุ่ม N และ *V. salmoninarum* ซึ่งแยกได้จากปลาแซลมอนที่เป็นโรค

3. สกุล *Lactococcus* เซลล์มีรูปร่างกลมหรือรูปไข่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1 ไมครอน จัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดี่ยวเป็นคู่หรือต่อกันเป็นสายโซ่ ผลิตรกรดแลคติกจากการหมักกลูโคส มักใช้เป็นก้ำเชื้อ (starter) ในผลิตภัณฑ์นม สามารถเจริญได้ที่ 10 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่ 45 องศาเซลเซียส พบในแหล่งต่าง ๆ เช่น ผักกาด ถั่ว มันฝรั่ง และน้ำมันดิบ เป็นต้น

4. สกุล *Enterococcus* เซลล์มีรูปไข่ จัดเรียงตัวเป็นเชลล์เดี่ยว หรือสายโซ่สั้น ๆ ผลิตรกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์หลักเท่านั้นจากการหมักกลูโคส ต้องการสารอาหารสูงในการเจริญ สามารถเจริญที่ 10 หรือ 45 องศาเซลเซียส บางสายพันธุ์ผลิตเอนไซม์อะเลสเทียซึมได้ และบางสปีชีส์ทำให้เกิดโรค

5. สกุล *Pediococcus* เซลล์มีรูปร่างกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.36-1.43 ไมครอน แบ่งตัวลักษณะ 2 ทิศทางบนระนาบเดียวกัน โดยแบ่งตัวครั้งที่ 2 ในทิศด้านขามือของครั้งแรก ทำให้เกิดลักษณะเฉพาะเป็นเชลล์ 4 เซลล์ติดกันคล้ายจตุรัส (tetrad formation) ผลิตรกรดแลคติกในสภาวะไม่มีอากาศ บางสปีชีส์ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของเบียร์และไวน์

6. สกุล *Tetragenococcus* มีลักษณะการแบ่งตัวเหมือน *Pediococcus* เนื่องจากเดิมคือ สปีชีส์ *P. halophilus* ซึ่งจัดจำแนกใหม่จากการเจริญในอาหารซึ่งมีเกลือโซเดียมคลอไรด์สูงถึงร้อยละ 18

7. สกุล *Aerococcus* มีลักษณะการแบ่งตัวเหมือน *Pediococcus* ประกอบด้วย 2 สปีชีส์ คือ *Aerococcus viridians* และ *A. urinae* ซึ่งเปลี่ยนแปลงจาก *P. homari* และ *P. urinaeequi* ตามลำดับ

8. สกุล *Leuconostoc* เซลล์มีลักษณะขึ้นกับอาหารเลี้ยงเชื้อ อาหารที่มีกลูโคส เซลล์จะมีลักษณะยึดออกคล้ายกลุ่ม lactobacilli แต่ในน้ำนมเซลล์จะมีรูปร่างกลม การจัดเรียงตัวเป็นเชลล์เดี่ยว อยู่เป็นคู่หรือเป็นสายโซ่สั้นถึงปานกลาง ผลิตรกรดแลคติก เอทานอล คาร์บอนไดออกไซด์ และสารหอมระเหยจากการหมักกลูโคสแบบ Heterofermentative จึงช่วยสร้างกลิ่นรสในอาหารหมักดอง ต้องการสารอาหารปริมาณมากในการเจริญ

9. สกุล *Oenococcus* ประกอบด้วยสปีชีส์เดียว คือ *Oenococcus oeni* ซึ่งเปลี่ยนมาจาก *Leuc. oenos* ด้วยสมบัติการทนต่อกรดและเอทานอลปริมาณสูง

10. สกุล *Weissella* ประกอบด้วยแบคทีเรีย 7 สปีชีส์ ซึ่งลักษณะคล้าย *Leuconostoc* (leuconostoc-like bacteria) รูปร่างเซลล์เป็นแท่งและกลม มีสปีชีส์ซึ่งเดิมอยู่ในสกุล *Leuconostoc* และ *Lactobacillus* คือ *Leuc. paramesenteroides* (*Weissella paramesenteroides*) *Lactobacillus confusus* (*W. confusus*) *Lb. halotolerans* (*W. halotolerans*) *Lb. kandleri*

(*W. kandleri*) *Lb. minor* (*W. minor*) *Lb. viridescens* (*W. viridescen*) และสปีชีส์ใหม่ซึ่งแยกได้จากไส้กรอกหมัก คือ *W. hellenica*

11. สกุล *Lactobacillus* เป็นแบคทีเรียแลคติกกลุ่มใหญ่ที่สุด มีความหลากหลายของลักษณะทางฟิโนไทป์ สมบัติทางชีวเคมีและสรีระ พบในแหล่งต่าง ๆ เช่น เยื่อเมือกของมนุษย์และสัตว์ พืช และน้ำทิ้ง เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างเป็นท่อนหรือทรงรี (coccobacilli) ต้องการสารอาหารปริมาณมากในการเจริญ ประกอบด้วย 55 สปีชีส์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ Obligately homofermentative lactobacilli กลุ่ม Facultatively heterofermentative lactobacilli และกลุ่ม Obligately heterofermentative lactobacilli

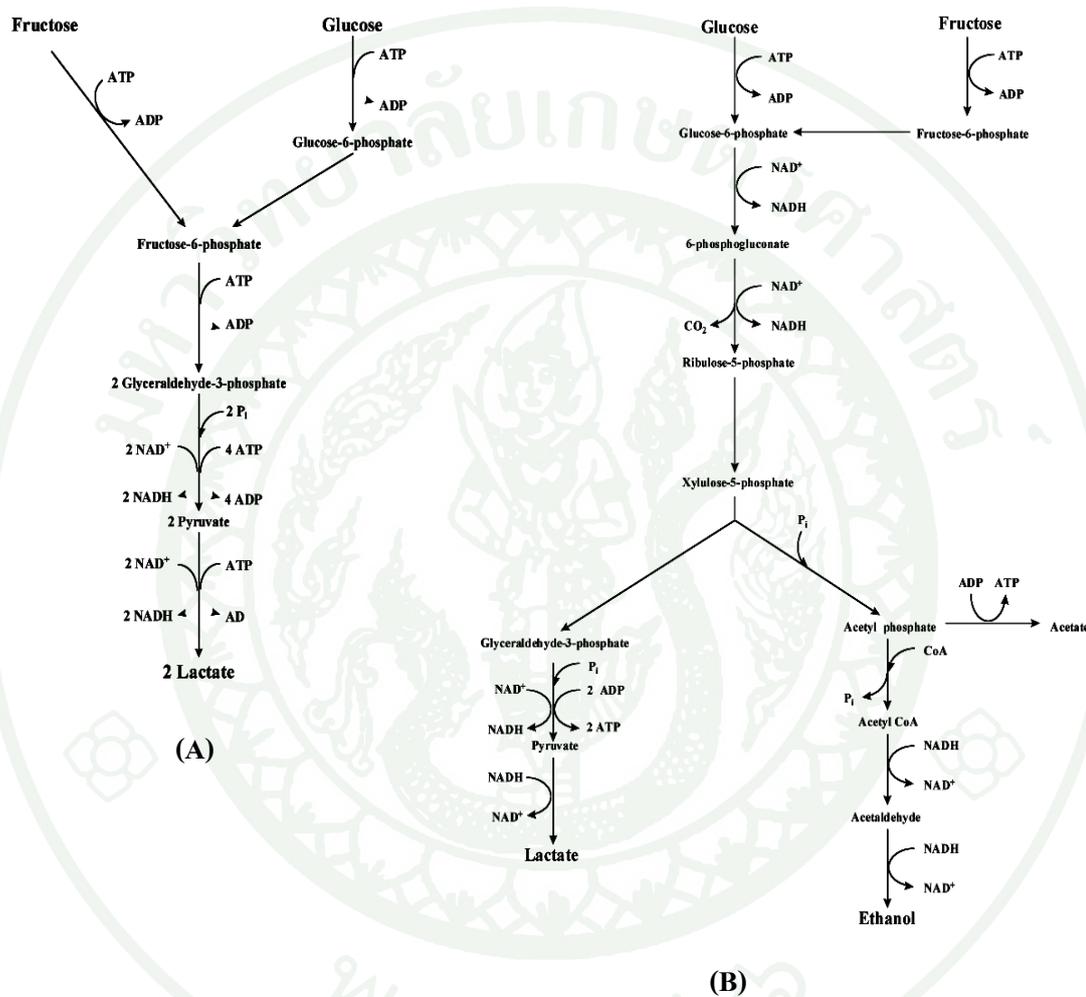
12. สกุล *Carnobacterium* เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อนตรงขนาดสั้นถึงปานกลางหรือเป็นท่อนเรียว (Slender rod) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-0.7 ไมครอน และยาว 1.1-3.0 ไมครอน จัดเรียงตัวเป็นเซลล์เดี่ยวหรือคู่ มักไม่พบการเรียงเป็นสายโซ่ ผลิตรกรดแลคติก คาร์บอนไดออกไซด์ อะซิเตท และเอทานอลจากการหมักน้ำตาลเฮกโซส

นอกจากนี้แบคทีเรียแลคติก สามารถแบ่งออกได้ 2 กลุ่ม ตามลักษณะการใช้อาหารและสารที่สร้างขึ้นระหว่างการหมัก คือ

1. โฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (homofermentative) เป็นแบคทีเรียแลคติกที่ผลิตกรดแลคติกได้ประมาณร้อยละ 85 หรือมากกว่าจากน้ำตาลกลูโคส แต่ไม่สร้างแก๊ส อย่งไรก็ตามอาจเกิดการสร้างแก๊สจากกลูโคเนทได้ ถ้าเชื้อกลุ่มนี้หมักน้ำตาลไรโบสจะเกิดกรดแลคติก และกรดอะซิติก โฮโมเฟอร์เมนเททีฟแลคติกแอซิดแบคทีเรียไม่ต้องการ ไธอะมีน (Thiamine) ในการเจริญ และสร้างเอนไซม์เอนโดเลสได้ สามารถเจริญได้ที่ 45 องศาเซลเซียส และ 15 องศาเซลเซียส แบคทีเรียแลคติก กลุ่มนี้ ได้แก่ *Lactobacillus sake* *L. acidilactici* และ *L. casei* เป็นต้น

2. เฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (heterofermentative) เป็นแบคทีเรียแลคติกที่ผลิตกรดแลคติก แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ หรือผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว

การหมักทั้ง 2 แบบทำให้ได้ผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน (ภาพที่ 2) และการหมักแบบโฮโมเฟอร์เมนเททีฟจะมีเอนไซม์เอนโคเลสเป็นตัวบ่งชี้ในกระบวนการไกลโคไลซิส ในขณะที่การหมักแบบเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟจะไม่มีการสร้างเอนไซม์ดังกล่าว (McDonald *et al.*, 1987)



ภาพที่ 2 การหมักน้ำตาลโดยแบคทีเรียแลคติกกลุ่มโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (A) และเฮเทอโรเฟอร์เมนเททีฟ (B)

ที่มา: McDonald *et al.* (1987)

การเติมเกลือแบคทีเรียแลคติกสำหรับการหมัก ทำให้มีการสร้างแบคทีเรียโอซิน (Bacteriocin) ขึ้นมา ซึ่งช่วยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค และเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียบางกลุ่มได้ (Winkowski *et al.*, 1993) การเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแบคทีเรียแลคติก เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงคุณภาพของการหมัก นอกจากนี้บทบาทสำคัญของแบคทีเรียแลคติกใน

การหมัก คือ การสร้างกรดอินทรีย์จากคาร์โบไฮเดรต ซึ่งกรดอินทรีย์เหล่านี้มีผลทำให้ค่าพีเอชลดลง ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ และมีผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่บางประการของโปรตีน เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ เป็นต้น

1. การเปลี่ยนแปลงพีเอช และปริมาณกรดทั้งหมด

การสร้างกรดแลกติกระหว่างการผลิต ทำให้ค่าพีเอชลดลง ซึ่งการลดลงของค่าพีเอช เกิดขึ้นเนื่องจากแบคทีเรียแลกติกใช้น้ำตาลในส่วนผสมของอาหารในการสร้างกรดแลกติก (Pérez-Alvarez *et al.*, 1999) Matulis *et al.* (1995) รายงานว่า เมื่อค่าพีเอชลดลงเข้าสู่ pI (Isoelectric point) ของโปรตีนกล้ามเนื้อ มีผลต่อการละลายของโปรตีนดังกล่าว และส่งผลต่อความแน่นของไส้กรอกหมัก แบคทีเรียแลกติกที่นำมาใช้ในการผลิตไส้กรอกหมัก ได้แก่ *Lactobacillus bulgaricus* *L. casei* *L. leichmanii* *L. plantarum* *Leuconostoc citrovorum* *Leuc. mesenteroides* และ *Streptococcus diacetylactis* (Gibbs, 1987) สำหรับส้มผัก พบว่า การเจริญของแบคทีเรียแลกติกอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้ค่าพีเอชลดลงต่ำกว่า 4.5 ภายใน 2 วัน สามารถป้องกันการเสื่อมเสียของส้มผักได้ (Østergaard *et al.*, 1998; Paludan-Müller *et al.*, 1999; Paludan-Müller *et al.*, 2002)

2. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพระหว่างการหมัก

2.1 การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสระหว่างการหมัก

การยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภค ขึ้นกับคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส และกลิ่นรส สำหรับไส้กรอกหมักและส้มผักนั้น คุณลักษณะที่สำคัญซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคประการหนึ่ง คือ เนื้อสัมผัส (Riebroy *et al.*, 2007a) ในระหว่างการหมัก การย่อยสลายของโปรตีนมีผลต่อคุณลักษณะด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของไส้กรอกหมัก ค่าความแข็ง (Hardness) ของไส้กรอกหมักที่เพิ่มขึ้นระหว่างการหมัก บ่งบอกถึงความสมบูรณ์ของการหมักของไส้กรอก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน และการเกิดเจลของโปรตีนกล้ามเนื้อ (Hagen *et al.*, 1996) นอกจากนี้การเติมเกลือ มีผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของไส้กรอกหมัก ทั้งนี้เนื่องจากเกลือ โซเดียมคลอไรด์ช่วยทำให้โปรตีนกล้ามเนื้อละลาย และสามารถปรับปรุงความสามารถในการเกิดเจลของโปรตีนกล้ามเนื้อได้ Riebroy *et al.* (2007a) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของส้มผักระหว่างการหมัก โดยพบว่าส้มผักมีความแน่น

(Firmness) ความแข็ง (Hardness) และความยืดหยุ่น (Springiness) เพิ่มขึ้นระหว่างการหมัก อาจเนื่องมาจากการลดลงของฟิเอซซึ่งจะมีผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนกล้ามเนื้อปลา

2.2 การเปลี่ยนแปลงสีระหว่างการหมัก

สีเป็นสมบัติทางกายภาพที่เป็นผลมาจากการสร้างกรดระหว่างการหมักไส้กรอก คุณลักษณะสีของเนื้อสัตว์เป็นผลมาจากรงควัตถุ (pigment) และสมบัติการกระเจิงแสง (light scattering properties) สีของไส้กรอกหมักเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างไนโตรออกไซด์ และไมโอโกลบิน (myoglobin) เป็นไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน (Nitric oxide myoglobin; NOMb) นอกจากนี้ เกลือยังมีผลต่อสีของไส้กรอกอีกด้วย (Gimeno *et al.*, 1999) สุทธยา และคณะ (2537ข) รายงานว่า การเติม GDL ร้อยละ 0.25 ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแฮมหมูที่ผ่านการหมัก

การเปลี่ยนแปลงสีระหว่างการหมักไส้กรอกประเภทที่มีการเติมไนเตรทหรือไนไตรท์ มีผลเนื่องมาจากไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งเป็นรงควัตถุในเนื้อสัตว์กับสารประกอบไนไตรท์หรือไนเตรท หลังจากที่ไนเตรทหรือไนไตรท์ ถูกรีดิวซ์ไปเป็นไนตริกออกไซด์ โดยเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียแลคติก หรือตัวรีดิวซ์ที่พบในกล้ามเนื้อ หรือสารรีดิวซ์อื่น ๆ ที่เติมลงไป เช่น แอสคอร์เบท เป็นต้น ไนตริกออกไซด์ที่เกิดขึ้น สามารถรวมตัวกับไมโอโกลบิน ทำให้เกิดสีแดงของสารประกอบไนโตรโซไมโอโกลบิน (nitrosomyoglobin) (Klettner and Baumgartner, 1980) สารไนไตรท์มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดสี และทำให้สีมีความคงตัวในช่วงต้นของการหมัก และในสภาวะที่มีความเป็นกรด ดังนั้นการเติมสารไนไตรท์หรือไนเตรท สามารถช่วยในการปรับปรุงสีของผลิตภัณฑ์ ประกอบกับถ้ามีสภาพความเป็นกรดจะยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดสีชมพูแดงได้เร็วยิ่งขึ้น (สุทธยา และคณะ, 2537ข)

2.3 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา

อาหารหมักประเภทเนื้อสัตว์ที่เก็บรักษาโดยการแช่เย็น มักเกิดการเน่าเสียอย่างรวดเร็วเนื่องจากการเจริญของแบคทีเรียกลุ่มทนเย็นที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสีย และกลุ่มที่ก่อโรค ได้แก่ *Listeria monocytogenes* *Aeromonas hydrophilla* และ *Staphylococcus aureus* โดยแบคทีเรียเหล่านี้สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 และ 12 องศาเซลเซียส Yin and Jiang (2001) รายงานว่า ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าฟิเอซ จำนวนแบคทีเรียแลคติก และจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาไส้กรอกปลาแมคเคอเรลที่มีการเติมเชื้อ *Pediococcus pectosaceus* L และ *Pediococcus*

pentosaceus S ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 21 วัน Østergaard *et al.* (1998) รายงานว่า สัมผัสสามารถเก็บรักษาโดยการแช่เย็นได้นาน 18 วัน และ Riebroy *et al.* (2007c) ได้ทำการศึกษา เก็บรักษาสัมผัสจากปลาตาหวานหน้หงาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ร่วมกับการฉายรังสี พบว่า สัมผัสที่เก็บรักษาแบบแช่เย็นร่วมกับการฉายรังสีที่ระดับ 2 กิโลเกรย์ ยังคงได้รับการยอมรับ หลังจากการเก็บรักษาเป็นเวลา 20 วัน

กลูโคโนแลคตัม

สมบัติทั่วไป

กลูโคโนแลคตัม (glucono- δ -lactone; GDL) เป็นสารเจือปนอาหารประเภทที่ทำให้เกิดความเป็นกรด (acidulant) ไม่มีความเป็นพิษ ละลายน้ำได้ดีและไม่มีผลต่อรสชาติไม่พึงประสงค์ ต่อผู้บริโภค (EL-Shenawy *et al.*, 1990) ในสภาวะที่มีน้ำ (aqueous system) GDL ถูกไฮโดรไลซ์เป็น กรดกลูโคนิก (gluconic acid) ซึ่งเป็นกรดอ่อน (weak acid) ทำให้ค่าพีเอชลดลง อัตราการลดลงของ ค่าพีเอชขึ้นกับความเข้มข้นของ GDL และอุณหภูมิ

GDL เป็นสารให้กลิ่นรสตามธรรมชาติที่ได้จากการหมักของน้ำตาลกลูโคส ร่างกายสามารถย่อยได้ (Kotter *et al.*, 1969) กลไกการทำงานของ GDL จะค่อย ๆ สลายตัว และปล่อยกรด กลูโคนิก ออกมาอย่างช้า ๆ ทำให้พีเอชของอาหารลดลง (Varga, 1972) การลดลงของค่าพีเอชที่เร็ว ขึ้นนี้ เป็นผลดีต่อการหมักอาหารหมักดอง เนื่องจากการลดระยะเวลาในการผลิตให้สั้นลง แต่ ในขณะเดียวกัน การเติม GDL ปริมาณมากในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมากขึ้น ซึ่งจะทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ลดลงได้ จากรายงานของ Krylova *et al.* (1970) พบว่า การเติม GDL ร้อยละ 0.25 ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหมัก ส่งผลให้ค่าพีเอชลดลง แต่ไม่มีการสูญเสียความชื้น และ GDL ร้อยละ 0.25 จะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเกิดกรดกลูโคนิกทันที ภายใน 10 นาที ส่วนที่ เหลือจะเกิดปฏิกิริยาอย่างช้า ๆ ภายในเวลา 3 ชั่วโมง (Karmas, 1972)

GDL สามารถผลิตได้จากปฏิกิริยาการหมักของน้ำตาลกลูโคส โดยอาศัยเชื้อ *Aspergillus niger* หรือ *Acetobacter suboxydans* หลังปฏิกิริยาการหมักสิ้นสุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเป็นส่วนผสม ระหว่างของกรดกลูโคนิกและ GDL จากนั้นจึงทำการแยก GDL ออกมาด้วยวิธีการตกผลึก (crystallization)

บทบาทของกลูโคโนแลคตาแลคโตน

GDL ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารอย่างแพร่หลาย การเติม GDL สำหรับการผลิตอาหารนั้น อาจเติม GDL เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสารให้ความเป็นกรดชนิดอื่น เช่น กรดซิตริก และกรดแลกติก เป็นต้น อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์ของการเติมกรดหรือ GDL ในผลิตภัณฑ์อาหารมีหลายประการ ตัวอย่างงานวิจัยของการประยุกต์ใช้ GDL ในอุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่

1. การเติม GDL ในผลิตภัณฑ์เนื้อ จะช่วยลดปริมาณสารไนเตรท และไนไตรท์ที่เหลือในผลิตภัณฑ์ให้น้อยลงได้ (Wenderdel, 1980) และตรวจไม่พบสารทั้ง 2 เลย ถ้าใช้ GDL ร่วมกับกรดแอสคอร์บิก (Mathey, 1980)
2. GDL สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น และสามารถยับยั้งการเจริญของ *Staphylococci* และ *Clostridium botulinum* (Riemann *et al.*, 1972) Fecal streptococci จุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจน และ Coliform ในเนื้ออบ (Majjala *et al.*, 1993)
3. สุรยา และคณะ (2537ก) ได้ทำการศึกษาการใช้ GDL และกรดแลกติกร่วมกับกลีเซอรอลสำหรับผลิตแฮมหมู พบว่า แฮมที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีจำนวนเชื้อ Enterobacteraceae ของแฮมน้อยกว่าแฮมที่มีการเติมกรดแลกติกร้อยละ 0.25 อย่างไรก็ตาม แฮมที่มีการเติม GDL มีเนื้อสัมผัสแน่นกว่าแฮมที่มีการเติมกรดแลกติก และผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสให้การยอมรับมากกว่า
4. El-Shenawy *et al.* (1990) รายงานว่า GDL ร้อยละ 0.75 และ 1.0 สามารถยับยั้งการเจริญของ *Listeria monocytogenes* ได้
5. Juncher *et al.* (2000) รายงานว่า การเติม GDL ร่วมกับแลคเตทและอะซีเตท มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Listeria monocytogenes* นอกจากนี้ การเติม GDL มีผลต่อการลดการเกิดออกซิเดชันของไขมัน

6. Kotter *et al.* (1969) ได้ศึกษาผลการเติม GDL ต่อการเจริญของจุลินทรีย์บางกลุ่ม พบว่า สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่เป็นพิษ และสามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดลงได้ แต่ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณแบคทีเรียแลกติกในเนื้อมด นอกจากนี้ ยังไม่มีผลต่อกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เนื้อ และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้อีกด้วย

7. Luck (1998) รายงานว่า การผลิตไส้กรอกหมักมักมีการเติม GDL ประมาณร้อยละ 0.5 เพื่อทำให้เกิดความเป็นกรด เนื่องจาก GDL ถูกไฮโดรไลซ์กลายเป็นกรดกลูโคนิก ทำให้ค่าพีเอชลดลง มีผลทำให้สามารถควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการได้ โดยทั่วไป GDL มักใช้ในการผลิตไส้กรอกหมักที่ไม่ต้องผ่านการบ่มและการทำแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัสดุ

1.1 ปลาทราย (Spotted featherback; *Chitala ornata*) จากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี

1.2 ส่วนประกอบสำหรับการผลิตสั้มผัก ประกอบด้วย กระเทียม ข้าวเจ้าสุก เกลือ (โซเดียมคลอไรด์) โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) และ Glucono- δ -lactone (GDL)

1.3 อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ ประกอบด้วย

1.3.1 อาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด คือ Plate Count Agar (PCA) (HiMedia)

1.3.2 อาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียแลกติก คือ Man Rogosa Sharpe (MRS) (Merck)

1.3.3 อาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อยีสต์และรา คือ Potato Dextrose Agar (PDA) (HiMedia)

1.4 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ฟีนอล์ฟธาไลน์ กรดไตรคลอโรอะซิติก (Trichloroacetic acid) และกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

2. อุปกรณ์

2.1 อุปกรณ์สำหรับการผลิตสั้มผัก

2.1.1 มีด เขียง

2.1.2 กุ้งงโฟม

2.1.3 ถังพลาสติกพอลิเอธิลีน

2.1.4 เครื่องโม่จีไนเซอร์ (T25basic, IKA, Germany)

2.1.5 หลอดพลาสติก (เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 เซนติเมตร)

2.2 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

2.2.1 ขวดคูเรน

2.2.2 เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) (HIRAKAWA SEISAKUSHO, LS-2D, Taiwan)

2.2.3 ไมโครปีเปต ขนาด 1000 ไมโครลิตร (Gilson)

2.2.4 หลอดทดลอง

- 2.2.5 ตะเกียงแอลกอฮอล์
- 2.2.6 จานเพาะเชื้อ (Petri dish)
- 2.2.7 ตู้บ่ม (Incubator) (BE 500, Memmert, Germany)
- 2.3 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี
 - 2.3.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) (ER214C, Explorer Pro, Switzerland)
 - 2.3.2 เครื่องวัดพีเอช (pH meter) (420A, ORION, U.S.A.)
 - 2.3.3 บิวเรต
 - 2.3.4 บีเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
 - 2.3.5 ขวดรูปชมพู่ (Flask)
 - 2.3.6 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4
- 2.4 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ
 - 2.4.1 เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง) (ER214C, Explorer Pro, Switzerland)
 - 2.4.2 ตู้อบไฟฟ้า (FD 115, WTB binder, Germany)
 - 2.4.3 ถ้วยอบความชื้น
 - 2.4.4 เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT2i, Stable Micro System, U.K.)
 - 2.4.5 เครื่องวัดค่าสี (ColorFlex, HunterLab, U.S.A.)
- 2.5 อุปกรณ์สำหรับการทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบชิม
 - 2.5.1 แบบทดสอบการยอมรับ 9-point hedonic scale
 - 2.5.2 ปากกา/ดินสอ
 - 2.5.3 ถ้วยพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง

วิธีการ

1. การเตรียมเนื้อปลาทราย

นำปลาทรายสดขนาดความยาวประมาณ 30 เซนติเมตร จากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี โดยบรรจุในกล่องโฟมด้วยอัตราส่วนน้ำแข็ง: ปลา เท่ากับ 3: 1 (น้ำหนัก: น้ำหนัก) ทำการขนส่งปลามายังห้องปฏิบัติการทางอาหารและโภชนาการ ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภายในเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำปลามาล้างด้วยน้ำเย็น แล และชุบน้ำเกลือ นำเนื้อปลาไปบดด้วยเครื่องบด และบรรจุในถุงพลาสติกพอลิเอทิลีน (ถุงละ 1 กิโลกรัม) นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่แข็ง (-15 องศาเซลเซียส) อย่างน้อย 2 วัน จากนั้นนำไปทำละลายด้วยการแช่เย็น (10-15 องศาเซลเซียส) นาน 1 คืน จนกระทั่งอุณหภูมิถึงกลางประมาณ 0-2 องศาเซลเซียส และนำไปผลิตสัมผัสต่อไป

2. การศึกษาผลของปริมาณ GDL ที่เหมาะสมต่อการหมักและการยอมรับสัมผัส

ทำการผลิตสัมผัสจากเนื้อปลารายตามวิธีของ Riebroy *et al.* (2007a) และ Saisithi *et al.* (1986) โดยนำเนื้อปลารายบด (3,000 กรัม) นวดผสมกับเกลือ (75 กรัม) ข้าวสุกบด (450 กรัม) กระเทียมบด (150 กรัม) โปแทสเซียมไนเตรท ไม่เกิน 200 ppm. (0.6 กรัม) แบ่งชุดการทดลอง ออกเป็น 5 ชุดการทดลอง โดยเติม GDL ร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 0.25 0.5 1.0 และ 2.0 (โดยน้ำหนักเนื้อปลาบด) นำส่วนผสมสัมผัสบรรจุหลอดพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร มัดปลายหลอดทั้ง 2 ด้านด้วยยางพลาสติก และนำไปหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 12 ชั่วโมง เพื่อทำการวิเคราะห์ดังนี้

- 2.1 ค่าพีเอช (Benjakul *et al.*, 1997)
- 2.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000)
- 2.3 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (Total Viable Count) (AOAC, 2000)
- 2.4 จำนวนแบคทีเรียแลคติก (Lactic acid bacteria) (AOAC, 2000)

นำสัมผัสที่มีค่าพีเอชลดลงเหลือเท่ากับหรือต่ำกว่า 4.6 มาทำการทดสอบการยอมรับด้วยวิธี 9-point hedonic scale ตามวิธีของ Chamber IV and Wolf (1996) โดยผู้ทดสอบชิมที่มีความคุ้นเคยกับอาหารหมัก จำนวน 30 คน นำตัวอย่างสัมผัสมาหั่นตามขวางขนาด 2 เซนติเมตร บรรจุในถ้วยพลาสติก และปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอล์ย ทำการดิรหัสตัวอย่างสัมผัสจากการสุ่มรหัส จากนั้นเสิร์ฟให้กับผู้ทดสอบชิมพร้อมน้ำดื่มสำหรับล้างปาก การทดสอบการยอมรับตัวอย่างสัมผัสแต่ละชุดการทดลอง ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับด้านต่าง ๆ ดังนี้ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติและความชอบรวม จากนั้นนำผลจากการทดสอบการยอมรับมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS ทำการคัดเลือกตัวอย่างสัมผัสที่ได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุดเพื่อศึกษาต่อไป

3. การศึกษาผลของ GDL ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของสั้มพ์ระหว่างการหมัก

ทำการผลิตสั้มพ์จากเนื้อปลาทรายตามวิธีของ Riebroy *et al.* (2007a) และ Saisithi *et al.* (1986) โดยไม่เติม GDL (ชุดควบคุม) และเติม GDL ตามชุดการทดลองที่ได้ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2 บรรจุส่วนผสมสั้มพ์ในหลอดพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 เซนติเมตร และนำไปหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 12 ชั่วโมง เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ดังนี้

- 3.1 ค่าพีเอช (Benjakul *et al.*, 1997)
- 3.2 ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000)
- 3.3 จำนวนแบคทีเรียแลกติก (AOAC, 2000)
- 3.4 ปริมาณน้ำหนักที่สูญเสีย (Weight loss) (Nakao *et al.*, 1991)
- 3.5 ปริมาณน้ำไหล (Released water) (Nakao *et al.*, 1991)
- 3.6 ปริมาณน้ำจากการบีบอัด (Expressible water) (Visessanguan *et al.*, 2004)
- 3.7 เนื้อสั้มพ์ โดยวิธี Texture profile analysis (Bourne, 1978)
- 3.8 ค่าสี (CIE L* a* b*)

4. การศึกษาผลของ GDL ต่อความคงตัวของสั้มพ์ระหว่างการเก็บรักษา

- 4.1 ผลของ GDL ต่อความคงตัวของสั้มพ์ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

ทำการผลิตสั้มพ์จากเนื้อปลาทรายตามวิธีของ Riebroy *et al.* (2007a) และ Saisithi *et al.* (1986) โดยไม่เติม (ชุดควบคุม) และเติม GDL ตามชุดการทดลองที่ได้ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2 (GDL ร้อยละ 0.25) บรรจุส่วนผสมสั้มพ์ในหลอดพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 เซนติเมตร และนำไปหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จนกระทั่งค่าพีเอชลดลงเหลือน้อยกว่า 4.6 จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิประมาณ 30-32 องศาเซลเซียส) นาน 3 วัน ทำการเก็บตัวอย่างสั้มพ์ทุก ๆ 12 ชั่วโมง และนำไปวิเคราะห์ด้านต่าง ๆ ดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา

- 1) จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (AOAC, 2000)
- 2) จำนวนแบคทีเรียแลกติก (AOAC, 2000)
- 3) จำนวนยีสต์และรา (AOAC, 2000)

4.1.2 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

- 1) ค่าพีเอช (Benjakul *et al.*, 1997)
- 2) ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000)
- 3) ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base) (Conway and Byrne, 1936)

4.1.3 การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

- 1) ปริมาณน้ำหนักที่สูญเสีย (Weight loss) (Nakao *et al.*, 1991)
- 2) ปริมาณน้ำไหล (Released water) (Nakao *et al.*, 1991)
- 3) ปริมาณน้ำจากการบีบอัด (Expressible water) (Visessanguan *et al.*, 2004)
- 4) เนื้อสัมผัส โดยวิธี Texture profile analysis (Bourne, 1978)
- 5) ค่าสี (CIE L* a* b*)

4.1.4 การทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบชิม

ทำการทดสอบการยอมรับสัมผัส ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (Chamber IV and Wolf, 1996) โดยทำการทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 2

4.2 ผลของ GDL ต่อความคงตัวของสัมผัสระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

ทำการผลิตสัมผัสจากเนื้อปลาทรายตามวิธีของ Riebroy *et al.* (2007a) และ Saisithi *et al.* (1986) โดยไม่เติม (ชุดควบคุม) และเติม GDL ตามชุดการทดลองที่ได้ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2 บรรจุส่วนผสมสัมผัสในหลอดพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 เซนติเมตร และนำไปหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จนกระทั่งค่าพีเอชลดลงเหลือน้อยกว่า 4.6 จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (อุณหภูมิประมาณ 10-12 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 15 วัน ทำการเก็บตัวอย่างสัมผัสทุก ๆ 3 วัน และนำไปวิเคราะห์ด้านต่าง ๆ ดังนี้

4.2.1 การวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา

- 1) จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (AOAC, 2000)
- 2) จำนวนแบคทีเรียแลกติก (AOAC, 2000)
- 3) จำนวนยีสต์และรา (AOAC, 2000)

4.2.2 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

- 1) ค่าพีเอช (Benjakul *et al.*, 1997)
- 2) ปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000)
- 3) ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (Total volatile base) (Conway and Byrne, 1936)

4.2.3 การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

- 1) ปริมาณน้ำหนักที่สูญเสีย (Weight loss) (Nakao *et al.*, 1991)
- 2) ปริมาณน้ำไหล (Released water) (Nakao *et al.*, 1991)
- 3) ปริมาณน้ำจากการบีบอัด (Expressible water) (Visessanguan *et al.*, 2004)
- 4) เนื้อสัมผัส โดยวิธี Texture profile analysis (TPA) (Bourne, 1978)
- 5) ค่าสี (CIE L* a* b*)

4.2.4 การทดสอบการยอมรับของผู้ทดสอบชิม ทำการทดสอบการยอมรับสัมพัทธ์ด้วยวิธี 9-point hedonic scale (Chamber IV and Wolf, 1996) โดยทำการทดสอบเช่นเดียวกับข้อ 2

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

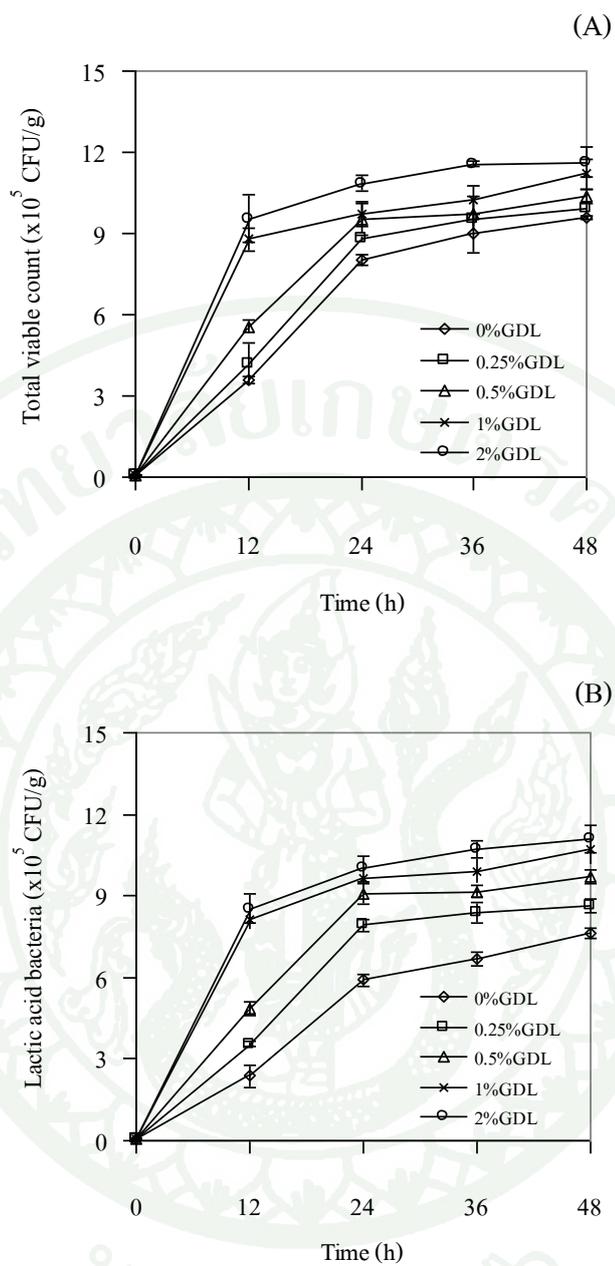
ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way Analysis of Variance) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's multiple range test และ paired t-test (Steel and Torrie, 1980) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ (SPSS version 16.0)

ผลและวิจารณ์

1. ผลของปริมาณ GDL ที่เหมาะสมต่อการหมักและการยอมรับสัมผัสจากปลาทราย

1.1 ผลของ GDL ต่อจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติกระหว่างการหมักสัมผัส

ระหว่างการหมักสัมผัส จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (TVC) และแบคทีเรียแลคติก (LAB) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3A และ 3B) สัมผัสมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติก เริ่มต้นอยู่ในช่วง $6.4-7.5 \times 10^3$ CFU/กรัม และ $5.2-6.1 \times 10^3$ CFU/กรัม ตามลำดับ จากผลการทดลอง แบคทีเรียของสัมผัสส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแลคติก ประมาณร้อยละ 80 ของแบคทีเรียทั้งหมด Saisithi *et al.* (1986) รายงานว่า สัมผัสที่ผลิตจากปลาน้ำจืดมีจำนวนแบคทีเรียแลคติก เพิ่มขึ้น ระหว่างการหมัก Paludan-Müller *et al.* (2002) รายงานว่าแบคทีเรียแลคติก เป็นจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ ที่พบในสัมผัสที่ผ่านการหมัก อย่างไรก็ตามสัมผัสที่มีการเติม GDL ร้อยละ 2 มีจำนวนแบคทีเรีย ทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติก เพิ่มขึ้นเร็วที่สุดระหว่างการหมัก 12 ชั่วโมงแรกเมื่อเปรียบเทียบกับ สัมผัสทั้งหมด ($p < 0.05$) การเติม GDL มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ทนต่อกรด ระหว่างการหมักไส้กรอก (Luck, 1998) การแตกตัวของ GDL เป็นกรดกลูโคนิก มีผลต่อการยับยั้ง แบคทีเรียก่อโรคลกลุ่ม *Staphylococcus aureus* เนื่องจากที่ระดับพีเอช 4.5-5.5 ใน 12 ชั่วโมงแรกของการหมัก ทำให้ *S. aureus* มีจำนวนลดลงอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์ *Pediococcus cerevisiae* สามารถยับยั้งการเจริญและการสร้าง enterotoxin ของเชื้อ *S. aureus* (Barber and Deibel, 1972) มีผลทำให้แบคทีเรียแลคติก สามารถเจริญได้ดี ซึ่งสามารถยับยั้งและทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่อาจมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสีย รวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ (Kyung *et al.*, 1996) หลังจากชั่วโมงที่ 12 ของการหมักสัมผัส จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากแบคทีเรียแลคติกกลุ่ม *Pediococcus spp.* ซึ่งเจริญได้ดีในช่วงต้นของการหมักไม่ สามารถทนต่อความเป็นกรดที่เกิดขึ้นได้ จึงเริ่มลดจำนวนลง จากผลการทดลอง ปริมาณ GDL มีผล ต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มแบคทีเรียแลคติกของสัมผัส ระหว่างการหมัก ($p < 0.05$)

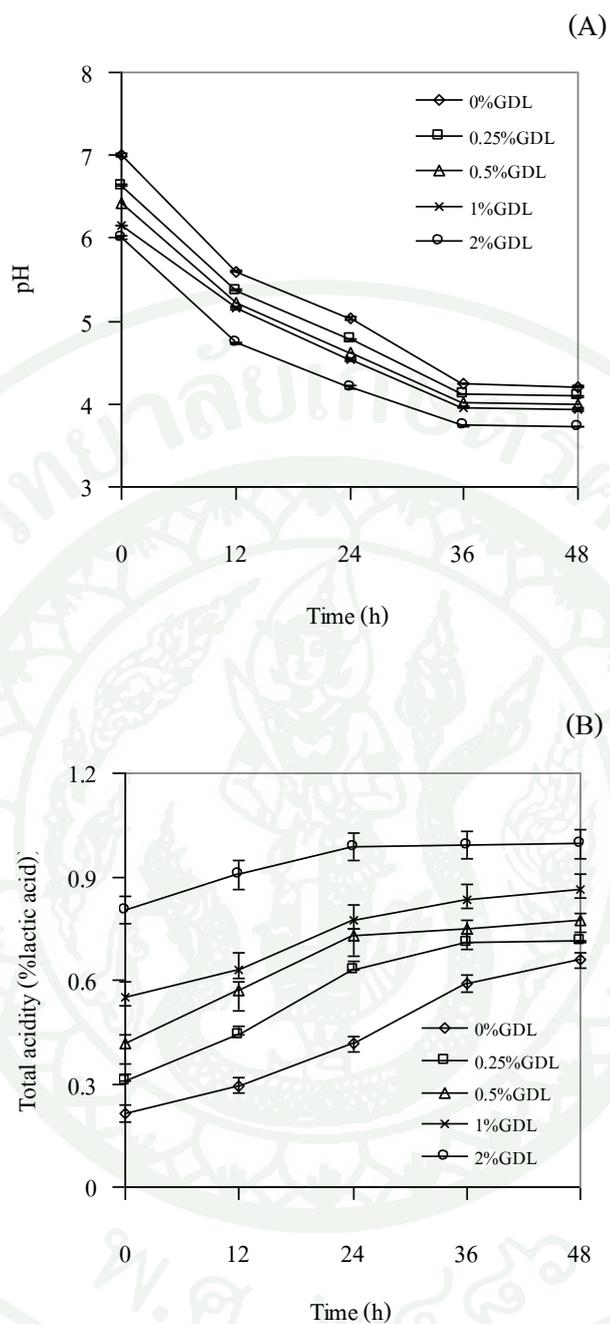


ภาพที่ 3 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (A) และแบคทีเรียแลคติก (B) ของส้มฝักจากปลากรายที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0 (\diamond) 0.25 (\square) 0.5 (Δ) 1.0 (\times) และ 2.0 (\circ) ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

1.2 ผลของ GDL ต่อค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดระหว่างการหมักสัสมัก

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดของสัสมักที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมัก แสดงดังภาพที่ 4A และ 4B ตามลำดับ ค่าพีเอชเริ่มต้นของสัสมักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0 0.25 0.5 1.0 และ 2.0 เท่ากับ 7.0 6.6 6.4 6.2 และ 6.0 ตามลำดับ สัสมักที่ไม่มีการเติม GDL มีค่าพีเอชลดลงเหลือน้อยกว่า 4.6 ภายในระยะเวลา 36 ชั่วโมง Paludan-Müller *et al.* (1999) รายงานว่า สัสมักที่ผลิตจากปลา Danish trout ซึ่งเป็นปลาน้ำจืดมีค่าพีเอชลดลงเหลือน้อยกว่า 4.5 ภายในระยะเวลา 2 วัน การหมักเนื้อปลาที่มีการเติมเกลือปริมาณน้อยมักหมักร่วมกับการเติมคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารตั้งต้น (Substrate) สำหรับการหมักด้วยจุลินทรีย์ (Saisithi *et al.*, 1986) Saisithi *et al.* (1986) รายงานว่า การเติมข้าวเจ้าสุกบดมีผลทำให้สัสมักมีค่าพีเอชลดลงระหว่างการหมัก อย่างไรก็ตาม กระเทียมจัดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญ ได้แก่ ฟรุคแตน และองค์ประกอบทางเคมีบางชนิด เช่น allicin มีผลต่อการยับยั้งจุลินทรีย์ (antimicrobial activity) (Paludan-Müller *et al.*, 1999) Riebroy *et al.* (2004) รายงานว่า กรดส่วนใหญ่ที่พบในสัสมักเป็นกรดแลกติก ซึ่งเกิดขึ้นจากการเจริญของแบคทีเรียแลกติก นอกจากนี้สมบัติด้านการต้านทานการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช (buffering capacity) ของโปรตีนกล้ามเนื้อปลาอาจมีผลต่อการชะลอลดลงของค่าพีเอชในอาหารหมัก (Riebroy *et al.*, 2007a)

สัสมักที่มีการเติม GDL มีค่าพีเอชเริ่มต้นต่ำกว่าสัสมักที่ไม่เติม GDL ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเกิดกรดกลูโคนิกระหว่างการสับผสมและการบรรจุ สัสมักที่มีการเติม GDL มีการลดลงของค่าพีเอช สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียแลกติกระหว่างการหมัก (ภาพที่ 3B) สัสมักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0 0.25 และ 0.5 มีค่าพีเอชลดลงเท่ากับหรือน้อยกว่า 4.6 ภายใน 36 ชั่วโมง ส่วนสัสมักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 1 และ 2 มีค่าพีเอช ลดลงเท่ากับหรือน้อยกว่า 4.6 ภายใน 24 ชั่วโมง การลดลงของค่าพีเอชและการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดเป็นปัจจัยสำคัญต่อการถนอมอาหารโดยวิธีการหมัก การลดลงของค่าพีเอชระหว่าง 4.5-5.0 มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย (Paludan-Müller *et al.* 1999; Owens and Mendoza, 1985) ดังนั้นการลดลงของค่าพีเอชของสัสมักมีผลต่อความปลอดภัยสำหรับการบริโภค



ภาพที่ 4 ค่าพีเอช (A) และปริมาณกรดทั้งหมด (B) ของส้พิมพ์จากปลาทรายที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0 (◇) 0.25 (□) 0.5 (Δ) 1.0 (×) และ 2.0 (○) ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

1.3 ผลของ GDL ต่อการยอมรับของส้มฟัก

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนการยอมรับส้มฟักที่ผ่านการหมักแล้ว ส้มฟักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0 0.25 และ 0.5 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และรสชาติไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ส้มฟักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 1 และ 2 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านต่าง ๆ น้อยกว่าส้มฟักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0 0.25 และ 0.5 ($p<0.05$) ส้มฟักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 1 ได้รับคะแนนการยอมรับด้านต่าง ๆ สูงกว่าส้มฟักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 2 ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ส้มฟักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 และ 0.5 ได้รับการยอมรับด้านความชอบรวมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างส้มฟักทั้งหมด ($p<0.05$) ส่วนส้มฟักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 2 ได้คะแนนการยอมรับรวมน้อยที่สุด ($p<0.05$) ส้มฟักที่มีเนื้อสัมผัสแน่นและมีความยืดหยุ่นจัดเป็นส้มฟักที่มีคุณลักษณะที่ดี (Saisithi *et al.*, 1986) การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดและการลดลงของพีเอชมีผลต่อโปรตีนกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตาม ส้มฟักที่มีการลดลงของค่าพีเอชอย่างรวดเร็ว อาจมีผลต่อการเกิดคุณลักษณะที่ไม่ดี เช่น กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และสี (Saisithi *et al.*, 1986; Valyasevi and Rolle, 2002) จากผลการทดสอบการยอมรับ ส้มฟักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีคะแนนการยอมรับทางด้านสีและรสชาติมากกว่าส้มฟักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.5 ($p>0.05$)

ตารางที่ 2 คะแนนการยอมรับคุณลักษณะของส้มฟักที่ผ่านการหมัก

คุณลักษณะ	ตัวอย่างส้มฟัก				
	0% GDL	0.25% GDL	0.5% GDL	1% GDL	2% GDL
ลักษณะปรากฏ	7.17±0.79 ^{a**}	7.40±0.72 ^a	7.43±0.85 ^a	6.70±0.75 ^b	5.47±1.00 ^c
สี	7.10±0.76 ^b	7.67±0.66 ^a	7.43±0.70 ^{ab}	6.57±0.73 ^c	5.40±1.10 ^d
กลิ่น	7.03±0.61 ^a	7.27±0.78 ^a	7.13±0.86 ^a	6.37±0.96 ^b	5.23±0.70 ^c
เนื้อสัมผัส	7.17±0.70 ^a	7.53±0.78 ^a	7.27±0.87 ^a	6.30±0.65 ^b	5.60±0.81 ^c
กลิ่นรส	7.00±0.70 ^a	7.33±0.80 ^a	7.33±0.84 ^a	6.40±0.67 ^b	5.67±1.00 ^c
รสชาติ	7.00±0.53 ^{ab}	7.23±0.68 ^a	7.07±0.58 ^{ab}	6.47±0.63 ^b	5.30±0.84 ^c
ความชอบรวม	7.07±0.45 ^b	7.60±0.67 ^a	7.57±0.82 ^a	6.33±0.61 ^c	5.40±0.85 ^d

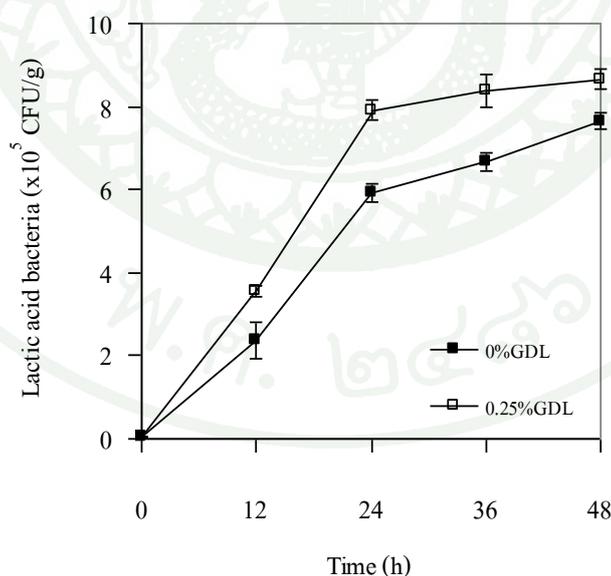
หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

** ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวอนมีความแตกต่างของคะแนนการยอมรับส้มฟักที่ผ่านการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

2. ผลของ GDL ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของส้มพืกระหว่างการหมัก

2.1 การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียแลคติกระหว่างการหมักส้มพื้

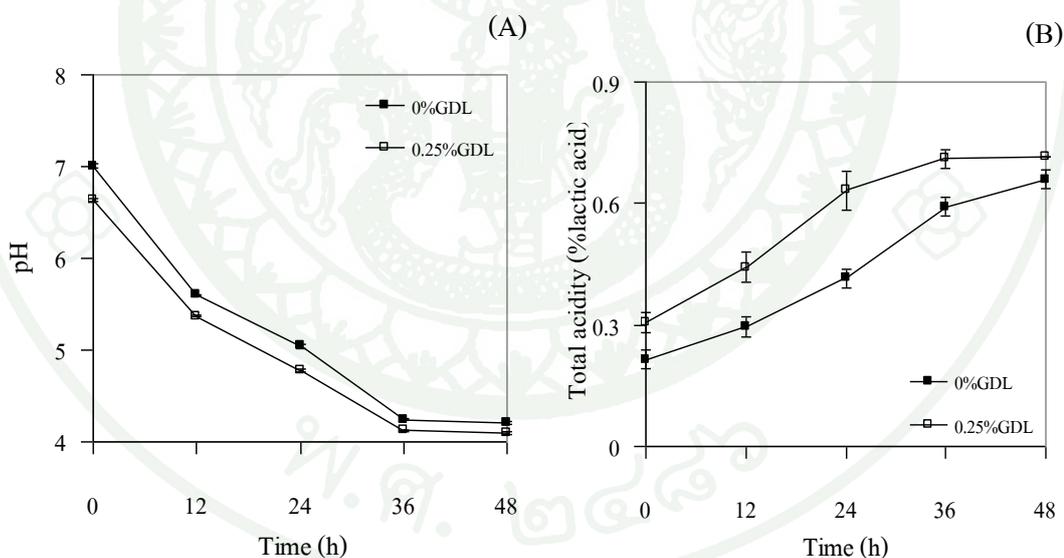
การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียแลคติก (LAB) ของส้มพื้ที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แสดงดังภาพที่ 5 ส้มพื้ที่มีจำนวนแบคทีเรียแลคติกเริ่มต้นไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ระหว่างการหมัก 24 ชั่วโมง ส้มพื้ที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีจำนวนแบคทีเรียแลคติกเพิ่มขึ้นเร็วกว่าส้มพื้ที่ไม่มีการเติม GDL การแตกตัวของ GDL เป็นกรดกลูโคนิก มีผลต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคลกลุ่ม *Staphylococcus aureus* นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์ *Pediococcus cerevisiae* สามารถยับยั้งการเจริญและการสร้าง enterotoxin ของเชื้อ *S. aureus* ได้ ทำให้แบคทีเรียแลคติกเจริญได้ดี (สุรยา และคณะ, 2537ข) จากผลการทดลองระหว่างการหมักส้มพื้ที่มีการเติม GDL มีจำนวนของแบคทีเรียแลคติกมากกว่าส้มพื้ที่ไม่มีการเติม GDL อาจเนื่องมาจากกรดแลคติกในส้มพื้ที่ไม่มีการเติม GDL มีผลกระทบต่อ การเจริญและการเพิ่มจำนวนเซลล์ของเชื้อ *P. cerevisiae* มากกว่าส้มพื้ที่มีการเติม GDL สุรยา และคณะ (2537ค) รายงานว่า ปริมาณ GDL เพิ่มขึ้น ความสามารถในการสร้างกรดจะลดลง ทั้งนี้ที่ระดับความเข้มข้นของ GDL ร้อยละ 0.25 แบคทีเรียแลคติกสามารถผลิตกรดแลคติกได้มากที่สุด



ภาพที่ 5 จำนวนแบคทีเรียแลคติกของส้มพื้จากปลาทูที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

2.2 การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดระหว่างการหมักสัสมัก

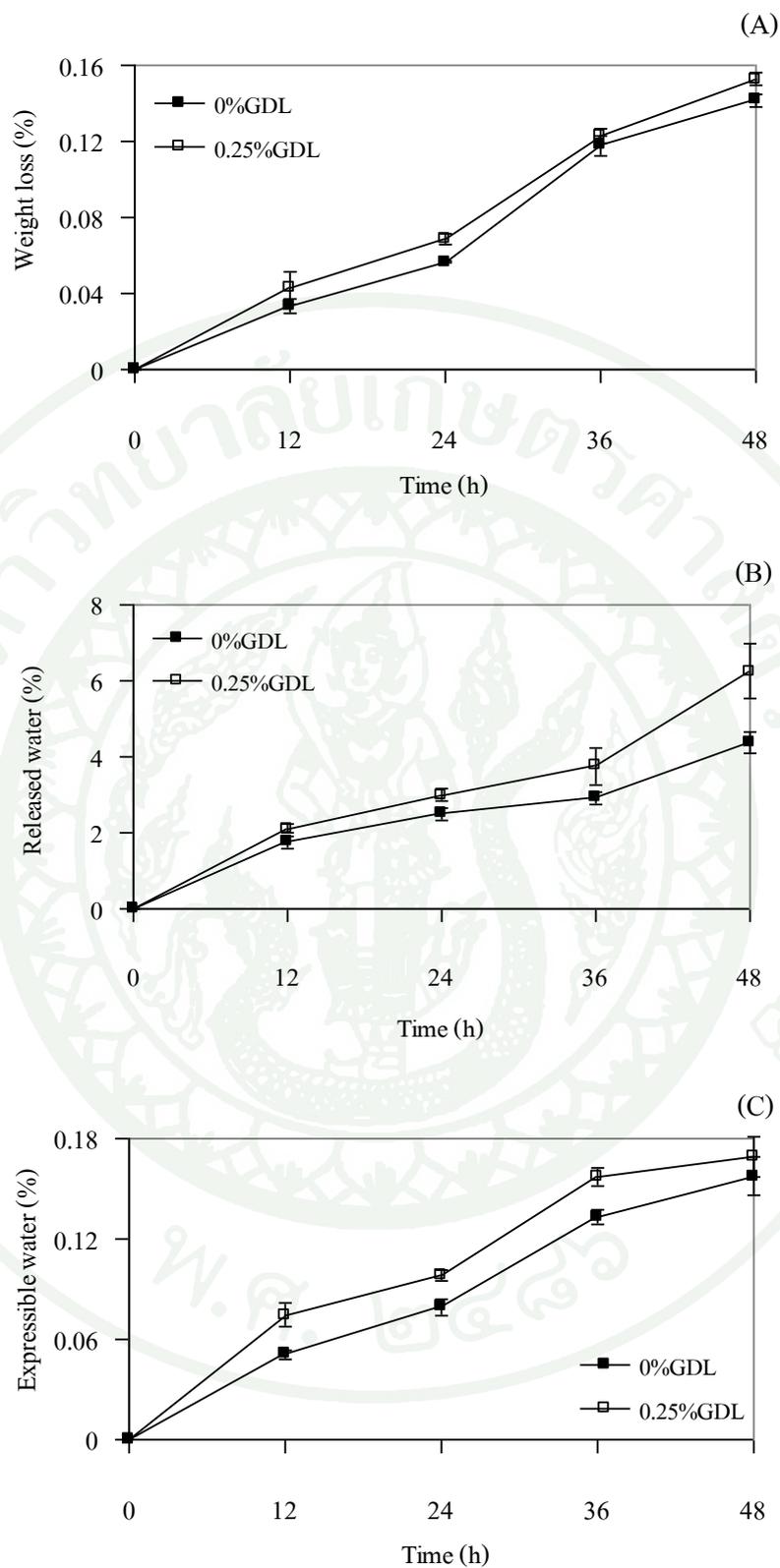
การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของสัสมักที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมัก แสดงดังภาพที่ 6A ค่าพีเอชเริ่มต้นของสัสมักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 และสัสมักที่ไม่มีการเติม GDL เท่ากับ 6.4 และ 7.0 สัสมักที่มีการเติม GDL มีค่าพีเอชเริ่มต้นต่ำกว่าสัสมักที่ไม่มีการเติม GDL ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเกิดกรดกลูโคนิกระหว่างการสับผสม การลดลงของค่าพีเอช สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียแลคติก (ภาพที่ 3A) ระหว่างการหมักสัสมักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีค่าพีเอชลดลงเร็วกว่าสัสมักที่ไม่มีการเติม GDL อย่างไรก็ตามทั้งสัสมักที่มีการเติมและไม่เติม GDL มีค่าพีเอชลดลงเหลือน้อยกว่า 4.6 ระหว่างการหมัก 36 ชั่วโมง ระหว่างการหมักสัสมักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าสัสมักที่ไม่มีการเติม GDL ($p < 0.05$) แสดงดังภาพที่ 6B อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดของ สัสมักอย่างรวดเร็วสอดคล้องกับการลดลงของค่าพีเอชน้อยกว่า 4.6 ภายในระยะเวลาการหมัก 36 ชั่วโมง กรดส่วนใหญ่ที่พบในสัสมักทางการค้า คือ กรดแลคติก ซึ่งเกิดขึ้นจากการเจริญของ แบคทีเรียแลคติกระหว่างการหมัก (Riebroy *et al.*, 2004)



ภาพที่ 6 ค่าพีเอช (A) และปริมาณกรดทั้งหมด (B) ของสัสมักจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำหนักระหว่างการสูญเสีย ปริมาณน้ำไหลและปริมาณน้ำจากการบีบอัดระหว่างการหมักสัสมัก

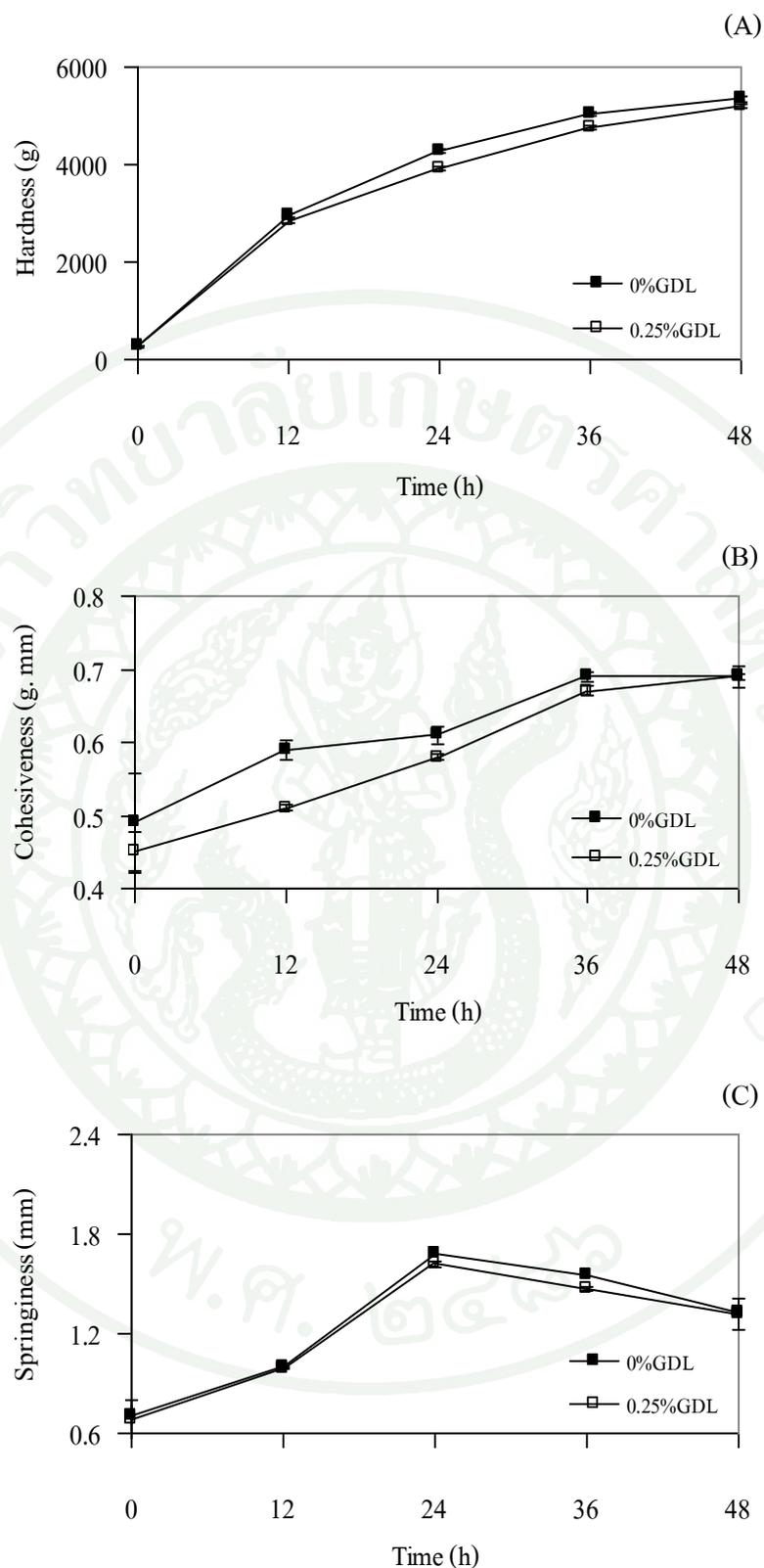
ระหว่างการหมักสัสมัก การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำหนักระหว่างการสูญเสีย (Weight loss) ปริมาณน้ำไหล (Released water) และปริมาณน้ำจากการบีบอัด (Expressible water) ของสัสมักทั้ง 2 ชุดการทดลอง แสดงดังภาพที่ 7A 7B และ 7C ตามลำดับ ระหว่างการหมักสัสมักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีปริมาณน้ำหนักระหว่างการสูญเสีย ปริมาณน้ำไหล และปริมาณน้ำจากการบีบอัด มากกว่า สัสมักที่ไม่มีการเติม GDL ($p < 0.05$) ปริมาณน้ำหนักระหว่างการสูญเสียของผลิตภัณฑ์อาหารจากเนื้อสัตว์ บ่งบอกถึงการสูญเสียน้ำและสมบัติการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์ (Riebrooy *et al.*, 2008) ปริมาณน้ำไหล บ่งบอกถึงปริมาณน้ำบริเวณหลอดพลาสติกและบริเวณผิวหน้าผลิตภัณฑ์ การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำไหลและปริมาณน้ำจากการบีบอัด บ่งบอกถึงการสูญเสียน้ำหนักของແນມ (Visessanguan *et al.*, 2004) สัสมักที่มีปริมาณน้ำไหลมากบ่งบอกถึงโปรตีนมีสมบัติการอุ้มน้ำต่ำ (Riebrooy *et al.*, 2008) การสูญเสียสภาพของโปรตีนของสัสมักมีผลมาจากการเหนี่ยวนำโดยกรดที่เกิดขึ้นระหว่างการหมัก ซึ่งมีผลทำให้เกิดการรวมตัว (Coagulation) และการจับตัวกัน (Aggregation) ของโปรตีน และทำให้ความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำในโครงข่ายร่างแหโปรตีนของสัสมัก (Som-fug matrix) ต่ำลง (Riebrooy *et al.*, 2005) จากผลการทดลองสัสมักที่มีการเติม GDL มีปริมาณน้ำไหลมากกว่าสัสมักที่ไม่เติม GDL ซึ่งอาจมีผลมาจากการสูญเสียสมบัติการอุ้มน้ำของโปรตีนกล้ามเนื้อ โดยการเกิดกรดระหว่างการหมัก การลดลงของค่าพีเอช เหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีน โดยมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณแอลฟาเฮลิกซ์ นอกจากการลดลงของพีเอช ความแรงไอออนยังมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเจลโปรตีนของกล้ามเนื้อปลา (Chawla *et al.*, 1996) นอกจากนี้การลดลงของน้ำหนักสัสมักเนื่องจากการสูญเสียน้ำมีความสำคัญต่อการจำหน่ายเชิงการค้า และปริมาณน้ำไหลยังมีผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภคในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ รวมทั้งคุณภาพของเนื้อสัสมัก (Riebrooy *et al.*, 2008)



ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำหนักที่สูญเสีย (A) ปริมาณน้ำไหล (B) และปริมาณน้ำจากการบีบอัด (C) ของ สัมผัสจากปลาทรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

2.4 ผลของ GDL ต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของสัมพักระหว่างการหมักสัมพัค

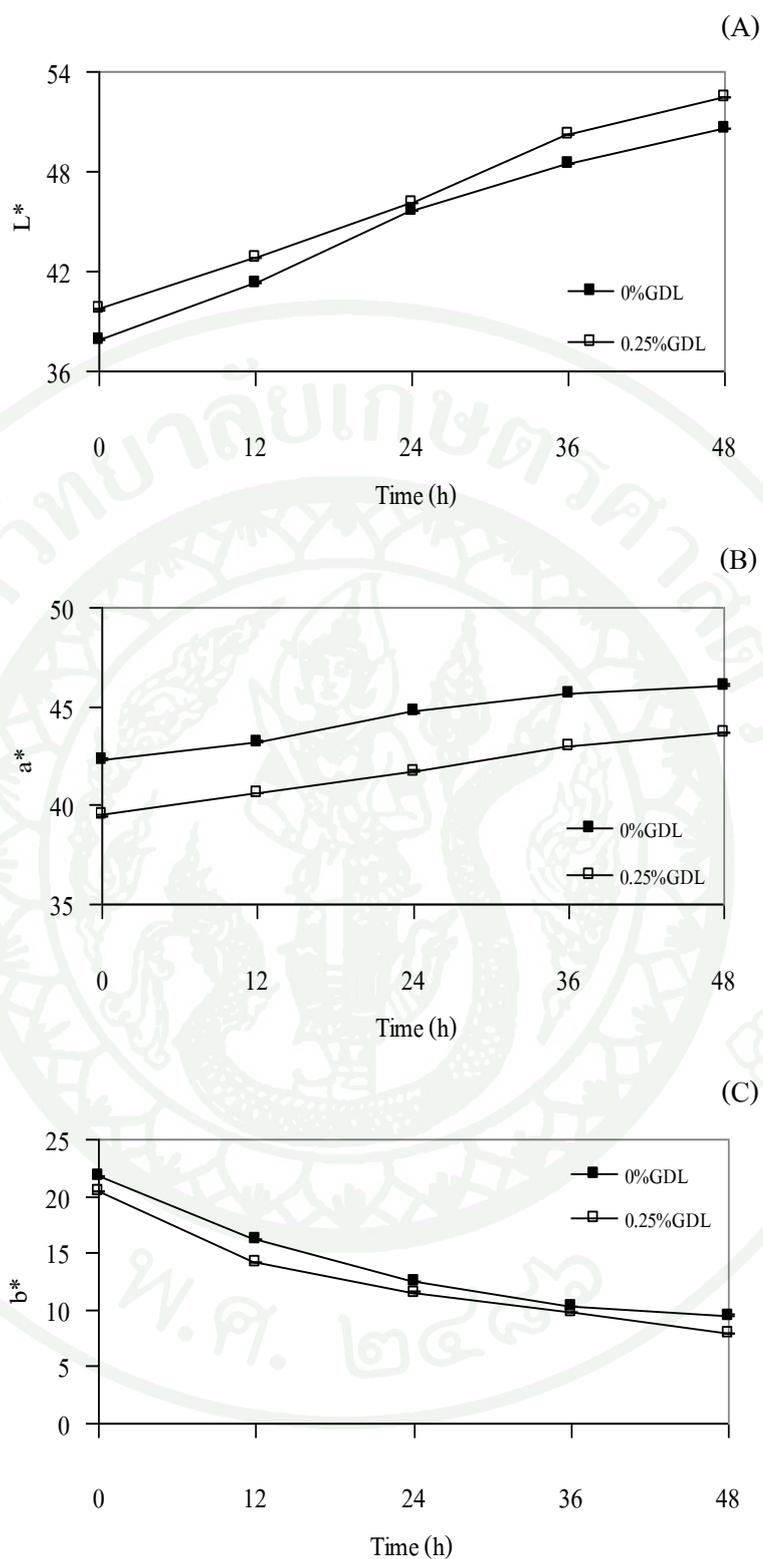
การเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของสัมพักระหว่างการหมัก แสดงถึงภาพที่ 8 สัมพัคที่มีการเติมและไม่เติม GDL มีค่าความแข็ง (Hardness) ไม่แตกต่างกันระหว่างการหมัก 12 ชั่วโมงแรก ($p>0.05$) และสัมพัคที่ไม่มีการเติม GDL มีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นมากกว่าสัมพัคที่มีการเติม GDL ระหว่างการหมัก 12-48 ชั่วโมง สัมพัคที่ไม่มีการเติม GDL มีค่าการยึดเกาะ (Cohesiveness) และความยืดหยุ่น (Springiness) มากกว่าสัมพัคที่มีการเติม GDL ($p<0.05$) การเติม GDL อาจมีผลต่อการเกิดคุณลักษณะของเนื้อสัมผัสของสัมพัค ค่าความแข็งของไส้กรอกหมักบ่งชี้ถึงความสมบูรณ์ (Maturation) ของการหมัก ซึ่งเป็นผลมาจากการเสียดสภาพและการเกิดเจลของโปรตีนกล้ามเนื้อรวมทั้งการสูญเสียน้ำ (Hagen *et al.*, 1996) จากผลการทดลอง การเติม GDL มีผลทำให้สัมพัคมีความแข็งเพิ่มขึ้นระหว่างการหมัก การลดลงของค่าพีเอชมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Conformation) ของโปรตีนกล้ามเนื้อ และเกิดการเหนียวนำการเกิดเจลโดยกรด ดังนั้นการเกิดเจลโดยการเหนียวนำด้วยกรดอาจมีผลต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของสัมพัค การเติม GDL มีผลทำให้ปริมาณกรดทั้งหมดของสัมพัคเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงอาจทำให้เนื้อสัมผัสของสัมพัคมีค่าความแข็ง ค่าการยึดเกาะ และค่าความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นระหว่างการหมัก อย่างไรก็ตามการจับตัวกันของโปรตีนระหว่างการหมักสัมพัค อาจเกิดพันธะทางเคมีและการจัดเรียงตัวที่แตกต่างกัน (Riebroy *et al.*, 2008) ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการจับตัวกันของโปรตีน ได้แก่ ชนิดและความเข้มข้นของโปรตีน และค่าพีเอช (สุทรวัดน์, 2548; Riebroy *et al.*, 2007c) พันธะที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเจลของโปรตีนกล้ามเนื้อ ได้แก่ อันตรกิริยาของหมู่ไฮโดรโฟบิก พันธะไฮโดรเจน อันตรกิริยาระหว่างประจุ (Electrostatic interactions) และพันธะไดซัลไฟด์ (Benjakul *et al.*, 1997; Venugopal *et al.*, 1994; Visessanguan *et al.*, 2000)



ภาพที่ 8 ค่าความแข็ง (A) การยึดเกาะ (B) และความยืดหยุ่น (C) ของสั้มไฟจากปลาทรายที่มี การเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

2.5 ผลของ GDL ต่อค่าสีระหว่างการหมักสั้มผัก

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของสั้มผักที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมัก แสดงดังภาพที่ 9 สั้มผักที่มีการเติม GDL เริ่มต้น (ชั่วโมงที่ 0) มีค่าความสว่าง (L^*) มากกว่าสั้มผักที่ไม่มีการเติม GDL ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากสั้มผักที่มีการเติม GDL มีค่าพีเอชเริ่มต้นต่ำกว่าสั้มผักที่ไม่มีการเติม GDL (ภาพที่ 6A) สั้มผักที่มีการเติม GDL มีค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) น้อยกว่าสั้มผักที่ไม่มีการเติม GDL ($p < 0.05$) ระหว่างการหมักสั้มผักที่มีการเติมและไม่เติม GDL มีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) สั้มผักที่มีการเติม GDL ที่ผ่านการหมักแล้วมีค่าความสว่างมากกว่าสั้มผักที่ไม่มีการเติม GDL ($p < 0.05$) และสั้มผักที่ไม่มีการเติม GDL มีค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองมากกว่าสั้มผักที่มีการเติม GDL ($p < 0.05$) การเพิ่มขึ้นของค่าความสว่างอาจเป็นผลมาจากระหว่างการหมัก สั้มผักมีค่าพีเอชลดลง ทำให้เกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน โดยกรดที่เกิดขึ้น โปรตีนที่เสียสภาพจะสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ และมีการละลายของโปรตีนใน Sarcoplasmic reticulum ซึ่งเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งของเนื้อสัตว์ออกมา มีผลทำให้สั้มผักมีลักษณะขุ่น จึงมีผลต่อค่าความสว่างของสั้มผัก (สุทธยา และคณะ, 2537ก) สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำไหลของสั้มผัก (ภาพที่ 7B) การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นสีแดงอาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาระหว่างไมโอโกลบินและไนเตรท (Gimeno *et al.*, 1999) เนื่องจากสภาพความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ไนเตรทเปลี่ยนเป็นไนตริกออกไซด์ รวมตัวกับไมโอโกลบิน เกิดสีแดงของไนโตรโซไมโอโกลบิน (Bacus, 1984) ทำให้สั้มผักมีค่าความเป็นสีแดงเพิ่มขึ้นระหว่างการหมัก อย่างไรก็ตาม สั้มผักที่มีการเติม GDL มีค่าความเป็นสีแดง น้อยกว่าสั้มผักที่ไม่เติม GDL อาจเนื่องมาจากระหว่างการหมักสั้มผักที่มีการเติม GDL ทำให้เกิดการเสียสภาพของไมโอโกลบิน (Chaijan *et al.*, 2005) และเกิดการสูญเสียออกมาพร้อมกับน้ำไหลระหว่างการหมัก มีการเจริญของแบคทีเรียแลคติกอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 5) ปริมาณกรดทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 6B) ทำให้มีค่าสีแดงต่ำกว่าสั้มผักที่ไม่มีการเติม GDL



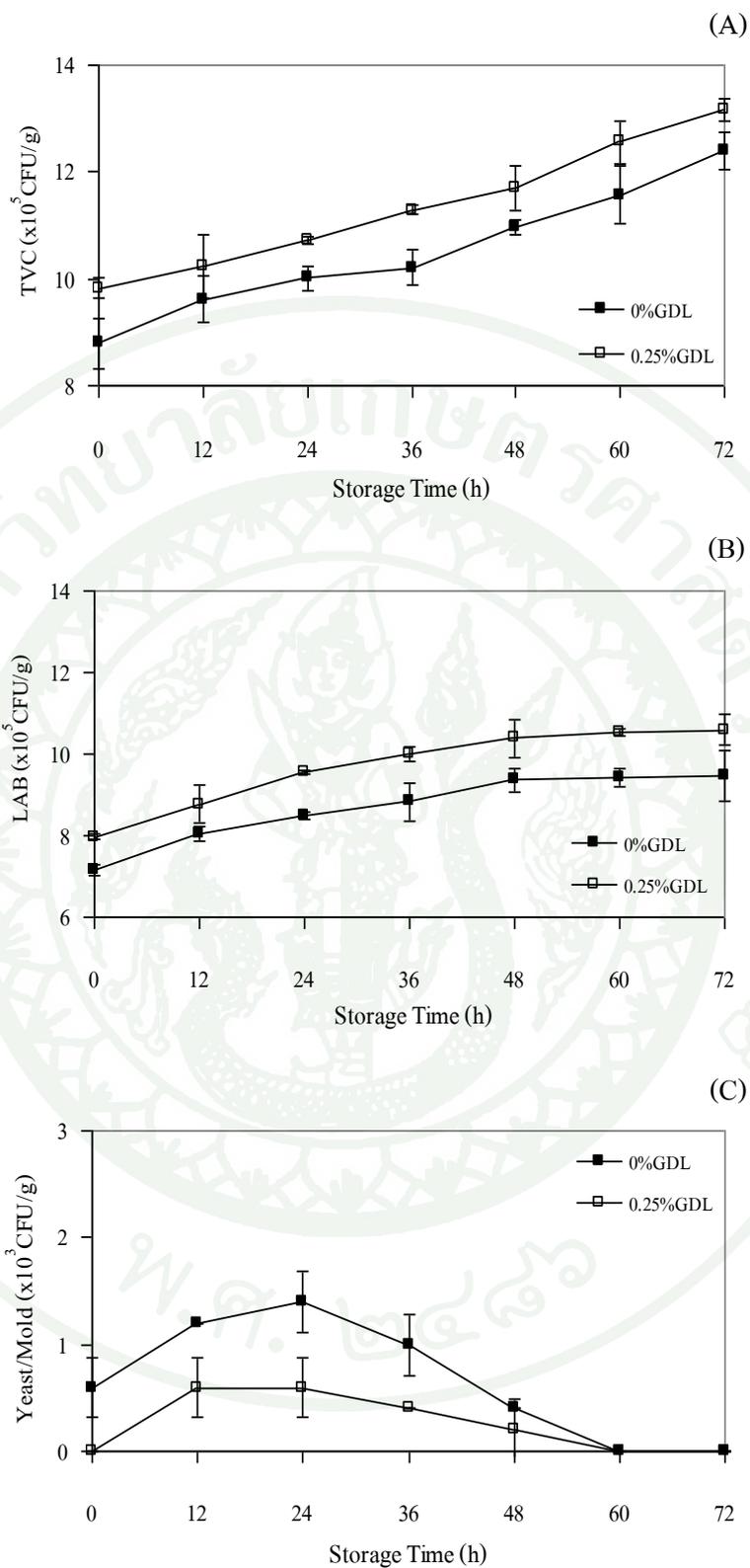
ภาพที่ 9 ค่าความสว่าง (A) ค่าความเป็นสีแดง (B) และค่าความเป็นสีเหลือง (C) ของส้มพีคจาก
 ปลูกสายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

3. ผลของ GDL ต่อความคงตัวของสัสม์พริกระหว่างการเก็บรักษา

3.1 ผลของ GDL ต่อความคงตัวของสัสม์พริกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

3.1.1 ผลของ GDL ต่อจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด แบคทีเรียแลกติก ยีสต์และรา

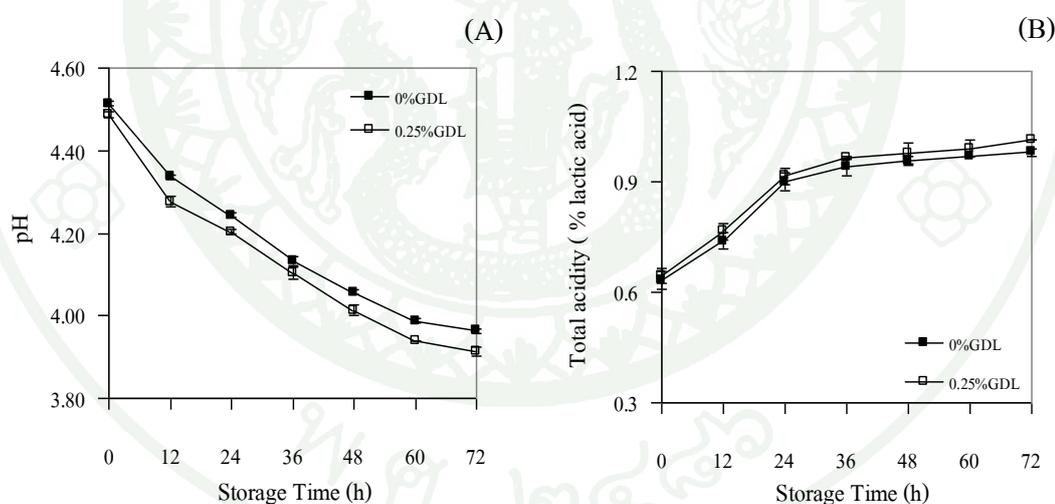
ระหว่างการเก็บรักษาสัสม์พริกที่อุณหภูมิห้อง แบคทีเรียทั้งหมด (TVC) ของสัสม์พริกที่มีการเติมและไม่เติม GDL มีจำนวนเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 10A) สัสม์พริกที่มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด เริ่มต้นเท่ากับ 8.7×10^5 และ 9.8×10^5 CFU/กรัม ตามลำดับ สัสม์พริกที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นเร็วกว่าสัสม์พริกที่ไม่มีการเติม GDL สัสม์พริกที่มีการเติม GDL มีจำนวนแบคทีเรียแลกติก (LAB) เริ่มต้นเท่ากับ 7.9×10^5 CFU/กรัม ซึ่งมีจำนวนมากกว่าสัสม์พริกที่ไม่มีการเติม GDL ที่มีจำนวนแบคทีเรียแลกติกเริ่มต้นเท่ากับ 7.1×10^5 CFU/กรัม (ภาพที่ 10B) และตั้งแต่ชั่วโมงที่ 48 ของการหมัก จำนวนแบคทีเรียแลกติกของสัสม์พริกทั้งหมด มีจำนวนค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระหว่างการเก็บรักษาสัสม์พริก การเจริญของแบคทีเรียแลกติกบางกลุ่ม เช่น *Pediococcus* spp. และ *Lactobacillus* spp. ซึ่งเจริญได้ดีในช่วงต้นของการหมักไม่สามารถทนต่อความเป็นกรดที่เพิ่มขึ้นได้ จึงเริ่มลดจำนวนลง อย่างไรก็ตาม แบคทีเรียแลกติกสปีชีส์อื่นยังสามารถเจริญได้อยู่ สัสม์พริกที่ไม่มีการเติม GDL มีจำนวนยีสต์และรามามากกว่า สัสม์พริกที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 (ภาพที่ 10C) และมีจำนวนลดลงเรื่อย ๆ หลังจากการเก็บรักษาชั่วโมงที่ 24 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะค่าพีเอชที่ลดลงอย่างต่อเนื่องระหว่างการเก็บรักษา มีผลต่อการเจริญของยีสต์และรา อย่างไรก็ตาม ยีสต์สามารถเจริญได้ดีที่ระดับพีเอชเป็นกรด (Olesen *et al.*, 2000)



ภาพที่ 10 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (A) แบคทีเรียแลคติก (B) และยีสต์รา (C) ของส้มผักจากปลากทรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)

3.1.2 ผลของ GDL ต่อค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมด

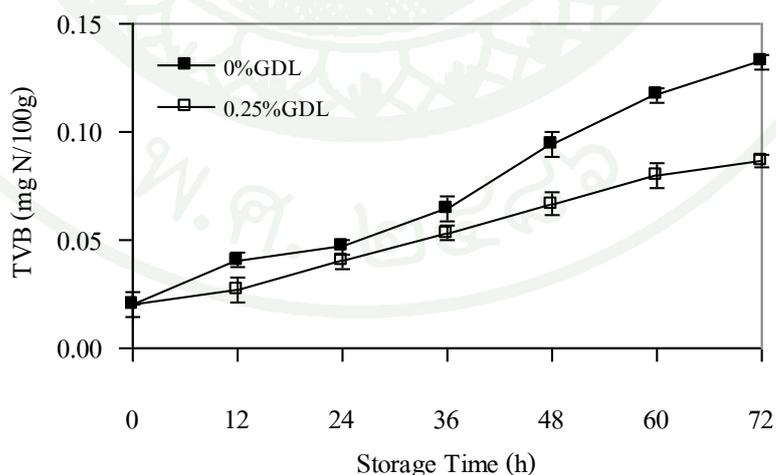
ภาพที่ 11 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดของสั้มผักที่มีการเติมและไม่เติม GDL ค่าพีเอชเริ่มต้นในวันที่ 0 เท่ากับ 4.49 และ 4.51 ตามลำดับ ระหว่างการเก็บรักษาสั้มผักที่มีการเติมและไม่มีการเติม GDL มีการลดลงของค่าพีเอชอย่างต่อเนื่อง (ภาพที่ 11A) ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียแลคติก (ภาพที่ 10B) สั้มผักที่มีการเติม GDL มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมด (ภาพที่ 11B) สูงกว่าสั้มผักที่ไม่มีการเติม GDL ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดของสั้มผักอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับการลดลงของค่าพีเอช กรดส่วนใหญ่ที่พบในสั้มผักทางการค้า คือ กรดแลคติก ซึ่งเกิดมาจากการเจริญของแบคทีเรียแลคติกระหว่างการหมัก (Riebroy *et al.*, 2004) การลดลงของค่าพีเอชของสั้มผักในระหว่างการเก็บรักษาที่สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมด อาจเนื่องมาจากสภาวะไร้ออกซิเจนใน สั้มผัก (Anaerobic condition) ทำให้จุลินทรีย์ที่เจริญได้เป็นจุลินทรีย์พวกที่ต้องการอากาศเพียงเล็กน้อย คือ แบคทีเรียแลคติก ซึ่งจะมีการสร้างกรดแลคติกทำให้ค่าพีเอชของสั้มผักลดลง (Maijala *et al.*, 1993)



ภาพที่ 11 ค่าพีเอช (A) และปริมาณกรดทั้งหมด (B) ของสั้มผักจากปลาทูที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)

3.1.3 ผลของ GDL ต่อปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด

ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดของสั้มผักที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง แสดงดังภาพที่ 12 ภายหลังจากหมักสั้มผักทั้งสองชุด การทดลองมีปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.02-0.14 mg N/100 กรัม ระหว่างการเก็บรักษาสั้มผักที่ไม่มีการเติม GDL มีการเพิ่มขึ้นของปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดอย่างรวดเร็ว ($p < 0.05$) สั้มผักที่มีการเติม GDL มีปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดน้อยกว่าสั้มผักที่ไม่มีการเติม GDL ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($p < 0.05$) ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดบ่งชี้ถึงการเสื่อมเสียคุณภาพของเนื้อสัตว์ (Ruiz-Capillas and Moral, 2005) ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดประกอบด้วย แอมโมเนีย และเอมีน (Fan *et al.*, 2008) ซึ่งเป็นผลมาจากการย่อยสลายของโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non-protein nitrogenous compounds) โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Ruiz-Capillas and Moral, 2005) ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดของสัตว์น้ำมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด สายพันธุ์ การจัดการ และสภาวะระหว่างการผลิต (Fan *et al.*, 2008) สั้มผักที่มีการเติม GDL มีปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นน้อยกว่าสั้มผักที่ไม่มีการเติม GDL ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเจริญของแบคทีเรียแลคติกของสั้มผักระหว่างการเก็บรักษา จากผลการทดลอง การเติม GDL และการสร้างกรดจากแบคทีเรียแลคติก อาจมีผลต่อการยับยั้งแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเน่าเสีย และ/หรือลดการเกิดปฏิกิริยา Oxidative deamination ของสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Fan *et al.*, 2008)

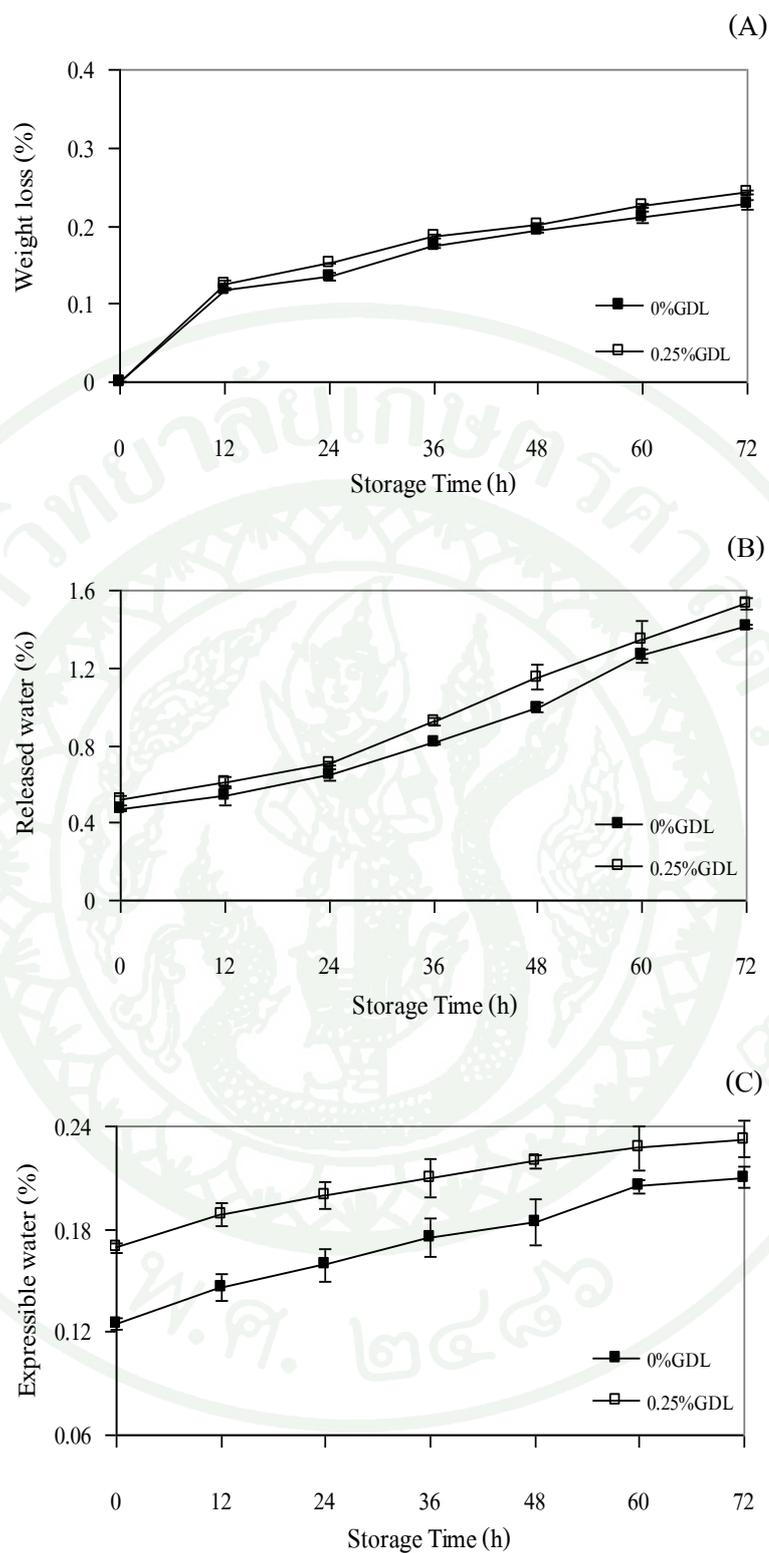


ภาพที่ 12 ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดของสั้มผักจากปลาทรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)

3.1.4 ผลของ GDL ต่อปริมาณน้ำหนักรที่สูญเสียน ปริมาณน้ำไหลและปริมาณน้ำจากการบีบอัด

ปริมาณน้ำหนักรที่สูญเสียน (Weight loss) ปริมาณน้ำไหล (Released water) และปริมาณน้ำจากการบีบอัด (Expressible water) ของสั้มีพ้ระหว่างการเก็บรักษาสั้มีพ้ที่อุณหภูมิห้องมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 13A 13B และ 13C ตามลำดับ สั้มีพ้ที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีปริมาณน้ำหนักรที่สูญเสียน ปริมาณน้ำไหล และปริมาณน้ำจากการบีบอัดมากกว่าสั้มีพ้ที่ไม่มีการเติม GDL เล็กน้อยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p < 0.05$) ซึ่งบ่งชี้ถึงการเติม GDL มีผลต่อการลดลงของสมบัติการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ของสั้มีพ้ระหว่างการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์อาจเป็นผลมาจากค่าพีเอช และการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนไมโอไฟบริล (Liu *et al.*, 2000; Hagen *et al.*, 1996)

การสูญเสียน้ำของสั้มีพ้ที่มีการเติม GDL อาจเป็นผลมาจากการลดลงของค่าพีเอช (ภาพที่ 11A) มีผลทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ และทำให้สมบัติการอุ้มน้ำของโปรตีนลดลง จากผลการทดลอง การเติม GDL และการเกิดกรดจากแบคทีเรียแลคติก อาจมีผลทำให้โครงข่ายร่างแหของโปรตีนไม่สามารถจับโมเลกุลของน้ำได้ ดังนั้นสั้มีพ้ที่มีการเติม GDL จึงมีการสูญเสียน้ำออกมาจากผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำออกมาจากผลิตภัณฑ์เป็นลักษณะปรากฏที่อาจมีผลต่อการลดความพึงพอใจของผู้บริโภค และอาจส่งผลต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Foegeding *et al.*, 1996) แต่อย่างไรก็ตามการสูญเสียน้ำดังกล่าวมีค่าค่อนข้างต่ำ กล่าวคือ มีค่าปริมาณน้ำหนักรที่สูญเสียน น้อยกว่าร้อยละ 0.25 ปริมาณน้ำไหล น้อยกว่าร้อยละ 1.6 และปริมาณน้ำจากการบีบอัด น้อยกว่าร้อยละ 0.22

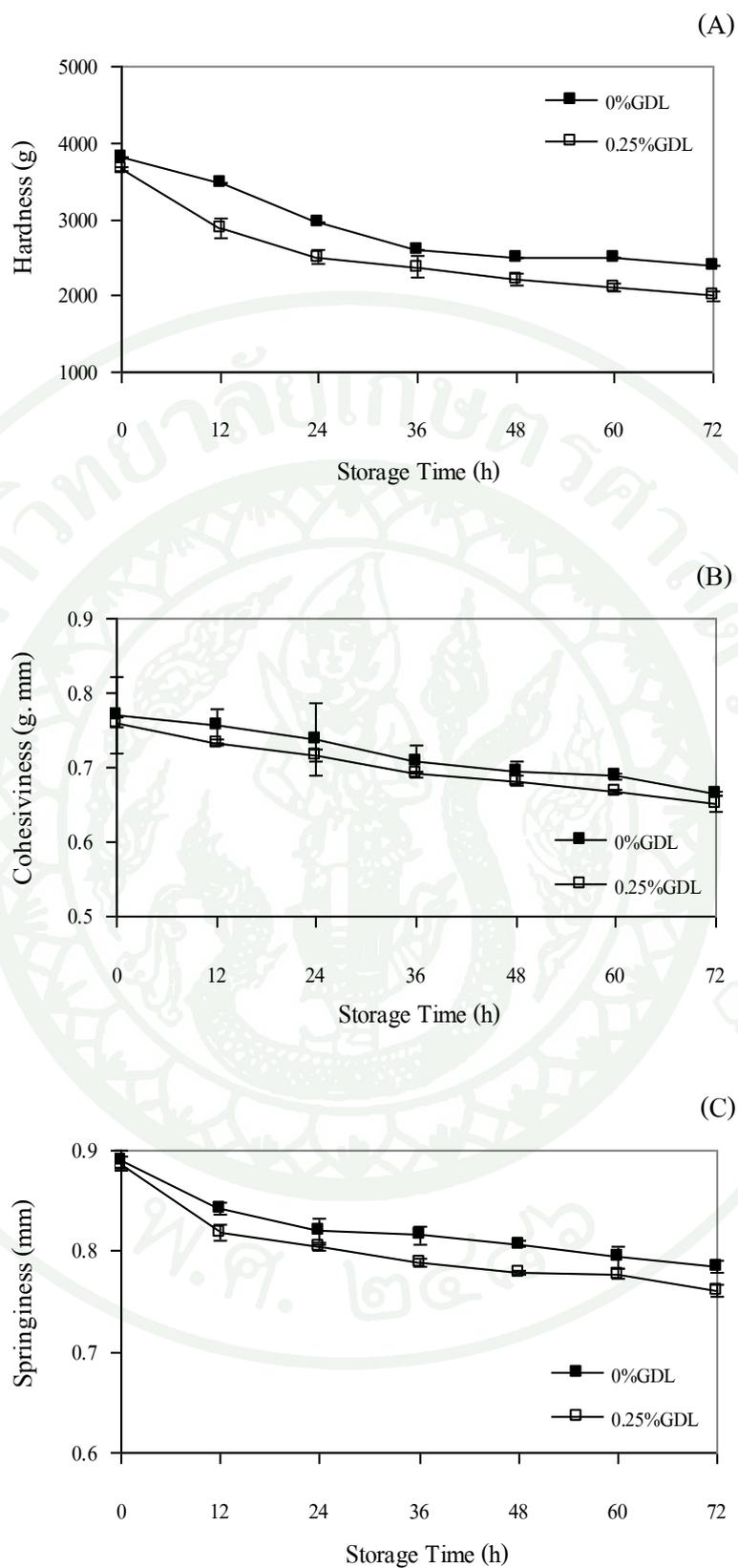


ภาพที่ 13 ปริมาณน้ำหนักที่สูญเสีย (A) ปริมาณน้ำไหล (B) และปริมาณน้ำจากการบีบอัด (C) ของสั้มฟักจากปลาทรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)

3.1.5 ผลของ GDL ต่อคุณลักษณะเนื้อสัมผัส

ภาพที่ 14 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณลักษณะเนื้อสัมผัสของสัมพัคที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สัมพัคที่มีการเติมและไม่เติม GDL มีค่าความแข็ง (Hardness) การยึดเกาะ (Cohesiveness) และความยืดหยุ่น (Springiness) ลดลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ($p < 0.05$) สัมพัคที่มีการเติม GDL มีค่าความแข็ง การยึดเกาะ และความยืดหยุ่นน้อยกว่าสัมพัคที่ไม่มีการเติม GDL ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p < 0.05$) ค่าความแข็งตัวของผลิตภัณฑ์ได้รอกหมักบ่งบอกถึงระดับความสมบูรณ์ของการหมัก (Degree of maturation) ซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียสภาพ และการจับตัวกันของโปรตีนกล้ามเนื้อ รวมทั้งการสูญเสียน้ำ (Gimeno *et al.*, 1999)

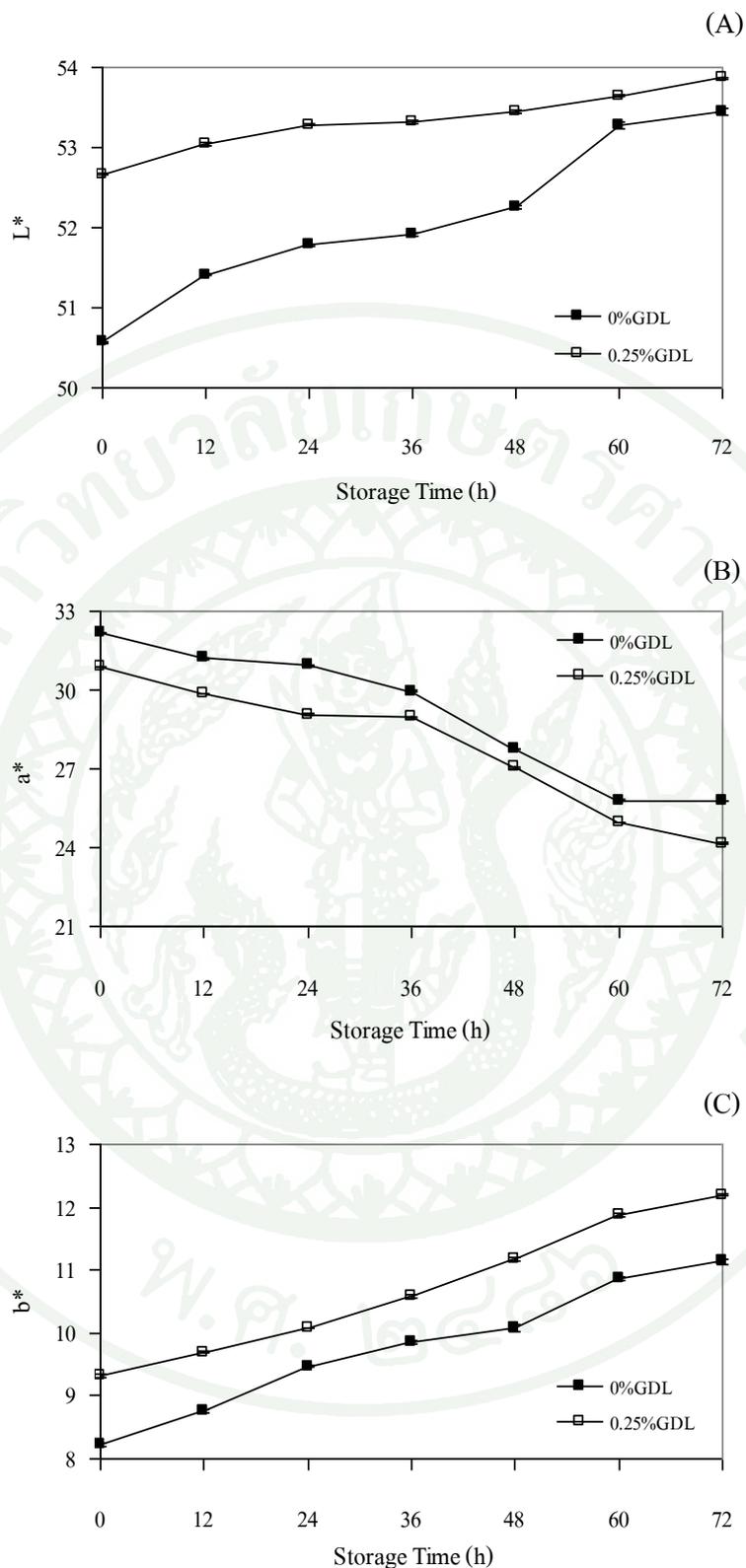
จากผลการทดลอง การเติม GDL มีผลทำให้สัมพัคมีค่าความแข็ง การยึดเกาะ และความยืดหยุ่นลดลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของ GDL เกิดกรดกลูโคนิก ทำให้ค่าพีเอชของสัมพัคลดลง และปริมาณกรดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งอาจผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (conformation) ของโปรตีนกล้ามเนื้อ ทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ และทำให้สมบัติการอุ้มน้ำของโปรตีนลดลง คุณลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัสที่ลดลงมีผลเนื่องจากการลดลงของพีเอช ส่งผลต่อสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนกล้ามเนื้อปลา (Riebro *et al.*, 2007a) ที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำ สัมพัคที่มีการเติม GDL มีค่าความแข็ง การยึดเกาะ และความยืดหยุ่น น้อยกว่าสัมพัคที่ไม่มีการเติม GDL อาจมีผลเนื่องมาจาก ระหว่างการเก็บรักษา มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำหนักรที่สูญเสีย และปริมาณน้ำไหลของสัมพัค (ภาพที่ 13A และ 13B) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการสูญเสียสมบัติการอุ้มน้ำของโปรตีนกล้ามเนื้อ (Hagen *et al.*, 1996) ส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของสัมพัคลดลง แสดงได้ว่า GDL มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของสัมพัคระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



ภาพที่ 14 ค่าความแข็ง (A) การยึดเกาะ (B) และความยืดหยุ่น (C) ของส้อมฟักจากปลาทรายที่มี การเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)

3.1.6 ผลของ GDL ต่อค่าสี

การเปลี่ยนแปลงค่าสีของส้มฟักที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาส้มฟักที่อุณหภูมิห้อง แสดงดังภาพที่ 15A 15B และ 15C ส้มฟักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) มากกว่าส้มฟักที่ไม่มีการเติม GDL ($p < 0.05$) ส้มฟักทั้งสองชุดการทดลอง มีค่าความสว่าง และค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 15A และ 15C) ส่วนค่าความเป็นสีแดงลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 15B) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาส้มฟัก อาจมีผลต่อการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนกลามเนื้อ ส่งผลให้สมบัติการอุ้มน้ำลดลง ผลิตภัณฑ์มีน้ำไหลออกมา สีของส้มฟักจึงซีดลงเนื่องจากการลดลงของไมโทโกลบิน ซึ่งอาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Riebroy *et al.*, 2005) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ค่าความสว่างของส้มฟักที่มีการเติม GDL มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ($p > 0.05$) อาจเนื่องมาจากการแตกตัวเป็นกรดกลูโคินิกของ GDL ทำให้การเสียดสภาพธรรมชาติของโปรตีน โดยกรดเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ จึงมีผลต่อความคงตัวของค่าความสว่าง การเพิ่มขึ้นของค่าความสว่างอาจเป็นผลมาจากการเสียดสภาพของโปรตีน โดยกรดที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นสีเหลือง อาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่เอนไซม์ (Non-enzymatic browning reaction) ระหว่างโปรตีนและผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน เนื่องมาจากระหว่างการเก็บรักษาส้มฟัก อาจเกิดการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น (Riebroy *et al.*, 2008) เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเหลือง ซึ่งมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 15 ค่าความสว่าง (A) ค่าความเป็นสีแดง (B) และค่าความเป็นสีเหลือง (C) ของส้มพีคจากปลากทรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส)

3.1.7 ผลของ GDL ต่อการยอมรับของส้มฟัก

ตารางที่ 3 แสดงการทดสอบการยอมรับของส้มฟักตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ที่อุณหภูมิห้อง (0-72 ชั่วโมง) พบว่าส้มฟักที่ผ่านการหมักแล้วทั้งสองชุดการทดลอง ได้รับคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างกันในวันที่ 0 ($p>0.05$) ส้มฟักที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 ได้รับคะแนนการยอมรับทุกด้าน มากกว่าส้มฟักที่ไม่มีการเติม GDL ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนการยอมรับของส้มฟัก ซึ่งคะแนนการยอมรับจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น อาจเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนแบคทีเรียแลกติก ทำให้ค่าพีเอชของส้มฟักลดลง ปริมาณกรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัส โดยทั่วไปส้มฟักที่ผ่านการหมักแล้วมีคุณลักษณะเฉพาะตัว คือ รสชาติเปรี้ยว เนื้อสัมผัสแน่น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช มีผลต่อคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของส้มฟักระหว่างการหมัก (Riebroy *et al.*, 2007a; Saisithi *et al.*, 1986)

ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา นอกจากมีผลต่อรสชาติเปรี้ยวของส้มฟักแล้ว ยังช่วยส่งเสริมการจับตัวกันของโปรตีนกล้ามเนื้อ ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่นสูง (Riebroy *et al.*, 2007a; Visessanguan *et al.*, 2004) แต่ความเป็นกรดที่สูงเกินไป อาจส่งผลต่อคุณลักษณะทางด้านสีของส้มฟัก เนื่องจากความเป็นกรดเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการสูญเสียสภาพธรรมชาติ และการจัดเรียงตัวของโปรตีนกล้ามเนื้อ ส่งผลให้สมบัติการอุ้มน้ำลดลง ผลิตภัณฑ์มีน้ำไหลออกมา สีของส้มฟักจึงซีดลงเนื่องจากการลดลงของไมโอโกลบิน ซึ่งอาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Riebroy *et al.*, 2005)

ตารางที่ 3 คะแนนการยอมรับคุณลักษณะของส้มพีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

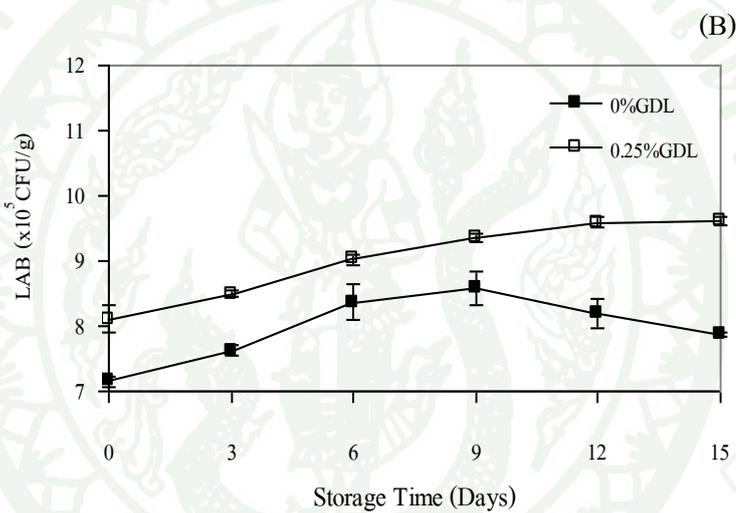
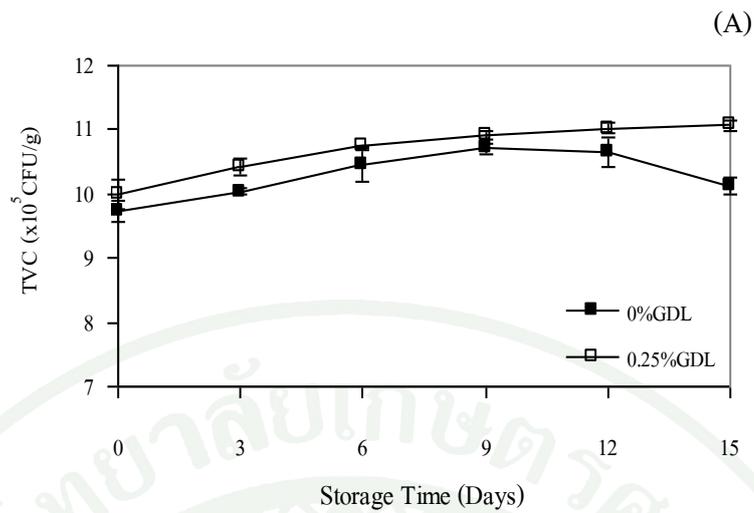
ระยะเวลา (ชม.)	GDL (%)	คุณลักษณะ						
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบรวม
0	0	7.13±0.57 ^{*abB**}	7.27±0.69 ^{aA}	7.23±0.68 ^{abB}	7.03±0.62 ^{abB}	7.27±0.69 ^{abB}	7.23±0.68 ^{abB}	7.07±0.64 ^{abB}
	0.25	7.53±0.57 ^{aA}	7.43±0.50 ^{aA}	7.43±0.50 ^{abA}	7.47±0.51 ^{aA}	7.43±0.50 ^{abA}	7.43±0.50 ^{abA}	7.50±0.61 ^{abA}
12	0	7.13±0.51 ^{abB}	7.07±0.59 ^{bcB}	7.17±0.59 ^{abB}	7.10±0.48 ^{abB}	7.07±0.67 ^{abB}	7.20±0.61 ^{abB}	7.07±0.69 ^{abB}
	0.25	7.37±0.56 ^{baA}	7.23±0.60 ^{baA}	7.43±0.50 ^{abA}	7.33±0.48 ^{baA}	7.33±0.60 ^{abA}	7.43±0.50 ^{abA}	7.40±0.62 ^{abA}
24	0	6.87±0.59 ^{cdB}	6.93±0.50 ^{bcA}	6.86±0.60 ^{cdA}	6.83±0.45 ^{cdB}	6.77±0.77 ^{cdB}	6.97±0.69 ^{caA}	6.90±0.55 ^{cb}
	0.25	7.27±0.52 ^{bcA}	7.00±0.73 ^{caA}	6.97±0.48 ^{cdA}	7.03±0.49 ^{cdA}	7.08±0.35 ^{caA}	7.03±0.59 ^{cdA}	7.13±0.69 ^{cdA}
36	0	6.77±0.50 ^{cdB}	6.83±0.59 ^{caA}	6.80±0.66 ^{cdA}	6.73±0.35 ^{cdB}	6.77±0.77 ^{cdA}	6.67±0.66 ^{deB}	6.83±0.59 ^{db}
	0.25	6.97±0.62 ^{daA}	6.87±0.70 ^{daA}	6.90±0.48 ^{cdA}	7.03±0.49 ^{cdA}	6.87±0.35 ^{deA}	7.03±0.49 ^{cdA}	7.13±0.73 ^{cdA}
48	0	6.60±0.50 ^{db}	6.33±0.48 ^{db}	6.43±0.49 ^{eb}	6.53±0.51 ^{eb}	6.53±0.51 ^{eb}	6.57±0.51 ^{deB}	6.50±0.51 ^{cb}
	0.25	6.80±0.41 ^{caA}	6.63±0.46 ^{caA}	6.63±0.49 ^{caA}	6.87±0.35 ^{caA}	6.70±0.51 ^{deA}	6.90±0.31 ^{daA}	6.87±0.57 ^{caA}
60	0	6.17±0.38 ^{eb}	6.17±0.38 ^{eb}	6.13±0.48 ^{faA}	6.03±0.35 ^{fgB}	6.00±0.40 ^{fb}	6.13±0.49 ^{fb}	6.03±0.64 ^{fgB}
	0.25	6.47±0.48 ^{faA}	6.37±0.45 ^{faA}	6.23±0.51 ^{faA}	6.43±0.50 ^{faA}	6.20±0.35 ^{faA}	6.37±0.56 ^{caA}	6.30±0.55 ^{faA}
72	0	5.90±0.55 ^{fb}	5.97±0.55 ^{cfA}	5.87±0.71 ^{gb}	5.97±0.49 ^{fgA}	5.54±0.62 ^{gb}	5.60±0.50 ^{gb}	5.90±0.51 ^{fgB}
	0.25	6.13±0.67 ^{gaA}	6.07±0.86 ^{gaA}	6.03±0.72 ^{gaA}	6.00±0.71 ^{gaA}	5.67±0.35 ^{gaA}	6.03±0.51 ^{faA}	6.07±0.62 ^{gaA}

หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ** ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างของคะแนนการยอมรับส้มพีระหว่างการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05), ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างของคะแนนการยอมรับส้มพีที่มีการเติม และไม่เติม GDL ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3.2 ผลของ GDL ต่อความคงตัวของสัสม์พืกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

3.2.1 ผลของ GDL ต่อจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และแบคทีเรียแลคติก

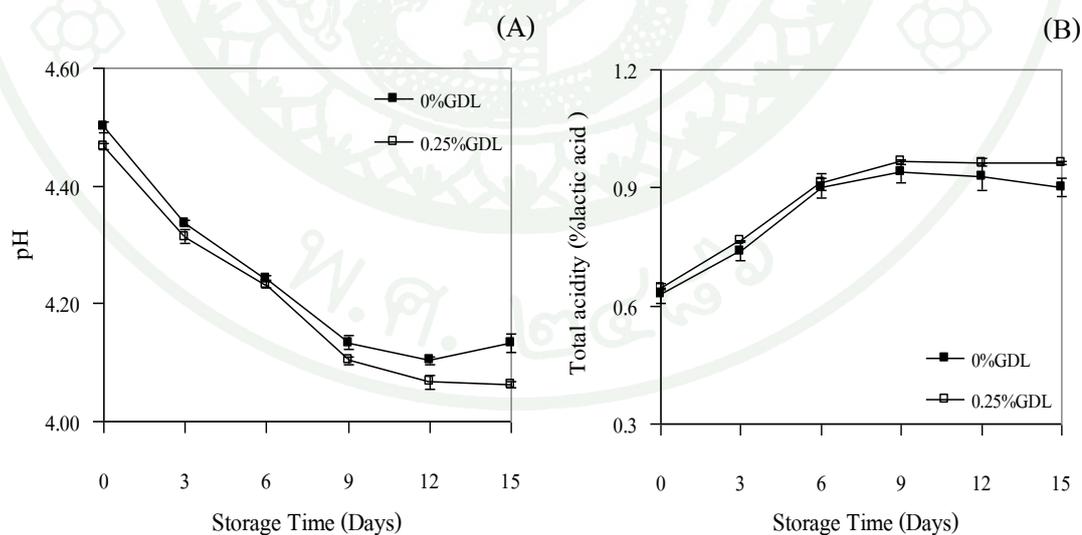
การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติกของสัสม์พืที่มีการเติมและไม่เติม GDL แสดงดังภาพที่ 16A และ 16B ตามลำดับ วันที่ 0 ของการเก็บรักษาสัสม์พืทั้งสองชุดการทดลองมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดอยู่ในช่วง $0.97-1.0 \times 10^6$ CFU/กรัม และจำนวนแบคทีเรียแลคติกอยู่ในช่วง $7-8 \times 10^5$ CFU/กรัม จากผลการทดลองแบคทีเรียส่วนใหญ่ที่พบในสัสม์พืคือ แบคทีเรียแลคติก ส่วนแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ ในสัสม์พืที่ผ่านการหมักแล้ว อาจถูกยับยั้งหรือทำลายโดยกรดแลคติก และ/หรือกรดกลูโคนิกที่เกิดขึ้นระหว่างการหมัก นอกจากนี้แบคทีเรียโอสินที่ผลิตโดยแบคทีเรียแลคติกอาจมีผลยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียชนิดอื่น จึงทำให้แบคทีเรียแลคติกเป็นแบคทีเรียส่วนใหญ่ที่พบในสัสม์พืที่ผ่านการหมักแล้ว (Paludan-Müller *et al.*, 2002; Riebroy *et al.*, 2007a; Saisithi *et al.*, 1986) ระหว่างการเก็บรักษาสัสม์พืทั้งสองชุดการทดลองมีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติกค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่ง 15 วัน ($p < 0.05$) แต่สัสม์พืที่ไม่มีการเติม GDL มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดและแบคทีเรียแลคติกลดลงอย่างเด่นชัดวันที่ 15 ของการเก็บรักษา ($p < 0.05$) Kotter *et al.* (1969) รายงานว่า การเติม GDL ไม่มีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียแลคติก แต่มีผลต่อแบคทีเรียชนิดอื่น ซึ่งอาจทำให้อาหารเน่าเสีย ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารได้ สัสม์พืที่มีการเติม GDL มีจำนวนแบคทีเรียแลคติกมากกว่าสัสม์พืที่ไม่มีการเติม GDL ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน ($p < 0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเกิดกรดกลูโคนิกจาก GDL ระหว่างการเก็บรักษา จากผลการทดลองสัสม์พืที่มีการเติม GDL มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียแลคติกอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม การเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียแลคติกของสัสม์พืระหว่างการเก็บรักษาอย่างต่อเนื่อง อาจมีผลทำให้เกิดการหมักสัสม์พืมากเกินไป (Riebroy *et al.*, 2007a; Saisithi *et al.*, 1986)



ภาพที่ 16 จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (A) และแบคทีเรียแลคติก (B) ของส้มพริกจากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)

3.2.2 ผลของ GDL ต่อค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมด

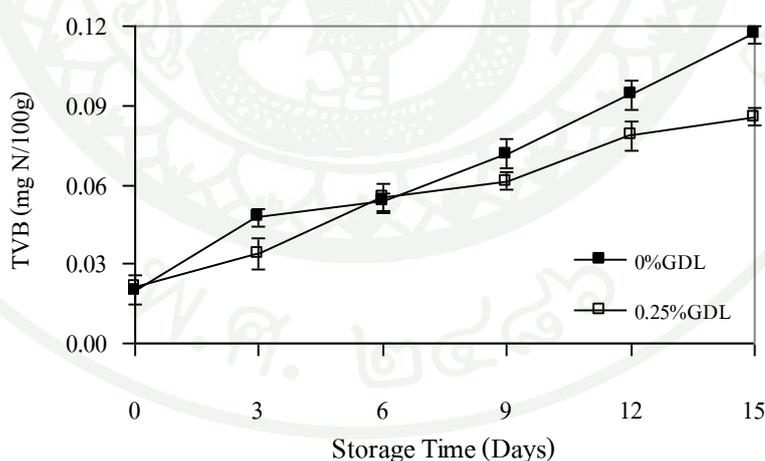
การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชและปริมาณกรดทั้งหมดของส้มฟักที่มีการเติมและไม่เติม GDL แสดงดังภาพที่ 17A และ 17B ตามลำดับ ส้มฟักที่ผ่านการหมักแล้วทั้งสองชุดการทดลองมีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 4.47-4.50 Riebroy *et al.* (2005) รายงานว่า ส้มฟักที่ผ่านการหมักแล้วมีค่าพีเอชประมาณ 4.5-4.6 การลดลงของค่าพีเอชเป็นผลมาจากการผลิตกรดแลกติกโดยแบคทีเรียแลกติก ระหว่างการเก็บรักษาส้มฟักทั้งสองชุดการทดลองมีค่าพีเอชลดลง การลดลงของค่าพีเอชอาจมาจากการเพิ่มขึ้นของกรดอินทรีย์ (Riebroy *et al.*, 2007a) กรดอินทรีย์โดยเฉพาะกรดแลกติกเป็นสารให้กลิ่นรสของส้มฟัก (Østergaard *et al.*, 1998) จากผลการทดลอง ส้มฟักที่มีการเติม GDL มีค่าพีเอชลดลงมากกว่าส้มฟักที่ไม่มีการเติม GDL ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียแลกติกอย่างต่อเนื่องระหว่างการเก็บรักษา (ภาพที่ 16B) การเกิดกรดกลูโคนิกจาก GDL ทำให้ส้มฟักที่มีการเติม GDL มีค่าพีเอชลดลงอย่างต่อเนื่องระหว่างการเก็บรักษา กรดกลูโคนิกและกรดแลกติกที่ผลิตจากแบคทีเรียแลกติกส่งผลทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียแลกติก กรดแลกติกและกรดกลูโคนิกมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Riebroy *et al.*, 2007a; Paludan-Müller *et al.*, 1999) จากผลการทดลองการเติม GDL ในส้มฟักมีผลต่อการลดลงของค่าพีเอชและการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดอย่างต่อเนื่องระหว่างการเก็บรักษา



ภาพที่ 17 ค่าพีเอช (A) และปริมาณกรดทั้งหมด (B) ของส้มฟักจากปลาทูรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)

3.2.3 ผลของ GDL ต่อปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด

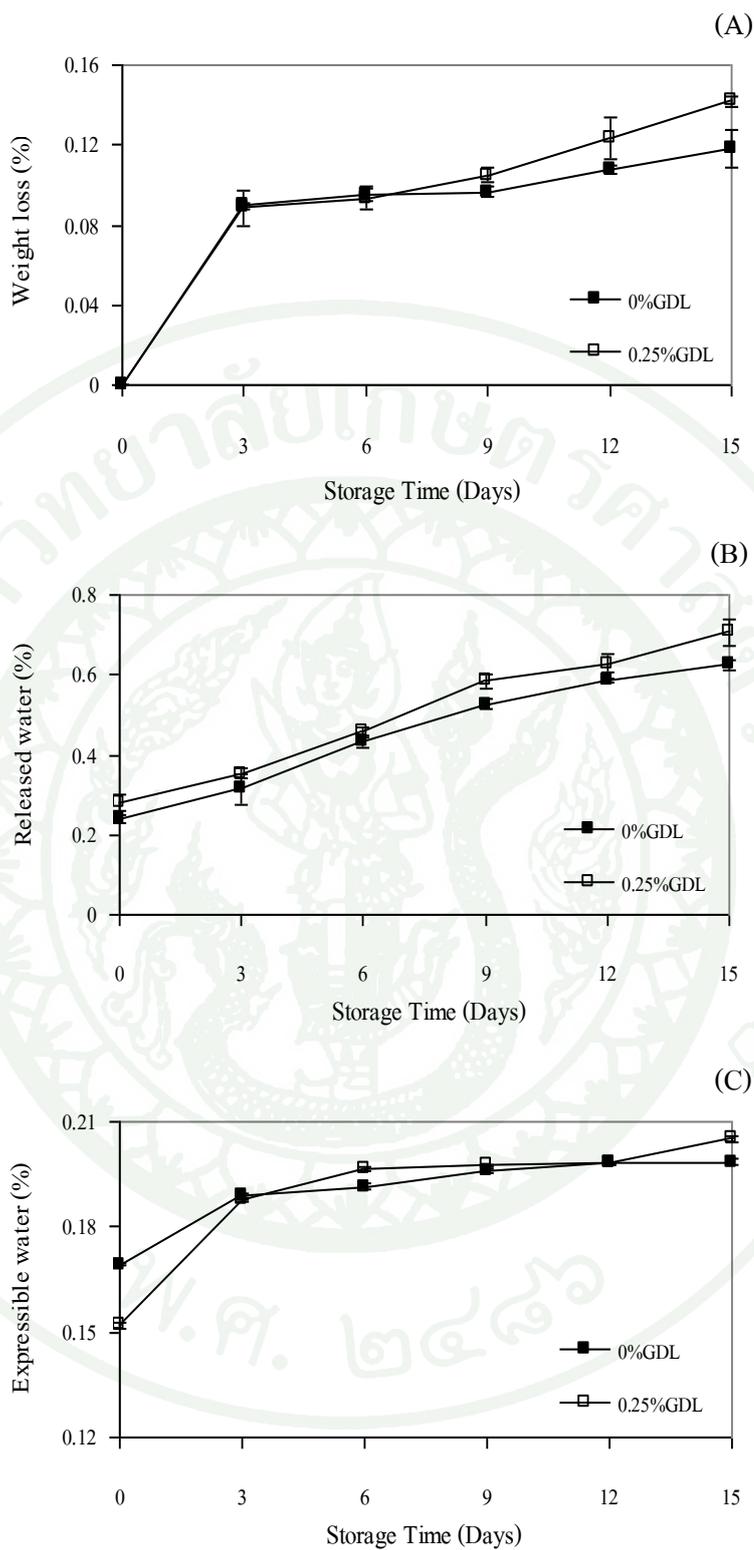
ภาพที่ 18 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดของสัฟฟักที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาสัฟฟักที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส) ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดเริ่มต้นของสัฟฟักที่มีการเติมและไม่มีการเติม GDL มีค่าระหว่าง 0.02-0.09 mg N/100 กรัม ตามลำดับ โดยทั่วไปปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดของสัตว์น้ำ จะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (สุทธวัฒน์, 2549) จากผลการทดลอง สัฟฟักทั้งสองชุดการทดลองมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษา สัฟฟักที่ไม่มีการเติม GDL ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด มีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าสัฟฟักที่มีการเติม GDL ระหว่างการเก็บรักษา ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาสัฟฟักที่อุณหภูมิแช่เย็นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดน้อยกว่าการเก็บรักษาสัฟฟักที่อุณหภูมิห้อง (ภาพที่ 12) อุณหภูมิการเก็บรักษามีผลต่อการเกิดค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (Sotelo *et al.*, 1995) ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดจัดเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non-protein nitrogen) ของเนื้อปลา การเพิ่มขึ้นของปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดระหว่างการเก็บรักษาอาจมาจากปฏิกิริยาออโตไลซิส (Autolysis) และดีเอมีเนชัน (Deamination) ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดได้แก่ แอมโมเนีย โมโนเมทิลเอมีน ไดเมทิลเอมีน และไตรเมทิลเอมีน (Debevere and Boskou, 1996)



ภาพที่ 18 ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมดของสัฟฟักจากปลาทรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)

3.2.4 ผลของ GDL ต่อปริมาณน้ำหนัที่สูญเสี ย ปริมาณน้ำไหลและปริมาณน้ำจากการบีบอัด

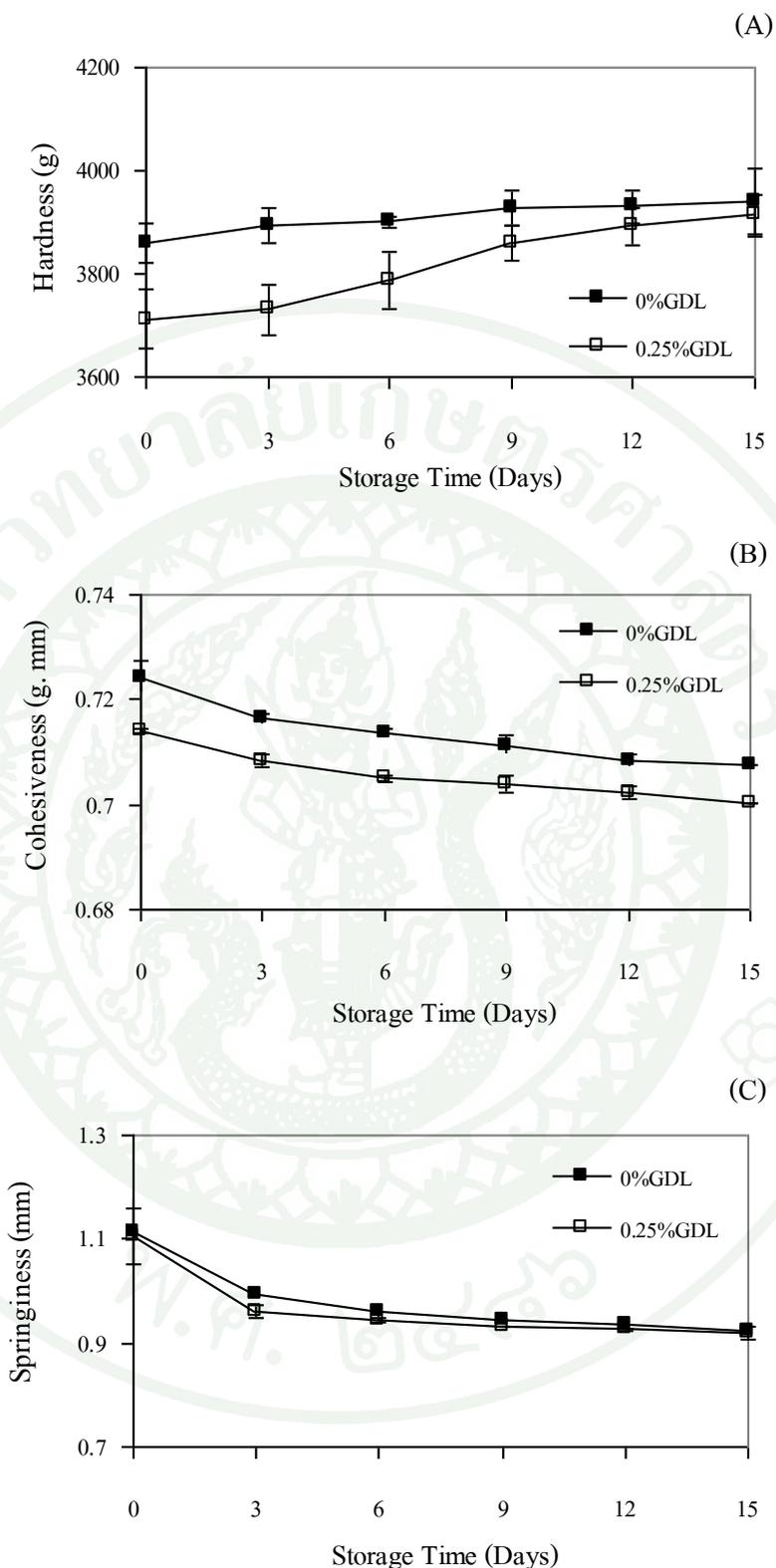
ปริมาณน้ำหนัที่สูญเสี ย (Weight loss) ปริมาณน้ำไหล (Released water) และปริมาณน้ำจากการบีบอัด (Expressible water) ของสั มไฟักระหว่า งการเก็บรักษาสั มไฟัที่อุณหภูมิแห้งเย็นมีค่าเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 19A 19B และ 19C ตามลำดับ สั มไฟัที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีปริมาณน้ำหนัที่สูญเสี ย ปริมาณน้ำไหล และปริมาณน้ำจากการบีบอัด มากกว่าสั มไฟัที่ไม่มีการเติม GDL ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p < 0.05$) ซึ่งบ่งชี้ถึงการเติม GDL มีผลต่อการลดลงของสมบัติการอุ้มน้ำของสั มไฟักระหว่า งการเก็บรักษา การสูญเสี ยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ อาจเป็นผลมาจากค่าพีเอช และการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนไมโอไฟบริล (Hagen *et al.*, 1996; Liu *et al.*, 2000) การสูญเสี ยน้ำของสั มไฟัที่มีการเติม GDL อาจเป็นผลจากการลดลงของค่าพีเอช มีผลทำให้โปรตีนเกิดการเสี ยสภาพ และทำให้สมบัติการอุ้มน้ำของโปรตีนลดลง กรดกลูโ คินิกจากการแตกตัวของ GDL และการเกิดกรดแลกติกจากแบคทีเรียแลกติก อาจมีผลทำให้โครงข่ายร่างแหของโปรตีนไม่สามารถจับโมเลกุลของน้ำได้ ดังนั้นสั มไฟัที่มีการเติม GDL จึงมีการสูญเสี ยน้ำออกมาจากผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นระหว่า งการเก็บรักษา ซึ่งอาจมีผลต่อการยอมรับ และอาจส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะเนื้อสั มไฟัของผลิตภัณฑ์ (Foegeding *et al.*, 1996)



ภาพที่ 19 ปริมาณน้ำหนักที่สูญเสีย (A) ปริมาณน้ำไหล (B) และปริมาณน้ำจากการบีบอัด (C) ของสั้มฟักจากปลาทรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)

3.2.5 ผลของ GDL ต่อลักษณะเนื้อสัมผัส

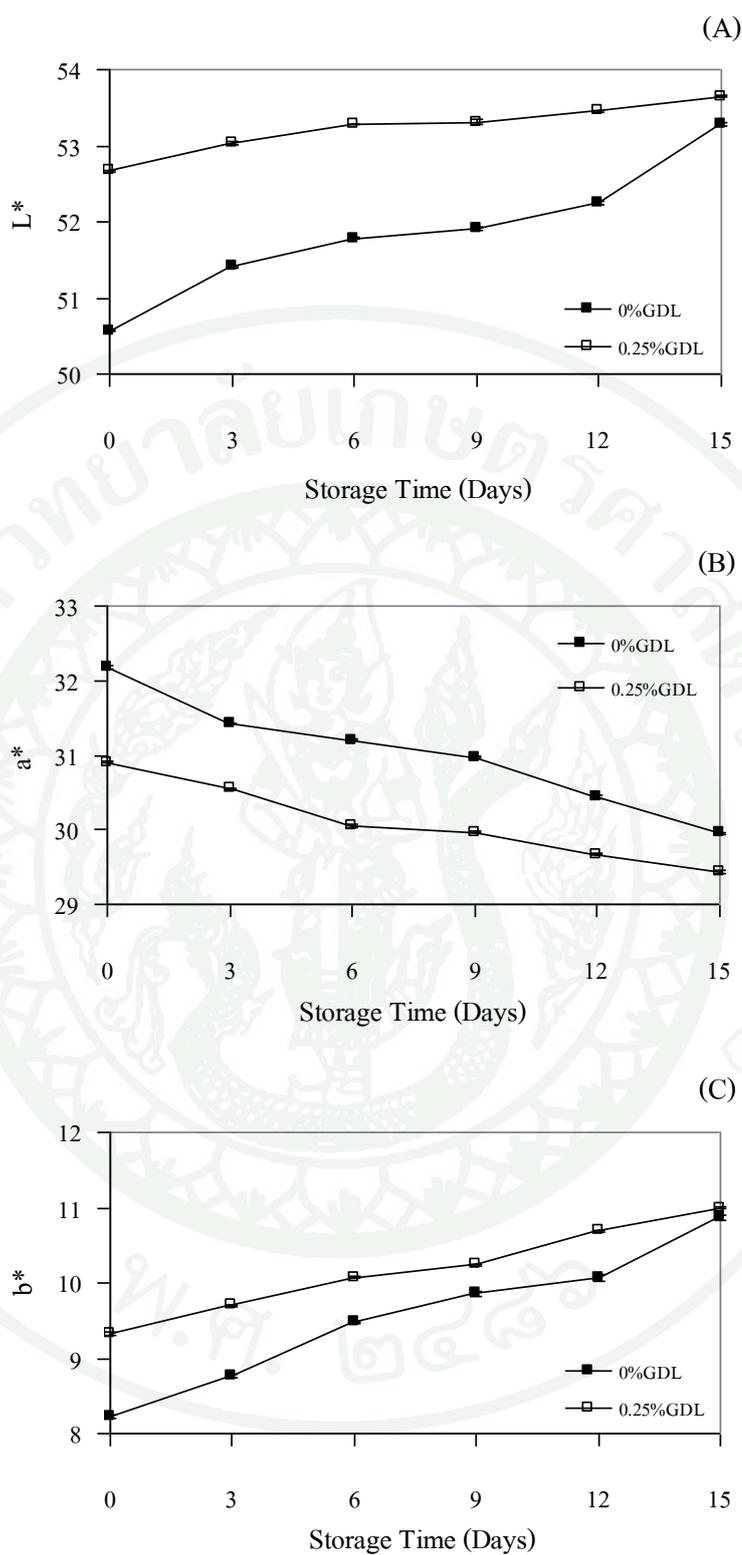
การเติม GDL มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของสั้มฟักที่ผ่านการหมักแล้วระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (ภาพที่ 20) วันที่ 0 ของการเก็บรักษา สั้มฟักที่มีการเติมและไม่เติม GDL มีค่าความแข็งและค่าการยืดเกาะ แตกต่างกัน ($p < 0.05$) (ภาพที่ 20A และ 20B) ส่วนค่าความยืดหยุ่นไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษา ค่าความแข็งของสั้มฟักทั้งสองชุดการทดลองเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) สั้มฟักทั้งสองชุดการทดลองมีค่าการยืดเกาะและค่าความยืดหยุ่นลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p < 0.05$) สั้มฟักที่มีการเติม GDL มีค่าความแข็งและค่าการยืดเกาะน้อยกว่าสั้มฟักที่ไม่มีการเติม GDL ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ($p < 0.05$) นอกจากนี้ค่าความแข็งสามารถใช้ในการกำหนดระดับความสมบูรณ์ของการหมักแล้ว ยังมีความสัมพันธ์กับการสูญเสียสภาพและการเกิดเจลของโปรตีนกลูตามีน รวมทั้งการสูญเสียน้ำของสั้มฟัก (Riebroy *et al.*, 2007c) Riebroy *et al.* (2007c) รายงานว่าสั้มฟักที่ผลิตจากปลาตาหวานหนึ่งนามีค่าความแข็งลดลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นผลมาจากความสมบูรณ์ของโครงข่ายร่างแหของโปรตีนลดลง จึงมีสมบัติการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ลดลง อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของค่าความแข็งของสั้มฟักจากปลาทรายทั้งที่มีการเติมและไม่เติม GDL อาจมีผลมาจากความสมบูรณ์ของโครงข่ายร่างแหของโปรตีน รวมทั้งการจัดเรียงของลำดับกรดอะมิโน เพื่อการเกิดสมบัติการอุ้มน้ำที่แตกต่างจากปลาชนิดอื่น แม้ว่าสั้มฟักทั้งสองชุดการทดลองมีค่าพีเอชลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (ภาพที่ 17B)



ภาพที่ 20 ค่าความแข็ง (A) การยึดเกาะ (B) และความยืดหยุ่น (C) ของสั้มฟักจากปลาทรายที่มี การเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)

3.2.6 ผลของ GDL ต่อค่าสี

ระหว่างการเก็บรักษาส้มฟักที่อุณหภูมิแช่เย็น ส้มฟักที่มีการเติม GDL มีการเพิ่มขึ้นของค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) และค่าความเป็นสีแดง (a^*) มากกว่าส้มฟักที่ไม่มีการเติม GDL ($p < 0.05$) ระหว่างการเก็บรักษา 15 วัน ส้มฟักทั้งสองชุดการทดลอง มีค่าความสว่างและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 21A และ 21C ตามลำดับ ส่วนค่าความเป็นสีแดงลดลง ดังภาพที่ 21B ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาส้มฟัก อาจมีผลต่อการสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนกลูตามีน ส่งผลให้สมบัติการอุ้มน้ำลดลง ผลิตภัณฑ์มีน้ำไหลออกมา สีของส้มฟักจึงซีดลงเนื่องจากการลดลงของไมโทโกลบิน ซึ่งอาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Riebroy *et al.*, 2005) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ค่าความสว่างของส้มฟักที่มีการเติม GDL เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ($p < 0.05$) อาจเนื่องมาจากการแตกตัวเป็นกรดคลูโคนิกของ GDL อย่างต่อเนื่อง ทำให้การเสียดสภาพธรรมชาติของโปรตีน โดยกรดเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ จึงมีผลต่อความคงตัวของค่าความสว่าง การเพิ่มขึ้นของค่าความสว่างอาจเป็นผลมาจากการเสียดสภาพของโปรตีนโดยกรดที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นสีเหลือง อาจเป็นผลมาจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลแบบไม่เอนไซม์ (Non-enzymatic browning reaction) เนื่องมาจากระยะเวลาการเก็บรักษาส้มฟัก ทำให้ส้มฟักเกิดการออกซิเดชันของไขมันเพิ่มขึ้น เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเหลือง (Riebroy *et al.*, 2008) ซึ่งมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 21 ค่าความสว่าง (A) ค่าความเป็นสีแดง (B) และค่าความเป็นสีเหลือง (C) ของส้มฟัก จากปลากรายที่มีการเติมและไม่เติม GDL ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (10-12 องศาเซลเซียส)

3.2.7 ผลของ GDL ต่อการยอมรับของสัมปัทกระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น

คะแนนการยอมรับของสัมปัทแสดงดังตารางที่ 4 พบว่าการทดสอบการยอมรับของสัมปัทตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น (วันที่ 0, 3, 6, 9, 12 และ 15) สัมปัทที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 ได้รับคะแนนการยอมรับทุกด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และความชอบรวมมากกว่าสัมปัทที่ไม่มีการเติม GDL โดยทั่วไปสัมปัทที่ผ่านการหมักแล้วมีคุณลักษณะเฉพาะตัว คือ รสชาติเปรี้ยว เนื้อสัมผัสแน่น ทั้งนี้การลดลงของค่าพีเอชมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของสัมปัทระหว่างการหมัก (Riebroy *et al.*, 2007a; Saisithi *et al.*, 1986) ระยะเวลาการเก็บรักษา มีผลต่อคะแนนการยอมรับของสัมปัท ซึ่งคะแนนการยอมรับจะลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น อาจเป็นผลมาจากการลดลงของจำนวนแบคทีเรียแลคติก ทำให้ค่าพีเอชของสัมปัทเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อคุณลักษณะด้านรสชาติ และเนื้อสัมผัส ที่เปลี่ยนแปลงไปจากคุณลักษณะเฉพาะตัวของสัมปัท ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชมีผลต่อคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของสัมปัทระหว่างการหมัก (Riebroy *et al.*, 2007a; Saisithi *et al.*, 1986)

ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษา นอกจากมีผลต่อรสชาติเปรี้ยวของสัมปัทแล้ว ยังช่วยส่งเสริมการจับตัวกันของโปรตีนกลูตามีน ซึ่งทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแน่น เนื้อและความยืดหยุ่นสูง (Riebroy *et al.*, 2007a; Visessanguan *et al.*, 2004) แต่ระดับความเป็นกรดที่สูงเกินไป อาจส่งผลต่อคุณลักษณะทางด้านสีของสัมปัท เนื่องจากความเป็นกรดเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการสูญเสียสภาพธรรมชาติ และการจัดเรียงตัวของโปรตีนกลูตามีน ส่งผลให้สมบัติการอุ้มน้ำลดลง ผลิตภัณฑ์มีน้ำไหลออกมา สีของสัมปัทจึงซีดลงเนื่องจากการลดลงของไมโอโกลบิน ซึ่งอาจส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Riebroy *et al.*, 2005)

ตารางที่ 4 คะแนนการยอมรับคุณลักษณะของส้มพีระหว่างการรักษาที่อุณหภูมิตั้งแต่เย็น

ระยะเวลา (วัน)	GDL (%)	คุณลักษณะ						
		ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	กลิ่นรส	รสชาติ	ความชอบรวม
0	0	7.23±0.057* ^{abB**}	7.27±0.69 ^{ab}	7.13±0.68 ^{abB}	7.13±0.62 ^{abB}	7.23±0.69 ^{aA}	7.33±0.68 ^{abA}	7.27±0.64 ^{aB}
	0.25	7.45±0.57 ^{abA}	7.53±0.50 ^{aA}	7.40±0.50 ^{aA}	7.47±0.51 ^{abA}	7.33±0.50 ^{abA}	7.43±0.50 ^{aA}	7.40±0.61 ^{aA}
3	0	7.13±0.51 ^{abB}	7.13±0.59 ^{ba}	7.17±0.59 ^{abA}	7.13±0.48 ^{abB}	7.17±0.67 ^{bcA}	7.27±0.61 ^{abA}	7.13±0.69 ^{ba}
	0.25	7.39±0.56 ^{abA}	7.13±0.61 ^{ba}	7.23±0.50 ^{ba}	7.37±0.48 ^{abA}	7.23±0.60 ^{abA}	7.23±0.50 ^{ba}	7.25±0.62 ^{ba}
6	0	7.07±0.59 ^{cb}	6.93±0.50 ^{cdA}	7.10±0.60 ^{cdA}	6.97±0.45 ^{cdA}	7.11±0.77 ^{bcA}	6.97±0.69 ^{cdA}	7.07±0.55 ^{cdA}
	0.25	7.27±0.52 ^{ca}	7.00±0.73 ^{cdA}	6.97±0.48 ^{cdA}	7.03±0.49 ^{cdA}	7.08±0.35 ^{cdA}	7.00±0.59 ^{cdA}	7.13±0.63 ^{cdA}
9	0	6.97±0.50 ^{da}	6.83±0.59 ^{cdA}	7.00±0.66 ^{cdA}	7.03±0.35 ^{cdA}	7.00±0.77 ^{ca}	6.97±0.66 ^{cdA}	7.00±0.59 ^{cdA}
	0.25	7.07±0.62 ^{da}	6.87±0.73 ^{ca}	7.00±0.48 ^{cdA}	7.00±0.49 ^{cdA}	6.97±0.35 ^{cdA}	7.00±0.49 ^{cdA}	7.13±0.73 ^{cdA}
12	0	6.67±0.50 ^{cb}	6.53±0.48 ^{ca}	6.53±0.49 ^{ca}	6.53±0.51 ^{cb}	6.53±0.51 ^{deB}	6.57±0.51 ^{cb}	6.60±0.51 ^{cb}
	0.25	6.80±0.41 ^{ca}	6.63±0.49 ^{fa}	6.63±0.49 ^{ca}	6.87±0.35 ^{ca}	6.70±0.51 ^{ca}	6.90±0.31 ^{da}	6.87±0.57 ^{ca}
15	0	6.47±0.38 ^{fa}	6.37±0.38 ^{fa}	6.33±0.48 ^{fb}	6.33±0.35 ^{fa}	6.40±0.40 ^{deA}	6.17±0.49 ^{fb}	6.43±0.64 ^{fa}
	0.25	6.40±0.48 ^{fa}	6.37±0.48 ^{ga}	6.50±0.51 ^{fa}	6.43±0.50 ^{fa}	6.57±0.35 ^{fa}	6.37±0.56 ^{ca}	6.50±0.55 ^{fa}

หมายเหตุ * คะแนนเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ** ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างของคะแนนการยอมรับส้มพีระหว่างการรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างของคะแนนการยอมรับส้มพีที่มีการเติมและไม่เติม GDL ที่ระยะเวลาการรักษาเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การเติม GDL ปริมาณเพิ่มขึ้นสำหรับการผลิตสั้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านต่าง ๆ ระหว่างการหมัก ได้แก่ การเจริญของแบคทีเรียแลคติก ปริมาณกรดทั้งหมด และค่าพีเอช รวมทั้ง การยอมรับของสั้มี อย่างไรก็ตามสั้มีที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 ได้รับการยอมรับมากที่สุด และมีค่าพีเอชน้อยกว่า 4.6 ภายในระยะเวลา 36 ชั่วโมง เมื่อหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

2. การเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของสั้มีระหว่างการหมัก โดยมีผลต่อการเพิ่มของจำนวนแบคทีเรียแลคติกมากกว่าสั้มีที่ไม่เติม GDL ทำให้มีอัตราการลดลงของค่าพีเอช และอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดทั้งหมดสูงกว่าสั้มีที่ไม่มีการเติม GDL อย่างไรก็ตาม สั้มีที่มีการเติม GDL มีการสูญเสียน้ำหนักของผลิตภัณฑ์และการเกิดน้ำไหลเล็กน้อย ซึ่งยังคงได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

3. การเติม GDL มีผลต่อความคงตัวของสั้มีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิแช่เย็น สั้มีที่มีการเติม GDL ร้อยละ 0.25 มีการเพิ่มจำนวนแบคทีเรียแลคติก และปริมาณกรดทั้งหมดอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ส่งผลทำให้ค่าพีเอชลดลง และปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น การลดลงของค่าพีเอชของสั้มีที่มีการเติม GDL มีผลทำให้สูญเสียสมบัติการอุ้มน้ำ และมีน้ำออกมาจากผลิตภัณฑ์ ส่งผลต่อลักษณะปรากฏ สี และเนื้อสัมผัส ซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามสั้มีที่มีและไม่มีการเติม GDL สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิแช่เย็น เป็นระยะเวลา 3 วัน และ 15 วัน โดยสั้มีทั้งสองชุดการทดลอง ยังคงได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

ข้อเสนอแนะ

ระหว่างการหมักและการเก็บรักษาสั้มี เกิดการสูญเสียน้ำหนัก และเกิดลักษณะน้ำไหล ภายในบรรจุภัณฑ์ จึงอาจทำการศึกษาเพิ่มเติมด้านการปรับปรุงความคงตัวของสมบัติการอุ้มน้ำของ โครินก้าเนื้อ ในสภาพที่มีความเป็นกรดอ่อน (mild acid condition)

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมลทิพย์ หลิมสกุล และ ธนิตา ไตรชนเศ. 2541. การเจริญของยีสต์ในส้มผัก. คณะอุตสาหกรรม
เกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

จักรี ทองเรือง. 2544. ชูริมิ (surimi). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

จิรวัดน์ ยงสวัสดิกุล. 2541. การเกิดเจลของโปรตีนกล้ามเนื้อปลา. *อาหาร*. 28 (4): 245-254.

ทองคำ คิมพะมานนท์. 2538. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระหว่างการผลิตปลาหมัก
(ส้มผัก). วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท. ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุทธวัฒน์ เบญจกุล. 2548. เคมีคุณภาพสัตว์น้ำ. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

_____. 2549. ชูริมิ : วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปลาสด. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ศุทธยา บุญนอม ไพโรจน์ วิริยะจารี และ นินนาท ชินประหัยฐ์. 2537ก. การใช้สารเคมีที่ให้ความ
เป็นกรดร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นผสมในการผลิตแฮม. *เกษตร*. 10 (3): 281-295.

_____. 2537ข. ผลของโซเดียมไนเตรทและโซเดียมไนไตรท์ต่อคุณภาพแฮมที่ผลิตโดย
Glucono-delta-lactone ร่วมกับเชื้อบริสุทธิ์ เริ่มต้นผสม. *เกษตร*. 10 (3): 296-312.

_____. 2537ค. ชนิดและปริมาณสารเคมีที่ให้ความเป็นกรดที่มีต่อเชื้อบริสุทธิ์เริ่มต้นสำหรับใช้
ในการผลิตแฮม. *เกษตร*. 10 (3): 267-280.

ผ่องเพ็ญ รัตตกุล และ สุภาพรณ สุขประทุม. 2532. พัฒนาการผลิตและเก็บรักษาส้มผัก.
อาหาร. 19 (3): 294 – 295.

Almas, K.A. 1981. **Chemistry and microbiology of fish proceeding**. Department of
Biochemistry, Norwegian Institute of Technology, University of Trondheim. Norway.

- Anderson, R. and A. Sorensen. 1999. An enzymatic method for the determination of fructans in foods and food products. **Eur. Food Res. Technol.** 210: 148-152.
- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis.** (17th ed.), Gaithersburg, Maryland: Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C.
- Asghar, A., K. Samejima and T. Yasui. 1985. Functionality of muscle proteins in gelation mechanisms of structured meat products. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutri.* 22 (1): 27-106.
- Bacus, J.N. 1984. Utilization of Microorganisms in Meat Processing. Research Studies press, Lts., England.
- Barber, L.E. and R.H. Deibel. 1972. Effect of pH and oxygen tension on staphylococci growth and enterotoxin formation in fermented sausage. **Appl. Microbiol.** 25: 891.
- Benjakul, S., T.A. Seymour, M.T. Morrissey and H. An. 1997. Physicochemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage. **J. Food Sci.** 62: 729-733.
- Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. **Food Technol.** 32 (7): 62-66, 72.
- Chaijan, M., S. Benjakul, W. Visessanguan and C. Faustman. 2005. Changes of pigments and color in sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) muscle during iced storage. **Food Chem.** 93: 607-617.
- Chamber IV, E. and M.B. Wolf. 1996. **Sensory testing methods.** 2nd eds. Philadelphia: USA. American Society for Testing and Materials. USA.
- Chawla, S.P., V. Venugopal and P.M. Nair. 1996. Gelation of proteins from washed muscle of threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) under mild acidic conditions. **J. Food Sci.** 54 (2): 362-366.

- Claus, J.R., J.W. Colby and G.J. Flick. 1994. Processed meats/Poultry/Seafood, pp. 106-162. *In* Kinsman, D.M., A.W. Kotula and B.C. Breidenstein. **Muscle Foods**. Chapman and Hall. New York.
- Conway, E. J., and A. Byrne. 1936. An absorption apparatus for the micro-determination of certain volatile substances. I. The microdetermination of ammonia. **J. Biochem.** 27: 419-429.
- Cooke, R.D., D.R. Twiddy and P.J.A. Reilly. 1987. Lactic-acid fermentation as a low cost means of food preservation in tropical countries. **FEMS Microbiol.** 46 (3): 369-379.
- Dalgaard, P., L. Gram and H.H. Huss. 1993. Spoilage and shelf life of cod fillets packed in vacuum or modified atmospheres. **Int. J. Food Microbiol.** 19: 283-294
- Debevere, J. and G. Boskou. 1996. Effect of modified atmosphere packaging on the TVB/TMA producing microflora of cod fillets. **Int. J. Food Microbiol.** 31(9): 221-229.
- De Vuyst, L. and E.J. Vandarmme. 1994. Antimicrobial potential of lactic acid bacteria. pp. 91-142. *In* Vuyst, L. De. and E.J. Vandarmme, eds. **Bacteriocin of Lactic Acid Bacteria**. Blackie Academic & Professional, New York.
- El-Shenawy, M.A. and E.H. Marth. 1990. Behavior of *Listeria monocytogenes* in the presence of gluconic acid and during preparation of cottage cheese curd whey gluconic acid. **J. Dairy Sci.** 73: 1429-1438.
- Fan, W., Y. Chai and S. Zhang. 2008. The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice. **Food Chem.** 108: 148-153.
- Foegeding, E.A., T.C. Laneir and H.O. Hultin. 1996. Characteristics of edible muscle tissues, pp. 879-942. *In* Fennema, O.R. **Food Chem.** Marcel Dekker, New York, USA.

- Fraser, O.P., and S. Sumar . 1998. Compositon changes and spoilage fish (part II) microbiological induced deterioration. **Nutr. Food Sci.** 6 (3): 325-329.
- Fretheim, K., B. Efelandsdal, O. Harbitz and K. Samejima. 1985. Slow lowering of pH induces gel formation of myosin. **Food Chem.** 18: 169-178.
- Gimeno, O., I. Astiasaran and J. Bello. 1999. Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on texture and color of dry fermented sausages. **J. Agric. Food Chem.** 47 (3): 873-877.
- Gray, R.J.H., D.G. Hoover, and A.M. Mur. 1983. Attenuation of microbial growth on modified atmosphere-packaged fish. **J. Food. Prot.** 46 (9): 600-613.
- Hagen, B.F., J.L. Berdague, A.L Holck, H. Nase and H. Blom. 1996. Bacterial proteinase reduces maturation time of dry fermented sausages. **J. Food Sci.** 61 (5): 1024-1029.
- Juncher, D., C.S. Vestergaard, J. Søtoft-Jensen, C.J. Weber, G. Bertelsen and L.H. Skibsted. 2000. Effects of chemical hurdles on microbiological and oxidative stability of a cooked cured emulsion type meat product. **Meat Sci.** 55: 483-491.
- Karmas, E. 1972. **Sausage processing: Emulsion ingredients.** Noyes Data Corporation. New Jersey, U.S.A.
- Kimhamanon, T. 1994. Microbial changes during production of fermented fish (Som-fug). Master of Science Thesis in Food Technology. Prince of Songkla University.
- Klettner, P.G., and P.A. Baumgartner. 1980. The technology of raw dry sausage manufacture. **Food Technol.** 32: 380.
- Kotter, L., A. Palitzsch and G. Geiger. 1969. The use of glucono-delta-lactone in the manufacture of sausage product. **Food Sci. Tech.** 1 (3): 78.

- Krylova, V.V., V. Yu Belova and V.K. Merdulova. 1970. The use of glucono-delta-lactone in dry sausage production. **Food Sci. Tech.** 4 (3):321.
- Kyung, H.K., K.S Park and Y.S Kim. 1996. Isolation and characterization of bacteria resistant to the antimicrobial activity of garlic. **J. Food Sci.** 61: 226–229.
- Lakshmanan, P.T. 2000. Fish spoilage and quality assessment. pp. 26-40. In Iyer, T.S.G., M.K. Kandoran, M. Themas and P.T. Mathew, eds. **Quality assurance in seafood processing.** Cochin: Society of Fisheries Technologists. India.
- Liu, Q.X., H. Ueda and S. Hirose. 2000. MBF2 is a tissue and stagespecific coactivator that is regulated at the step of nuclear transport in the silkworm *Bombyx mori*. **Dev. Biol.** 225: 437-446.
- Luck, F.K. 1998. Fermented sausage, pp. 441-483. In Wood, B.J.B. eds. **Microbiology of fermented foods.** Blackie Academic and Professional.
- Mackie, D.P. 1994. Monoclonal antibody technology: Application in veterinary science. **Biotech adv.** 12 (4): 703-710.
- Maijala, R.L., S.H. Eerola, M.A. Aho and J.A Hirn. 1993. The effect of GDL-induced pH decrease on the formation of biogenic amines in meat. **J. Food Prot.** 56: 125–129.
- Manzano-mazorra, M.A., R.P. Aguilar., E.I. Rojas., and M.E. Sanchez. 2000. Postmortem changes in black skipjack muscle during storage in ice. **J. Food. Sci.** 65 (5): 774-779.
- Mathey, R. 1980. Effect of different curing aids on nitrite/nitrate breakdown in raw cured meats. **FSTA.** 12: 237.
- Matulis, R.J., F.K. Mekeith, J.W. Sutherland and B.M. Susan. 1995. Sensory characteristics of frankfurters as affected by fat, salt, and pH. **J. Food Sci.** 60 (1): 42-47.

- McDonald, L.C., R.F. McFeeters, M.A. Daeschel and H.P. Fleming. 1987. A differential medium for the enumeration of homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria. **Appl. Environ. Microbiol.** 53: 1382-1384.
- Mulvihill, D.M. and J.E. Kinsella. 1987. Gelation characteristics of whey proteins and β -lactoglobulin. **Food Technol.** 41: 102-111.
- Nakao, Y., A. Konno, T. Taguchi, T. Tawada, H. Kasai, J. Toda and M. Terasaki. 1991. Curdlan: properties and application foods. **J. Food Sci.** 56: 769-772, 776.
- Ngapo, T.M., B.H.P. Wilknsen and R. Chong. 1996. The unexpected behavior of 1,5 glucono-delta-lactone induced myosin gels upon dialysis. **Food Chem.** 55 (3): 271-279.
- Olesen, P.T. and L.H. Stahnke. 2000. The influence of *Debaryomyces hansenii* and *Candida utilis* on the aroma formation in garlic spiced fermented sausages and model minces. **Meat Sci.** 56: 357-368.
- Østergaard, A., P.K.B. Emberk, J. Yamprayoon, W. Wedell-Neergaard, H.H. Huss and L. Gram. 1998. Fermentation and spoilage of som-fak, a Thai low-salt fish product. **Trop. Sci.** 38: 105-112.
- Owens, J.D. and L.S. Mendozs. 1985. Enzymatically hydrolysed and bacterially fermented fishery products. **J. Food Technol.** 20 (3): 273-279.
- Paludan-Müller, C., H.H. Huss and L. Gram. 1999. Characterization of lactic acid bacteria isolated from Thai low-salt fermented fish product and the role of garlic as substrate for fermentation. **Int. J. Food Micro.** 46: 219-229.
- _____, R. Valyasevi, H.H. Huss and L. Gram. 2002. Genotypic and phenotypic characterization of garlic-fermenting lactic acid bacteria isolated from som-fak, a Thai low-salt fermented fish product. **J. App. Microbiol.** 92: 307-314.

- Perez-Alvarez, J.A., M.E. Sayas-Barbera, J. Fernandez-Lopez and V. Aranda-Catala. 1999. Physicochemical characteristics of Spanish-type dry-cured sausage. **Food Res. Int.** 32(9): 599-607.
- Peterson, B.C., F.C. Parrish and M.H. Stromer. 1988. Effects of salt and pyrophosphate on the physical and chemical properties of beef muscle. **J. Food Sci.** 53 (5):1258-1265.
- Phitakpol, B., W. Varayanond, S. Reungmaneevaitoon and H. Wood. 1995. **The traditional fermented foods of Thailand.** Institute of Food Research and Products Development. Kasetsart University, Bangkok, Thailand.
- Regenstein, J.M. and C.E. Regenstein. 1991. **Introduction to Fish Technology.** New York: Van Nostrand Reinhold.
- Riebroy, S., S. Benjakul and W. Visessanguan. 2008. Properties and acceptability of Som-fug, a Thai fermented fish mince, inoculated with lactic acid bacteria starters. **LWT-Food Sci. Tech.** 41 (4): 569-580.
- _____, K. Kirongrojana and M. Tanaka. 2004. Some characteristics of commercial Som-fug produced in Thailand. **Food Chem.** 88 (4): 527-535.
- _____ and M. Tanaka. 2005. Physical properties and microstructure of commercial Som-fug, a fermented fish sausage. **Eur. Food Res. Technol.** 220: 520-525.
- _____, _____. 2007a. Changes during fermentation and properties of Som-fug produced from different marine fish. **J. Food Process. Pres.** 31: 751-770.
- _____, _____. 2007b. Effect of iced storage of bigeye snapper on chemical composition, properties and acceptability of Som-fug, a Thai fermented fish mince. **Food Chem.** 102: 270-280.

- Riebroy, S., S. Benjakul, W. Visessanguan, M. Tanaka, U. Erikson and T. Rustad. 2007c. Effect of irradiation on properties and storage stability of Som-fug produced from bigeye snapper. **Food Chem.** 103: 274-286.
- Riemann, H., W.H. Lee and C. Genigeorgis. 1972. Control of *Clostridium botulinum* and *Staphylococcus aureus* in semi-preserved meat products. **J. Milk Food Technol.** 35: 514.
- Rocourt, J., C. Jacquet and A. Reilly. 2000. Epidemiology of human listeriosis and seafoods. **J. Food Microbiol.** 62:197-209.
- Ruiz-Capillas, C. and A. Moral. 2005. Sensory and biochemical aspects of quality of whole bigeye tuna (*Thunnus obesus*) during bulk storage in controlled atmospheres. **Food Chem.** 89 (3): 347-354.
- Saisithi, P., C. Wonkhalaung, M. Boonyaratanakornkit, P. Yongmanitchai, P. Chimanage and S. Maleehuan. 1986. **Improvement of Thai traditional fermented fish product: Som-fug.** Institute of Food Research and Product Development. Kasetsart University, Bangkok.
- Sleat, R. and J.P. Robinson. 1984. A Review The bacteriology of anaerobic degradation of aromatic compounds. **J. Applied. Bacteriol.** 57 (2): 381-394.
- Smith, D.M. 1991. Factors influencing heat induced gelation of muscle proteins, pp. 243-256. In Paris, N. and, R. Bradford, eds. **Interactions of Food Proteins.** American Chemical Society: Washington. DC, USA.
- Sotelo, C.G., J.M. Gallardo, C. Pineiro and R. Perez Martin. 1995. Trimethylamine oxide and derived compounds changes during frozen storage of hake (*Merluccius merluccius*). **Food Chem.** 53 (1): 61- 65.

- Stanby, M.E. 1963. Proximate composition of fish. FAO Symp. Fishing News. London.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. **Principle and procedure of statistics**. 2nd eds. McGraw-Hill, New York.
- Totosaus, A., J.G. Montejano, J.A. Salazar and I. Gurrero. 2002. A review of physical and chemical protein-gel induction. **Int. J. Food Sci. Technol.** 37 (6): 589-601.
- Valyasevi, R. and R.J. Roll. 2002. An overview of small-scale food fermentation technologies in developing countries with special reference to Thailand: scope for their improvement. **Int. J. Food Microbiol.** 75: 231-239.
- Varga, C. 1972. Change in the pH of pork as depending on amount of admixtures. **Food Sci. Tech.** 5 (1): 134.
- Venugopal, V. 1997. Functional and potential applications of thermostable water dispersions of fish meat. **Trends Food Sci. Technol.** 8 (8): 271-276.
- _____, A. Kakatker, D.R. Bongirwar, M. Karthikeyan, S. Mathew and B.A. Shamasudar. 2001. Gelation of shark meat under mild acidic conditions: physicochemical and rheological characterization of the gel. **J. Food Sci.** 67 (7): 2681-2686.
- _____, S.N. Doke and P.M. Nair. 1994. Gelation of shark myofibrillar proteins by weak organic acids. **Food Chem.** 50 (2): 185-190.
- Visessanguan, W., M. Ogawa, S. Nakai and H. An. 2000. Physicochemical changes and mechanism of heat-induced gelation of arrowtooth flounder myosin. **J. Agric. Food Chem.** 48 (4): 1016-1023.

Visessanguan, W., M. Ogawa, S. Nakai, H. An, S. Benjakul, S. Riebroy and P. Thepkasikul. 2004. Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham characteristics. **Meat Sci.** 64: 579-588.

Wenderdel, B. 1980. Reduction of residual nitrite and nitrate contents of raw dry sausages. **FSTA.** 12: 205.

Winkowski, K., A.D. Crandall and T.J. Montville. 1993. Inhibition of *Listeria monocytogenes* by *Lactobacillus bavaricus* MN in meat systems at refrigeration temperature. **Appl. Environ. Microbiol.** 59 : 2552-2557.

Wongkhaluang, C. and M. Boonyaratanakonkit. 1986. **Fermented food in Thailand and similar products in ASEAN and elsewhere.** Bangkok: A report for ASEAN-FIRED subsidiary project on food standards.

Xiong, Y.L. 1997. Structure-function relationships of muscle proteins, pp. 341-392. In Damodaran, S. and A. Paraf, eds. **Food proteins and their applications.** Marcel Dekker. New York, USA.

Yasui, T., M. Ishioroshi and K. Samejima. 1980. Heat-induced gelation of myosin in the presence of actin. **J. Food Biochem.** 4: 61-78.

Yin, L.T. and S.T. Jiang. 2001. *Pediococcus pentosaceus* L and S utilization and storage of mackerel sausage. **J. Food Sci.** 6(5): 742-746.





การผลิตส้มผัก

ส่วนผสม

1. เนื้อปลาทรายบด
2. เกลือสินเธาว์
3. กระเทียม
4. ข้าวเจ้าหุงสุก

วิธีการผลิตส้มผัก (Riebroy *et al.*, 2007a; Saisithi *et al.*, 1986)

นวดผสมเนื้อปลาบด (ร้อยละ 82) ประมาณ 1 นาที



เติมเกลือ (ร้อยละ 2) นวดผสมจนเหนียว ประมาณ 2 นาที



เติมกระเทียมบด (ร้อยละ 4) และข้าวเจ้าหุงสุกบด (ร้อยละ 12)



ปั้นผสมจนเข้ากัน ประมาณ 1 นาที



ไล่อากาศ และบรรจุลงเครื่องอัดท่อน



บรรจุในหลอดพลาสติก ขนาด 2 เซนติเมตร



มัดปลายหลอดให้แน่นด้วยยางพลาสติก



บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง



การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

1. Plate Count Agar (PCA)

ประกอบด้วย

Casein enzymic hydrolysate	5.00	กรัม
Yeast extract	2.50	กรัม
Dextrose	1.00	กรัม
Agar	15.00	กรัม

ซั่งอาหารสำเร็จรูป 23.5 กรัม ละลายกับน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนผสมละลาย แล้วทำให้ปราศจากเชื้อด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2. Potato Dextrose Agar (PDA)

ประกอบด้วย

Potato infusion from	200.00	กรัม
Dextrose	20.00	กรัม
Agar	15.00	กรัม

ซั่งอาหารสำเร็จรูป 39.0 กรัม ละลายกับน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ให้ความร้อนเพื่อให้ส่วนผสมละลาย แล้วทำให้ปราศจากเชื้อด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที และวางทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมสารละลาย Tartaric acid ที่ปราศจากเชื้อ 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

3. Man Rogosa Sharpe (MRS)

ประกอบด้วย

Agar	9.00	กรัม
Man Rogosa Sharpe	26.1	กรัม
CaCO ₃	5.00	กรัม

ซึ่งส่วนผสมทั้งหมด ละลายกับน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร แล้วทำให้ปราศจากเชื้อด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที



วิธีวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

1. วิธีการตรวจหาจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (AOAC, 2000)

1.1 ทำการเตรียมตัวอย่าง โดยชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 25 กรัม โดยปราศจากเชื้อ (aseptic technique) เติมน้ำสารละลายเปปโตโนวอเตอร์ ร้อยละ 0.1 ที่ฆ่าเชื้อแล้ว 225 มิลลิลิตร ลงในตัวอย่าง ผสมให้เข้ากัน จะได้สารละลายตัวอย่างที่มีความระดับความเจือจางเท่ากับ 10^{-1} จากนั้นนำไปทำการเจือจางจนได้ระดับความเจือจางที่ต้องการ

1.2 ตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี Spread plate method โดยการเปิดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางที่ต้องการลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ที่ปลอดเชื้อ และแข็งตัวแล้ว จากนั้นใช้แท่งแก้วเกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วผิวน้ำของอาหารเลี้ยงเชื้อ รอจนผิวน้ำแห้ง กลับด้านแล้วนำเข้าบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

1.3 นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ คูณด้วยค่า dilution factor ของระดับความเจือจางที่นับได้ คำนวณผลเป็นจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดต่อหนึ่งกรัม (CFU/g)

2. วิธีการตรวจหาปริมาณแบคทีเรียแลคติก (AOAC, 2000)

2.1 การเตรียมตัวอย่างทำเช่นเดียวกับการหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด

2.2 ตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี Spread plate method โดยการเปิดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางที่ต้องการลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Man Rogosa Sharpe (MRS) ที่ปลอดเชื้อ และแข็งตัวแล้ว จากนั้นใช้แท่งแก้วเกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วผิวน้ำของอาหารเลี้ยงเชื้อ รอจนผิวน้ำแห้ง กลับด้านแล้วนำเข้าบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

2.3 นับจำนวนโคโลนีที่สามารถสร้างบริเวณใส (clear zone) และอาหารเลี้ยงเชื้อรอบโคโลนีเปลี่ยนเป็นสีเหลือง คูณด้วยค่า dilution factor ของระดับความเจือจางที่นับได้ คำนวณผลเป็นจำนวนแบคทีเรียแลคติกต่อหนึ่งกรัม (CFU/g)

3. วิธีการตรวจหาปริมาณยีสต์รา (AOAC, 2000)

3.1 การเตรียมตัวอย่างทำเช่นเดียวกับการหาปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด

3.2 ตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธี Spread plate method โดยการเปิดตัวอย่าง 0.1 มิลลิลิตร ที่ระดับความเจือจางที่ต้องการลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ที่ปลอดเชื้อ และแข็งตัวแล้ว จากนั้นใช้แท่งแก้วเกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ รอจนผิวหน้าแห้ง กลับด้านแล้วนำเข้าบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง

3.3 นับจำนวนโคโลนีในจานเพาะเชื้อ คูณด้วยค่า dilution factor ของระดับความเจือจางที่นับได้ กำหนดผลเป็นจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดต่อหนึ่งกรัม (CFU/g)



วิธีวิเคราะห์ทางเคมี

1. การตรวจวัดค่าพีเอช (Benjakul *et al.*, 1997)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. เครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)
2. เครื่องปั่นผสม (Homogenizer)
3. สารละลายบัฟเฟอร์ค่าพีเอช 4 และ 7

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างส้มฝักที่ผ่านการสับละเอียด ปริมาณ 5 กรัม
2. เติมน้ำกลั่น 45 มิลลิลิตร
3. บั่นผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Homogenizer
4. วัดค่าพีเอชด้วยเครื่องวัดที่ผ่านการปรับมาตรฐานด้วยสารละลายบัฟเฟอร์

2. การตรวจวัดปริมาณกรดทั้งหมด (AOAC, 2000)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. กระดาษกรองสาร
2. ขวดรูปชมพู่
3. ปิเปต
4. หลอดไตเตรท
5. น้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
6. ฟีนอล์ฟธาลีน
7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม บันทึกรับน้ำหนัก
2. เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มแล้ว 40 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยเร็ว
3. กรองลงขวดรูปชมพู่ด้วยกระดาษกรองสาร

4. ปิเปตตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ที่จะไตเตรท หยดสารฟีนอล์ฟธา-
ลีนประมาณ 2-3 หยด
5. ไตเตรตกับสารละลาย 0.1 N NaOH จนเปลี่ยนเป็นสีชมพู (จุดยุติ)

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละปริมาณกรดแลกติก} = \frac{(90.08\text{g/mol}) \times (\text{ปริมาตรของ } 0.1\text{N NaOH ml}) \times (45\text{ ml}) \times (100)}{1000 \times (20\text{ ml}) \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

3. ปริมาณค่าที่ระเหยได้ทั้งหมด (Conway and Byrne, 1936)

อุปกรณ์

1. จานคอนเวย์ (Conway's unit)
2. Volumetric pipette
3. Microburette
4. เครื่องไฮโมจิไนส์
5. กระจกคานกรอง
6. ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร
7. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

สารเคมี

1. Mixed indicator: ละลาย Bromocresol green 0.01 กรัม และ Methyl red 0.02 กรัม
ด้วยเอธานอล 10 มิลลิลิตร
2. Inner ring solution: ละลายกรดบอริก 10 กรัม ในเอธานอล 200 มิลลิลิตร คนให้
ละลาย เติม Mixed indicator (จากข้อ 1) ปรับปริมาตรจนได้ 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น
3. ละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล
4. Saturated K_2CO_3 : ละลาย K_2CO_3 60 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ต้มนาน 10 นาที
ทำให้เย็น กรองด้วยกระจกคานกรอง

การเตรียมตัวอย่าง

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม เติมสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก เข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 8 มิลลิลิตร โฮโมจิไนส์ให้ละเอียด ด้วยความเร็วรอบ 11,000 rpm นาน 2 นาที นำเข้าเครื่อง centrifuge หมุนเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 4000 rpm นาน 15 นาที
2. นำเฉพาะส่วนใสของตัวอย่างมาปรับปริมาตรให้เท่ากับ 10 มิลลิลิตรด้วยสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก เข้มข้นร้อยละ 4

วิธีการ

1. ดูดสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ลงในวงกลมชั้นนอกของจานคอนเวเย่
 2. ดูด Inner ring solution 1 มิลลิลิตร ลงในวงกลมชั้นในของจานคอนเวเย่
 3. ดูดสารละลาย Saturated K_2CO_3 1 มิลลิลิตร ลงในวงกลมชั้นในของจานคอนเวเย่
- ด้านตรงข้ามของสารละลายตัวอย่าง
4. ปิดฝาจานคอนเวเย่ให้สนิท
 5. เอียงหรือหมุนจานคอนเวเย่เบา ๆ ให้ Saturated K_2CO_3 ผสมกับสารละลายตัวอย่าง ระวังก่อให้เกิดการผสมกับ Indicator ที่วงกลมชั้นในเป็นอันขาด
 6. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที
 7. เปิดฝาจานคอนเวเย่ แล้วไตเตรทที่วงกลมชั้นในด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนกระทั่งสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีชมพู จดปริมาตรกรดไว้คำนวณ
 8. ทำ Blank โดยใช้สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 4 จำนวน 10 มิลลิลิตร แทนตัวอย่าง

การคำนวณ

$$TVB \text{ (มิลลิกรัมไนโตรเจน/100กรัมตัวอย่าง)} = \frac{(N)(14)(A-B)(V)(100)}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

- เมื่อ
- N คือ Normality ของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรท
 - A คือ มิลลิลิตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง
 - B คือ มิลลิลิตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ Blank
 - V คือ ปริมาตรรวมของตัวอย่างและสารละลายกรดไฮโดรอะซิติกที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง



วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำหนักร้อยละ (Nakao *et al.*, 1991)

อุปกรณ์

- เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างสัมพัทธ์ทุกหลอดในช่วงแรกของการทำงานและบันทึกผล
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทุก ๆ 12 ชั่วโมงที่ทำการทดลองและบันทึกผลเพื่อหาค่าความแตกต่าง ซึ่งเป็นปริมาณน้ำหนักร้อยละ

2. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำไหล (Nakao *et al.*, 1991)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
2. มีดหรือกรรไกร
3. กระดาษสำหรับซับน้ำ

วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักสัมพัทธ์ทั้งหมด
2. ตัดหลอดออก และชั่งน้ำหนักตัวอย่างเฉพาะเนื้อสัมพัทธ์ที่ทำการซับน้ำที่ไหลจากตัวอย่างสัมพัทธ์
3. ชั่งน้ำหนักหลอดเปล่าที่แยกออกมาจากเนื้อตัวอย่างสัมพัทธ์

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละของปริมาณน้ำไหล} = 100 \times \frac{(\text{นน.สัมพัทธ์ทั้งหมด} - \text{นน.เนื้อสัมพัทธ์}) - \text{นน.หลอดเปล่า}}{\text{นน.สัมพัทธ์ทั้งหมด} - \text{นน.หลอดเปล่า}}$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำจากการบีบอัด (Visessanguan *et al.*, 2004)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)
2. กระดาษกรองสาร
3. เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT2i.) และหัวกดขนาด P/35

วิธีการ

1. เตรียมตัวอย่างสัมผัสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร สูง 2 เซนติเมตร
2. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างสัมผัสก่อนการบีบอัดและบันทึกผล
3. วางตัวอย่างสัมผัสลงบนฐานรองของเครื่องวัดเนื้อสัมผัส โดยรองกระดาษกรองสารทั้งด้านบนและด้านล่างของตัวอย่างสัมผัส
4. เปิดโปรแกรมของเครื่องวัดเนื้อสัมผัสที่ทำการตั้งค่าแรงกดเพื่อทำการบีบอัดตัวอย่างสัมผัสดังกล่าว
5. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างสัมผัสหลังการบีบอัดและบันทึกผล

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละปริมาณน้ำจากการบีบอัด} = 100 \times \frac{[(\text{น้ำหนักก่อนบีบ}-\text{น้ำหนักหลังบีบ})/\text{น้ำหนักก่อนบีบ}]}{\text{ปริมาณความชื้นของตัวอย่างสัมผัส}}$$

4. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2000)

อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อนไฟฟ้า
2. ภาชนะสำหรับหาความชื้น
3. โถดูดความชื้น
4. เครื่องชั่งไฟฟ้า (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

วิธีการ

1. อบภาชนะสำหรับหาความชื้นในตู้อบลมร้อนไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ใส่ใน โถดูดความชื้นจนกระทั่งอุณหภูมิของภาชนะลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วชั่งน้ำหนัก
2. ทำซ้ำข้อ 1 จนได้น้ำหนักคงที่ บันทึกผล (ผลต่างของน้ำหนักที่ชั่งทั้ง 2 ครั้ง ติดต่อกันไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม)
3. ชั่งตัวอย่างสัมพัทธ์ประมาณ 1 กรัม ใส่ในภาชนะหาความชื้นที่ทราบน้ำหนักแล้ว บันทึกผล
4. นำเข้าอบในตู้อบลมร้อนไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 5-6 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบใส่ไว้ในโถดูดความชื้น รอให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักภาชนะพร้อมตัวอย่าง จากนั้นนำเข้าอบซ้ำจนน้ำหนักคงที่

การคำนวณ

$$\text{ร้อยละของความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$



ภาคผนวก จ
แบบทดสอบการยอมรับ

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวฐิติมาพร หนูเนียม
วัน เดือน ปี ที่เกิด	27 มีนาคม 2528
สถานที่เกิด	อำเภอสะเดา จังหวัดสงขลา
ประวัติการศึกษา	วทบ. (คหกรรมศาสตร์ทั่วไป) (เกียรตินิยมอันดับ 2) มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนพัฒนาบุคคลเป็นอาจารย์ โครงการช้างเผือกราชภัฏ มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ทุนจากสำนักวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ (สวพ.มก.)