สำนักหอสมุด

สัญญาเลขที่ AG-AR-045/2552

อภินันทนาการ

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว โดยใช้สารต้านจุลชีพจากกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก

Quality improvement and shelf-life extension of dried striped snake-head fish *(Channa stiata)* using antimicrobial agents: acetic acid, citric acid and lactic acid

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 31 AUG 2011
เลขทะเบียน 1564982
เลขเรียกหนังสือ จ TX
ป4918 ร
2553

คณะผู้วิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปวีนา น้อยทัพ
   คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์
   คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โอรส รักชาติ
   คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สนับสนุนโดยกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว โดยศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ (55 และ 60 องศาเซลเซียส) พบว่า อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีเหมาะสมต่อการผลิต เนื่องจากสามารถลดปริมาณความชื้นและมีค่า a_w ไม่แตกต่างจากอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) จากนั้นทำการศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบ (4, 8, 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง) พบว่า เมื่อระยะเวลาในการอบเพิ่มขึ้น ความชื้นและ a_w มีค่าลดลง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งก่อนทอดและหลังทอด พบว่า การอบที่ 8 ชั่วโมง ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด ($p\leq0.05$) จากนั้นศึกษาความเข้มข้นต่ำสุด (MIC) ของกรดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (*Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli*) พบว่า ความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง *S. aureus* ได้ของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก คือ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3.3, 2.3 และ 2.3 ตามลำดับ และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง *E. coli* ได้คือ ร้อยละ 3.3, 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ จากนั้นศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรด (ร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4) เมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียว พบว่า ความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้มากขึ้น แต่จะได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสน้อยลง โดยความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 2 ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ ($p\leq0.05$) สุดท้ายนำมาศึกษาอายุการเก็บ (32±2 และ 5±2 องศาเซลเซียส) โดยบรรจุในถุงโพลีเอทิลีนสภาวะปกติ พบว่า ที่อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส ปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดเก็บได้ 2 วัน ส่วนปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้ใช้กรดเก็บได้ 1 วัน และที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส พบว่าปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกเก็บได้ 12 วัน 16 วัน และ16 วัน ตามลำดับ ส่วนปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้ใช้กรดเก็บได้เพียง 8 วัน

คำสำคัญ ปลาช่อน ปลาแดดเดียว กรดอะซิติก กรดซิตริก กรดแลคติก

Abstract

This research was aimed to study the effects of acetic acid, citric acid and lactic acids on the quality and shelf-life of dried striped snake-head fish. The suitable drying temperature (55 and 60 ^{o}C) was investigated. It was found that drying at 55 ^{o}C was appropriated because it could reduce the moisture content and a_w had not significantly different ($p>0.05$) from that of 60 ^{o}C. The appropriate drying time (4, 8, 12, 16, 20 and 24 h) was further analyzed. It was showed that as the drying time increased the moisture content and a_w decreased. The sensory evaluation of before and after frying showed that the sample that dried for 8 h had the highest liking score ($p\leq0.05$). The minimum inhibition concentration (MIC) of acids to inhibit microorganism growth (*Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*) was studied and revealed that the MIC of acetic, citric and lactic acids that could inhibit *S. aureus* was 3.3, 2.3 and 2.3%, respectively, and for *E. coli* was 3.3, 2.2 and 2.3%, accordingly. The suitable concentration of acids (0, 1, 2, 3 and 4%) was determined. It was showed that as the concentration of acids increased, the inhibition of microorganism was also increased. However, the sensory score was decreased. The appropriate concentration of acetic, citric and lactic acids was found to be 2% which provided the best inhibition of microorganism growth while the chemical, physical and sensory qualities of the product were still accepted ($p\leq0.05$). The product was also studied for the shelf-life (32 ± 2 and 5 ± 2 ^{o}C) by packing in the polyethylene plastic bag at air condition. It was found that at 32 ± 2 ^{o}C, the dried striped snake-head fish with acids could be kept for 2 days while those without acids could be kept only for 1 day and at 5 ± 2 ^{o}C, the dried striped snake-head fish with acetic, citric and lactic acids could be kept for 12, 16, and 16 days, respectively whereas those without acids could be kept for 8 days.

Keywords striped snake-head fish, dried fish, acetic acid, citric acid, lactic acid

บทสรุปผู้บริหาร

ชื่อโครงการ การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวโดยใช้สารต้านจุลชีพจากกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก

Quality Improvement and Shelf-life Extension of Dried Striped Snake-head Fish *(Channa stiata)* using Antimicrobial Agents: Acetic Acid, Citric Acid and Lactic Acid.

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ธันวาคม 2551 – 30 พฤศจิกายน 2553

ความเป็นมาของปัญหา

จากข้อมูลโจทย์วิจัยเชิงพื้นที่ (ABCRD) ปี 2552 แสดงให้เห็นว่าทิศทางการพัฒนาของจังหวัดพิษณุโลกให้ความสำคัญกับอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรมาเป็นอันดับหนึ่ง โดยมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดพิษณุโลกในปี 2553 สาขาประมงมีมูลค่าการผลิต 13.76 ล้านบาท (ศูนย์ปฏิบัติการจังหวัดพิษณุโลก, 2553) แต่ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแปรรูปส่วนใหญ่เป็นการแปรรูปเบื้องต้นตามภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งผู้ประกอบการมีความต้องการที่จะพัฒนากระบวนการผลิตปลาช่อนแดดเดียวให้มีคุณภาพและมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีอายุการวางจำหน่ายเพียง 1 วันที่อุณหภูมิห้อง ก็เริ่มเกิดกลิ่นไม่เป็นที่ยอมรับทำให้ไม่สามารถขยายตลาดการจำหน่ายได้ จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ในปัจจุบันมีผู้ผลิตนำสารฆ่าแมลงและสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเข้ามาช่วยในการยืดอายุการเก็บมากขึ้น

โครงการวิจัยนี้เล็งเห็นถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยนำกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นกรดที่มีอยู่ในธรรมชาติและมีความปลอดภัย (Generally Recognized as Safe) ตามที่คณะกรรมการอาหารและยากำหนด มาใช้ปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิต การบรรจุ และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบปลาช่อนแดดเดียว
2. ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์
3. ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก เมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียว

4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (5±2 องศาเซลเซียส)

ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบปลาช่อนแดดเดียว

จากการทดลองอบปลาช่อนแดดเดียวที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส เพื่อลดปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำในอาหาร (a_w) พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ คือ 55 องศาเซลเซียส และเวลาที่เหมาะสมในการอบ คือ 8 ชั่วโมง เนื่องจากมีค่าความชื้น และค่า a_w ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีคะแนนความชอบสูงสุดในทุก ๆ ลักษณะการทดสอบ

ตอนที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

จากการทดสอบผลของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้ง *S. aureus* และ *E. coli* พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง *S. aureus* ได้ของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก คือ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3.3, 2.3 และ 2.3 ตามลำดับ และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง *E. coli* ได้ของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก คือ ร้อยละ 3.3, 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกเมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียว

จากการศึกษาความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกที่เหมาะสมเมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียว พบว่า กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน :ปลาแดดเดียว (มผช.298/2549) และได้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุดในทุก ๆ ลักษณะการทดสอบ

ตอนที่ 4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีอายุการเก็บรักษา 1 วัน ตัวอย่างที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก มีอายุการเก็บรักษา 2 วัน ส่วนปลาช่อนแดดเดียวที่เก็บ

รักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีอายุการเก็บรักษา 8 วัน ตัวอย่างที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก มีอายุการเก็บรักษา 12, 16 และ 16 วัน ตามลำดับ โดยตัวอย่างยังมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (มผช.298/2549) และยังคงได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ

ผลลัพธ์ของโครงการ

1. ได้สูตรมาตรฐาน อุณหภูมิและเวลาการอบที่เหมาะสมในการผลิตปลาช่อนแดดเดียว
2. ทราบความเข้มข้นต่ำสุดของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และ *E. coli* และความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดทั้ง 3 ชนิด เมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียว
3. ทราบผลของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น
4. ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยี "การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวโดยใช้สารต้านจุลชีพจากกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก" ให้กับกลุ่มแปรรูปเนื้อสัตว์บ้านดงไทย ณ องค์การบริหารส่วนตำบลนาทุ่ง อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ในวันที่ 6 พฤษภาคม 2553 มีผู้เข้ารับการอบรม จำนวน 26 คน
5. นำเสนอในการประชุมวิชาการ ภาคบรรยาย: ปวีนา น้อยทัพ ณัฏฐา หะทะยัง เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และโอรส รักชาติ. 2553. การประยุกต์ใช้กรดแลกติกเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในปลาช่อนแดดเดียว. การประชุมวิชาการ งานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 8 วันที่ 30 – 31 กรกฎาคม 2553 ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาซ่อนแดดเดียว โดยใช้สารต้านจุลชีพจากกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2552 งานวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดี ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทดลองตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัย

คณะผู้วิจัย

26 พฤศจิกายน 2553

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ความเป็นมาของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์งานวิจัย	2
	ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	2
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
	ปลาช่อน (striped snake-head fish)	3
	ปลาแดดเดียว	4
	การหมักเกลือ (curing)	5
	การทำแห้ง (drying)	5
	การเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร	9
	วัตถุกันเสีย	13
	กรด (acid)	15
	ผลของกรดอินทรีย์ในการต้านการเจริญของจุลินทรีย์	16
	กรดอะซิติก (acetic acid)	17
	กรดซิตริก (citric acid)	21
	กรดแลคติก (lactic acid)	22
	บรรจุภัณฑ์อาหาร	24
	การเก็บรักษาอาหารกึ่งแห้ง	27
3	วิธีดำเนินการวิจัย	29
	วัตถุดิบที่ใช้ในการทำวิจัย	29
	สารเคมีที่ใช้ในการทำวิจัย	29
	อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการทำวิจัย	30
	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย	30
	ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย	31

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ตอนที่ 1 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบปลาช่อนแดดเดียว.....	32
	ตอนที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์.....	32
	ตอนที่ 3 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกเมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียว.....	33
	ตอนที่ 4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก.....	34
4	ผลการทดลอง.....	35
	ตอนที่ 1 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบปลาช่อนแดดเดียว.....	35
	ตอนที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์.....	37
	ตอนที่ 3 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกเมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียว.....	39
	ตอนที่ 4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก.....	48
5	บทสรุป.....	73
	สรุปผลการวิจัย.....	73
	ข้อเสนอแนะ.....	74
บรรณานุกรม		75
ภาคผนวก		82

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 คุณค่าทางโภชนาการของปลาน้ำจืด..... 4
2 ค่า a_w ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้..... 11
3 ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์..... 12
4 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวอบที่ 55 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน (ก่อนทอด)..... 36
5 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวอบที่ 55 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน (หลังทอด)..... 37
6 ค่า L* a* b* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นต่าง ๆ..... 40
7 ค่า L* a* b* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่าง ๆ..... 41
8 ค่า L* a* b* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดแลคติกความเข้มข้นต่าง ๆ..... 41
9 สมบัติทางเคมีและกายภาพของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นต่าง ๆ..... 42
10 สมบัติทางเคมีและกายภาพของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่าง ๆ..... 42
11 สมบัติทางเคมีและกายภาพของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดแลคติกความเข้มข้นต่าง ๆ..... 43
12 ปริมาณจุลินทรีย์ของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นต่างๆ..... 44
13 ปริมาณจุลินทรีย์ของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่าง ๆ..... 44
14 ปริมาณจุลินทรีย์ของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดแลคติกความเข้มข้นต่าง ๆ..... 44
15 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นต่าง ๆ (ก่อนทอด)..... 45
16 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่าง ๆ (ก่อนทอด)..... 46
17 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดแลคติกความเข้มข้นต่าง ๆ (ก่อนทอด)..... 46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

18 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นต่าง ๆ (หลังทอด)..... 47

19 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่าง ๆ (หลังทอด)..... 47

20 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดแลคติกความเข้มข้นต่าง ๆ (หลังทอด)..... 48

21 ปริมาณ *E. coli* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง..... 60

22 ปริมาณ *E. coli* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น... 60

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

1 ปริมาณความชื้นของปลาซ่อนแดดเดียวอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน 35
2 ค่า a_w ของปลาซ่อนแดดเดียวอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน..... 36
3 ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่มีผลต่อปริมาณ *S. aureus* โดยการนับจำนวนเชื้อ..... 38
4 ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่มีผลต่อปริมาณ *S. aureus* โดยการวัดค่าความขุ่น..... 38
5 ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่มีผลต่อปริมาณ *E. coli* โดยการนับจำนวนเชื้อ..... 39
6 ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่มีผลต่อปริมาณ *E. coli* โดยการวัดค่าความขุ่น..... 39
7 ค่า L* ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง..... 49
8 ค่า L* ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น..... 50
9 ค่า a* ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง..... 50
10 ค่า a* ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น..... 51
11 ค่า b* ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 51
12 ค่า b* ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น..... 52
13 ปริมาณความชื้นของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.... 53
14 ปริมาณความชื้นของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น... 53
15 ค่าความเป็นกรด-ด่างของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง..... 54
16 ค่าความเป็นกรด-ด่างของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น..... 54
17 ค่า TBA ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง..... 55

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
18	ค่า TBA ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น.....	55
19	ค่า PV ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....	56
20	ค่า PV ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น.....	57
21	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.....	58
22	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น.....	58
23	ปริมาณ *S. aureus* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	59
24	ปริมาณ *S. aureus* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น.....	59
25	ปริมาณยีสต์และราของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง.	61
26	ปริมาณยีสต์และราของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น.....	61
27	คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสีของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ก่อนทอด).....	62
28	คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสีของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ก่อนทอด).....	63
29	คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ก่อนทอด).....	64
30	คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ก่อนทอด).....	64
31	คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ก่อนทอด).....	65
32	คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ก่อนทอด).....	66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

33 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ก่อนทอด)..... 66

34 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านชอบรวมของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ก่อนทอด)..... 67

35 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (หลังทอด)..... 68

36 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (หลังทอด)..... 68

37 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (หลังทอด)..... 69

38 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (หลังทอด)..... 69

39 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (หลังทอด)..... 70

40 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (หลังทอด)..... 70

41 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (หลังทอด)..... 71

42 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (หลังทอด)..... 71

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ปลาช่อน (Striped-snake-head fish) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปี 2551 มีการผลิตปลาน้ำจืดทั้งหมด 485,060 ตัน โดยมีการผลิตปลาช่อนเป็นอันดับต้น ๆ ในปริมาณ 8,269 ตัน แบ่งเป็นการส่งออกและบริโภคภายในประเทศ ปริมาณ 303 และ 7,966 ตัน คิดเป็นมูลค่า 22 และ 597 ล้านบาท ตามลำดับ ซึ่งมีการบริโภคปลาช่อนสด คิดเป็นร้อยละ 79.0 และการบริโภคปลาช่อนแบบทำเค็มตากแห้ง คิดเป็นร้อยละ 11.7 (กรมประมง, 2551) จากปริมาณการเพาะเลี้ยงปลาช่อนที่เพิ่มขึ้น จึงได้มีการนำปลาช่อนมาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น ปลาช่อนแดดเดียวเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตไม่ยุ่งยาก และเป็นที่นิยมบริโภคเนื่องจากราคาไม่แพง ซึ่งในการแปรรูปนั้นทำได้โดยหมักปลาช่อนกับเกลือและน้ำตาล แล้วนำไปตากแดดหรืออบให้แห้ง แต่เนื่องจากผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมเนื้อปลาที่มีรสไม่เค็มและไม่แห้งมากนัก กระบวนการผลิตจึงเป็นการดึงน้ำออกบางส่วน ผลิตภัณฑ์ยังคงมีความชื้นสูง จึงเกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย เนื่องจากจุลินทรีย์มีโอกาสเจริญเติบโตได้ดี ในขั้นตอนการตากแห้งโดยการตากแดดอาจเกิดการเสื่อมเสียได้จากหนอนและแมลงวัน และในการจำหน่ายผู้ผลิตไม่มีการบรรจุภาชนะที่เหมาะสมเพื่อป้องกันสิ่งสกปรก จึงเป็นสาเหตุให้ปลาช่อนแดดเดียวเสื่อมเสียในเวลาอันรวดเร็ว จากสาเหตุดังกล่าว ทำให้ในปัจจุบันมีผู้ผลิตนำสารฆ่าแมลงและสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเข้ามาช่วยในการยืดอายุการเก็บมากขึ้น (คณะกรรมการอาหารและยา, 2549)

จากข้อมูลโจทย์วิจัยเชิงพื้นที่ (ABCRD) ปี 2552 แสดงให้เห็นว่าทิศทางการพัฒนาของจังหวัดพิษณุโลกให้ความสำคัญกับอุตสาหกรรมแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรมาเป็นอันดับหนึ่ง โดยมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดพิษณุโลกในปี 2553 สาขาประมงมีมูลค่าการผลิต 13.76 ล้านบาท (ศูนย์ปฏิบัติการจังหวัดพิษณุโลก, 2553) แต่ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำแปรรูปส่วนใหญ่เป็นการแปรรูปเบื้องต้นตามภูมิปัญญาท้องถิ่น ซึ่งผู้ประกอบการมีความต้องการที่จะพัฒนากระบวนการผลิตให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีอายุการวางจำหน่ายเพียง 1 วันที่อุณหภูมิห้อง ก็เริ่มเกิดกลิ่นไม่เป็นที่ยอมรับทำให้ไม่สามารถขยายตลาดการจำหน่ายได้

โครงการวิจัยนี้เล็งเห็นถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยนำกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นกรดที่มีอยู่ในธรรมชาติและมีความปลอดภัย (Generally Recognized as Safe) ตามที่คณะกรรมการอาหารและยากำหนด มาใช้ปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว เพื่อใช้เป็นแนวทางในการผลิต การบรรจุ และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ อีกทั้งข้อมูลหรือผลที่ได้จากงานวิจัยสามารถเป็นต้นแบบของการผลิตปลาช่อนแดดเดียวให้กับกลุ่มผู้สนใจในเขตพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศ รวมถึงการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ปลาแดดเดียวหรือปลาแห้งชนิดอื่นได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบปลาช่อนแดดเดียว
2. ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์
3. ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก เมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียว
4. ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (5±2 องศาเซลเซียส)

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ทราบอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบปลาช่อนแดดเดียว
2. ทราบความเข้มข้นต่ำสุดของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์
3. ทราบความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการแช่ปลาช่อนแดดเดียว
4. สามารถยืดอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวได้นานยิ่งขึ้นโดยการใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก โดยผู้บริโภคยังคงให้การยอมรับผลิตภัณฑ์หลังการใช้กรดทั้งสามชนิด
5. เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตปลาช่อนแดดเดียวที่เหมาะสม และเป็นแนวทางในการผลิตเป็นอุตสาหกรรมขนาดย่อม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปลาช่อน (striped snake-head fish)

ปลาช่อนพบทั่วไปในแถบประเทศอินเดีย ศรีลังกา พม่า จีน ไทย ลาว เวียดนาม กัมพูชา และอินโดนีเซีย เรียกกันทั่วไปว่า striped snake-head fish, serpent headed fish หรือ murrel มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Ophicephalus striatus* (ศักดิ์ชัย ชูโชติ, 2536, หน้า 64) มีลักษณะลำตัวค่อนข้างกลมยาว ส่วนท้องแบน ความยาวของลำตัวเป็น 5-6 เท่าของความสูง ส่วนหัวแบนลง ขอบส่วนหลังค่อนข้างโค้งดูคล้ายงู ปากกว้าง มุมปากลึก และยื่นเลยจากตา ขากรรไกรยืดหดได้ ฟันที่ขากรรไกรบนและล่างเล็กมาก ติดกันเป็นแผ่นและแหลมคม มีฟันที่เพดานส่วนหน้าและเพดานส่วนใน ตาโต ส่วนบนและข้างของหัวมีเกล็ดปกคลุม มีเกล็ดตามแนวเส้นข้างตัว 50-58 เกล็ด ส่วนหลังมีสีเขียวอ่อนหรือน้ำตาลอ่อนจนเกือบดำ ส่วนท้องมีสีเขียว สีครีม หรือสีน้ำตาล ส่วนบนเป็นริ้ว ๆ และแต้มสีคล้ำ ๆ อยู่เฉียงกับลำตัว ในประเทศไทยปลาช่อนอาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำจืดธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง คู และนาข้าว (นฤมล อัศวเกศมณี, 2549, หน้า 131) และยังเป็นปลาที่มีรสชาติ และมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี (นันทิยา ยอดดำเนิน และสุรีรัตน์ บุญพันธ์, 2548)

ตาราง 1 คุณค่าทางโภชนาการของปลาน้ำจืด

ชนิดปลา	พลังงาน (กิโลแคลอรี)	โปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	ใยอาหาร (กรัม)
ปลากระบอก	98	20.5	1.6	0.3	-
ปลากราย	84	17.5	1.6	0.0	-
ปลาช่อน	122	20.5	3.8	1.4	-
ปลาดุก	114	23	2.4	0.0	-
ปลาตะเพียน	111	20.4	3.2	0.1	-
ปลาเนื้ออ่อน	80	17.3	1.1	0.1	-
ปลาบึก	71	16.2	0.5	0.3	-
ปลาสลิด	76	17.2	0.8	0.0	-
ปลาสวาย	256	15.5	2.5	0.1	-
ปลาสำลี	164	18.2	10.1	0.0	-
ปลาหมอ	133	17.2	7.1	0.1	-
ปลาไหล	87	18.9	1.2	0.1	-

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย (2553)

ปลาแดดเดียว

ปลาแดดเดียว หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำปลาสดทั้งตัว หรือที่ได้ตัดแต่งแล้ว เช่น ปลาช่อน ปลาสำลี ปลาสลิด เป็นต้น มาล้างให้สะอาด อาจปรุงรสด้วยเครื่องปรุงรส เครื่องเทศ หรือสมุนไพร เช่น น้ำตาล น้ำปลา เกลือ ซีอิ๊วขาว กระเทียม รากผักชี พริกไทย ผงพะโล้ หมักให้เข้ากัน นำไปทำให้แห้งพอหมาด โดยใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ หรือแหล่งพลังงานอื่น ก่อนบริโภคต้องนำไปปรุงสุกก่อน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2549)

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน : ปลาแดดเดียว (มผช.298/2549) กำหนดลักษณะของปลาแดดเดียวไว้ดังนี้

1. a_w ต้องไม่เกิน 0.85
2. *Staphylococcus aureus* ต้องน้อยกว่า 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
3. *Escherichia coli* ต้องน้อยกว่า 50 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม
4. ยีสต์และรา ต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม
5. สีต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติของปลาแดดเดียว

6. กลิ่นรสต้องมีกลิ่นรสที่ดีตามธรรมชาติของปลาช่อนแดดเดียว
7. ลักษณะเนื้อสัมผัสต้องแน่น ไม่แข็งกระด้าง หรือนิ่มเละ

การหมักเกลือ (curing)

เกลือที่ใช้โดยมากใช้เกลือแกงธรรมดา ถ้าปริมาณเกลืออยู่ระหว่างร้อยละ 5-8 จะสามารถป้องกันหรือยับยั้งและลดการกระทำของแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ (พันทวี ฤกษ์สำราญ, 2545, หน้า 81) ในระหว่างกระบวนการเกลือจะแทรกซึมเข้าไปในเนื้อสัตว์ ในขณะที่น้ำบางส่วนในเนื้อจะไหลซึมออกมาเนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะที่แตกต่างกันของสารละลายเกลือและน้ำที่อยู่ในเนื้อ (meat juice) การปล่อยให้เนื้อหมักอยู่กับเกลือเป็นเวลานาน ทำให้ความชื้นของชิ้นเนื้อลดลงและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรสเค็ม (เยาวลักษณ์ สุพันธพิศิษฐ์, 2536, หน้า 60-61)

การใช้น้ำตาลร่วมกับเกลือโดยใช้น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลเม็ด น้ำตาลผง หรือกากน้ำตาล ซึ่งมีผลเสริมกับการใช้เกลือ ทำให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้นและช่วยปรับปรุงสีของเนื้อที่หมักได้ คุณสมบัติของน้ำตาลกับเกลือคล้ายกันในแง่ที่เพิ่มกลิ่นรสของเนื้อหมัก และมีคุณสมบัติป้องกันการเน่าเสีย สูตรที่ใช้หมักเนื้อแต่ละสูตรมีคุณภาพที่แตกต่างกันไป เนื่องจากปริมาณของเกลือและน้ำตาลที่มีอยู่ในสูตรซึ่งแต่ละตัวมีผลป้องกันการเน่าเสีย เมื่อใช้ในปริมาณที่มากเพียงพอและอัตราส่วนของเกลือที่ใช้มากจะมีประสิทธิภาพที่สุด

การหมักเกลือเพื่อถนอมรักษาเนื้อสัตว์สามารถทำได้ 2 วิธี (เยาวลักษณ์ สุพันธพิศิษฐ์, 2536, หน้า 60-61) คือ

1. dry salt cure เป็นการใช้เกลือเพียงอย่างเดียวในการหมักเนื้อสัตว์ โดยใช้เกลือป่นโรยบนชิ้นเนื้อให้ทั่ว
2. dry sugar cure มีการใช้น้ำตาลร่วมไปกับการใช้เกลือเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีรสชาติที่ดีขึ้น

การทำแห้ง (drying)

การทำแห้งหรือการกำจัดน้ำออก (dehydration) หมายถึงการใช้ความร้อนภายใต้สภาวะควบคุมเพื่อกำจัดน้ำส่วนใหญ่ที่อยู่ในอาหาร โดยการระเหยน้ำหรือการระเหิดของแข็งในการอบแห้งแบบระเหิด (freeze drying) วัตถุประสงค์ของการกำจัดน้ำออกคือการยืดอายุการเก็บรักษาอาหารโดยการลดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (water activity : a_w) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และการทำงานของเอนไซม์ โดยทั่วไปอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ในระหว่างกระบวนการหมักจะไม่สูงพอที่จะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ นอกจากนั้นการลดน้ำหนักและปริมาณของ

อาหารยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาและขนส่ง เพิ่มความหลากหลาย และความสะดวกให้กับผู้บริโภค (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 273)

ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

ชมภู่ ยิ้มโต (2550) ได้กล่าวว่าในการทำแห้งอาหารทั่ว ๆ ไปมีปัจจัยหลายประการที่จะทำให้การอบแห้งเกิดขึ้นได้เร็วหรือช้า พอสรุปดังนี้

1. ลักษณะธรรมชาติของอาหาร อาหารที่มีลักษณะเป็นรูพรุนมาก ๆ จะมีอัตราการอบแห้งเร็ว นอกจากนั้นพื้นที่ผิวของอาหารก็จะมีผลต่ออัตราการอบแห้งมาก อาหารที่มีพื้นที่ผิวมาก ๆ การอบแห้งจะทำได้เร็วขึ้น

2. ขนาดและรูปร่างของอาหารมีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก ขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งเร็วกว่า ความหนาของอาหารยิ่งหนามากการอบแห้งก็ใช้เวลานาน นอกจากนั้นต้องคำนึงถึงพื้นผิวที่สัมผัสกับอากาศที่เคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปด้วย

3. ตำแหน่งของอาหารบนเตา อัตราการอบแห้งภายในตู้อบเกิดไม่สม่ำเสมอขึ้นกับชนิดและประสิทธิภาพ ทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อน อาหารที่สัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดี

4. ปริมาณอาหารต่อพื้นที่ ปริมาณอาหารในถาดมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับลมร้อน การอบแห้งอาหารโดยใส่อาหารเข้าไปในตู้อบครั้งละมากๆ ทำให้การอบแห้งไม่ทั่วถึงโดยเฉพาะช่วงกลาง ๆ อาหารจะซ้อนทับกัน น้ำระเหยออกได้ไม่ดี อาหารจะสัมผัสกับอากาศร้อนไม่ทั่วถึง ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนได้จึงทำให้แห้งช้า ความแตกต่างระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ของลมร้อนกับอาหารมีผลต่อแรงขับดันความชื้นออกจากอาหาร ในการอบแห้งลมร้อนยิ่งมีความชื้นต่ำอัตราการอบแห้งยิ่งสูง แต่ถ้าลมร้อนมีความชื้นเข้าใกล้จุดอิ่มตัว (น้ำเยอะ) จะรับไอน้ำได้น้อยอัตราการอบแห้งจะต่ำ ความชื้นของอากาศจะเป็นตัวกำหนดว่าจะสามารถลดความชื้นของอาหารในกระบวนการอบแห้งให้ต่ำลง อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มากจะรับไอน้ำเพิ่มได้น้อย

5. อุณหภูมิของอากาศ ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของลมร้อนเท่ากับลดค่าความชื้นสัมพัทธ์เป็นการเพิ่มความสามารถในการได้รับไอน้ำ เพิ่มแรงขับดันน้ำหรือความชื้นออกจากผิวของอาหารถ้าใช้อุณหภูมิสูงในการอบแห้งโมเลกุลของน้ำจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น อัตราการอบแห้งจะสูงขึ้น

6. ความเร็วของลมร้อน ในการอบแห้งลมร้อนทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารพาความชื้นออกไป ถ้าใช้ความเร็วสูงก็จะพาไอน้ำออกจากผิวหน้าของอาหารสู่ภายนอกได้เร็วขึ้น และยังช่วยป้องกันการเกิดสภาวะอิ่มตัวในบรรยากาศเหนือผิวอาหาร ช่วยลดเวลาในช่วงการอบแห้ง

วิธีการทำแห้ง

การทำแห้งด้วยแสงแดด (sun drying) เป็นวิธีเก่าแก่ที่ใช้กันมาแต่โบราณโดยการนำเนื้อสัตว์ที่ล่าได้นำมาหั่นเป็นชิ้นบาง ๆ แล้วล้างด้วยน้ำทะเล หรือคลุกกับเกลือและนำไปตากให้แห้งโดยใช้แสงแดดวิธีการนี้ประหยัดพลังงานความร้อนแต่เนื้อตากแห้งที่ได้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สูง ถ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความชื้นสูงเมื่อเก็บไว้นานวันอาจเสียได้ง่าย

การทำแห้งด้วยความร้อน (hot air drying) วิธีการนี้ปรับปรุงโดยใช้อุปกรณ์เข้าช่วยเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์จำนวนมากแห้งตามต้องการ และมีความชื้นสม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์ที่ตากแห้งโดยวิธีนี้สะอาด และลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการตากแดด (เยาวลักษณ์ สุพันธพิศิษฐ์, 2536, หน้า 56-57)

การทำแห้งโดยการใช้อากาศหรือลมร้อน

กลไกลการทำแห้ง

เมื่ออากาศหรือลมร้อนพัดผ่านผิวหน้าของอาหารที่เปียก ความร้อนจะถูกถ่ายเทไปยังผิวของอาหารและน้ำในอาหารจะระเหยออกมาด้วยความร้อนแฝงของการเกิดไอ ไอน้ำจะแพร่ผ่านฟิล์มอากาศและถูกพัดพาไปโดยลมร้อนที่เคลื่อนที่ (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 276) ทำให้บริเวณผิวหน้าของอาหารมีความดันไอของไอน้ำลดลง เกิดความแตกต่างของความดันไอของน้ำระหว่างอากาศภายนอกกับความชื้นภายในอาหาร จึงเป็นแรงขับน้ำออกจากภายในและเคลื่อนย้ายออกมาที่ผิวนอกของอาหารได้ด้วยกลไก ดังนี้ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544, หน้า 89)

1. เคลื่อนที่โดย capillary force
2. เคลื่อนที่โดยการแพร่กระจายของน้ำ เนื่องจากตัวถูกละลายมีความเข้มข้นแตกต่างกันที่บริเวณต่างๆ กันในอาหาร
3. น้ำจะถูกดูดซับด้วยชั้นของตัวถูกละลายออกมาอยู่ที่ผิวนอกของอาหาร
4. ไอน้ำที่ระเหยออกไปในอากาศจะทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอ

เครื่องอบแห้ง

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีการบุฉนวนไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนและทำให้สามารถนำอากาศมาหมุนเวียนใช้ใหม่เพื่อประหยัดพลังงาน มีการออกแบบเครื่องมือที่สามารถประหยัดพลังงานหลายแบบเพื่อนำความร้อนจากอากาศที่ใช้แล้วมาใช้ใหม่หรือมีการควบคุมความชื้นของอากาศโดยอัตโนมัติ (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 278)

เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer)

เครื่องอบแห้งแบบถาดประกอบด้วยถาดเตี้ย ๆ ที่มีช่องตาข่ายอยู่ด้านล่าง และบุเครื่องด้วยฉนวนในแต่ละถาดจะบรรจุอาหารชิ้นบาง ๆ ขนาด 2-6 เซนติเมตร อากาศร้อนจะไหลหมุนเวียนอยู่ในตู้มีระบบท่อหรือแบฟเฟิล เพื่อนำลมร้อนขึ้นไปด้านบนผ่านแต่ละถาดเพื่อให้ลมร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอ อาจมีการติดตั้งเครื่องทำความร้อนด้านบนหรือด้านข้างของถาดเพื่อเพิ่มอัตราการทำแห้ง (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 280)

ผลของการอบแห้งต่ออาหาร

1. **ลักษณะเนื้อสัมผัส**

การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารในการทำแห้งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพ อุณหภูมิ และอัตราการทำแห้ง มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมาก โดยทั่วไปการทำแห้งอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูง จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการทำแห้งที่อุณหภูมิ และอัตราการทำแห้งที่ต่ำกว่า ตัวถูกละลายจะเคลื่อนที่จากด้านในไปยังผิวอาหารในระหว่างที่น้ำถูกกำจัดออกในขั้นตอนการทำแห้ง (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 292-294) ซึ่งในการอบแห้งเนื้อสัตว์เนื้อเยื่อ จะเกิดการจับตัวรวมกัน (aggregation) และโปรตีนเสียสภาพธรรมชาติ มีการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำและกล้ามเนื้อเหนียวขึ้น (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544, หน้า 91) การใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้อาหารโดยเฉพาะ ผลไม้ ปลา และเนื้อ เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และทางกายภาพอย่างซับซ้อนที่ผิวหน้าของอาหาร และทำให้ผิวแห้งแข็งที่เรียกว่าการเกิดผิวแห้งแข็ง (case hardening) ซึ่งจะลดอัตราการทำแห้งและทำให้อาหารมีผิวหน้าแห้งแต่ภายในชื้น การควบคุมสภาวะการอบแห้งเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นด้านในและผิวอาหารจะช่วยลดเหตุการณ์ดังกล่าวได้ (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 292-294)

2. **กลิ่นและรส**

ความร้อนนอกจากจะทำให้น้ำระเหยออกแล้วยังทำให้สารหอมระเหยบางชนิดสูญเสียไป ปริมาณการสูญเสียของสารหอมระเหยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความเข้มข้นของของแข็งในอาหาร ความดันไอ และความสามารถในการละลายในไอน้ำของสารหอมระเหย การควบคุมสภาวะการทำแห้งในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดการสูญเสียให้น้อยที่สุด (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 295)

3. **สี**

การทำแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนสีผิวของอาหาร และเปลี่ยนการสะท้อนแสงของสีมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารแคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งเกิดเนื่องจากความร้อนและการออกซิเดชันระหว่างการอบแห้ง ยิ่งการอบแห้งใช้เวลานานและอุณหภูมิสูงยิ่งเกิดได้ง่าย และอาจ

เกิด browning reaction ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลนั้นขึ้นอยู่กับค่า a_w และอุณหภูมิที่ใช้ในระหว่างการอบ (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2544, หน้า 93)

การเสื่อมเสียคุณภาพของอาหาร

การเสื่อมเสียคุณภาพ หมายถึง การที่อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณลักษณะคุณภาพซึ่งรวมถึงสี กลิ่นรส รูปร่าง ลักษณะเนื้อสัมผัสของหาร คุณค่าทางอาหาร ตลอดถึงความปลอดภัยในการบริโภค (กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริการ, 2548, หน้า 83)

ชมภู่ ยิ้มโต (2550) กล่าวว่า อาหารแต่ละอย่างเกิดการเน่าเสียได้เร็ว หรือช้าต่างกัน ถ้าแบ่งอาหารตามความยากง่ายของการเน่าเสียสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทคือ

1. อาหารประเภทเน่าเสียยาก คือ อาหารที่มีความคงตัวดี มีปริมาณน้ำหรือความชื้นน้อยมากสามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลานาน เช่น ธัญพืช ถั่วเมล็ดแห้ง น้ำตาลและแป้ง
2. อาหารประเภทเน่าเสียเร็วปานกลาง คือ อาหารที่ปริมาณน้ำค่อนข้างมาก เช่น ผักและผลไม้ที่แก่เต็มที่ ถึงแม้อาหารเหล่านี้จะมีปริมาณความชื้นมาก แต่มีเนื้อเยื่อเกาะเกี่ยวยึดติดกันแน่น ซึ่งอาหารส่วนใหญ่จะมีเปลือกหุ้มทำให้สามารถเก็บไว้ได้เป็นเวลาค่อนข้างนาน
3. อาหารประเภทเน่าเสียเร็ว คือ อาหารที่มีปริมาณน้ำมาก จะเน่าเสียง่าย เช่น ผัก ผลไม้ นมสด เนื้อสัตว์ เป็นต้น

สาเหตุการเน่าเสียของอาหาร

อาหารเกิดการเน่าเสียจากหลายสาเหตุ ซึ่งทำให้สมบัติของอาหารมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น คือ อาหารมีลักษณะนิ่ม เน่า มีเชื้อราขึ้น กลิ่นรสผิดปกติ เป็นต้น (ชมภู่ ยิ้มโต, 2550, หน้า 2)

การเน่าเสียของอาหารเกิดจากสาเหตุที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. **การเน่าเสียของอาหารเนื่องจากสาเหตุทางจุลินทรีย์**

จุลินทรีย์ทำให้อาหารเสื่อมเสียได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ และรา เมื่อสภาวะแวดล้อมเหมาะสม คือ มีอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และอาหารของจุลินทรีย์เพียงพอก็จะทำให้จุลินทรีย์เหล่านั้นเจริญเติบโต เป็นผลให้อาหารเสื่อมเสียได้

ปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมเสียทางจุลินทรีย์มีดังนี้

1.1 องค์ประกอบของอาหาร

อาหารแต่ละชนิดจะเสื่อมเสียโดยจุลินทรีย์ต่างชนิดกันภายในระยะเวลาที่ต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของอาหารจึงทำให้มีอายุการเก็บรักษาแตกต่างกัน เช่น อาหาร

ประเภทโปรตีน อาหารประเภทแป้ง อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น (ชมภู่ ยิ้มโต, 2550, หน้า 16)

1.2 วอเตอร์แอกทิวิตี (water activity ; a_w)

น้ำอิสระเป็นน้ำที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างของอาหาร อาจมีการเกาะตัวกับองค์ประกอบของอาหารบ้างแต่แรงเกาะตัวไม่แข็งแรงมากนัก มีคุณสมบัติเหมือนน้ำปกติสามารถเป็นตัวทำละลายได้ มีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี และจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการดำรงชีพได้ อย่างไรก็ตามน้ำส่วนนี้บางส่วนยังคงมีคุณสมบัติไม่เหมือนกันกับน้ำอิสระในธรรมชาติ อาหารต่างชนิดกันมีความชื้นเท่ากันไม่จำเป็นต้องมีน้ำอิสระเท่ากัน ถ้าอาหารมีน้ำอิสระมากจะเสียได้ง่าย เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดี (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538 หน้า 7)

คำจำกัดความของ water activity (a_w) คือ อัตราส่วนระหว่างความดันไอของน้ำในอาหารต่อความดันไออิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 156)

a_w = Pw/Po = ERH/100 (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2538, หน้า 7)

เมื่อ a_w = ค่าน้ำในอาหาร

Pw = ค่าความดันไอของอาหาร

Po = ค่าความดันไอของน้ำบริสุทธิ์

ERH = ค่าความชื้นสัมพัทธ์สมดุล

ตาราง 2 ค่า a_w ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้

ชนิดของจุลินทรีย์	ค่า a_w ต่ำสุดที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้
แบคทีเรีย	0.91
ยีสต์	0.88
รา	0.80
แบคทีเรียที่ชอบความเข้มข้นของเกลือสูง (halophilic bacteria)	0.75
แบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (psychrophilic bacteria)	0.75
ยีสต์ที่ชอบความเข้มข้นของน้ำตาลสูง (osmophilic yeast)	0.61
ราที่ชอบสภาพแห้งแล้ง (xerophilic mold)	0.61

ที่มา: ชมภู่ ยิ้มโต (2550)

1.3 อุณหภูมิ

จุลินทรีย์ทุกชนิดจะชะงักการเจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมแต่ยังคงมีชีวิตอยู่ อาหารที่เก็บที่อุณหภูมิสูงจะมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าอาหารที่เก็บที่อุณหภูมิต่ำ ที่อุณหภูมิสูงจุลินทรีย์เจริญได้มากกว่าและมีการเจริญสูงกว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และทางชีวเคมีจะสูงกว่า 2-3 เท่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 10 องศาเซลเซียส

1.4 ความเป็นกรด-ด่างของอาหาร

จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมสำหรับการเจริญแตกต่างกัน เซลล์ของจุลินทรีย์ได้รับผลกระทบโดยตรงจากความเป็นกรด-ด่างของอาหาร เพราะจุลินทรีย์ไม่สามารถปรับความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์ของตัวเองได้ ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเป็นตัวกำหนดชนิดของจุลินทรีย์ที่จะสามารถเจริญได้ในอาหารนั้น ๆ ค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เพียงแต่มีผลต่ออัตราการเจริญของจุลินทรีย์เท่านั้น ยังมีผลต่ออัตราการรอดชีวิตของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษา การให้ความร้อน การทำแห้ง และกระบวนการแปรรูปอื่น ๆ อีกด้วย (วิไล รังสาดทอง, 2546, หน้า 52)

ตาราง 3 ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์	pH		
	ต่ำสุด	เหมาะสม	สูงสุด
แบคทีเรีย	4.5	6.5-7.5	9.0
Escherichia coli	4.3-4.4	6.0-8.0	9.0-9.1
Staphylococcus aureus	4.0-4.7	-	9.5-9.8
ยีสต์	1.5-3.5	4.0-6.5	8.0-8.5
รา	1.5-3.5	4.5-6.8	8.0-11.0

ที่มา: วิไล รังสาดทอง (2546)

1.5 ปริมาณออกซิเจน

อากาศหรือออกซิเจนรอบ ๆ อาหารจะมีอิทธิพลต่อชนิดของจุลินทรีย์ที่จะเจริญและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอาหาร ทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้

2. การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากสาเหตุทางเคมี

2.1 สาเหตุทางเคมีที่มีเอนไซม์มาเกี่ยวข้อง

อาหารที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารตามธรรมชาติ ซึ่งเอนไซม์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณภาพของอาหาร เอนไซม์เป็นสารอินทรีย์ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีในอาหาร เอนไซม์จะทำให้อาหารเกิดการย่อยสลายตัวเอง เช่น ย่อยน้ำตาล โปรตีน และไขมัน เป็นต้น สำหรับเอนไซม์ในเนื้อสัตว์จะทำให้เนื้อสัตว์นิ่ม และสูญเสียเนื้อสัมผัส และถ้าปล่อยให้เอนไซม์ย่อยสลายต่อไปเรื่อย ๆ อาหารจะเกิดการเน่าเสีย และมีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้น

2.2 สาเหตุทางเคมีที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง

เมื่ออาหารได้รับความร้อนจะมีการสูญเสียน้ำ ทำให้โปรตีนเกิดการสูญเสียการละลาย คุณค่าทางโภชนาการลดลง ทำให้อาหารเกิดเป็นสีน้ำตาล และกลิ่นรสเปลี่ยนไป เกิดรสขม ความเข้มของสีน้ำตาลจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเรียกว่าเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (ชมพู่ ยิ้มโต, 2550, หน้า 4) ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหาร และโลหะพวกทองแดง เหล็ก และสังกะสี ที่ปนเปื้อนในอาหาร ตลอดจนระยะเวลาที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร (กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริการ, 2548, หน้า 84-85)

3. **การเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากสาเหตุทางกายภาพ**

การเสื่อมเสียในผลิตภัณฑ์ส่วนมากมักเกิดจากการขนส่ง ถ่ายเทวัตถุดิบโดยไม่ถูกวิธี การป้องกันทำได้โดยระมัดระวังในการขนส่ง และควบคุมกระบวนการผลิตอย่างถูกต้อง (กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริการ, 2548, หน้า 85) ในผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อต่าง ๆ ที่ทำเค็มตากแห้ง ได้แก่ เนื้อเค็ม ปลาเค็ม เป็นต้น การเสื่อมเสียอาจจะเกิดในระหว่างกระบวนการเก็บรักษา เช่น นก หรือสัตว์ขนาดเล็ก แมลงต่าง ๆ มากัดกินเจาะไช ทำให้ผลิตภัณฑ์พรุนเป็นโพรงเสีย บางครั้งอาจมีน้ำมัน หรือฝุ่นละอองปนเปื้อน ทำให้เกิดอันตรายถ้าบริโภคเข้าไป การเก็บรักษาและใช้บรรจุภัณฑ์ที่ดีก็จะสามารถป้องกันการเสื่อมเสียเนื่องมาจากสาเหตุดังกล่าวได้ (ศรวณีย์ รอดเที่ยง, 2542)

วัตถุกันเสีย

การศึกษาเพื่อค้นหาวิธีการถนอมอาหารที่เหมาะสมนั้นได้เริ่มมีมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว เนื่องจากบางครั้งอาหารที่มีอยู่ไม่สามารถบริโภคให้หมดในคราวเดียวได้ หรือบางครั้งอาจต้องการเก็บอาหารนั้นไว้บริโภคนอกฤดูกาล หรือต้องการส่งไปจำหน่ายยังท้องถิ่นอื่น ฉะนั้นเพื่อสามารถเก็บอาหารได้เป็นระยะเวลานาน และสามารถส่งไปขายในเขตท้องที่อื่นโดยอาหารไม่เน่าเสีย จึงได้มีการเก็บถนอมอาหารโดยการอาศัยกรรมวิธีการแปรรูปอาหารต่าง ๆ กรรมวิธีการแปรรูปที่ใช้อาจเป็นกรรมวิธีที่ใช้ความร้อน ความเย็น รังสี หรือการทำแห้ง เป็นต้น แต่ผลิตภัณฑ์อาหารบางชนิดไม่เหมาะสมที่จะเก็บถนอมด้วยวิธีการดังกล่าว วัตถุกันเสียจึงก้าวเข้ามามีบทบาทสำคัญ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546, หน้า 13)

การใช้วัตถุกันเสียเป็นวัตถุเจือปนอาหาร

การใช้วัตถุกันเสียเป็นวัตถุเจือปนอาหาร เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการเน่าเสียของอาหารที่เกิดจากจุลินทรีย์ เนื่องจากการเน่าเสียของอาหารส่วนใหญ่มักจะเกิดจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอาหาร อาหารนั้นนอกจากจะเป็นอาหารสำหรับมนุษย์แล้ว ในขณะเดียวกันก็เป็นอาหารตามธรรมชาติของจุลินทรีย์ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีคุณค่าทางอาหารครบมีความชื้น และความเป็นกรด-ด่างพอเหมาะ ฉะนั้นการใช้วัตถุกันเสียในอาหารจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยในการชะงักการเจริญเติบโต หรือทำลายจุลินทรีย์เหล่านั้น เพื่อช่วยให้สามารถเก็บอาหารได้นานขึ้น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546, หน้า 13)

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุกันเสีย

วัตถุกันเสียชนิดต่าง ๆ จะมีประสิทธิภาพดีเพียงใดจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1. **ความเข้มข้นของวัตถุกันเสีย**

โดยทั่วไปประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของวัตถุกันเสียที่ใช้คือ ถ้ามีการเพิ่มปริมาณของวัตถุกันเสียที่ใช้มากขึ้น ประสิทธิภาพในการชะลอการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์จะมีมากขึ้นด้วย แต่สำหรับปริมาณของวัตถุกันเสียที่มีการอนุญาตให้ใช้ได้ตามกฎหมายนั้นจะใช้ได้สูงถึงระดับหนึ่งเท่านั้น และส่วนใหญ่ก็เป็นปริมาณพอที่จะชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เท่านั้น เพราะถ้าหากใช้ปริมาณสูงเกินไปจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้

2. **ชนิด จำนวน อายุ และประวัติของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในอาหาร**

2.1 ชนิดของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีความสามารถในการทนต่อวัตถุกันเสียได้แตกต่างกันออกไป บางชนิดต้องใช้วัตถุกันเสียปริมาณมากจึงจะยับยั้ง หรือทำลายได้ แต่บางชนิดการใช้วัตถุกันเสียในปริมาณเล็กน้อยก็สามารถทำลายได้แล้ว

2.2 จำนวนจุลินทรีย์

จำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาในอาหาร เป็นปัจจัยสำคัญที่จะกำหนดปริมาณของวัตถุกันเสียที่จะใช้ เพราะถ้าหากมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนมามาก ปริมาณวัตถุกันเสียที่จะใช้เพื่อช่วยชะลอการเจริญเติบโตหรือทำลายจุลินทรีย์จะต้องมากตามไปด้วย แต่ในทางปฏิบัติแล้วควรหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุดิบที่สกปรก หรือมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนมามาก ทั้งนี้เพื่อจะได้ลดปริมาณของวัตถุกันเสียที่จะต้องใช้ลง

2.3 อายุของจุลินทรีย์

การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะแบ่งออกเป็นช่วง ๆ แต่ละช่วงอายุจะมีความแข็งแรงไม่เท่ากัน ฉะนั้นปริมาณวัตถุกันเสียที่จะต้องใช้เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงอายุจึงไม่เท่ากัน เช่น จุลินทรีย์ที่มีอายุอยู่ในช่วง log phase จะต้องใช้ปริมาณของวัตถุกันเสียมากกว่าจุลินทรีย์ที่มีอายุอยู่ในช่วง lag phase และ stationary phase เป็นต้น เนื่องจากจุลินทรีย์ที่อายุอยู่ในช่วง log phase จะมีความแข็งแรงกว่าจุลินทรีย์ที่อยู่ในช่วง lag phase และ stationary phase

2.4 ประวัติของจุลินทรีย์

ประวัติของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับอาหารจะมีผลต่อปริมาณของวัตถุกันเสียที่จะใช้ด้วย เช่น การใช้ยาปฏิชีวนะบางชนิดในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ที่จะต้องมีการใช้ในปริมาณที่มากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากจุลินทรีย์เกิดการดื้อยา เป็นต้น

3. อุณหภูมิ

ในการแปรรูปอาหารอุณหภูมิจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของวัตถุกันเสียโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิในขณะใส่วัตถุกันเสียลงในอาหารหรืออุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บผลิตภัณฑ์อาหารระหว่างรอจำหน่าย เนื่องจากวัตถุกันเสียแต่ละชนิดที่ใช้จะมีคุณสมบัติในการคงทนต่ออุณหภูมิได้ไม่เท่ากัน ดังนั้นในการเลือกชนิดของวัตถุกันเสียที่จะใช้จึงต้องพิจารณาควบคู่ไปกับอุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูปอาหารด้วย (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546, หน้า 16-20)

กรด (acid)

กรดเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากมีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมอาหารหลายประการ กรดที่เติมลงในอาหารนั้นนอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณกรดแล้วยังมีส่วนช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพดีขึ้น

การใช้กรดในอุตสาหกรรมอาหาร

กรดเริ่มเข้ามามีบทบาทในอุตสาหกรรมอาหารเป็นเวลานับพันปี นับตั้งแต่ที่มนุษย์รู้จักใช้รสเปรี้ยวในการปรุงอาหาร สารที่ให้รสเปรี้ยวที่เป็นกรดอินทรีย์ตามธรรมชาติและใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมอาหารนั้น ได้แก่ กรดอะซิติก กรดซิตริก กรดแลคติก และกรดมาลิค เป็นต้น

ประโยชน์ของการใช้กรดในอุตสาหกรรมอาหาร

1. ควบคุมความเป็นกรด-ด่าง

ในกระบวนการหมักต่าง ๆ จะต้องมีการควบคุมความเป็นกรด-ด่างให้คงที่ จึงจะให้ผลผลิตที่มีคุณภาพและปริมาณตามที่ต้องการออกมาอย่างสม่ำเสมอตลอดกระบวนการผลิต

2. เพิ่มความเป็นกรด

ในอาหารที่มีความเป็นกรดสูงจะสามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่า ฉะนั้นการเพิ่มปริมาณกรดในอาหารเพื่อช่วยปรับความเป็นกรด-ด่างของอาหารให้ต่ำลงจึงเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดเวลาในการทำลายจุลินทรีย์ในอาหารลง

3. ช่วยยับยั้งการงอกของสปอร์

สปอร์ของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่พบว่าจะสามารถต้านทานความร้อนได้ดี ดังนั้นในระหว่างการแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อนนั้นอาจมีสปอร์เพียงบางส่วนเท่านั้นที่สามารถถูกทำลาย ส่วนที่เหลืออาจสามารถเจริญเติบโตได้ถ้าหากมีสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในระหว่างการเก็บอาหารนั้น แต่ถ้าอาหารนั้นมีปริมาณกรดในปริมาณที่สูงพอสปอร์ที่ปนเปื้อนมาจะไม่สามารถงอก

ได้ เนื่องจากกรดที่ใส่ในอาหารจะช่วยทำลายเชื้อจุลินทรีย์ และป้องกันการงอกของสปอร์ซึ่งเท่ากับเป็นการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร และเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคด้วย

4. **ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล**

ในการทำผักและผลไม้แห้งมีการนำวัตถุดิบผักและผลไม้ที่ตัดแต่งมาจุ่มในสารละลายกรดนำไปทำแห้ง กรดที่ใช้นี้จะช่วยยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะเกิดขึ้น

5. **ทำหน้าที่เป็นสารจับโลหะ**

สำหรับกรณีที่วัตถุดิบมีโลหะปนเปื้อนมา หรือมีโลหะเป็นองค์ประกอบ จึงได้มีการใช้กรดชนิดต่าง ๆ เช่น กรดซิตริกหรือกรดฟอสฟอริก ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารจับโลหะช่วยทำปฏิกิริยากับโลหะต่าง ๆ

6. **ช่วยปรับปรุงกลิ่นรสของอาหาร**

การที่เติมกรดลงไปในอาหารสามารถช่วยเพิ่มกลิ่นรสและรสของอาหารได้นั้น เนื่องจากกรดที่เติมลงไปในอาหารจะไปมีผลต่อปุ่มประสาทรับความรู้สึกในลิ้นทำให้ผู้บริโภครู้สึกได้ถึงกลิ่น และรสของกรดที่เติมลงไป กรดที่ใช้ในอาหารส่วนใหญ่จะให้รสเปรี้ยว ความรู้สึกในรสเปรี้ยวจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงความเป็นกรด-ด่าง เกลือ และน้ำตาลที่มีอยู่ในอาหารนั้นด้วย (ศิวาพร ศิวเวชช, 2544, หน้า 175-178)

ผลของกรดอินทรีย์ในการต้านการเจริญของจุลินทรีย์

ในกล้ามเนื้อของสัตว์ทั่วไปเมื่อผ่านภาวะการเกร็งตัวไปแล้วจะมีกรดแลคติกอยู่ในกล้ามเนื้อประมาณร้อยละ 0.9 กรดจะมีผลต่อกลิ่นรส และอายุการเก็บรักษาของเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ในอาหารหมักดองต่าง ๆ ยังใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียในการผลิตกรดแลคติกเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา (Smulders, 1995)

การใช้กรดอินทรีย์เพื่อต้านการเจริญของจุลินทรีย์ ขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ

1. ค่า pH หรือ ความเป็นกรด – ด่างที่ใช้
2. ประสิทธิภาพการแตกตัวของกรด
3. ความจำเพาะในโมเลกุลของกรด

Smulders (1995) กล่าวว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดใน 3 ปัจจัยคือ ค่า pH ที่ลดลง ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของกรด ที่แตกตัวให้ประจุเป็นสำคัญ นอกจากนี้ภายใต้สภาวะเดียวกันของค่า pH การแตกตัวของกรดยังมีความแตกต่างกันในชนิดของกรด ผลกระทบอย่างจำเพาะเจาะจงของกรด (specific effect) มีความสัมพันธ์กันคือ

1. อำนาจในการแทรกซึมเข้าไปในเซลล์ของกรด

2. ส่วนของเซลล์ที่สัมผัสกับกรด

3. ธรรมชาติทางเคมี ของสารที่สัมผัส

สิ่งที่น่าสนใจ คือ อำนาจในการแทรกผ่านของกรดเข้าในเซลล์และส่วนของเซลล์ที่สัมผัส กับกรด โดยธรรมชาติของกรดแล้วเป็นสารที่มีขั้วต่างกัน ซึ่งกรดจะไปสัมผัสต่อผิวหน้าเนื้อ และจุลินทรีย์ที่อยู่บนผิวหน้าของปลา

ผลของกรดต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์

กรดที่ผลิตจาก แบคทีเรีย ยีสต์ หรือรา ไม่ได้รบกวนกิจกรรมทางชีววิทยา แต่อาจรบกวนเมตาบอลิซึม (Leuck, 1980) กรดซึ่งไปลดค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหาร จะไปยืดระยะพักตัวของจุลินทรีย์ (lag phase) ให้ยาวขึ้น และส่งผลให้จุลินทรีย์ตายลง เวลาในช่วงนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของกรดและความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ของอาหาร

แม้ว่าการใช้กรดจะมีผลเล็กน้อยต่อการเจริญของจุลินทรีย์ การใช้กรดร่วมกับเกลือของสารกันเสียชนิดอื่น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งและการทำลายจุลินทรีย์ได้มากขึ้น Ingram, et al. (1988) ได้อธิบายถึงหน้าที่ของกรด ในการลดค่าความเป็นกรด-ด่างและยืดอายุการเก็บ ขึ้นอยู่กับการไม่แตกตัวของกรด กรดที่ไม่แตกตัวให้ประจุจะแทรกซึมเข้าไปในเซลล์ และขัดขวางกระบวนการเมตาบอลิซึม และลดกระบวนการทางชีววิทยาของเซลล์ทำให้สภาวะค่าความเป็นกรด-ด่าง ในเซลล์เปลี่ยนไป ผลในการยับยั้งขึ้นอยู่กับโมเลกุลของกรดที่ไม่แตกตัวในปริมาณเหมาะสม ซึ่งไปลดค่าความเป็นกรด-ด่าง กรดอินทรีย์ส่วนมากจะมีผลในการลดการปนเปื้อนเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 5.5 อย่างไรก็ตามการใช้กรดซอร์บิก (sorbic acid) ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.0 ก็ให้ผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มากกว่าร้อยละ 50 ได้แก่ *Bacillus subtilis, Bacillus cereus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus* และ *Candida albicans*

กรดอะซิติก (acetic acid)

กรดอะซิติกหรือกรดเอทาโนอิก (ethanoic acid) เป็นกรดที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส หรือผลึก มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว รวมตัวกับน้ำหรือแอลกอฮอล์หรืออีเทอร์ได้ดี กรดอะซิติกเป็นส่วนประกอบหลักของน้ำส้มสายชู ในอุตสาหกรรมอาหารมีการใช้น้ำส้มสายชูกันมาก สำหรับวัตถุประสงค์ในการใช้ส่วนใหญ่เพื่อเป็นสารให้กลิ่นรส หรือเพื่อเน้นกลิ่นรส หรือเพื่อเพิ่มความเป็นกรดในอาหาร ช่วยควบคุมความเป็นกรด-ด่าง หรือช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของอาหาร ผลิตภัณฑ์

อาหารที่มีการใช้น้ำส้มสายชูมาก ได้แก่ น้ำสลัดชนิดต่าง ๆ ซอสชนิดต่าง ๆ รวมถึงผักดองชนิดต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก เป็นต้น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2544, หน้า 201)

การใช้กรดอะซิติกในผลิตภัณฑ์อาหาร

กรดอะซิติกหรือน้ำส้มสายชูที่ใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์อาหาร และในการถนอมอาหารมักใช้กัน 2 รูปแบบ คือ ใช้ในรูปของน้ำส้มสายชูเข้มข้นร้อยละ 5-10 และใช้ในรูปของสารละลายกรดอะซิติกสังเคราะห์เข้มข้นร้อยละ 25-80 (เกรียงศักดิ์ สิงห์แก้ว, 2546) ในการใช้กรดอะซิติกในการถนอมอาหารนั้นเนื่องมาจากกรดอะซิติกจะให้กลิ่นรสเฉพาะตัวเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค (ศิวาพร ศิวเวชช, 2544, หน้า 79)

ในผลิตภัณฑ์ประมงมีการนำกรดอะซิติกมาใช้เป็นส่วนประกอบ เช่น marinated fish (ศิวาพร ศิวเวชช, 2546) จะเห็นได้ว่ากรดอะซิติกนอกจากจะใช้เป็นวัตถุปรุงแต่งกลิ่นรสแล้ว ยังช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ได้ด้วย ในผลิตภัณฑ์เนื้อและผลิตภัณฑ์ปลา กรดอะซิติก นอกจากจะช่วยทำลายแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคและอาหารเน่าเสียแล้วยังช่วยยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษของ *Clostridium botulinum* (Ito, et al., 1976) ในอุตสาหกรรมไก่สดมีการนำกรดอะซิติกมาใช้ในน้ำที่ใช้ลวกสามารถลดปริมาณของ *Salmonella newport*, *Salmonella typhimurium* และ *Campylobacter jejuni* ลงได้ 5-10 เท่า (Okrend, et al., 1986)

ประสิทธิภาพของกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญหรือทำลายจุลินทรีย์จะสูงที่ความเป็นกรด-ด่างของอาหารต่ำๆ จะสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและราได้ดีกว่ายีสต์ (Branen, et al.,1990) กรดอะซิติกยับยั้งการเจริญและทำลายจุลินทรีย์ได้โดยการแทรกซึมเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ และทำให้โปรตีนที่ผนังเซลล์เกิดการแปรสภาพ หรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ นอกจากนี้ยังพบว่าประสิทธิภาพในการแทรกซึมของกรดอะซิติกจะสูงมากถ้าอยู่ในรูปที่เป็นกรดไม่แตกตัวเพราะสามารถละลายไขมันได้ดีมาก ความสามารถของกรดอะซิติกในการยับยั้งจุลินทรีย์นั้นจะแปรเปลี่ยนไปตามผลิตภัณฑ์อาหาร สิ่งแวดล้อม และชนิดของจุลินทรีย์ (ศิวาพร ศิวเวชช, 2524, หน้า 86)

Woolford (1975) ทำการศึกษาผลของการยับยั้งจุลินทรีย์โดยใช้กรดอะซิติก พบว่า *Bacillus spp.*, *Clostridium spp.* และแบคทีเรียแกรมลบสามารถถูกยับยั้งได้ที่ pH 6 และสามารถยับยั้ง *Bacillus spp.* แบคทีเรียแกรมลบได้มากกว่า Lactic acid bacteria, *Clostridium* และแบคทีเรียแกรมบวก ที่ pH 5 สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้มากกว่า Lactic acid bacteria ยีสต์ และรา

Levine and Fellers (1993) ศึกษาความเข้มข้นของกรดอะซิติกในการยับยั้งจุลินทรีย์ พบว่า *Staphylococcus aureus* ถูกยับยั้งที่ pH 5, *Bacillus cereus* และ *Salmonella* ถูกยับยั้งที่ pH 4.9, *Aspergillus niger* ถูกยับยั้งที่ pH 4.1 และ *Saccharomyces cerevisiae* ถูกยับยั้งที่ pH 3.9 โดยที่กรดอะซิติกสามารถยับยั้ง *Staphylococcus aureus* ได้ร้อยละ 90 และ 95 ภายใน 12 ชั่วโมง ที่ pH 5.2 และ 5.0 ตามลำดับ และที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 จะยับยั้ง *Pseudonas aeruginosa* ได้ร้อยละ 99 ภายใน 1 ชั่วโมง

Kirby, et al. (1937) รายงานว่ากรดอะซิติกที่ pH 3.5 มีผลต่อราของขนมปัง *Aspergillus niger* และ *Rhizopus nigricans* ส่วนที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.8-1.0 ที่ pH 3.5 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Penicillium glaucum* ได้

ในสหรัฐอเมริกากรดอะซิติกจัดอยู่ใน GRAS มีคุณสมบัติในการละลายไขมัน Dickson (1992) รายงานว่าการใช้กรดอะซิติกเข้มข้นร้อยละ 2 ในเนื้อที่มีไขมันสูงจะช่วยลดจำนวน *Salmonella typhimurium* แต่ไม่มีผลในเนื้อที่มีไขมันต่ำ และกรดสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ร้อยละ 90 ในขณะที่ Anderson (1984) พบว่ากรดอะซิติกสามารถซึมผ่านผนังกั้นเซลล์และซึมเข้าสู่เซลล์ภายใน ทำให้โปรตีนที่อยู่ภายในเซลล์เกิดการเสียสภาวะ โดยพบว่าความเข้มข้นร้อยละ 1-3 สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในลำไส้ได้

เกรียงศักดิ์ สิงห์แก้ว (2546) ทำการศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาของปลานิลเค็มที่อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส ผลที่ได้คือ ปลานิลที่ทำการจุ่มกรดอะซิติกสามารถเก็บได้นานกว่าปลานิลที่ไม่ได้จุ่มกรด 2 วัน

ณัฏฐา หะทะยัง เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และปวีนา น้อยทัพ (2551) ศึกษาผลของอุณหภูมิ (55 และ 60 องศาเซลเซียส) และเวลาในการอบ (4, 8, 12, 16, 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง) และความเข้มข้นของกรดอะซิติก (ร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4) ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตปลาซ่อนแดดเดียว พบว่า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 12 ชั่วโมง เหมาะสมที่สุด และการใช้กรดอะซิติกสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ โดยความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากขึ้น ซึ่งความเข้มข้นร้อยละ 2 สามารถยับยั้งการเจริญได้ดีโดยยังคงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ

ณัฏฐา หะทะยัง เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และปวีนา น้อยทัพ (2552) ศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีต่อการเก็บรักษาปลาซ่อนแดดเดียวที่อุณหภูมิตู้เย็น โดยวิธีการจุ่มที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกที่สภาวะปกติ พบว่า พบว่า ตัวอย่างที่ใช้กรดและไม่ใช้กรดมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา และ

S. aureus เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น โดยไม่พบ *E. coli* ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จากการศึกษาสรุปได้ว่า ปลาซ่อนแดดเดียวที่ทำการจุ่มกรดอะซิติกมีอายุการเก็บรักษา 16 วัน ส่วนปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ได้จุ่มกรดอะซิติกมีอายุการเก็บรักษา 12 วัน

วีนา กอบเจริญธรรม วราวุฒิ ครูส่ง และอรอนงค์ อดิศัยภารดี (2546) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ใช้น้ำส้มสายชูในการยืดอายุการเก็บรักษา ในการศึกษาเบื้องต้นพบว่าน้ำส้มสายชูให้ผลในการยับยั้งเชื้อที่ก่อโรคได้ โดยที่ความเข้มข้นของน้ำส้มสายชูในการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Vibrio* sp. เท่ากับร้อยละ 2.0, 1.6 และ 1.0 ตามลำดับ

ศรวณีย์ รอดเที่ยง (2542) ทำการศึกษาผลของกรดอะซิติกในการยืดอายุการเก็บรักษาปลาเค็มแห้ง ในการผลิตปลาเค็มโดยใช้น้ำเกลือเข้มข้นร้อยละ 20 ผสมกับน้ำส้มสายชูร้อยละ 4.5 เก็บรักษาในถุงพลาสติกโพลิเอทิลีนที่อุณหภูมิห้องได้นานถึง 6 เดือนในขณะที่ปลาเค็มที่ไม่มีส่วนผสมของน้ำส้มสายชูเก็บได้เพียง 3.5 เดือน

Branen, et al. (1989) ศึกษาความสามารถของกรดอะซิติกในการเป็นสารต้านจุลินทรีย์ที่ความเป็นกรด-เบส 4, 5 และ 6 พบว่าที่ความเป็นกรด-เบส 6 กรดอะซิติกสามารถยับยั้ง *Bacillus*,*Clostridium* และแบคทีเรียแกรมลบได้มากกว่า lactic acid bacteria ยีสต์ รา และแบคทีเรียแกรมบวก แต่เมื่อความเป็นกรด-ด่างลดลงเหลือ 5.0 พบว่าแบคทีเรียแกรมบวกจะถูกยับยั้งมากกว่า lacticacid bacteria ยีสต์ และรา และที่ความเป็นกรด-เบส 4.0 ความเข้มข้นของกรดแอซิติกที่ต้องการในการยับยั้งจะลดลง

Benja-arporn, et al. (1993) ทดลองยืดอายุการเก็บรักษาอาหารทะเลด้วยกรดอะซิติก โดยจุ่มตัวอย่างลงในกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 10 นาน 2 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 3-5 องศาเซลเซียส นาน 36 วัน สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นร้อยละ 12.5 และ 5 เมื่อพิจารณาปริมาณ Trimethylamine (TMA) พบว่าตัวอย่างที่ไม่จุ่มกรดอะซิติก ระดับของ TMA เพิ่มสูงถึง 45 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวอย่าง 100 กรัม เมื่อพิจารณาการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าการใช้กรดอะซิติกร้อยละ 5 นาน 7 นาทีไม่มีความแตกต่างจากชุดควบคุมโดยพบว่ามีกลิ่นเปรี้ยวในตัวอย่างแต่ผู้บริโภคยังยอมรับได้

Khalid (2007a) ทำศึกษาผลของการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของชิ้นปลาแซลมอนแช่เย็นโดยใช้เกลือของกรดอินทรีย์ 3 ชนิดคือ โซเดียมอะซิเตท โซเดียมซิเตรท และโซเดียมแลคเตท ทำการทดลองโดยนำชิ้นปลาแซลมอนจุ่มในสารละลาย จากการทดลองพบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลดลงขึ้นอยู่กับชนิดเกลือของกรดที่แตกต่างกันคือ โซเดียมอะซิเตทจะลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้

มากกว่าโซเดียมแลคเตท และโซเดียมซิเตรท ตามลำดับ และในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยวิเคราะห์จากค่า PV และค่า TBA พบว่าการใช้โซเดียมซิเตรทสามารถลดค่า PV และค่า TBA ได้มากกว่าโซเดียมอะซิเตท และโซเดียมแลคเตท ตามลำดับ ในการใช้เกลือของกรดอินทรีย์สามารถยืดอายุการเก็บรักษาปลาแซลมอนแช่เย็นได้นานกว่าตัวอย่างควบคุม คือ จุ่มในน้ำกลั่น 4-7 วัน

Ponce De Leon et al. (1993) ได้ทดลองหาความเป็นไปได้ในการใช้กรดอินทรีย์ในการควบคุมแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในปลาโดยใช้กรดอะซิติกและกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.02-0.05 และดูผลต่อ *Pseudomonas sp.* และ *Moraxella sp.* พบว่าแบคทีเรียทั้งสองชนิดถูกยับยั้งได้โดยกรดทั้งสองชนิด โดยที่กรดอะซิติกมีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์มากกว่ากรดซิตริก

กรดซิตริก (citric acid)

กรดซิตริก (Citric acid, Citro, Hydrocerola, 2-Hydroxytricarballylic acid) หมายถึงกรดผลไม้ ซึ่งมีอยู่ในผลไม้เช่น ส้ม มะนาว หรือบางครั้งเรียกว่า กรดมะนาว มีสูตรโมเลกุล คือ $C_6H_8O_7$ มีลักษณะเป็นผลึกใสไม่มีสี อาจเป็นผงหยาบหรือละเอียดก็ได้ ไม่มีกลิ่น มีรสเปรี้ยว ละลายในน้ำและแอลกอฮอล์ได้ดี มีความเป็นพิษต่ำ และให้กลิ่นรสที่ดีในผลิตภัณฑ์ กรดซิตริกถูกใช้เป็นส่วนผสมในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมหลายชนิดอย่างกว้างขวาง เช่น อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่มทั้งที่อัดและไม่อัดคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำผลไม้ ลูกกวาด ยา และเครื่องสำอางต่างๆ ปริมาณการใช้กรดซิตริก ร้อยละ 70 จะใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม (food and beverage industry) เพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ช่วยเพิ่มกลิ่นรส และป้องกันการเปลี่ยนสี และปริมาณการใช้กรดซิตริก ร้อยละ 18 ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น ป้องกันการเหม็นหืนในไขมันและน้ำมัน เป็นต้น (เยาวลักษณ์ รัตนพรวารีสกุล, 2539)

เยาวลักษณ์ รัตนพรวารีสกุล (2539) ทำการศึกษาผลของกรดซิตริกที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากุ้งแห้ง โดยการนำกุ้งสดมาจุ่มในกรดซิตริก 20 นาที ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.1, 0.3 และ 0.5 พบว่าในแต่ระดับความเข้มข้นมีคะแนนการยอมรับรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่มีคุณภาพดีกว่ากุ้งที่ไม่ได้จุ่มกรดซิตริก หลังจากนั้นทำการเลือกตัวอย่างที่ดีที่สุด คือ ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.1 มาทำการศึกษาอายุการเก็บรักษา พบว่ากุ้งแห้งที่จุ่มกรดซิตริกมีอายุการเก็บรักษานานกว่า 14 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งแห้งที่ไม่จุ่มกรดซิตริก

Dobal, et al. (2004) ศึกษาผลของอาหารที่มีกรดเป็นองค์ประกอบโดยการใส่เชื้อ *Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Escherichia coli* และ *Salmonella typhimurium* ในเนื้อแกะและเนื้อแพะเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น โดยการนำเนื้อแกะและเนื้อแพะมาล้าง

ด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นตัวควบคุม แล้วทำการใส่เชื้อทั้ง 4 ชนิดเข้าไปหลังจากนั้นนำมาสเปรย์ด้วยกรดแลคติก ร้อยละ 2.0 และกรดซิตริก ร้อยละ1.5 ร่วมกับกรดโพรไพโอนิก ร้อยละ 1.5 จากการทดลองพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงประมาณ 0.52 และ 1.16 log ตามลำดับ และมีการเปลี่ยนแปลงในด้านสีและกลิ่น ซึ่งในการใช้กรดเพียงตัวเดียวหรือการใช้กรด 2 ตัวมารวมกันสามารถช่วยในการยืดอายุการเก็บรักษา ช่วยในการปรับปรุงทางด้านประสาทสัมผัส และในด้านจุลินทรีย์ที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อ

กรดแลคติก (lactic acid)

กรดแลคติก เป็นกรดที่นำมาใช้ในอาหาร พบตามธรรมชาติในนมเปรี้ยว กะหล่ำปลีดอง ผักดองชนิดต่างๆ นอกจากนี้ยังพบในเลือดและกล้ามเนื้อของสัตว์ โดยทั่วไปกรดแลคติกมีคุณสมบัติดูดความชื้นได้ง่าย เป็นของเหลวข้น มีกลิ่นกรด นิยมใช้เพื่อควบคุมความเป็นกรด-ด่างของอาหารหรือช่วยเพิ่มกลิ่นรสของอาหาร ใช้เป็นวัตถุกันเสียที่สามารถยับยั้งการเจริญและทำลายจุลินทรีย์ได้หลายชนิด และสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ได้อย่างดีที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 5 แต่ไม่มีผลต่อการเจริญของยีสต์และรา กรดแลคติกจัดเป็นวัตถุเจือปนอาหารที่มีคุณสมบัติในการเป็นวัตถุกันเสียที่สำคัญในผลิตภัณฑ์อาหารหมักต่างๆ โดยสร้างจากแลคติกแอซิดแบคทีเรีย (lacticacid bacteria) (Gardner and Flett, 1952)

กรดแลคติกเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีการนำมาใช้ในอาหารทั้งในผลิตภัณฑ์อาหารหมักดองและอาหารต่างๆ เพื่อเป็นตัวให้กลิ่นรส และมีผลทางด้านการถนอมอาหาร ปริมาณกรดแลคติกที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมีทั้งที่ผลิตได้จากกระบวนการหมักและกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี การใช้กรดแลคติกในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ มีการใช้เพื่อลดการปนเปื้อนในเนื้อวัว เป็ด ไก่ และซากหมูในโรงฆ่าสัตว์จะสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์พวก *Salmonella* spp. ได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับการล้างด้วยคลอรีน

กรดแลคติกในทางการค้า มี 3 ประเภท คือ (Smulders, 1995)

1. Pure dry form เป็นกรดแลคติกบริสุทธิ์ (2-hydroxy propionic acid) ลักษณะเป็นผงสีขาว มีจุดหลอมเหลว 18 องศาเซลเซียส ถึง 26 องศาเซลเซียส โดยปกติจะอยู่ในรูปสารละลายที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

2. Edible grade เป็นกรดแลคติกที่ใช้กับอาหาร ลักษณะเป็นของเหลวสีค่อนข้างเหลือง มีความเข้มข้นร้อยละ 50 ถึง 86

3. Pharmaceutical grade เป็นกรดแลคติกที่ใช้ทางการแพทย์ มีลักษณะเป็นของเหลวใสไม่มีสี มีความเข้มข้นร้อยละ 80 ถึง 90

การใช้กรดแลคติกในผลิตภัณฑ์อาหาร

การใช้กรดแลคติกในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ได้รับการยอมรับมากขึ้น เนื่องจากเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ และได้รับการรับรองความปลอดภัยในการใช้เป็นสารปรุงแต่งอาหารในประเทศสหรัฐอเมริกา นอกจากนี้กรดแลคติกมีคุณสมบัติที่สามารถละลายน้ำได้ มีรสชาติแต่ไม่กลบกลิ่นรสอื่น ๆ เมื่อเติมลงในผลิตภัณฑ์อาหาร มีความเป็นพิษต่ำ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ไม่มีสารตกค้าง และมีผลในการทำลายและยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Smulders, 1995) กรดแลคติกมีผลในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ทันทีและชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทนกรด การทำงานของกรดแลคติกเริ่มจากกรดแลคติกจะรวมตัวกับน้ำบริเวณผิวของผลิตภัณฑ์อาหาร และซึมเข้าไปในเซลล์ จากนั้นรวมกับเซลล์เป็นเวลา 10-60 นาที แล้วแยกออกมา การเข้าไปรวมตัวกับเซลล์จะทำให้เซลล์มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (Eklund, 1989) เกิดกระบวนการทางเคมียับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Ingram, 1988)

ปวีนา น้อยทัพ และคณะ (2553) ศึกษาการประยุกต์ใช้กรดแลคติกเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในปลาช่อนแดดเดียว โดยความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (MIC) ของกรดแลคติกที่มีต่อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* คือ ร้อยละ 2.0-2.4 และ 2.0-2.3 ตามลำดับ จากนั้นจึงศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดแลคติกเมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียวโดยวิธีการจุ่มที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้มากขึ้น แต่จะได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสน้อยลง ซึ่งความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 2 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ ผลิตภัณฑ์ปลาช่อนแดดเดียวที่แช่กรดแลคติก ร้อยละ 2 มีอายุการเก็บรักษา 2 วัน ในขณะที่ปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้ใช้กรดมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 วัน ที่อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส

พาขวัญ ทองรักษ์ (2546) ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาปลาทับทิมแล่ แช่เย็นโดยวิธีการจุ่มน้ำร้อน และกรดแลคติก โดยใช้อุณหภูมิที่ 55, 75 และ 95 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายกรดแลคติก ร้อยละ 1 และ 2 ระยะเวลาในการจุ่มสารละลายที่ 2, 5 และ 10 วินาที พบว่าชิ้นปลาที่จุ่มในสารละลายกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 2 อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เวลาในการจุ่ม 10 วินาที มีการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ช้าที่สุด มีคะแนนการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุดเกือบทุกคุณลักษณะ

Gill and Badoni (2004) ศึกษาผลของกรดเปอร์ออกซีอะซิติก โซเดียมคลอไรท์ และกรดแลคติก ต่อเนื้อวัวแช่เย็น โดยใช้การสเปรย์ ซึ่งตัวอย่างควบคุมสเปรย์ด้วยน้ำกลั่น พบว่าการใช้กรดแลคติกร้อยละ 4.0 สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าสารละลายชนิดอื่นเนื่องจากใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูงที่สุด

Ingram (1988) รายงานว่า การจุ่มเนื้อปลาในสารละลายกรดแลคติกสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียได้ดี โดยการนำเนื้อปลาจุ่มในสารละลายกรดแลคติกความเข้มข้น 1.77 และ 2.55% (v/v) สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปลากลุ่มที่ไม่ใช้สารละลายกรดแลคติก

Kim (1995) รายงานว่าการนำเนื้อปลาจุ่มในสารละลายกรดแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 2 และ 3 ร่วมกับเชื้อแบคทีเรียแลคติกความเข้มข้นร้อยละ 2 นาน 1-5 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามีการลดลงของแบคทีเรียแกรมลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และสามารถเก็บเนื้อปลาได้นานถึง 9 วัน นอกจากนี้เนื้อปลาที่จุ่มในสารละลายกรดแลคติกร่วมกับเชื้อแบคทีเรียแลคติกจะให้ผลในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบได้ดีกว่าการใช้สารละลายกรดแลคติกอย่างเดียว ถึงแม้ว่ากรดแลคติกจะสามารถควบคุมแบคทีเรียแกรมลบได้เป็นอย่างดี

Naveena, et al. (2006) ศึกษาอายุการเก็บรักษาเนื้อโดยการใช้กรดแลคติก น้ำมันกานพลู และวิตามินซี พบว่าเนื้อที่ทำการจุ่มกรดเพียงชนิดเดียวสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น

Sundar and Zhang (2006) ศึกษาผลของกรดแลคติกที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมู โดยทำการสเปรย์สารละลายกรดแลคติกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 4 และ 6 นำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ทุก ๆ 4, 8 และ 12 วัน พบว่าที่ความเข้มข้น และระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นจะทำให้สีจางลงและยังลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

บรรจุภัณฑ์อาหาร

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์

หน้าที่ของบรรจุภัณฑ์มีดังนี้ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541, หน้า 9)

1. การทำหน้าที่บรรจุใส่ ได้แก่ ใส่-ห่อสินค้า ด้วยการชั่ง ตวง วัด นับ
2. การทำหน้าที่ปกป้องคุ้มครอง ได้แก่ ป้องกันไม่ให้สินค้าเสียรูป แตกหัก ไหลซึม
3. การทำหน้าที่รักษาคุณภาพอาหาร ได้แก่ การใช้วัสดุที่ป้องกันอากาศซึมผ่าน ป้องกันแสง ป้องกันก๊าซเฉื่อยที่ฉีดเข้าไปชะลอปฏิกิริยาชีวภาพ ป้องกันความชื้นจากภายนอก

๑ TX
612
.F5
ป๘๑๔
๒๕๕๓

สำนักหอสมุด
31 AUG 2011

4. การทำหน้าที่ขนส่ง ได้แก่ กล่องลูกฟูก ลังพลาสติกซึ่งบรรจุสินค้าหลายห่อหรือหน่วยเพื่อความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและขนส่งสินค้าไปยังแหล่งผลิตหรือแหล่งขาย

5. การวางจำหน่าย คือ การนำบรรจุภัณฑ์ที่มีสินค้าอาหารแปรรูปอยู่ภายในวางจำหน่ายได้โดยไม่จำเป็นต้องให้เห็นสินค้า

6. การรักษาสิ่งแวดล้อม ได้แก่

6.1 ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ให้ปริมาณขยะน้อย เป็นวัสดุที่ย่อยสลายได้ง่ายในกระบวนการผลิตจะไม่ใช้สารที่ทำลายชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

6.2 นำบรรจุภัณฑ์เวียนใช้ใหม่หรือใช้ประโยชน์อื่นได้ เช่น ขวดเหล้า แก้วใส่แยม เป็นต้น

6.3 หมุนเวียนกลับมาผลิตใหม่ คือ นำบรรจุภัณฑ์ที่ใช้แล้วไปหลอมหรือย่อยสลายเป็นวัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์หรือสินค้าอื่นต่อไป

7. ทำหน้าที่ส่งเสริมการขายเพราะบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบสวยงามสามารถใช้เป็นสื่อโฆษณาได้ด้วยตัวเอง รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์เพื่อใช้เฉพาะสากล

8. ทำหน้าที่เป็นฉลากแสดงข้อมูลของอาหารแปรรูป ได้แก่ ข้อมูลทางด้านโภชนาการ ส่วนประกอบของอาหาร วันที่ผลิต วันหมดอายุ คำแนะนำ และเครื่องหมายเลขทะเบียนหรือเลขอนุญาตจากคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)

9. ทำให้ตั้งราคาขายได้สูงขึ้นเนื่องจากบรรจุภัณฑ์ที่สวยงามจะสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่สินค้า สร้างความนิยมในสินค้า หรือเรียกว่าสินค้าแบรนด์เนม (brandname)

10. การเพิ่มปริมาณการขายด้วยการรวมหน่วยปลีกในบรรจุภัณฑ์อีกชั้นหนึ่ง

11. ให้ความถูกต้องรวดเร็วในการขาย โดยการพิมพ์บาร์โค้ดบนบรรจุภัณฑ์ทำให้พนักงานคิดเงินไม่จำเป็นต้องอ่านป้ายราคาบนบรรจุภัณฑ์ แต่ให้เครื่องอ่านบาร์โค้ดทำหน้าที่แทนทำได้รวดเร็วขึ้น และถูกต้อง

บรรจุภัณฑ์พลาสติก

ในปัจจุบันนี้มีพลาสติกที่ใช้กันอยู่เป็นหลายร้อยจำพวก และแต่ละพวกยังจำแนกตามน้ำหนักโมเลกุลและความหนาแน่น พลาสติกแต่ละประเภทยังสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติโดยการทำปฏิกิริยากับพลาสติกที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้บรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene หรือ LDPE)

โพลิเอทิลีน (polyethylene-PE)

PE นับเป็นพลาสติกที่มีการใช้มากที่สุดและราคาถูกที่สุด สืบเนื่องจาก PE มีจุดหลอมเหลวต่ำเมื่อเทียบกับพลาสติกอื่น ๆ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตต่ำ PE ผลิตจากกระบวนการโพลิเมอไรเซชัน (polymerization) ของก๊าซเอทิลีน (ethylene) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิโดยอยู่ในสภาวะปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยาโลหะ (metal catalyst) การจับตัวของโมเลกุลในลักษณะโซ่สั้นและยาวจะส่งผลให้ PE ที่ได้ออกมามีความหนาแน่นแตกต่างกัน PE แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามความหนาแน่น คือ (ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ, 2541, หน้า 60-64)

1. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene หรือ LDPE) ความหนาแน่น 0.910-0.925 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นปานกลาง (medium density polyethylene หรือ MDPE) ความหนาแน่น 0.926-0.940 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

3. โพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (high density polyethylene หรือ HDPE) ความหนาแน่น 0.941-0.965 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

LDPE เป็นพลาสติกที่ใช้มากและมีชื่อสามัญว่าถุงเย็น มักจะใช้ทำถุงฟิล์มหดและฟิล์มยืด ขวดน้ำ และฝาขวด เป็นต้น เนื่องจากยืดตัวได้ดี ทนต่อการทิ่มทะลุและการฉีกขาด พร้อมทั้งสามารถใช้ความร้อนเชื่อมติดปิดผนึกได้ดี โครงสร้างของ PE จะสามารถป้องกันความชื้นได้ดีพอสมควรแต่จุดอ่อน LDPE คือ สามารถปล่อยให้ไขมันซึมผ่านได้ง่าย แต่ทนต่อกรดและด่างทั่ว ๆ ไป นอกจากนี้ LDPE ยังปล่อยให้อากาศซึมผ่านได้ง่าย ด้วยเหตุนี้อาหารที่ไวต่ออากาศ เช่น ของขบเคี้ยว และของทอด เมื่อใส่ในถุงเย็นธรรมดา คุณภาพอาหารจะแปรเปลี่ยนไปเพียงเวลาไม่กี่วัน

ตัวอย่างการใช้งานของ PE ที่สำคัญมีดังนี้

1. ใช้ผลิตเป็นถุงร้อน (HDPE) และถุงเย็น (LDPE) สำหรับการใช้งานทั่วไปสามารถหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาดทั่วไป ข้อสังเกตถุงร้อนที่ผลิตจาก HDPE จะมีสีขาวขุ่น

2. ใช้ห่อหรือบรรจุอาหารได้เกือบทุกชนิดโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค แต่ไม่ควรใช้ LDPE กับอาหารร้อน

3. นิยมใช้ทำถุงบรรจุขนมปัง เนื่องจาก PE ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำได้ดีจึงช่วยป้องกันมิให้ขนมปังแห้ง เนื่องจากสูญเสียความชื้นออกไป นอกจากนั้นราคาของ PE ไม่สูงเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับราคาของขนมปัง

4. นิยมใช้ทำถุงบรรจุผักและผลไม้สด เนื่องจาก PE ยอมให้ก๊าซซึมผ่านได้ดีทำให้มีก๊าซออกซิเจนซึมผ่านเข้ามาเพียงพอให้พืชหายใจได้ และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พืชคายออกมาก็สามารถซึมผ่านออกไปได้ง่าย

5. นิยมใช้ LDPE เป็นชั้นสำหรับปิดผนึกด้วยความร้อน เนื่องจากกระดาษและแผ่นเปลวอะลูมิเนียมซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นถุง หรือซองบรรจุอาหาร

6. ฟิล์ม PE ชนิดยืดตัวได้ (stretch film) นิยมใช้ห่ออาหารสดพร้อมปรุง เนื้อสด และอาหารทั่วไป รูปแบบที่นิยมใช้คือ ใช้ถาดรองอาหารแล้วห่อด้วยฟิล์มยืดตัวได้

7. PE ไม่นิยมใช้เป็นภาชนะบรรจุอาหารที่มีไขมันสูง เช่น เนย ถั่วทอด ขนมขบเคี้ยว

การเก็บรักษาอาหารกึ่งแห้ง

อายุการเก็บรักษา หมายถึง ช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ ตั้งแต่เริ่มผลิตจนกระทั่งผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคไม่ยอมรับ ได้มีการศึกษาและพัฒนาวิธีการที่จะเก็บรักษาอาหารกึ่งแห้งให้อยู่ในสภาพที่ผู้บริโภคยอมรับได้นานที่สุด และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์อาหารกึ่งแห้งควรบรรจุในภาชนะที่สามารถป้องกันการเข้าออกของแก๊สและความชื้น เนื่องจากราไม่สามารถเจริญได้ในผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จึงช่วยป้องกันความเสี่ยงที่อาจเกิดจากสารพิษจากเชื้อรา (ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์, 2528 และ Labuza, 1982) นอกจากนี้ บรรจุภัณฑ์ก็มีส่วนสำคัญที่ช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยการป้องกันตัวเร่งปฏิกิริยา คือ แสง ออกซิเจน และการปนเปื้อนของโลหะได้ และยังสามารถควบคุมกลิ่นเหม็นหืนได้ด้วยหากมีการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม และเก็บรักษาในที่อุณหภูมิต่ำหรือมีการใช้ antioxidants (Williams, 1976 and Fritsch & Gale, 1977) ส่วนปัจจัยที่สำคัญในการเก็บรักษาอาหารกึ่งแห้ง คือ ค่า a_w ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ (2528) กล่าวว่าถ้าต้องการยืดอายุการเก็บให้นานขึ้นควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำ

อุณหภูมิในการเก็บรักษา

โดยปกติในการเก็บรักษาเนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จะเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งอุณหภูมิที่ใช้แช่เย็นควรใกล้เคียงกับจุดเยือกแข็งที่ -2 ถึง -4 องศาเซลเซียส ซึ่งจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาปลาสดจาก 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็น 4-5 สัปดาห์ ผลของความเย็นไม่ได้ทำให้คุณภาพของปลาดีขึ้น แต่จะช่วยยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาให้นานขึ้น โดยชะลอการทำงานของจุลินทรีย์ การย่อยสลายตัวของเอนไซม์ (autolysis) และการลดการสูญเสียน้ำ

ในการจัดจำหน่ายปลาสดแช่เย็นร้านค้าปลีกมักเก็บปลาที่อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้อายุการเก็บรักษาสั้นลง จึงควรทดลองเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาโดยการแช่เย็น เช่น อาจใช้สารเคมี การบรรจุในสภาวะสุญญากาศ หรือปรับบรรยากาศ และการใช้รังสี (Shahidi and Botta, 1994)

เกรียงศักดิ์ สิงห์แก้ว (2546) ทำการศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของปลานิลเค็มที่อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส บรรจุในถุงโพลิเอทิลีนโดยปิดผนึกแบบปกติและสุญญากาศ พบว่าสภาวะการบรรจุมีผลต่อคะแนนทางด้านประสาทสัมผัสของปลานิลเค็มก่อนทอด โดยที่ปลานิลเค็มที่เก็บรักษาในสภาวะสุญญากาศมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าสภาวะปกติ และมีอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น

พาขวัญ ทองรักษ์ (2546) ทำการศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษาปลาทับทิมแล่แช่เย็นโดยวิธีการจุ่มน้ำร้อนและกรดแลคติกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2- 4 องศาเซลเซียส พบว่าปลาทับทิมที่บรรจุในสภาวะสุญญากาศเก็บรักษาได้นานที่สุด 30 วัน ส่วนปลาทับทิมที่เก็บในสภาวะปกติเก็บได้นาน 24 วัน ในขณะที่ปลาทับทิมที่ไม่ผ่านการจุ่มน้ำร้อนและสารละลายกรดแลคติกเก็บได้เพียง 15 วัน

ณัฏฐา หะทะยัง เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และปวีนา น้อยทัพ (2552) ศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพและการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว โดยวิธีการจุ่มที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 อบที่อุณหภูมิ55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บรรจุในถุงพลาสติกที่สภาวะปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (32±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (5±2 องศาเซลเซียส) พบว่า การเก็บที่อุณหภูมิห้อง ปลาช่อนแดดเดียวที่ทำการจุ่มกรดอะซิติกที่สภาวะบรรจุแบบปกติ และสภาวะสุญญากาศเก็บได้ 4 วัน ส่วนปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้จุ่มกรดอะซิติกที่สภาวะบรรจุแบบปกติและสภาวะสุญญากาศเก็บได้ 2 วัน และการเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น พบว่าปลาช่อนแดดเดียวที่ทำการจุ่มกรดอะซิติกที่สภาวะบรรจุแบบปกติมีอายุการเก็บรักษา 16 วัน และที่สภาวะบรรจุสุญญากาศเก็บได้ 20 วัน ส่วนปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้จุ่มกรดอะซิติกมีที่สภาวะบรรจุแบบปกติมีอายุการเก็บรักษา 12 และที่สภาวะบรรจุสุญญากาศเก็บได้ 16 วัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำวิจัย

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำปลาช่อนแดดเดียว

1. ปลาช่อน ใช้ปลาช่อนสด ซื้อจากตลาดสถานีรถไฟ จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้ปลาขนาด 700-800 กรัม ต่อตัว
2. น้ำตาลทรายขาว ตรามิตรผล
3. เกลือแกง ตราปรุงทิพย์
4. กรดอะซิติก จากบริษัทวิทยาศรม (Food grade)
5. กรดซิตริก จากบริษัทวิทยาศรม (Food grade)
6. กรดแลคติก จากบริษัทวิทยาศรม (Food grade)

สารเคมีที่ใช้ในการทำวิจัย

1. กรดไทโอบาร์บิทูริก (thiobarbituric acid : TBA)
2. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl) 4 N
3. กรดเกลเซียลอะซิติก (glacial acetic acid : CH_3COOH)
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 N
5. ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolptalein : $C_2OH_{14}0_4$)
6. โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate : K_2SO_4)
7. กรดซัลฟูริก (sulfuric acid : H_2SO_4)
8. กรดบอริก (boric acid : H_3BO_3)
9. เมทิลเรด (methyl red : $C_{15}H_{15}N_3O_2$)
10. ปิโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)
11. คลอโรฟอร์ม (chloroform : $CHCl_3$)
12. โพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide : KI)
13. โซเดียมไทโอซัลเฟต (sodium thiosulfate : $Na_2S_2O_3$)
14. น้ำแป้ง (starch)

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการทำวิจัย

1. PCA (Plate count agar)
2. 0.1 % peptone water
3. Laurly Sulfate Tryptose broth (LSTB)
4. Rose Bengal agar
5. MRS agar
6. Mannitol Salt Phenol-red agar

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

1. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตปลาซ่อนแดดเดียว
   - 1.1 ถุงพลาสติกชนิด LDPE แบบ ziplock ขนาด 10 × 10 นิ้ว
   - 1.2 ตู้อบลมร้อนแบบถาด (tray dryer: model KPO-700)
2. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี
   - 2.1 เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Mettler toledo: model PE 503-s)
   - 2.2 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler toledo: model AC 2105)
   - 2.3 ตู้อบลมร้อน (hot air oven: model 5300)
   - 2.4 เดซิเคเตอร์ดูดความชื้น (desicater)
   - 2.5 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV/VIS spectrophotometer) (Perkin elmer: model lambda 20)
   - 2.6 เครื่องบดอาหาร (blender) (National: model MX-795 N)
   - 2.7 เครื่องหาความชื้นอัตโนมัติ (Sartorius: model MA 40
   - 2.8 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pHmeter) (ATIORION, The Scharfft Center,U.S.A.)
   - 2.9 ชุดอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์โปรตีน (Buchi: B-323 S/N 1259061)
   - 2.10 ชุดอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ไขมัน (Buchi: B-810 S/N 0996182)
   - 2.11 ชุดอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์เถ้า (Fisher: S/N 60200010)
   - 2.12 ชุดอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ Thiobarbituric acid (TBA)
   - 2.13 ชุดอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ Peroxide value (PV)
3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ
   - 3.1 เครื่องวัดค่าสี (Hunter lab: model DP 9000 S/N 90905)

3.2 เครื่องมือวิเคราะห์ a_w (NOVASINA: a_w center 200 S/N)

4. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

4.1 เครื่องแก้วใช้ในการวิเคราะห์

4.2 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (model KT-30L, ALP Co.LTD,Tokyo Japan)

4.3 ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Shel lab, model 2020, Shaldon Manufacturing Inc., U.S.A.)

4.4 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Polyscience, 8205, Pleasant Prairie, U.S.A)

4.5 เครื่องตีผสมอาหารสำหรับเลี้ยงเชื้อ (Seward, model 400 Ba 7021, UK)

5. อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

5.1 ถ้วยพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง

5.2 ถาดพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่าง

5.3 แก้วน้ำดื่ม

5.4 กระดาษทิชชู

5.5 ดินสอ

5.6 แบบรายงานผลการทดสอบ

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

การเตรียมตัวอย่างปลาช่อนแดดเดียว ใช้ปลาช่อนสด ขนาด 700-800 กรัม ต่อ 1 ตัว โดยใช้อัตราส่วนระหว่างปลา : เกลือ : น้ำตาล เท่ากับ 100 : 2 : 1

วิธีการเตรียมปลาช่อนแดดเดียว

1. นำปลามาทำการตัดหัว ขอดเกล็ด ควักไส้ แล่เนื้อปลาแล้วกรีดเป็นริ้ว 4 ริ้ว หลังจากนั้นนำมาทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำเปล่า

2. นำส่วนผสมที่เตรียมไว้มาผสมให้เข้ากับตัวปลาแล้วหมักทิ้งไว้ 30 นาที

3. ทำความสะอาดอีกครั้งเพื่อล้างในส่วนที่เป็นฟองและเมือกออก

4. สำหรับตัวอย่างที่มีการใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก จะแช่ปลาในสารละลายกรดตามความเข้มข้นที่กำหนด โดยใช้อัตราส่วนระหว่างปลากับสารละลายกรดเท่ากับ 1 : 2.5 (w/v) ใช้เวลาในการแช่ 2 นาที (ณัฏฐา และ คณะ, 2551)

5. นำมาอบที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่กำหนด

ตอนที่ 1 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบปลาซ่อนแดดเดียว

ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตปลาซ่อนแดดเดียวที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดปริมาณความชื้น ค่า a_w และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงมากที่สุด แต่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค

1.1 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบปลาซ่อนแดดเดียว

ทำการทดลองโดยนำปลาซ่อนที่เตรียมไว้ตามวิธีข้างต้นมาเรียงไว้บนตะแกรง นำไปอบในตู้อบลมร้อนแบบถาดโดยใช้อุณหภูมิ 2 ระดับ คือ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ทำการสุ่มตรวจทุก ๆ 4 ชั่วโมง คือ 0, 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างที่สุ่มมาเก็บในถุงพลาสติก LDPE แบบ ziplock ขนาด 10 × 10 นิ้ว เพื่อทำการวิเคราะห์

1.1.1 ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น (AOAC, 1990)

1.1.2 ทางกายภาพ ได้แก่ ค่า a_w (AOAC, 1990)

1.2 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบปลาซ่อนแดดเดียว

นำปลาซ่อนที่เตรียมจากวิธีข้างต้น โดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบจากข้อ 1.1 มาอบที่เวลาต่าง ๆ คือ 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างที่สุ่มมาเก็บในถุงพลาสติก LDPE แบบ ziplock ขนาด 10 × 10 นิ้ว เพื่อทำการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสก่อนทอด โดยวิธี line scale 0-10 และหลังทอด โดยวิธี 9 points hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว (trained panelists) ใช้แบบทดสอบดังแสดงในภาคผนวก ข

ดำเนินการทดลองแบบ CRD สำหรับข้อ 1.1 และแบบ RCBD สำหรับข้อ 1.2 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างโดยใช้ Duncan' s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตอนที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

ทำการศึกษาการยับยั้งการเจริญของ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายในอาหารและถูกกำหนดปริมาณในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: ปลาแดดเดียว โดยศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ (Minimum Inhibitory Concentration: MIC) เพื่อยืนยันสมมติฐานที่ว่ากรดสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ และใช้เป็นแนวทางในการเลือกความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสมในการใช้กับผลิตภัณฑ์ต่อไป

ทดสอบผลของกรดอินทรีย์ 3 ชนิด คือ กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้ง *S. aureus* และ *E. coli* โดยใช้ระดับความเข้มข้นของกรด ร้อยละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 และ 4.0 (v/v) ทำการวิเคราะห์

2.1 ทางเคมี ได้แก่ ค่า pH (AOAC, 1990)

2.2 ทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* (AOAC, 1990)

ดำเนินการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับข้อ 2.1 และ 2.2

ตอนที่ 3 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก เมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียว

นำกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก มาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ปลาช่อนแดดเดียว โดยใช้ในระดับที่เพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพ แต่ปริมาณการใช้ยังอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับ

ทำการทดลองโดยนำปลาช่อนที่เตรียมจากตอนที่ 2 มาแช่ในกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกที่ระดับความเข้มข้น 5 ระดับ คือ ความเข้มข้นร้อยละ 0 (ตัวอย่างควบคุม), 1, 2, 3 และ 4 ตัวอย่างควบคุมคือตัวอย่างที่ทำการแช่น้ำกลั่น โดยใช้อัตราส่วนระหว่างปลากับสารละลายกรดเท่ากับ 1 : 2.5 (w/v) (ณัฏฐา และ คณะ, 2551) ใช้เวลาในการแช่ 2 นาที แล้วจึงนำไปอบในตู้อบลมร้อนโดยใช้อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมจากตอนที่ 2 จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาเก็บในถุงพลาสติก LDPE แบบ ziplock ขนาด 10 × 10 นิ้ว เพื่อทำการวิเคราะห์

3.1 ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และค่า a_w (AOAC, 1990)

3.2 ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณกรด (AOAC, 1990)

3.3 ทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ปริมาณยีสต์และรา *S. aureus* และ *E. coli* (AOAC, 1990)

3.4 ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสก่อนทอด และหลังทอดโดยวิธี 9 points hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว (trained panelists)

ดำเนินการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ สำหรับข้อ 3.1, 3.2 และ 3.3 แบบ RCBD สำหรับข้อ 3.4 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตอนที่ 4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก

โดยศึกษาผลของกรดแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไปในระหว่างการเก็บรักษา และผลต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ที่เก็บอุณหภูมิห้อง (32±2 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิตู้เย็น (5±2 องศาเซลเซียส)

ผลิตปลาช่อนแดดเดียวโดยใช้ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกที่เหมาะสมจากตอนที่ 2 เปรียบเทียบกับปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้จุ่มกรด ทำการบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทีลีน (LDPE) ในสภาวะปกติ และทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 อุณหภูมิ คือ อุณหภูมิ 32±2 และอุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส

สุ่มตัวอย่างปลาช่อนแดดเดียวเก็บที่อุณหภูมิห้อง ประเมินคุณภาพ ทุก ๆ วัน เป็นเวลา 3 วัน และอุณหภูมิตู้เย็น ประเมินคุณภาพทุก ๆ 4 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ หรือจนกว่าผลิตภัณฑ์ไม่เป็นที่ยอมรับ นำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์

4.1 ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี และค่า a_w (AOAC, 1990)

4.2 ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรด (AOAC, 1990) ค่า PV และค่า TBA (Khalid, 2007b)

4.3 ทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และ รา *S. aureus* และ *E. coli* (AOAC, 1990)

4.4 ประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสก่อนและหลังทอด โดยให้คะแนนความชอบแบบ 9 points hedonic scale โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว

ดำเนินการทดลองแบบ CRD สำหรับข้อ 4.1, 4.2 และ 4.3 และแบบ RCBD สำหรับข้อ 4.4 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 4

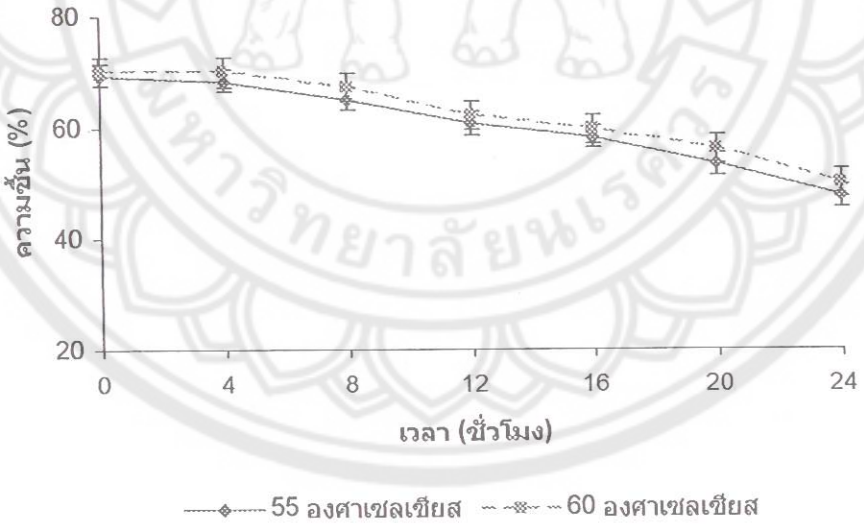
ผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบปลาช่อนแดดเดียว

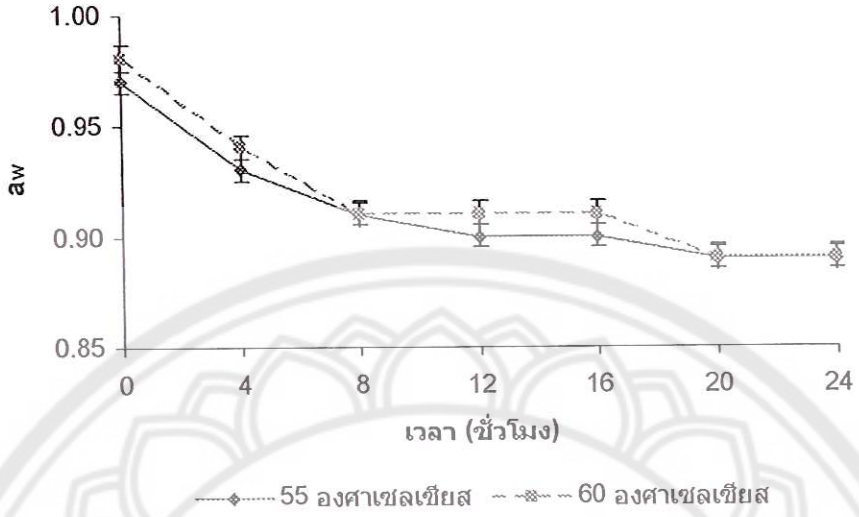
1.1 ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบปลาช่อนแดดเดียว

จากการทดลองอบปลาช่อนแดดเดียวที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ที่เวลาในการอบคือ 0, 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง เพื่อลดปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำในอาหาร (a_w) เก็บตัวอย่างปลาช่อนแดดเดียวในระหว่างการอบทุก ๆ 4 ชั่วโมง เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำในอาหาร

จากภาพ 1 และ 2 พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ คือ 55 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่เวลาในการอบเท่ากันแต่อุณหภูมิที่ใช้แตกต่างกัน ปริมาณความชื้น และ a_w มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังช่วยในการประหยัดพลังงาน และค่า a_w มีแนวโน้มลดลงได้ดีกว่า โดยที่เวลาในการอบเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับค่า a_w ที่มีค่าลดลง และเริ่มคงที่หลังจาก 8 ชั่วโมง



ภาพ 1 ปริมาณความชื้นของปลาช่อนแดดเดียวอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน



ภาพ 2 ค่า a_w ของปลาซ่อนแดดเดียวอบที่อุณหภูมิและเวลาต่างกัน

1.2 ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการอบปลาซ่อนแดดเดียว

นำตัวอย่างที่ผ่านการอบที่ 55 องศาเซลเซียส ที่เวลาอบ 4, 8, 12, 16, 20 และ 24 ชั่วโมง มาทดสอบทางประสาทสัมผัสทั้งก่อนและหลังการทอด แสดงดังตาราง 1 และ 2 พบว่าเวลาที่เหมาะสมในการอบ คือ 8 ชั่วโมง เนื่องจากมีค่าความชื้น และค่า a_w ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีคะแนนความชอบสูงสุดในทุก ๆ ลักษณะการทดสอบ

ตาราง 1 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาซ่อนแดดเดียวอบที่ 55 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน (ก่อนทอด)

เวลา (ชั่วโมง)	ลักษณะการทดสอบ			
	ลักษณะปรากฏ^{ns}	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	ความชอบรวม
4	3.50±2.17	5.20^{b}±2.89	3.20^{d}±1.45	4.10^{bc}±2.13
8	5.70±2.66	6.70^{a}±1.88	7.70^{a}±1.33	6.40^{a}±1.26
12	5.40±2.45	5.60^{b}±2.31	7.20^{ab}±2.20	5.70^{ab}±2.45
16	4.70±2.98	5.40^{ab}±2.22	6.50^{abc}±2.17	5.20^{abc}±2.06
20	4.00±2.53	5.30^{ab}±3.12	5.50^{bc}± 2.36	5.20^{abc}±1.81
24	3.80±3.29	2.00^{c}±2.53	4.90^{cd}±1.37	4.70^{abc}±2.45

ns ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a-d ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตาราง 2 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวอบที่ 55 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างกัน (หลังทอด)

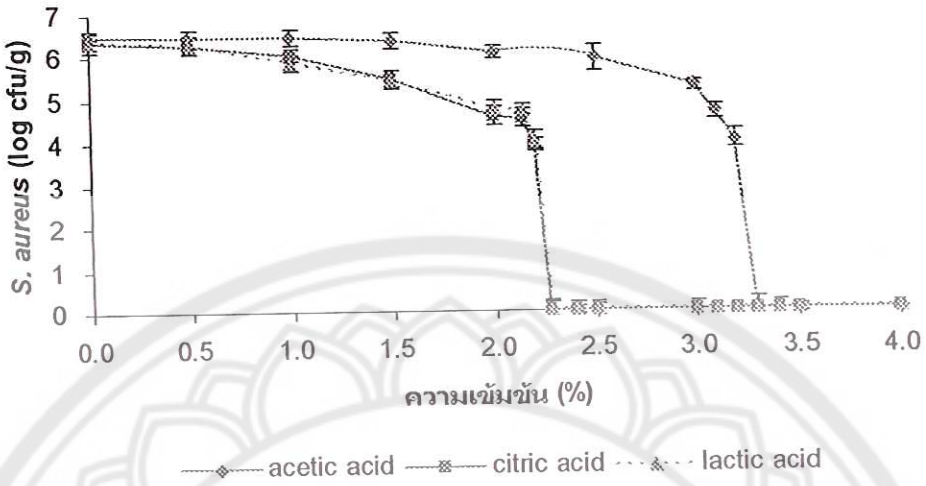
เวลา (ชั่วโมง)	ลักษณะการทดสอบ			
	ลักษณะปรากฏ	เนื้อสัมผัส^{ns}	กลิ่น	ความชอบรวม
4	5.90^{ab}±1.85	5.80±2.14	5.40^{b}±1.26	4.70^{b}±1.88
8	7.00^{a}±0.66	7.30±1.34	7.40^{a}±1.34	7.50^{a}±0.97
12	7.00^{a}±1.15	6.90±1.66	7.40^{a}±1.07	7.10^{a}±1.37
16	6.80^{a}±1.22	5.80±2.25	5.50^{b}±2.63	6.10^{ab}±2.33
20	6.30^{ab}±1.56	6.20±1.49	5.60^{b}±1.95	6.10^{ab}±1.66
24	5.50^{b}±1.26	6.00±1.05	4.20^{b}±1.75	5.20^{b}±1.03

ns ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

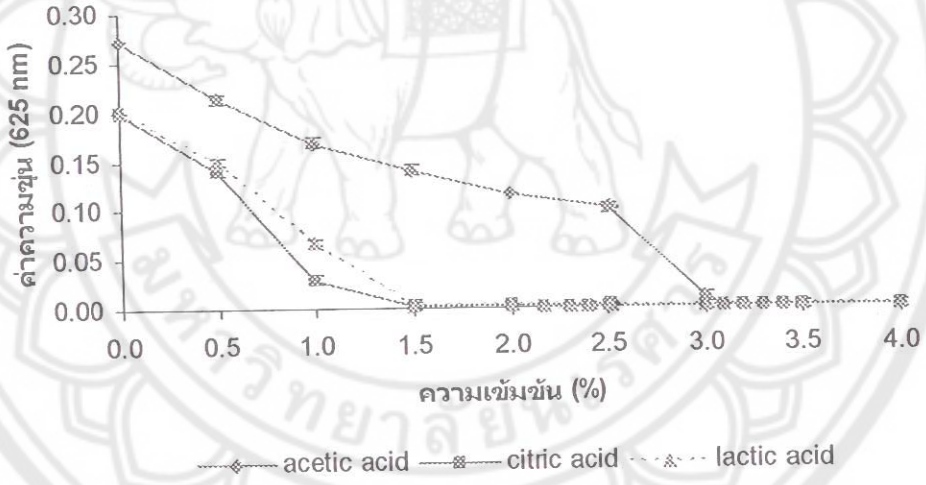
a-b ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตอนที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

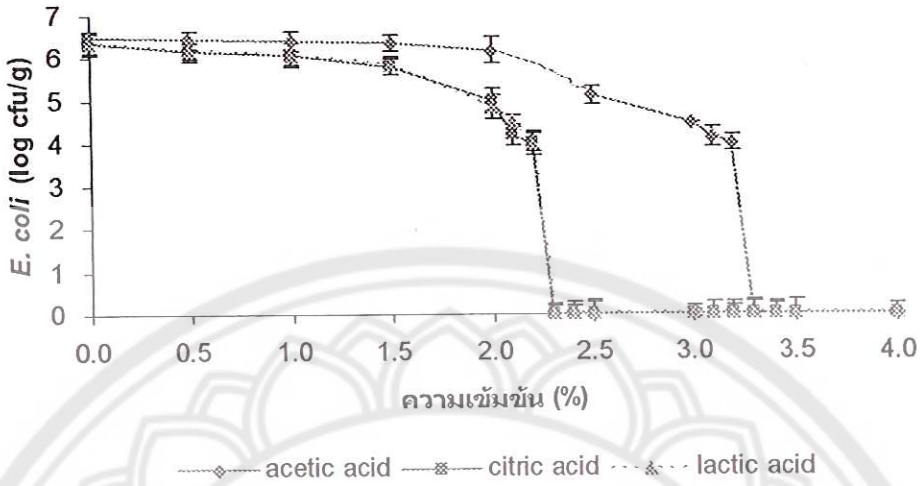
จากการศึกษาผลของกรดอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และ *E. coli* โดยตรวจปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิด (ภาพ 3 และ 5) และวัดค่าความขุ่น (ภาพ 4 และ 6) พบว่า ความเข้มข้นต่ำสุดของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* คือ ความเข้มข้นร้อยละ 3.3, 2.3 และ 2.3 ตามลำดับ และเชื้อ *E. coli* คือ ความเข้มข้นร้อยละ 3.3, 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ โดยที่ระดับความความเข้มข้นมากขึ้นจะสามารถยับยั้งเชื้อได้มากขึ้น และค่าความขุ่นลดลงเมื่อพบปริมาณเชื้อลดลง



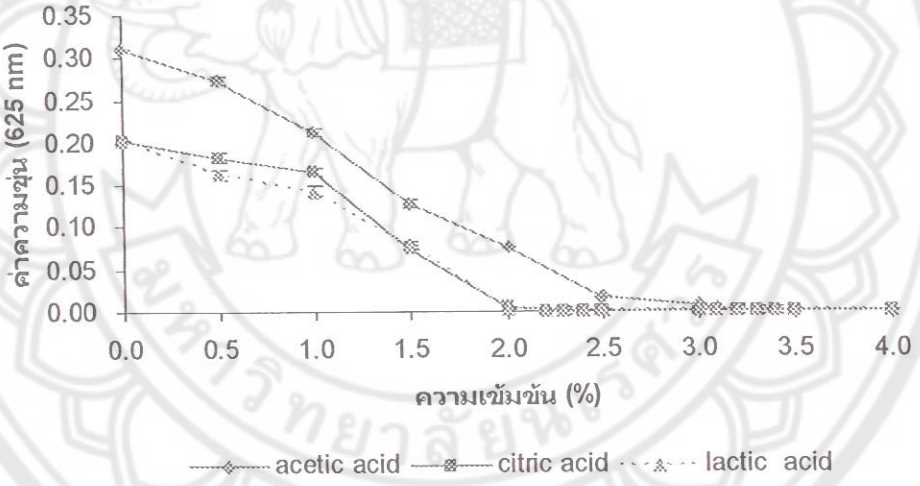
ภาพ 3 ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่มีผลต่อปริมาณ *S. aureus* โดยการนับจำนวนเชื้อ



ภาพ 4 ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่มีผลต่อปริมาณ *S. aureus* โดยการวัดค่าความขุ่น



ภาพ 5 ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่มีผลต่อปริมาณ *E. coli* โดยการนับจำนวนเชื้อ



ภาพ 6 ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่มีผลต่อปริมาณ *E. coli* โดยการวัดค่าความขุ่น

ตอนที่ 3 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก เมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียว

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกที่เหมาะสมในการแช่ปลาช่อนแดดเดียว โดยใช้ความเข้มข้นของกรด 5 ระดับ คือ ความเข้มข้นร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 จากนั้นนำไปทดสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส

คุณภาพทางกายภาพ

ผลการวิเคราะห์ค่าสี (ตาราง 3, 4 และ 5) ค่า L* คือค่าความสว่าง ถ้าค่า L* มากแสดงว่าตัวอย่างมีความสว่างมาก ค่า a* คือค่าสีแดง ถ้าค่า a* มากแสดงว่าตัวอย่างมีสีแดงมาก และค่า b* คือค่า สีเหลือง ถ้าค่า b* มากแสดงว่าตัวอย่างมีสีเหลืองมาก พบว่า ตัวอย่างที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก จะมีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด แต่มีค่าสีแดงน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด และที่ระดับความเข้มข้นของกรดทั้งสามชนิดที่เพิ่มขึ้น ค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมีค่าสูงขึ้น แต่มีค่าสีแดงลดลง จากผลการวิเคราะห์ค่าสีจะเห็นว่าเนื้อปลามีสีซีดลงคือมีค่าความสว่าง และค่าสีเหลืองที่เพิ่มขึ้น แต่ค่าสีแดงลดลงที่ระดับความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้น เนื่องจากกรดทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างลดลง Lawrie (1985) กล่าวว่า เมื่อความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสัตว์ลดลง จะส่งผลให้ไมโอโกลบิน (myoglobin) ของกล้ามเนื้อที่เป็นตัวกำหนดสีของเนื้อทำให้เนื้อมีสีแดงเกิดปฏิกิริยากลายเป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ซึ่งส่งผลให้เนื้อมีสีซีดจางลง ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kotula and Thelappurath (1994) ที่พบว่าสารละลายกรดแลคติกส่งผลให้ชิ้นเนื้อโคมีสีของเนื้อซีดจางลง โดยค่าความสว่างเพิ่มขึ้นในขณะที่ค่าสีแดงลดลง

ตาราง 3 ค่า L* a* b* ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นกรดอะซิติก (%)	L*	a*	b*
0	$46.71^{c}\pm0.98$	$4.09^{a}\pm0.29$	$14.74^{a}\pm0.62$
1	$56.02^{b}\pm1.58$	$2.91^{ab}\pm1.21$	$11.68^{b}\pm0.74$
2	$55.57^{b}\pm0.17$	$2.88^{ab}\pm0.66$	$15.15^{a}\pm0.73$
3	$57.29^{b}\pm1.23$	$1.61^{bc}\pm1.01$	$15.00^{a}\pm1.15$
4	$65.03^{a}\pm0.94$	$1.34^{c}\pm0.99$	$15.05^{a}\pm0.16$

a-c ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตาราง 4 ค่า L* a* b* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นกรดซิตริก (%)	L*	a* ns	b*
0	48.79^{e}±1.31	3.04±1.42	10.72^{c}±0.86
1	56.02^{d}±1.58	2.01±1.30	11.24^{c}±0.67
2	59.29^{c}±1.56	1.61±1.01	12.96^{b}±0.49
3	64.82^{a}±0.35	1.57±3.06	14.94^{a}±0.46
4	61.98^{b}±1.16	0.21±2.78	15.00^{a}±1.15

ns ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a-e ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตาราง 5 ค่า L* a* b* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดแลคติกความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นกรดแลคติก (%)	L*	a*	b*
0	51.14^{e}±1.08	2.29^{a}±0.19	12.65^{c}±0.81
1	52.97^{d}±1.26	1.73^{a}±1.45	13.16^{c}±0.92
2	55.71^{c}±0.59	1.41^{a}±1.67	14.56^{b}±0.41
3	58.54^{b}±0.76	-1.25^{b}±1.77	15.00^{b}±0.43
4	63.41^{a}±0.71	-0.22^{ab}±2.27	16.13^{a}±0.33

a-e ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

คุณภาพทางเคมี

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีดังตาราง 6, 7 และ 8 พบว่า ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดทั้ง 3 ชนิดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลง ลักขณา รุจนะไกรกานต์ (2540) กล่าวว่า การที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายลดลงจะทำให้ประจุลบเพิ่มสูงขึ้น ประจุลบจะไปทำให้ประจุในเนื้อมีค่าเป็นกลาง ทำให้โมเลกุลของน้ำที่ถูกจับไว้หลุดออกไป เรียกจุดที่ประจุบวกกับประจุลบเท่ากันว่า จุดไอโซอิเล็กตริก (isoelectric point) ซึ่งทำให้โมเลกุลของน้ำหลุดออกไปเป็นอิสระ เนื้อที่ได้จึงมีความสามารถในการจับน้ำได้น้อยลง

ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ จากความเข้มข้นของกรดที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าความชื้น และค่า a_w ลดลง แสดงว่าระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์มีผลต่อสมบัติทางเคมีของปลาช่อนแดดเดียว

ตาราง 6 สมบัติทางเคมีและกายภาพของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นกรดอะซิติก (%)	ลักษณะการทดสอบ			
	ปริมาณกรดที่ไตเตรท (%)	ค่า pH	ความชื้น (%)	ค่า a_w ns
0	0.22^{e}±0.02	6.58^{a}±0.01	63.88^{a}±2.57	0.89±0.01
1	0.31^{d}±0.01	6.49^{b}±0.01	62.17^{a}±1.30	0.89±0.01
2	0.41^{c}±0.02	6.38^{c}±0.01	58.64^{a}±1.08	0.88±0.01
3	0.56^{b}±0.02	6.26^{d}±0.01	56.93^{ab}±3.09	0.88±0.01
4	0.61^{a}±0.03	6.16^{e}±0.02	52.25^{b}±2.58	0.88±0.01

ns ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a-e ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตาราง 7 สมบัติทางเคมีและกายภาพของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นกรดซิตริก (%)	ลักษณะการทดสอบ			
	ปริมาณกรดที่ไตเตรท (%)	ค่า pH	ความชื้น (%)	ค่า a_w ns
0	0.23^{c}±0.02	6.81^{a}±0.01	65.50^{a}±3.67	0.89±0.01
1	0.34^{b}±0.05	6.59^{b}±0.01	62.96^{ab}±1.45	0.89±0.01
2	0.47^{b}±0.08	6.40^{c}±0.01	60.59^{ab}±1.45	0.89±0.01
3	0.58^{a}±0.02	6.20^{d}±0.01	58.22^{bc}±4.22	0.88±0.01
4	0.63^{a}±0.03	6.11^{e}±0.01	54.36^{c}±1.86	0.88±0.01

ns ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a-e ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตาราง 8 สมบัติทางเคมีและกายภาพของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดแลคติกความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นกรดแลคติก (%)	ลักษณะการทดสอบ			
	ปริมาณกรดที่ไตเตรท (%)	ค่า pH	ความชื้น (%)	ค่า a_w ns
0	0.19^{e}±0.02	6.56^{a}±0.02	65.73^{a}±1.01	0.89±0.01
1	0.37^{d}±0.02	6.48^{b}±0.01	62.06^{b}±1.10	0.89±0.01
2	0.49^{c}±0.03	6.37^{c}±0.02	59.92^{bs}±2.63	0.89±0.01
3	0.51^{b}±0.02	6.27^{d}±0.03	56.83^{c}±1.08	0.88±0.01
4	0.61^{a}±0.01	6.12^{e}±0.03	52.38^{d}±2.15	0.88±0.01

ns ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

a-e ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการทดสอบทางจุลินทรีย์ (ตาราง 9, 10 และ 11) พบว่า การใช้กรดทั้ง 3 ชนิด มีผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ซึ่งมีงานวิจัย พบว่า กรดอินทรีย์มีผลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ โดยลดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างเนื้อ ทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงนั้นทำให้ช่วง lag phase มีระยะเวลานานขึ้นส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ช้าลง (Woolthuis and Smulders, 1985) นอกจากนี้ยังเกิดจากส่วนของกรดที่สามารถละลายในไขมันซึ่งอยู่ในรูปของโมเลกุลที่ไม่แตกตัวและซึมผ่านเข้าไปในเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างเป็นกลางซึ่งสูงกว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของไซโตพลาสซึม ดังนั้นกรดที่อยู่ในรูปไม่แตกตัวเข้าไปก็จะเกิดสภาวะแตกตัวในรูปของโปรตอน (proton) และคอนจูเกตเบส (conjugate base) มีผลในการทำลายออกซิเดทีฟฟอสโฟริเลชันฟอร์ม (oxidative phosphorelation form) ของระบบการขนถ่ายอิเล็กตรอน รวมถึงการยับยั้งระบบขนถ่ายซับสเตรตโมเลกุล (substrate molecule) เข้าสู่เซลล์จึงส่งผลในการทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Adam and Hall, 1988)

ตามที่เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: ปลาแดดเดียว (มผช.298/2549) ได้กำหนดปริมาณจุลินทรีย์ที่พบได้ในตัวอย่างคือ ยีสต์และรา *S. aureus* และ *E. coli* ต้องน้อยกว่า 500, 200 และ 50 cfu/g ตามลำดับ จากผลการทดลองที่ได้พบว่า ตัวอย่างควบคุม และตัวอย่างที่แช่กรดทั้ง 3 ชนิด คือ กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก มีปริมาณยีสต์และรา *S. aureus* และ *E. coli* อยู่

ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยที่ระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้มากขึ้น

ตาราง 9 ปริมาณจุลินทรีย์ของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น	จำนวนจุลินทรีย์ (cfu/g)			
กรดอะซิติก (%)	TPC	ยีสต์และรา	*S. aureus*	*E. coli*
0	$2.7x10^2$	$2.1x10^2$	$1.1 x10^2$	ไม่พบ
1	$1.6 x10^2$	$1.0 x10^2$	9.0 x10	ไม่พบ
2	$1.1 x10^2$	8.0 x10	6.0 x10	ไม่พบ
3	9.0 x10	4.0 x10	3.0 x10	ไม่พบ
4	3.0 x10	3.0 x10	2.3 x10	ไม่พบ

ตาราง 10 ปริมาณจุลินทรีย์ของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น	จำนวนจุลินทรีย์ (cfu/g)			
กรดซิตริก (%)	TPC	ยีสต์และรา	*S. aureus*	*E. coli*
0	$8.0 x10^2$	$2.8 x10^2$	$1.7 x10^2$	ไม่พบ
1	$3.0 x10^2$	$1.9 x10^2$	$1.5 x10^2$	ไม่พบ
2	$1.1 x10^2$	$1.1 x10^2$	9.0 x10	ไม่พบ
3	4.2 x10	6.0 x10	3.0 x10	ไม่พบ
4	2.4 x10	2.7 x10	1.6 x10	ไม่พบ

ตาราง 11 ปริมาณจุลินทรีย์ของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดแลคติกความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น	จำนวนจุลินทรีย์ (cfu/g)			
กรดแลคติก (%)	TPC	ยีสต์และรา	*S. aureus*	*E. coli*
0	$4.1 x10^2$	$2.1 x10^2$	$1.6 x10^2$	ไม่พบ
1	$3.0 x10^2$	$1.1 x10^2$	$1.0 x10^2$	ไม่พบ
2	8.0 x10	6.0 x10	5.2 x10	ไม่พบ
3	5.9 x10	4.2 x10	3.1 x10	ไม่พบ
4	3.0 x10	3.0 x10	2.0 x10	ไม่พบ

คุณภาพทางประสาทสัมผัส

จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ก่อนทอด (ตาราง 12, 13 และ 14) พบว่า กรดทั้ง 3 ชนิด มีผลต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสในทุกลักษณะการทดสอบ ซึ่งทุกลักษณะการทดสอบมีคะแนนอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน โดยตัวอย่างจะมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวมลดลง เมื่อระดับความเข้มข้นของกรดอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามที่ระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ร้อยละ 0, 1 และ 2 มีคะแนนความชอบรวมอยู่ในระดับดีกว่าที่ความเข้มข้นของกรด ร้อยละ 3 และ 4 เนื่องจากการใช้กรดความเข้มข้นมากเกินไปมีผลต่อสีของเนื้อปลาที่ซีดลง เนื้อสัมผัสเปื่อยยุ่ยและมีผลต่อกลิ่นกรดที่เพิ่มขึ้นทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim (1995) ที่ทดลองนำเนื้อปลาจุ่มในสารละลายกรดแลคติกความเข้มข้น ร้อยละ 2 และ 3 ร่วมกับเชื้อแบคทีเรียแลคติกความเข้มข้น ร้อยละ 2 นาน 1-5 นาที และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ถ้าใช้สารละลายกรดแลคติกความเข้มข้นมากกว่าร้อยละ 3 กับเนื้อปลา กรดจะย่อยกล้ามเนื้อของปลา ส่งผลให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ

ตาราง 12 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นต่าง ๆ (ก่อนทอด)

ความเข้มข้นกรดอะซิติก (%)	ลักษณะทดสอบ			
	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0	$7.40^{a}\pm0.95$	$7.10^{a}\pm0.88$	$7.30^{a}\pm0.99$	$7.30^{a}\pm0.92$
1	$7.20^{a}\pm0.77$	$7.30^{a}\pm0.32$	$7.50^{a}\pm0.99$	$7.40^{a}\pm0.92$
2	$7.60^{a}\pm0.84$	$7.10^{a}\pm0.97$	$7.80^{a}\pm0.82$	$7.50^{a}\pm0.92$
3	$5.70^{b}\pm1.05$	$5.20^{b}\pm0.84$	$5.70^{b}\pm0.66$	$5.80^{b}\pm0.92$
4	$3.80^{c}\pm0.95$	$4.30^{c}\pm0.59$	$3.90^{c}\pm0.35$	$4.30^{c}\pm0.43$

a-c ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตาราง 13 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาซ่อนแดดเดียวที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่าง ๆ (ก่อนทอด)

ความเข้มข้น	ลักษณะทดสอบ			
กรดซิตริก (%)	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0	$7.10^{a}\pm0.72$	$6.80^{a}\pm0.63$	$6.90^{a}\pm0.87$	$7.00^{a}\pm0.66$
1	$7.50^{a}\pm0.70$	$7.00^{a}\pm0.81$	$6.90^{a}\pm0.99$	$7.30^{a}\pm0.82$
2	$7.20^{a}\pm1.02$	$6.90^{a}\pm0.32$	$7.00^{a}\pm0.67$	$7.10^{a}\pm0.56$
3	$5.80^{b}\pm0.78$	$5.90^{b}\pm0.74$	$6.00^{b}\pm0.66$	$5.80^{b}\pm0.63$
4	$4.20^{c}\pm0.91$	$3.80^{c}\pm1.03$	$4.90^{c}\pm0.87$	$4.20^{c}\pm0.63$

a-c ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตาราง 14 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาซ่อนแดดเดียวที่ใช้กรดแลคติกความเข้มข้นต่าง ๆ (ก่อนทอด)

ความเข้มข้น	ลักษณะทดสอบ			
กรดแลคติก (%)	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
0	$7.10^{a}\pm1.58$	$7.30^{a}\pm1.06$	$7.40^{a}\pm1.77$	$7.20^{a}\pm1.16$
1	$7.40^{a}\pm1.66$	$7.50^{a}\pm1.16$	$7.30^{a}\pm0.82$	$7.40^{a}\pm1.48$
2	$7.30^{a}\pm1.29$	$7.50^{a}\pm1.37$	$7.40^{a}\pm1.66$	$7.50^{a}\pm1.71$
3	$5.70^{b}\pm1.65$	$5.70^{b}\pm1.51$	$5.40^{b}\pm1.55$	$5.30^{b}\pm1.73$
4	$4.00^{c}\pm0.85$	$3.60^{c}\pm0.99$	$3.90^{c}\pm0.63$	$3.80^{c}\pm0.82$

a-c ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาซ่อนแดดเดียวที่ผ่านการแช่ในสารละลายกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก หลังทอด (ตาราง 15, 16 และ 17) พบว่า คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และความชอบรวมที่ระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ร้อยละ 1 และ 2 มีคะแนนที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมมากที่สุด โดยที่ระดับความเข้มข้นของกรด ร้อยละ 2 มีคะแนนความชอบรวมสูงที่สุด ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของกรด ร้อยละ 3 และ 4 มีคะแนนทางประสาทสัมผัสที่น้อยกว่า จากความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่เพิ่มมากขึ้นทำให้มีผลต่อเนื้อสัมผัสเนื่องจากโปรตีนถูกทำลาย กลิ่นกรดที่เพิ่มขึ้นทำให้รสชาติและความชอบรวมมีคะแนนลดลง และมีผลต่อสีของตัวอย่าง คือ มีสีซีดลงผู้บริโภคจึงไม่ยอมรับ ซึ่ง

สอดคล้องกับค่า L* a* และ b* ของกรดทั้งสามชนิด (ตาราง 4-6) คือ ความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้น ความสว่างและค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสีแดงลดลง

ตาราง 15 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาซ่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นต่าง ๆ (หลังทอด)

ความเข้มข้น	ลักษณะทดสอบ			
กรดอะซิติก (%)	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
0	$7.70^{a}\pm0.99$	$8.00^{a}\pm0.66$	$6.60^{a}\pm0.48$	$7.30^{a}\pm0.63$
1	$8.00^{a}\pm0.81$	$7.90^{a}\pm0.73$	$7.40^{a}\pm0.97$	$7.40^{a}\pm0.78$
2	$8.00^{a}\pm0.82$	$7.80^{a}\pm0.42$	$6.90^{a}\pm0.52$	$7.50^{a}\pm0.66$
3	$6.20^{b}\pm0.78$	$5.50^{a}\pm0.52$	$6.70^{b}\pm0.45$	$5.70^{b}\pm0.73$
4	$4.80^{c}\pm0.97$	$4.30^{b}\pm0.67$	$5.30^{c}\pm0.51$	$4.40^{c}\pm0.69$

a-c ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตาราง 16 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาซ่อนแดดเดียวที่ใช้กรดซิตริกความเข้มข้นต่าง ๆ (หลังทอด)

ความเข้มข้น	ลักษณะทดสอบ			
กรดซิตริก (%)	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
0	$7.20^{a}\pm0.78$	$7.40^{a}\pm0.69$	$7.90^{a}\pm0.53$	$7.80^{a}\pm1.01$
1	$7.30^{a}\pm0.67$	$7.30^{a}\pm0.82$	$8.10^{a}\pm0.55$	$7.80^{a}\pm0.91$
2	$7.50^{a}\pm0.75$	$7.40^{a}\pm0.84$	$8.00^{a}\pm0.25$	$8.10^{a}\pm0.75$
3	$5.80^{b}\pm0.63$	$6.00^{b}\pm0.81$	$6.00^{b}\pm0.79$	$6.10^{b}\pm0.67$
4	$4.90^{c}\pm0.37$	$4.70^{c}\pm0.67$	$5.00^{c}\pm1.06$	$4.50^{c}\pm0.97$

a-c ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตาราง 17 คะแนนทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดแลคติกความเข้มข้นต่าง ๆ (หลังทอด)

ความเข้มข้น	ลักษณะทดสอบ			
กรดแลคติก (%)	เนื้อสัมผัส	กลิ่น	รสชาติ	ความชอบรวม
0	7.60 ^{ab} ±1.37	7.40 ^{a} ±0.99	7.60 ^{a} ±2.00	7.40 ^{a} ±1.71
1	7.20 ^{b} ±0.97	7.60 ^{a} ±0.88	7.30 ^{a} ±0.92	7.20 ^{a} ±0.88
2	8.10 ^{a} ±1.73	7.60 ^{a} ±1.16	7.80 ^{a} ±1.06	7.90 ^{a} ±1.08
3	6.20 ^{c} ±0.99	6.00 ^{b} ±0.97	6.10 ^{b} ±0.97	6.20 ^{b} ±0.97
4	4.50 ^{d} ±1.17	5.10 ^{c} ±1.45	4.30 ^{c} ±1.25	4.70 ^{c} ±1.16

a-d ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการศึกษาหาความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ที่เหมาะสม พบว่า ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ที่เหมาะสมในการแช่ปลาช่อนแดดเดียว คือ ร้อยละ 2 เนื่องจากสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน:ปลาแดดเดียว (มผช.298/2549) และได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุดในทุก ๆ ลักษณะการทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khalid (2007a) ทำการศึกษาผลของเกลือของกรดอะซิติกร้อยละ 2.5 ในชิ้นปลาแซลมอล สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้โดยเก็บรักษาได้นานกว่าเดิม 0.5 เท่า ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติกร้อยละ 3 และ 4 ในการแช่ปลาช่อนแดดเดียว สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน แต่ได้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสที่ไม่ดี เนื่องจากปริมาณของกรดอะซิติกมากเกินไป ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sundar and Zhang (2006) ที่ศึกษาผลของกรดแลคติกร้อยละ 1, 2, 4 และ 6 ที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมู พบว่าที่ระดับความเข้มข้นของกรดแลคติกร้อยละ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม แต่ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 และ 6 ได้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี

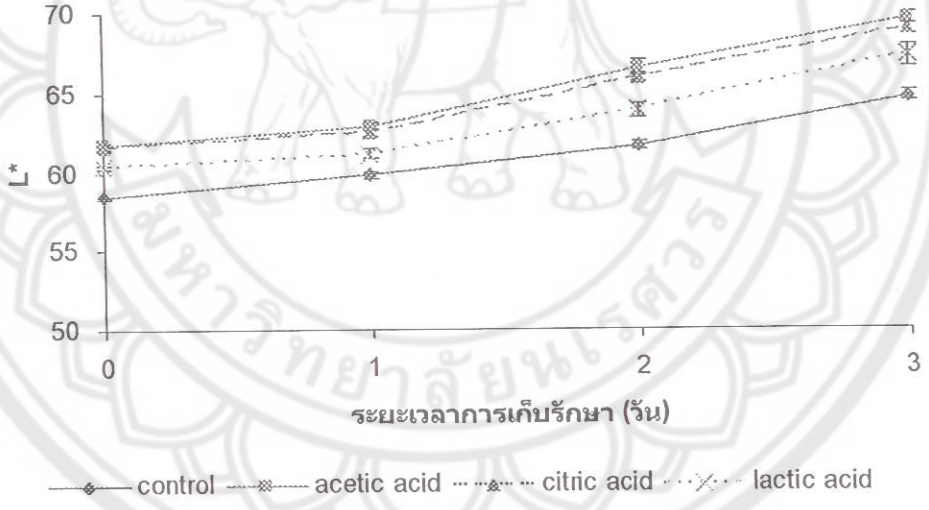
ตอนที่ 4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก

ทำการผลิตปลาช่อนแดดเดียวโดยใช้ความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกร้อยละ 2 เปรียบเทียบกับปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้แช่กรดอินทรีย์ บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทีลีน (LDPE) บรรจุในสภาวะปกติ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น (32±2 และ 5±2 องศา

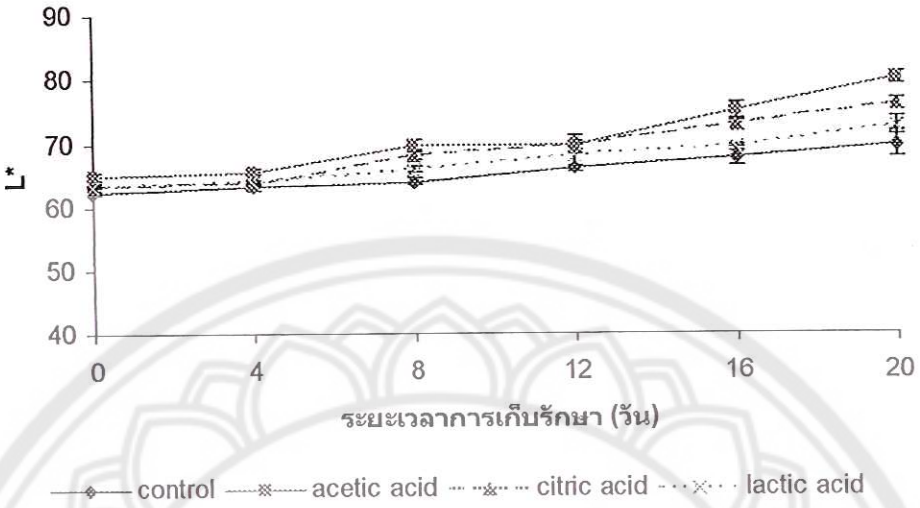
เซลเซียส) สุ่มตัวอย่างตรวจทุกวัน และทุก 4 วัน ตามลำดับ จนกว่าตัวอย่างไม่เป็นที่ยอมรับหรือมีจุลินทรีย์เกินมาตรฐาน

คุณภาพทางกายภาพ

จากการวิเคราะห์ค่า L* (ภาพ 7 และ 8) ที่บ่งถึงค่าความสว่าง พบว่า กรดและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า L* ($p \leq 0.05$) คือ ตัวอย่างที่ใช้กรดมีค่า L* สูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด แสดงว่ากรดอินทรีย์มีผลทำให้ตัวอย่างมีความสว่างมากขึ้น โดยตัวอย่างที่ใช้กรดอะซิติก และกรดซิตริกจะมีค่าความสว่างมากกว่าการใช้กรดแลคติก และระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้นส่งผลให้ตัวอย่างมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jensen, et al. (2003) ศึกษาผลของเกลือของกรดแลคติกและกรดอะซิติก ที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมู พบว่า เนื้อหมูที่แช่สารละลายเกลือของกรดจะมีสีสว่างมากกว่าเนื้อหมูที่ไม่ใช้เกลือของกรด และมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

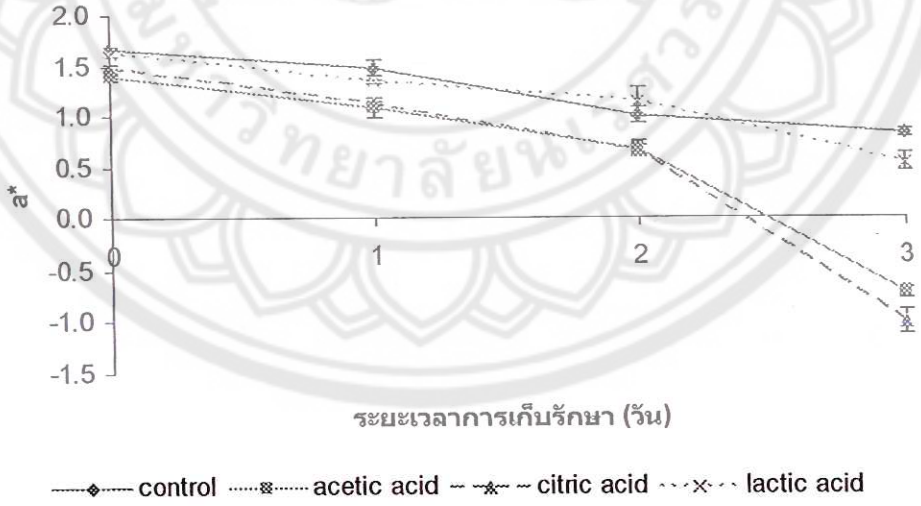


ภาพ 7 ค่า L* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

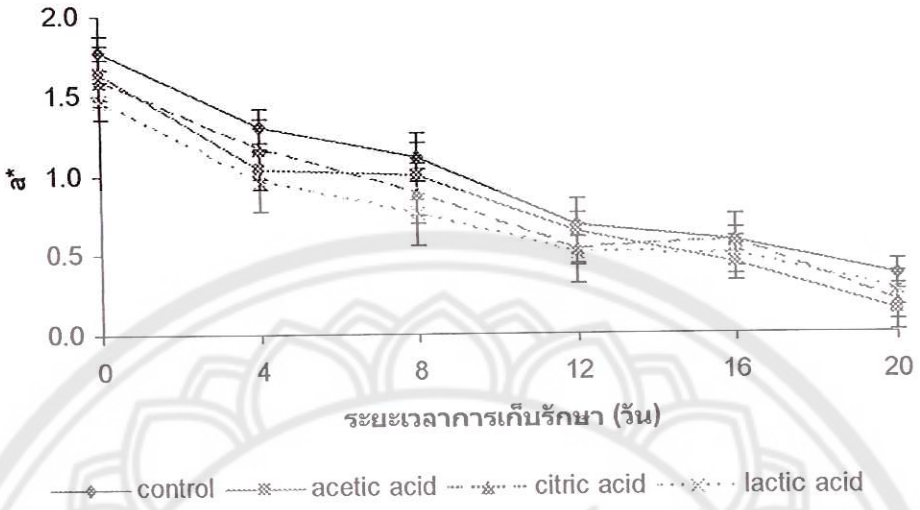


ภาพ 8 ค่า L* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

จากการวิเคราะห์ค่า a* (ภาพ 9 และ 10) ที่บ่งถึงค่าสีแดง พบว่า ในการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น กรดและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อค่า a* ($p \leq 0.05$) คือ ค่า a* ของตัวอย่างที่ใช้กรดมีค่าสีแดงน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด โดยค่าสีแดงมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

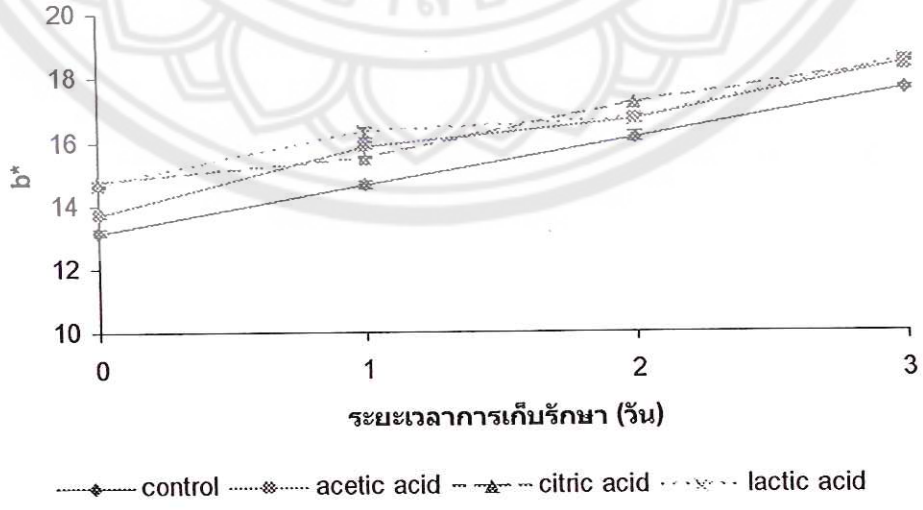


ภาพ 9 ค่า a* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

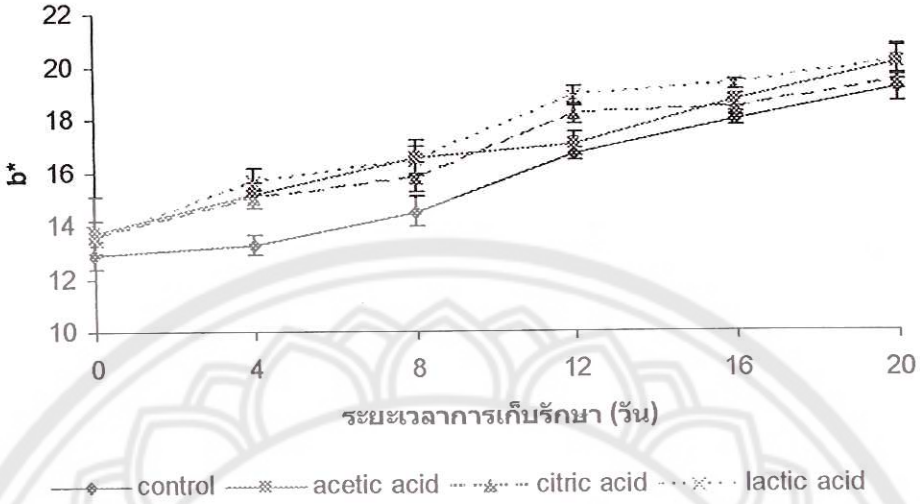


ภาพ 10 ค่า a* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

จากการวิเคราะห์ค่า b* (ภาพ 11 และ 12) ที่บ่งถึงค่าสีเหลือง พบว่า ในการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น ตัวอย่างที่ใช้กรดมีค่าสีเหลืองมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด แสดงว่ากรดมีผลต่อค่าสีเหลือง ($p \leq 0.05$) และระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าสีเหลือง ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อเก็บรักษานานขึ้นค่าสีเหลืองมีค่าสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jensen, et al. (2003) ที่ศึกษาผลของเกลือของกรดแลคติก และกรดอะซิติกต่อคุณภาพของเนื้อหมู พบว่า เนื้อหมูที่ใช้เกลือของกรดจะมีสีเหลืองมากกว่าเนื้อหมูที่ไม่ใช้เกลือของกรด และมีค่าสีเหลืองลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น



ภาพ 11 ค่า b* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

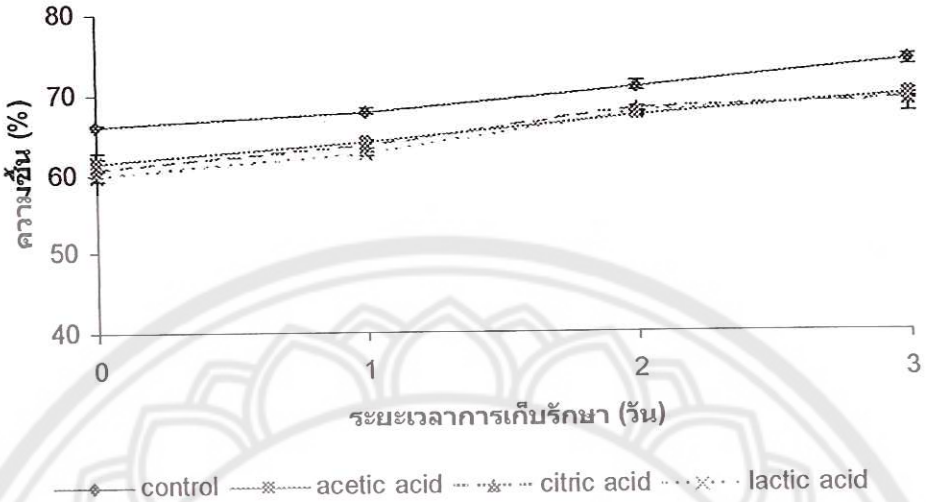


ภาพ 12 ค่า b* ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

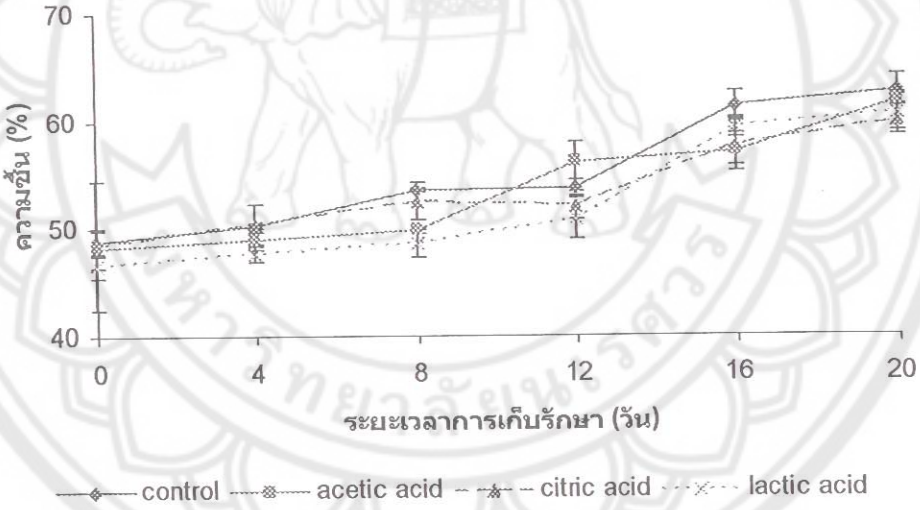
จากการวิเคราะห์ค่าสีของปลาช่อนแดดเดียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิตู้เย็น พบว่าตัวอย่างที่ใช้กรดจะมีค่าสีเหลือง และค่าความสว่างมากกว่า แต่จะมีค่าสีแดงน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นตัวอย่างมีค่าสีเหลืองและค่าความสว่างสูงขึ้น ส่วนค่าสีแดงลดลง โดยตัวอย่างที่ใช้กรดจะมีค่าสีแดงน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด คือตัวอย่างมีสีซีดขาว และมีสีชมพูลดลง แสดงว่ากรดและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่าสีของตัวอย่าง

คุณภาพทางเคมี

จากการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ภาพ 13 และ 14) พบว่า ในการเก็บรักษาทั้งอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น การใช้กรดและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณความชื้น ($p \leq 0.05$) คือ ตัวอย่างที่ใช้กรดจะมีปริมาณความชื้นน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด เนื่องจากกรดทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนลดลง แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นตัวอย่างมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากถุงบรรจุที่ใช้ไม่ได้ป้องกันการซึมผ่านของไอน้ำและอากาศ โดยตัวอย่างที่ใช้กรดมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด สอดคล้องกับงานวิจัยของสุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช (2547) ที่ศึกษาผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกต่อคุณภาพของกุ้งแห้ง ความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 0.4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 และ 25±2 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณความชื้นสูงขึ้นเมื่อเก็บในระยะเวลาที่นานขึ้น โดยที่กุ้งแห้งที่บรรจุแบบสุญญากาศร่วมกับการใช้สารดูดความชื้นมีปริมาณความชื้นน้อยกว่ากุ้งแห้งที่บรรจุแบบปกติร่วมกับสารดูดความชื้น



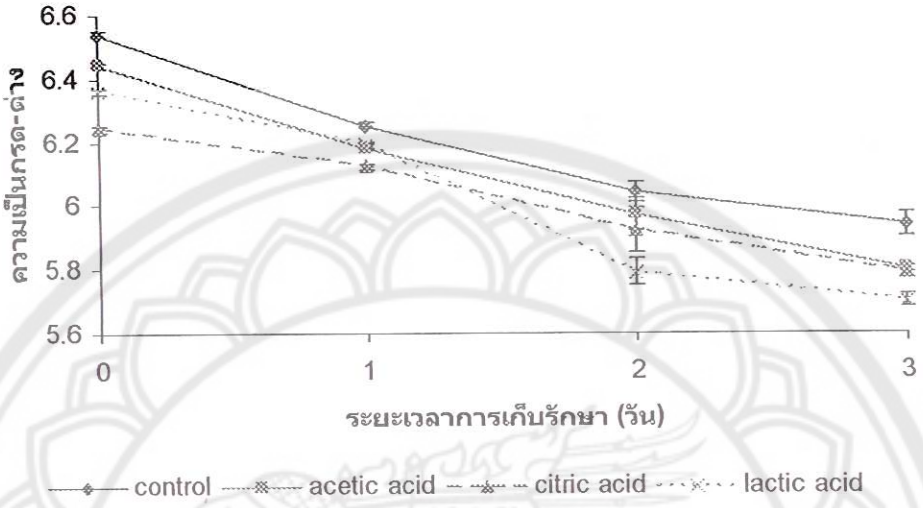
ภาพ 13 ปริมาณความชื้นของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



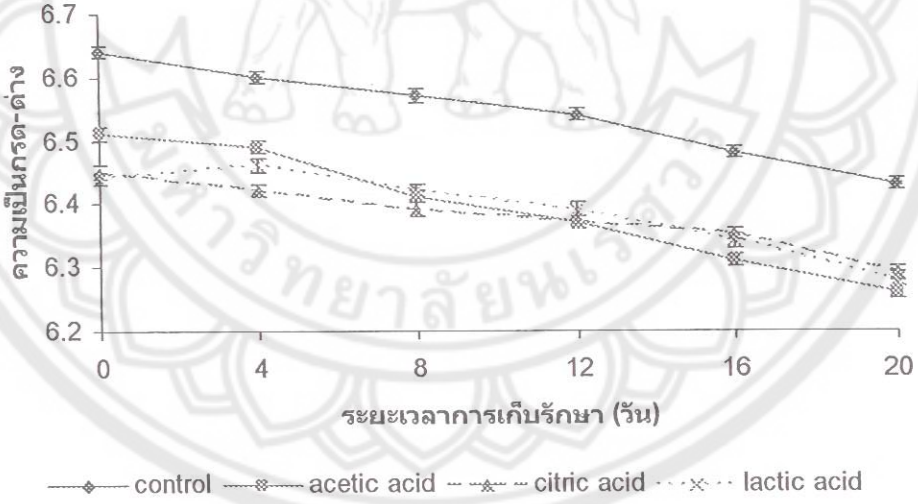
ภาพ 14 ปริมาณความชื้นของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น (ภาพ 15 และ 16) พบว่า กรดมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่าง ($p \leq 0.05$) โดยมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้กรด เนื่องจากการใช้กรดมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ดังนั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างจึงลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Dykes, et al. (1996) ที่ศึกษาการใช้กรดอะซิติก ร้อยละ 2 กรดแลคติก ร้อยละ 0.8 กรดซิตริก ร้อยละ 0.25 และกรดแอสคอร์บิก ร้อยละ

0.1 พบว่า ตัวอย่างที่ใช้กรดมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ลดลงส่งผลให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด



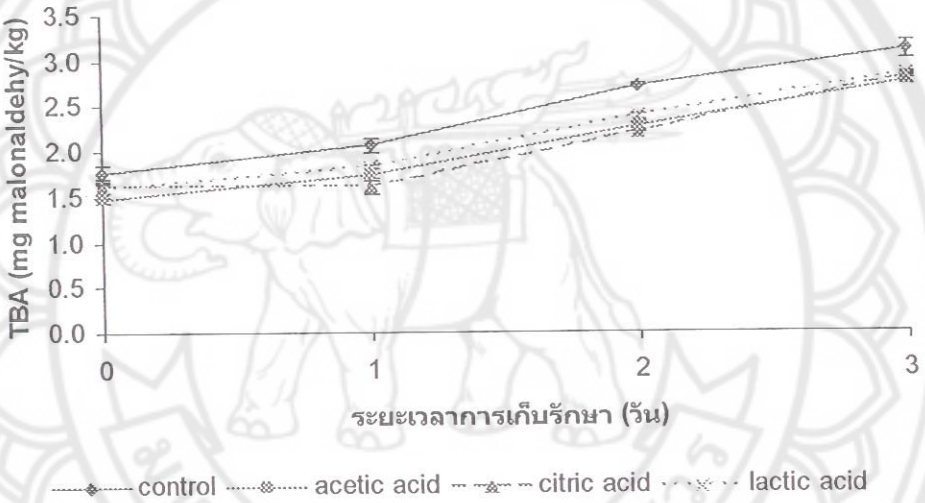
ภาพ 15 ค่าความเป็นกรด-ด่างของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



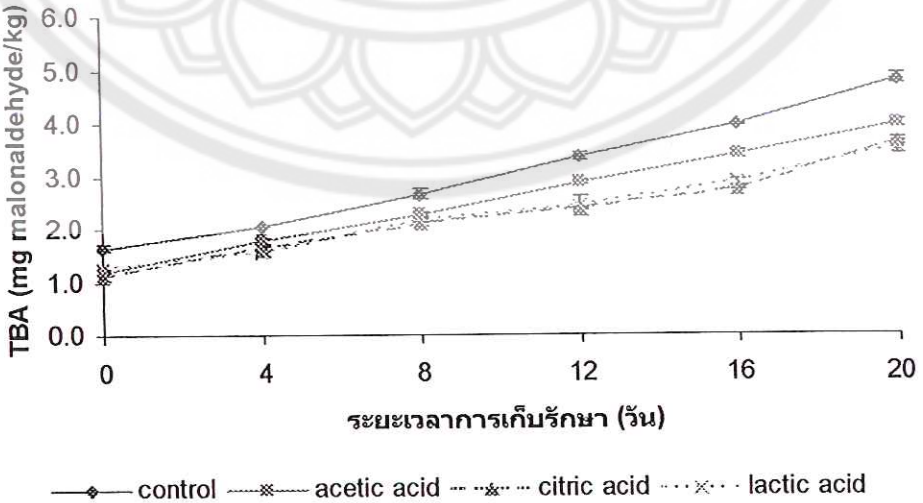
ภาพ16 ค่าความเป็นกรด-ด่างของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

จากการวิเคราะห์ค่า TBA (ภาพ 17 และ 18) พบว่า การใช้กรดและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่า TBA ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่างมีค่า TBA เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งตัวอย่างที่ใช้กรดมีค่า TBA น้อยกว่าตัวอย่างไม่ใช้กรด สอดคล้องกับงานของ Khalid (2007b) ที่ศึกษาการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของชิ้นปลาแซลมอนแช่เย็นโดยใช้เกลือของกรดอินทรีย์ คือ โซเดียมอะซิเตท โซเดียมซิเตรท และโซเดียมแลคเตท ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5

เก็บที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส พบว่า การใช้โซเดียมซิเตรท โซเดียมอะซิเตท และโซเดียมแลคเตท มีค่า PV และ ค่า TBA น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่แช่สารละลาย ในการเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันได้ดีกว่าเก็บที่อุณหภูมิห้อง ค่า TBA ที่ได้จึงต่างกัน นอกจากนี้ระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นยังทำให้ตัวอย่างเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันเมื่อสัมผัสกับอากาศได้มากขึ้น ค่า TBA จึงเพิ่มขึ้น Quilo, et al. (2009) พบว่า เมื่อเก็บรักษาเนื้อได้ 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ตัวอย่างที่แช่ในสารละลายโปแตสเซียมแลคเตท กรดเปอร์ออกซีอะซิติก โซเดียมเมทาซิลิเคท และอะซิดิไฟด์โซเดียมคลอไรด์ มีค่า TBA น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม โดยที่ยังคงมีคะแนนด้านกลิ่นเป็นที่ยอมรับอยู่

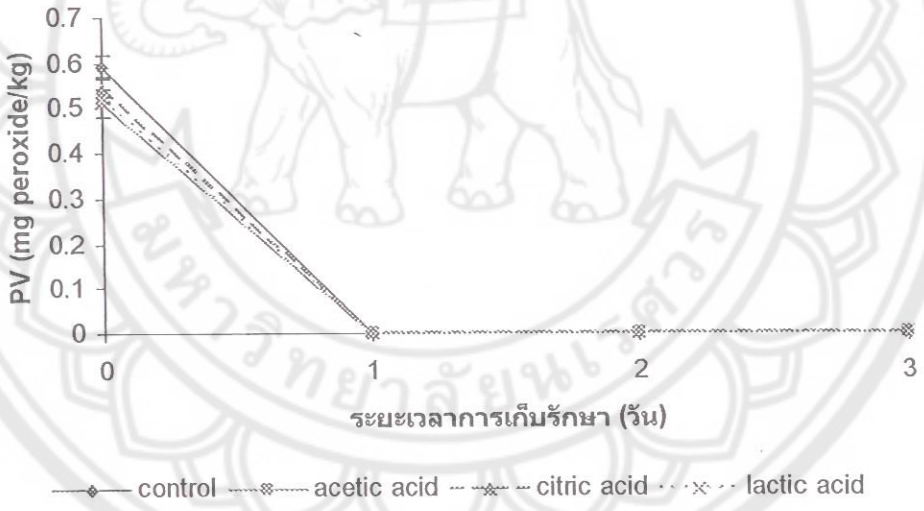


ภาพ 17 ค่า TBA ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

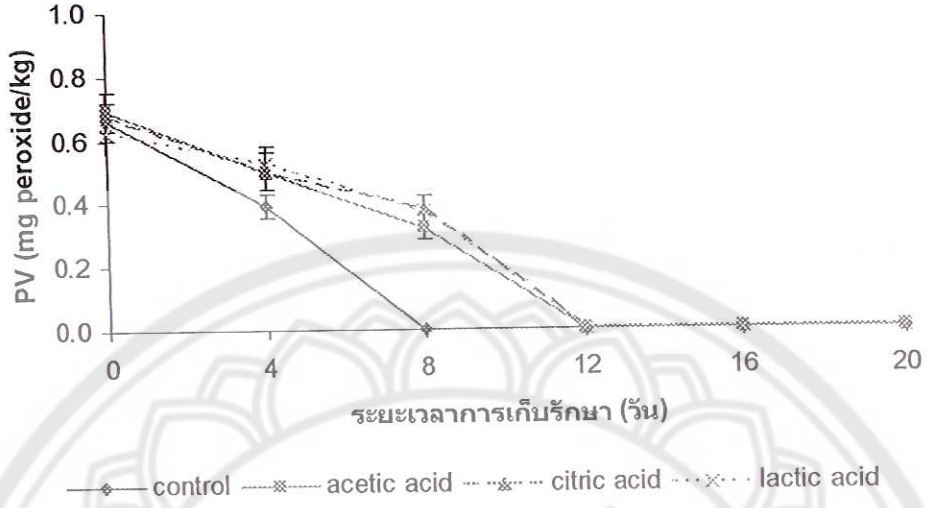


ภาพ 18 ค่า TBA ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

จากการวิเคราะห์ค่า PV ของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ภาพ 19) พบว่า การใช้กรดและระยะการเก็บรักษามีผลต่อค่า PV ($p \leq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ใช้กรดจะมีค่า PV น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด โดยตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่างมีค่า PV ลดลง เมื่อเก็บรักษาได้ 1 วัน หลังจากนั้นไม่พบค่า PV เนื่องจากเพอร์ออกไซด์สามารถหาพบได้ในขั้นตอนแรกของการเกิดออกซิเดชัน คือ ขั้นตอนการเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งเกิดจากออกซิเจนทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวทำให้เกิดไฮโดรเพอร์ออกไซด์ โดยไฮโดรคาร์บอนตรงตำแหน่งพันธะคู่สูญเสียไฮโดรเจนอะตอมทำให้เกิดเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งในระหว่างการเกิดออกซิเดชันค่าเพอร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุด และลดต่ำลงเมื่อเข้าสู่ขั้นตอนที่สองของการเกิดออกซิเดชัน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2551) ส่วนตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ภาพ 20) พบว่า กรดและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อค่า PV ($p \leq 0.05$) คือ ตัวอย่างที่ใช้กรดจะมีค่า PV ลดลงช้ากว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด โดยตัวอย่างที่ใช้กรดมีค่า PV ลดลงเมื่อเก็บรักษาได้ 8 วัน ส่วนตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีค่า PV ลดลงเมื่อเก็บรักษาได้ 12 วัน แสดงว่า กรดมีผลต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันขั้นแรกได้



ภาพ 19 ค่า PV ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

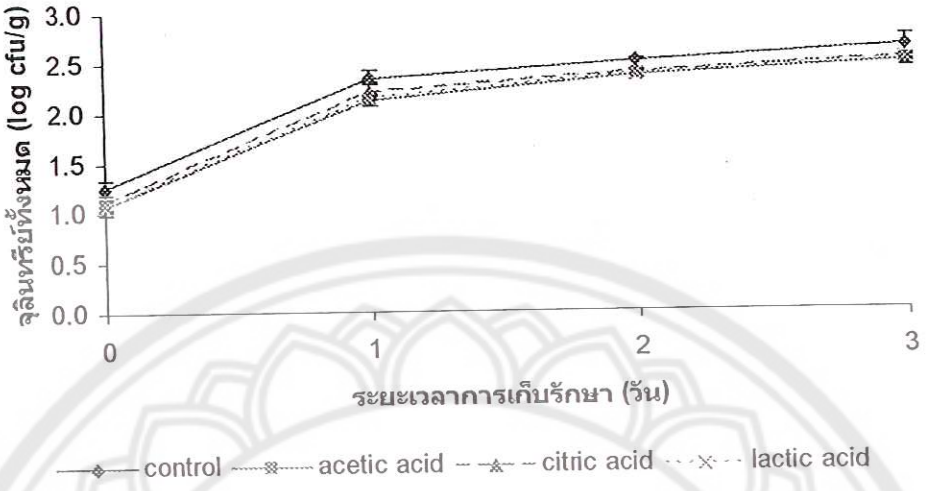


ภาพ 20 ค่า PV ของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

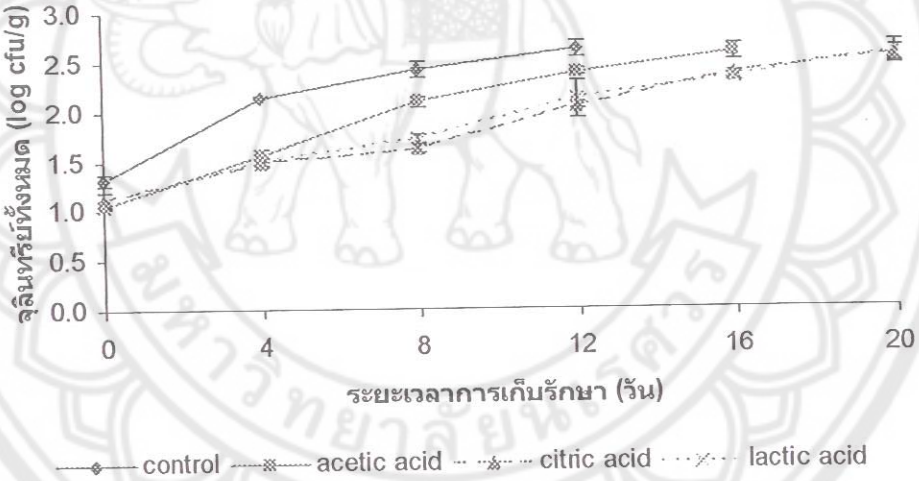
จากการวิเคราะห์ทางเคมีของปลาช่อนแดดเดียวเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง และอุณหภูมิตู้เย็น พบว่า ตัวอย่างที่ใช้กรดมีปริมาณความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง ค่า PV และ ค่า TBA น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด และมีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น

คุณภาพทางจุลินทรีย์

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (ภาพ 21 และ 22) พบว่าตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่าง มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น และที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน ตัวอย่างที่ใช้กรดมีการเจริญของจุลินทรีย์น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด ทั้งนี้เนื่องมาจากกรดทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณความชื้นลดลง ดังนั้น จุลินทรีย์บางชนิดจึงไม่สามารถเจริญได้ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจึงลดลง ส่วนตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิห้องจะมีการเจริญของจุลินทรีย์เร็วกว่าตัวอย่างที่เก็บที่อุณหภูมิตู้เย็น เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาที่สูงกว่าส่งผลต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เยาวลักษณ์ รัตนพรวารีสกุล (2539) ที่ทำการศึกษาผลของกรดซิตริกต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากุ้งแห้ง พบว่ากุ้งแห้งที่จุ่มกรดซิตริกร้อยละ 0.1 มีอายุการเก็บรักษานานกว่า 14 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 10±2 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับกุ้งแห้งที่ไม่จุ่มกรดซิตริก



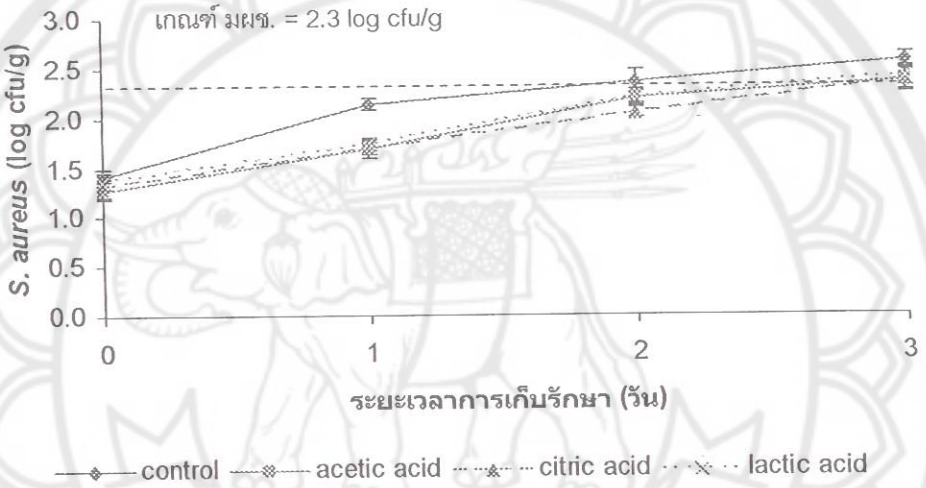
ภาพ 21 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



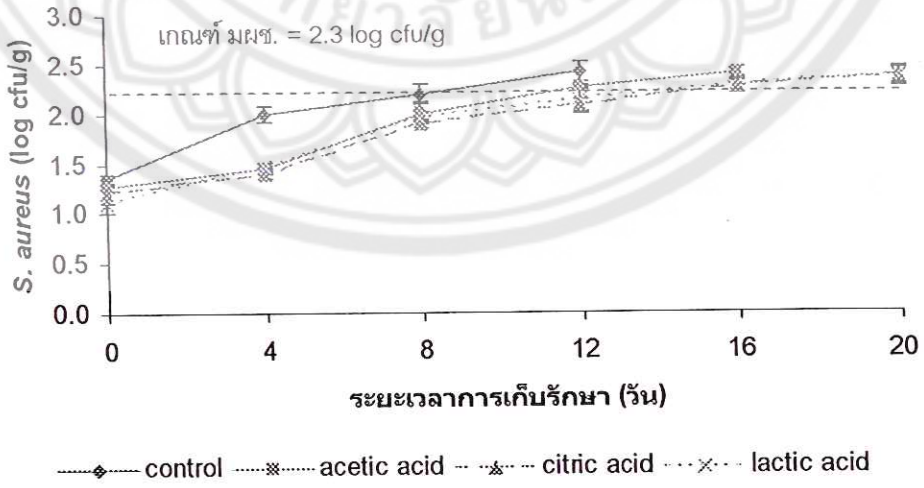
ภาพ 22 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

จากการวิเคราะห์ปริมาณ *S. aureus* ของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น (ภาพ 23 และ 24) พบว่า ตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่างมีปริมาณ *S. aureus* เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น การที่พบ *S. aureus* ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกที่ใช้ คือ ร้อยละ 2 มีความเข้มข้นน้อยเกินไป (มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.38, 6.40 และ 6.37 ตามลำดับ) จึงไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ได้อย่างสมบูรณ์ โดย Jay (2000) กล่าวว่า ถ้าลดค่าความเป็นกรด-ด่างให้ต่ำกว่า 4 จะสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้ แต่ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ต่ำกว่า 4 จะต้องใช้ความเข้มข้นของ

กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก สูงถึงร้อยละ 6 ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่สูงเกินไป ผู้บริโภคจึงไม่ยอมรับ สอดคล้องกับผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสก่อนทอด (ตาราง 13-15) อีกทั้ง *S. aureus* สามารถทนความร้อนได้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (Adam and Moss, 1995) จึงทำให้สามารถพบเชื้อนี้หลังจากผ่านการอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น จึงพบการเจริญของเชื้อ *S. aureus* เพิ่มมากขึ้น โดยตัวอย่างที่ใช้กรดมีการเจริญของเชื้อช้ากว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด



ภาพ 23 ปริมาณ *S. aureus* ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



ภาพ 24 ปริมาณ *S. aureus* ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

จากการวิเคราะห์ปริมาณ *E. coli* ของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น (ตาราง 18 และ 19) พบว่า ตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่าง ไม่พบเชื้อ *E. coli* ตลอดระยะเวลาในการเก็บรักษา

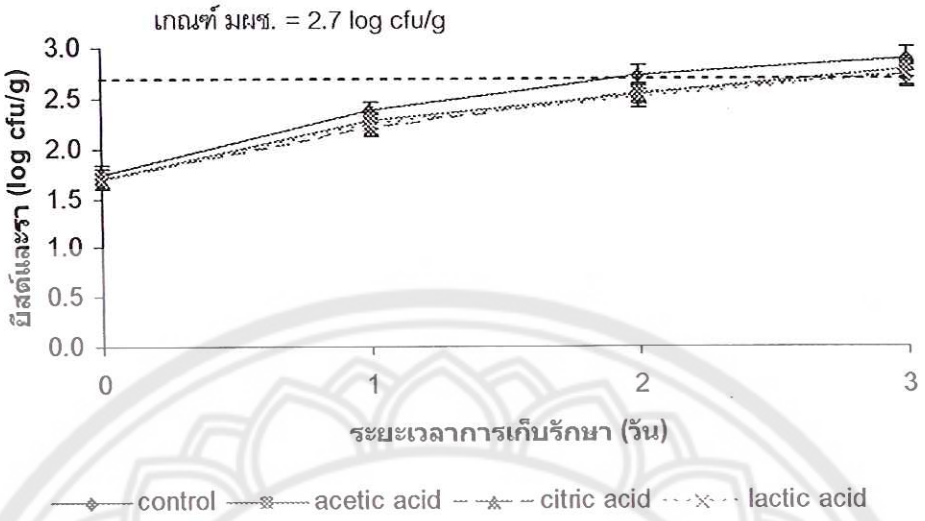
ตาราง 18 ปริมาณ *E. coli* ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)				
ตัวอย่าง	0	1	2	3	4
ไม่ใช้กรด	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
กรดอะซิติก	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
กรดซิตริก	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
กรดแลคติก	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

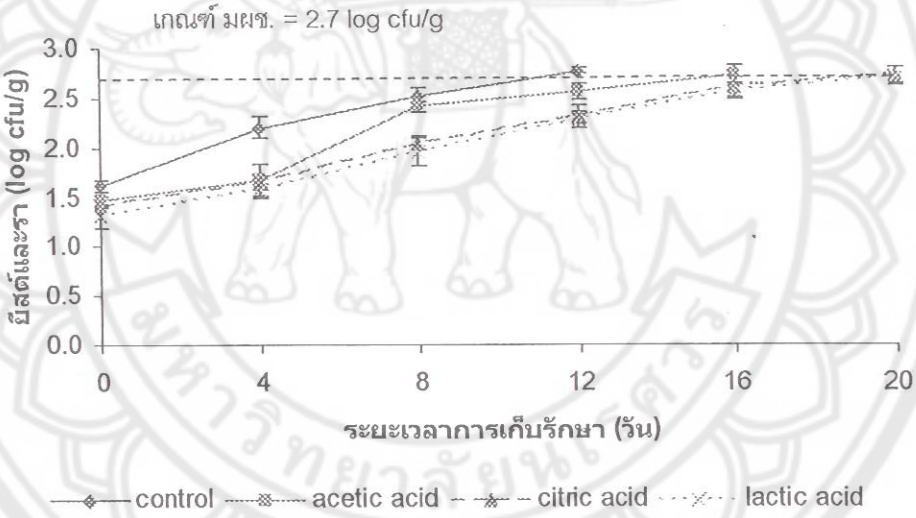
ตาราง 19 ปริมาณ *E. coli* ของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

	ระยะเวลาในการเก็บรักษา (วัน)					
ตัวอย่าง	0	4	8	12	16	20
ไม่ใช้กรด	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
กรดอะซิติก	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
กรดซิตริก	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
กรดแลคติก	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

จากการวิเคราะห์ปริมาณยีสต์และรา (ภาพ 25 และ 26) พบว่า ตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่าง มีปริมาณยีสต์และราเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งการใช้กรดมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของยีสต์และรา โดยตัวอย่างที่ใช้กรดมีการเจริญของยีสต์และราน้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด



ภาพ 25 ปริมาณยีสต์และราของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง



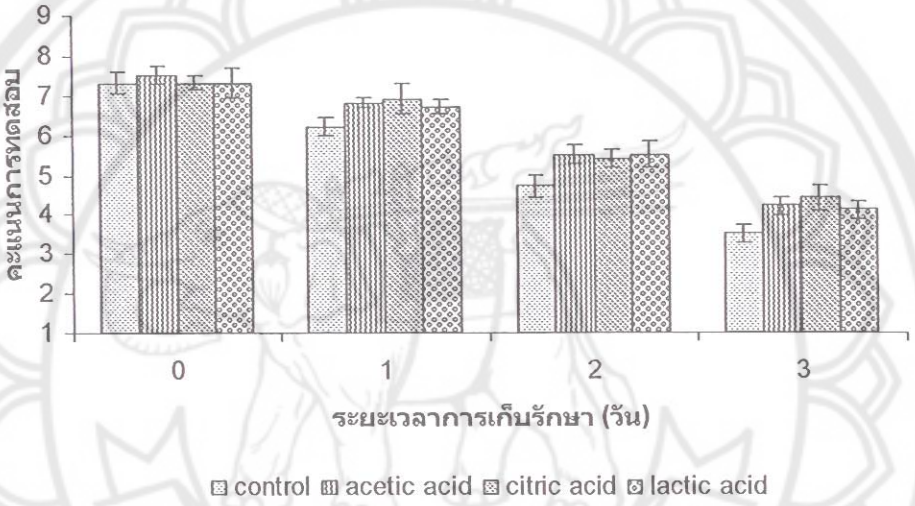
ภาพ 26 ปริมาณยีสต์และราของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

จากการวิเคราะห์ทางด้านจุลินทรีย์ของตัวอย่างที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีปริมาณ *S. aureus* และปริมาณยีสต์และราเกินมาตรฐานหลังจากเก็บรักษาได้ 1 วัน ส่วนตัวอย่างที่ใช้กรดมีปริมาณ *S. aureus* และปริมาณยีสต์และราเกินมาตรฐานหลังจากเก็บรักษาได้ 2 วัน ส่วนในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีปริมาณ *S. aureus* และปริมาณยีสต์และราเกินมาตรฐานหลังจากเก็บรักษาได้ 8 วัน ส่วนตัวอย่างที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก มีปริมาณ *S. aureus* และปริมาณยีสต์และราเกินมาตรฐานหลังจากเก็บรักษาได้12 วัน 16 วัน และ 16 วัน ตามลำดับ และไม่พบ *E. coli* ในทุกตัวอย่างตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

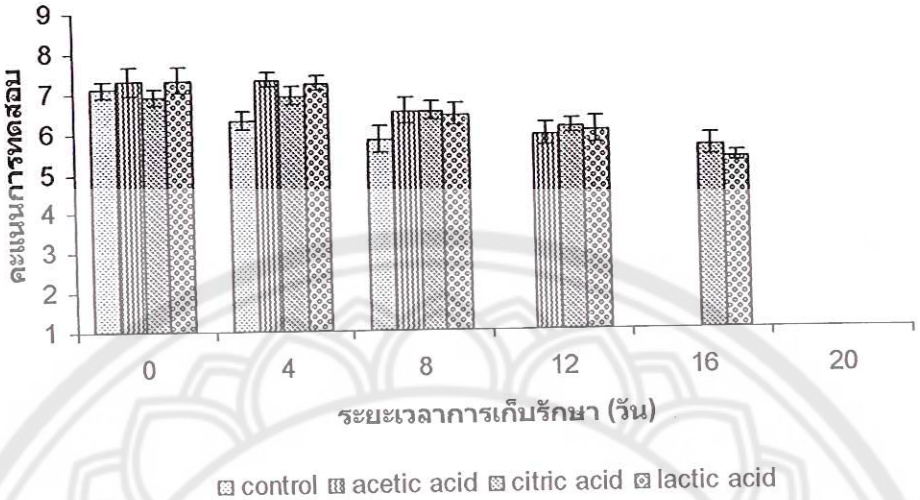
ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ 1) *S. aureus* ต้องน้อยกว่า 200 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม 2) *E. coli* ต้องน้อยกว่า 50 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม 3) ยีสต์และราต้องไม่เกิน 500 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

คุณภาพทางประสาทสัมผัส (ก่อนทอด)

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสก่อนทอดด้านสี (ภาพ 27 และ 28) พบว่า กรดไม่มีผลต่อคะแนนความชอบด้านสี ($p>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของกรดที่ใช้มีปริมาณไม่มากเกินที่จะทำให้ตัวอย่างมีสีเปลี่ยนไป

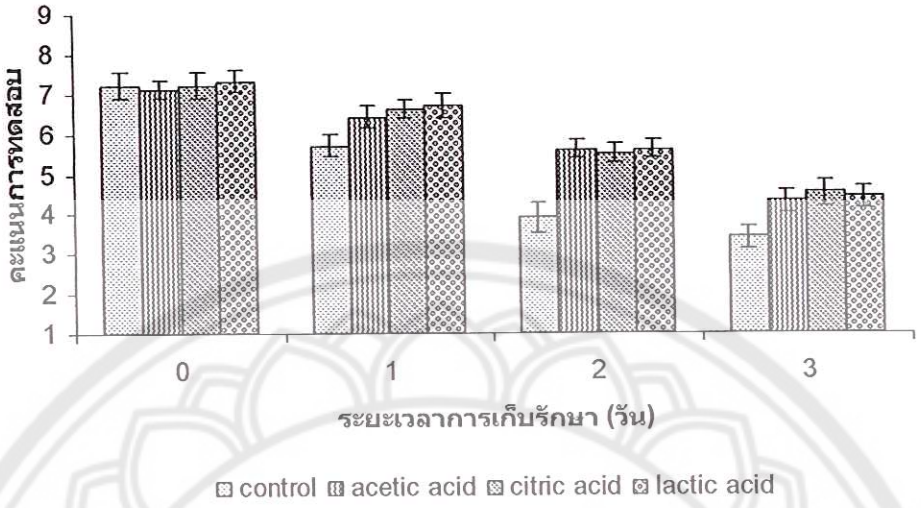


ภาพ 27 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสีของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ก่อนทอด)

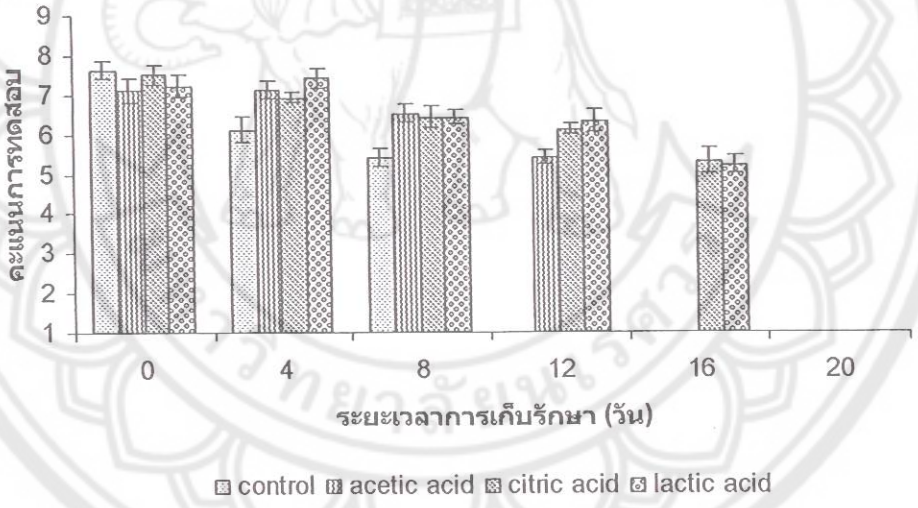


ภาพ 28 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านสีของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ก่อนทอด)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น (ภาพ 29 และ 30) พบว่า ตัวอย่างที่ใช้กรดมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นสูงกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด แต่ชนิดของกรดที่ใช้ให้คะแนนด้านกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และคะแนนด้านกลิ่นของตัวอย่างทั้งหมดจะลดลงเมื่อเก็บรักษานานขึ้น ($p\leq0.05$) จากผลที่ได้แสดงว่ากรดสามารถช่วยในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ แต่เมื่อเก็บรักษานานขึ้นจุลินทรีย์เจริญได้มากขึ้น เกิดการเน่าเสียทำให้เกิดกลิ่นเหม็น สอดคล้องกับปริมาณที่เพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ทั้งหมดเมื่อเก็บรักษานานขึ้น (ภาพ 21 และ 22) เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ (2536) กล่าวว่า จุลินทรีย์สามารถสร้างเอนไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีนได้ เอนไซม์ที่สร้างขึ้นจะย่อยสลายโมเลกุลของโปรตีน สายเปปไทด์ หรือกรดอะมิโนอิสระทำให้เกิดสารประกอบพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย เอมีน ซึ่งสารเหล่านี้จะส่งผลให้เนื้อมีกลิ่นเหม็นเน่าเกิดขึ้น จึงส่งให้มีคะแนนด้านกลิ่นลดลง



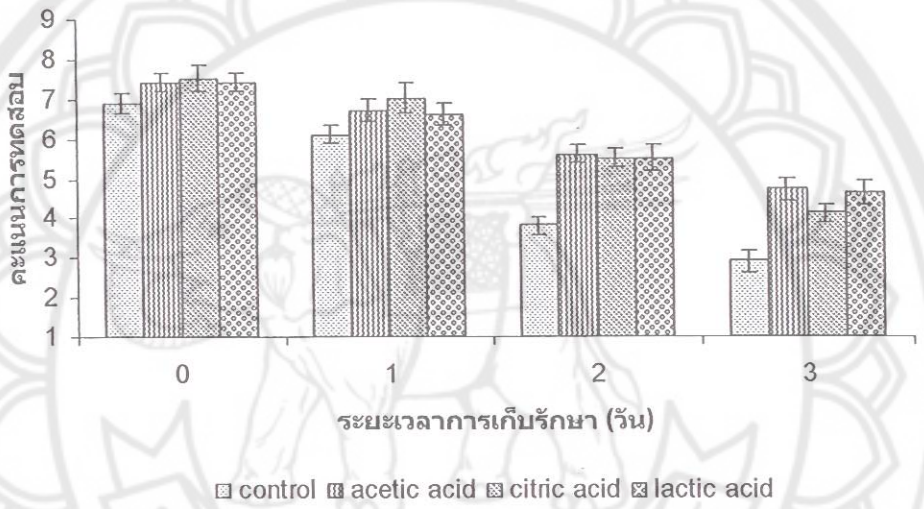
ภาพ 29 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ก่อนทอด)



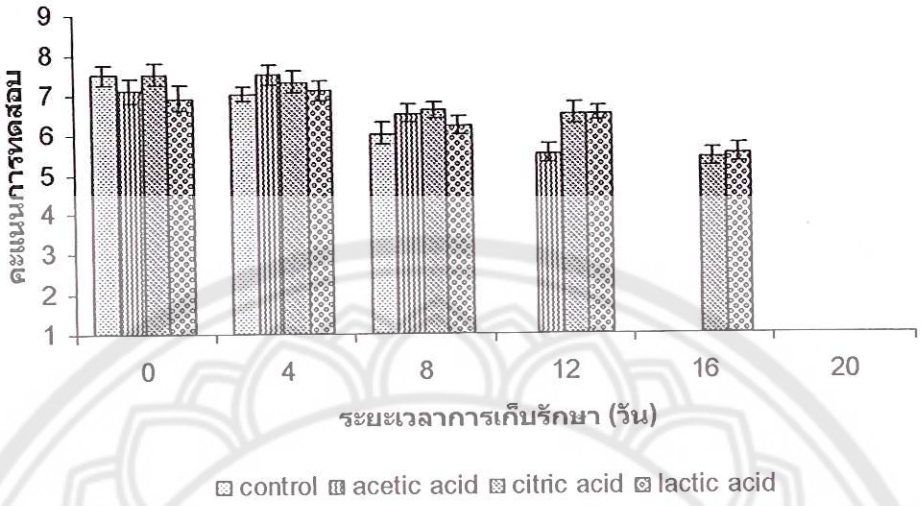
ภาพ 30 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ก่อนทอด)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส (ภาพ 31 และ 32) พบว่า การใช้กรดและระยะเวลาการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส ($p \leq 0.05$) คือ ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิตู้เย็น ตัวอย่างที่ใช้กรดมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น อาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์อย่างรวดเร็วในตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด ทำให้ตัวอย่างเกิดการเสื่อมเสียเกิดเมือก

บริเวณผิวหน้าของตัวอย่างส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส เยาวลักษณ์ สุวพันธพิศิษฐ์ (2536) กล่าวว่า ในการใช้กรดอ่อน เช่น น้ำส้มสายชู หรือน้ำมะนาวในการหมักเนื้อจะช่วยให้เกิดการบวมน้ำของคอลลาเจน ทำให้พันธะไฮโดรเจนที่อยู่ภายในคอลลาเจนถูกตัดขาดส่งผลทำให้เนื้อนุ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ณัฐพล ฟ้าภิญโญ (2550) ที่ศึกษาคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาปูนิ่มโดยใช้ กรดอะซิติก ร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 กรดแลคติก ร้อยละ 1.0, 1.5 และ 2.0 และกรดแอสคอร์บิก ร้อยละ 0.5, 0.75 และ 1.0 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า ปูนิ่มมีลักษณะอ่อนนิ่ม เปื่อยยุ่ย อวัยวะบางส่วนหลุดออกเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น

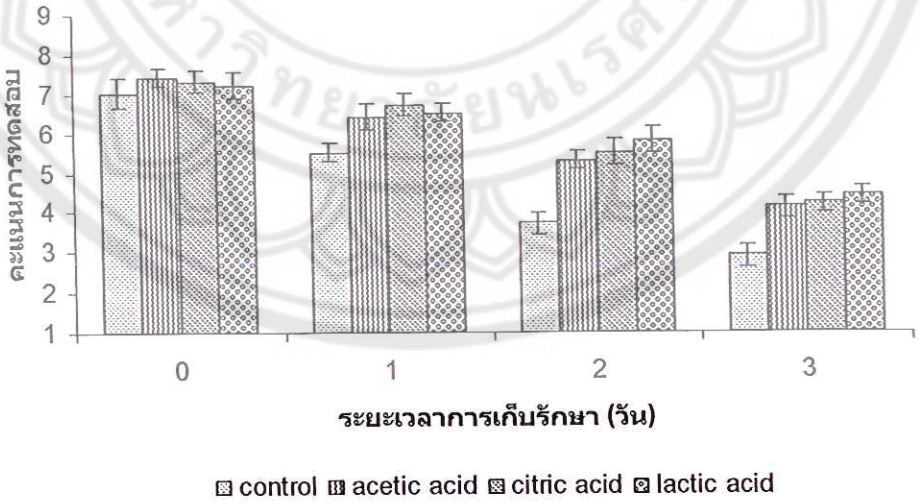


ภาพ 31 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ก่อนทอด)

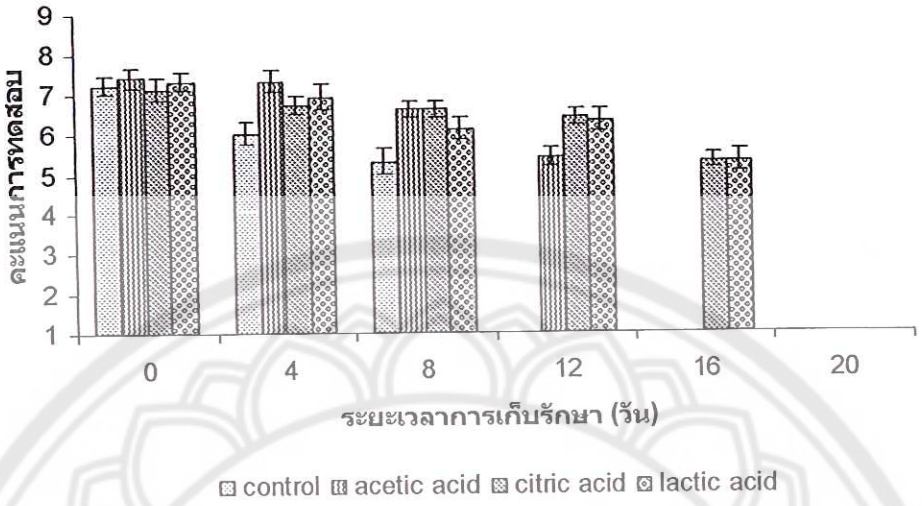


ภาพ 32 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ก่อนทอด)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวม (ภาพ 33 และ 34) พบว่า กรดและระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนความชอบรวมของตัวอย่าง ($p \leq 0.05$) คือ ตัวอย่างที่ใช้กรดมีคะแนนความชอบรวมมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด เมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น ตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่างมีคะแนนความชอบรวมลดลง



ภาพ 33 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ก่อนทอด)

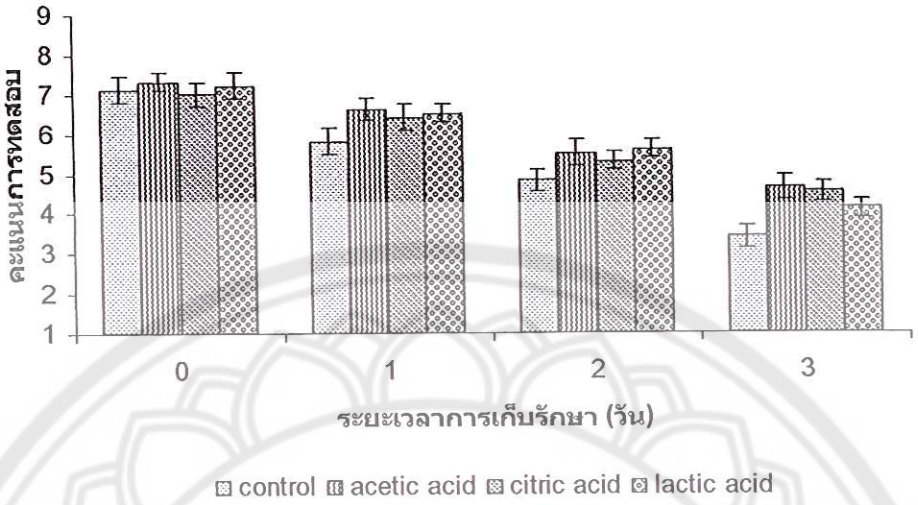


ภาพ 34 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านชอบรวมของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (ก่อนทอด)

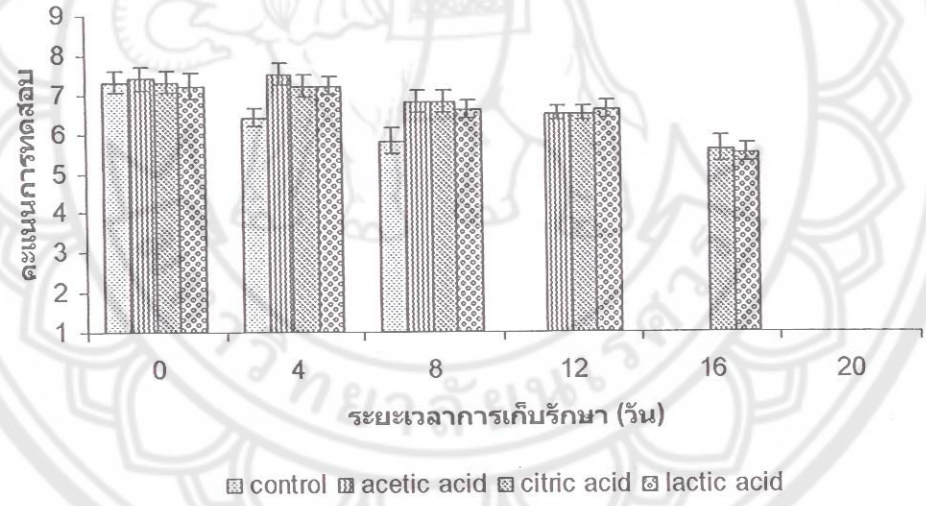
จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาซ่อนแดดเดียวก่อนทอด พบว่า ปลาซ่อนแดดเดียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบรวม ยังเป็นที่ยอมรับ คือมีคะแนนมากกว่า 5 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 1 วัน และตัวอย่างที่ใช้กรดเก็บรักษาได้ 2 วัน ส่วนปลาซ่อนแดดเดียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และคะแนนความชอบรวมมากกว่า 5 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 8 วัน ตัวอย่างที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก มีคะแนนความชอบรวมมากกว่า 5 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 12, 16 วัน และ 16 วัน ตามลำดับ จากผลข้างต้น พบว่า อุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ต่างกันจะมีอายุการเก็บรักษาต่างกัน เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นคะแนนการยอมรับในทุกคุณลักษณะน้อยลง เนื่องจากตัวอย่างเกิดการเน่าเสียมากขึ้น

คุณภาพทางประสาทสัมผัส (หลังทอด)

ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสหลังทอด ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น (ภาพ 35 และ 36) พบว่า ตัวอย่างที่ใช้กรดมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด โดยตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่าง มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น แสดงว่าทั้งกรด และระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นของตัวอย่าง ($p \leq 0.05$)

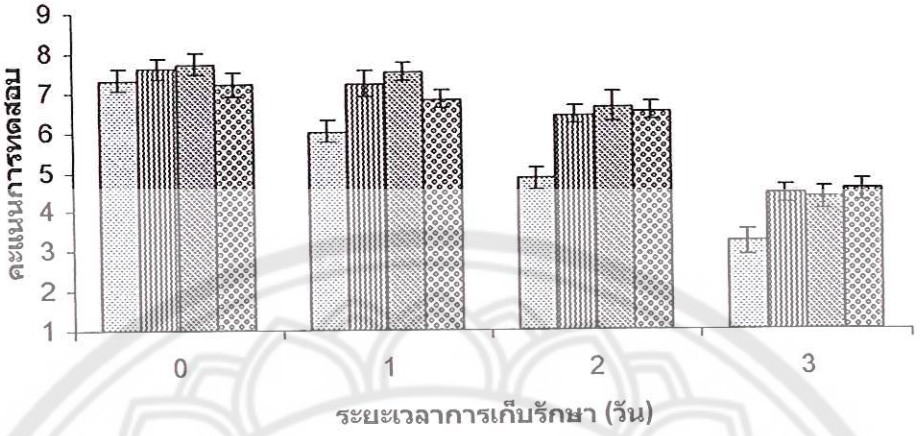


ภาพ 35 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (หลังทอด)

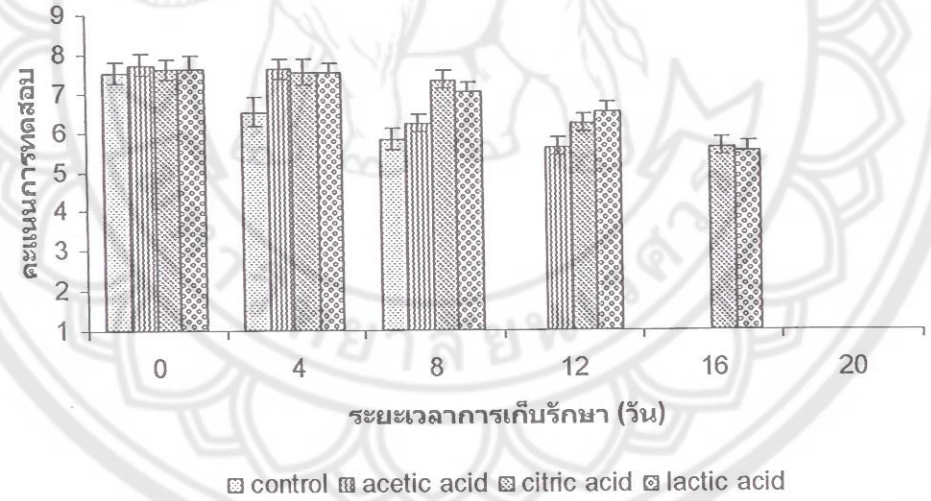


ภาพ 36 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (หลังทอด)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ (ภาพ 37 และ 38) พบว่า กรด และระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนความชอบด้านรสชาติของตัวอย่าง ($p \leq 0.05$) คือ ตัวอย่างที่ใช้กรดมีคะแนนความชอบมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด โดยตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่างจะมีคะแนนความชอบด้านรสชาติลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น



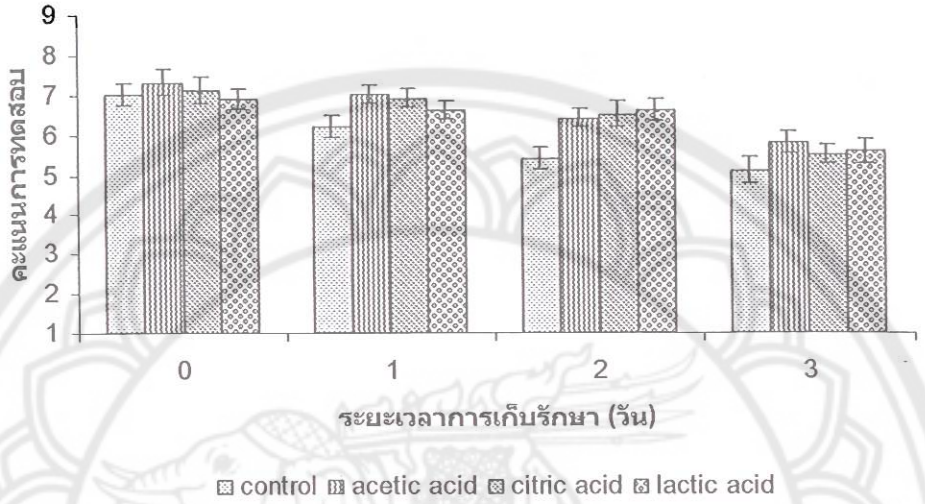
ภาพ 37 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (หลังทอด)



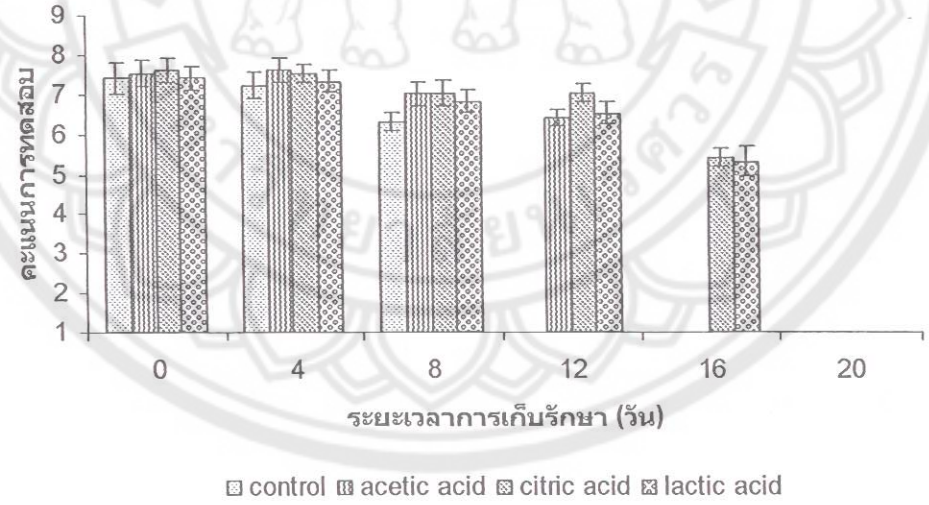
ภาพ 38 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (หลังทอด)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส (ภาพ 39 และ 40) พบว่า กรด และระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของตัวอย่าง ($p \leq 0.05$) คือ ที่ตัวอย่างที่ใช้กรดส่วนมากจะมีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสมากกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด โดยที่ตัวอย่างทั้ง 4 ตัวอย่าง มีคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานาน

ขึ้น อาจเกิดจากปริมาณจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของตัวอย่างที่เกิดการเน่าเสีย



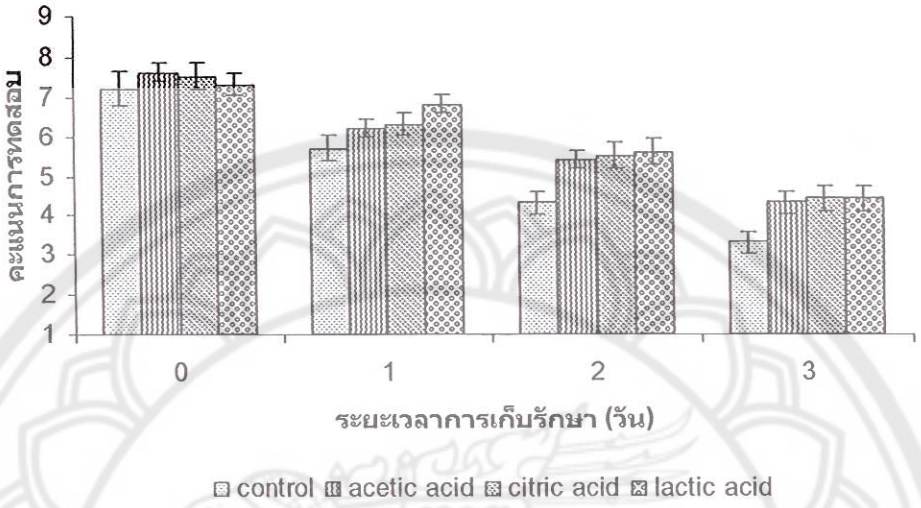
ภาพ 39 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (หลังทอด)



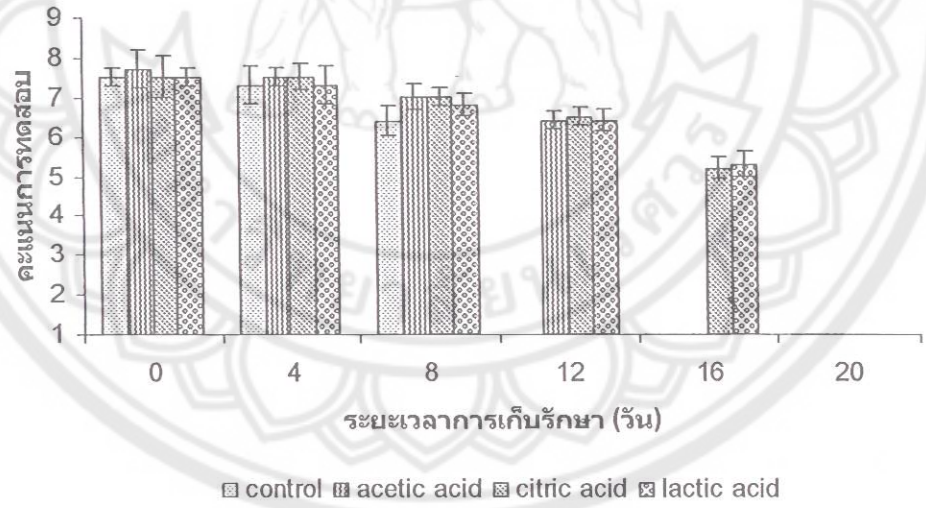
ภาพ 40 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัสของปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (หลังทอด)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวม (ภาพ 41 และ 42) พบว่า ทั้งกรด และระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อคะแนนความชอบรวมของตัวอย่าง ($p \leq 0.05$) คือ ตัวอย่างที่ใช้กรดมี

คะแนนความชอบรวมมากกว่าตัวอย่างไม่ใช้กรด เมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้นคะแนนความชอบรวมลดลง



ภาพ 41 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (หลังทอด)



ภาพ 42 คะแนนทางประสาทสัมผัสด้านความชอบรวมของปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ใช้/ ใช้กรด เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น (หลังทอด)

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวหลังทอด ปลาช่อนแดดเดียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ยังเป็นที่ยอมรับ คือมีค่าความชอบมากกว่า 5 ที่ระยะเวลาการเก็บ

รักษา 1 วัน และตัวอย่างที่ใช้กรดมีคะแนนความชอบยังเป็นที่ยอมรับที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 2 วัน ส่วนปลาช่อนแดดเดียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ยังเป็นที่ยอมรับ คือมีค่าความชอบมากกว่า 5 ที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 8 วัน และตัวอย่างที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก มีคะแนนความชอบยังเป็นที่ยอมรับที่ระยะเวลาการเก็บรักษา 12, 16 และ 16 วัน ตามลำดับ

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวโดยการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัส สามารถสรุปได้ว่า ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดและตัวอย่างที่ใช้กรดทั้ง 3 ชนิด มีอายุการเก็บรักษา 1 และ 2 วัน ตามลำดับ ส่วนในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดและตัวอย่างที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก มีอายุการเก็บรักษา 8, 12, 16 และ 16 วัน ตามลำดับ

บทที่ 5

บทสรุป

ตอนที่ 1 ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบปลาช่อนแดดเดียว

จากการศึกษาการลดปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำในอาหาร พบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบ คือ 55 องศาเซลเซียส และเวลาที่เหมาะสมในการอบ คือ 8 ชั่วโมง

ตอนที่ 2 ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

จากการทดสอบผลของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก ในการยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และ *E. coli* พบว่า ระดับความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง *S. aureus* ได้ของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก คือ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3.3, 2.3 และ 2.3 ตามลำดับ และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้ง *E. coli* ได้ของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก คือ ร้อยละ 3.3, 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก เมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียว

จากการศึกษาความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกที่เหมาะสม พบว่า กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติกที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 เหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน :ปลาแดดเดียว (มผช. 298/2549) และได้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุดในทุก ๆ ลักษณะการทดสอบ

ตอนที่ 4 ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีอายุการเก็บรักษา 1 วัน ตัวอย่างที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก มีอายุการเก็บรักษา 2 วัน ส่วนปลาช่อนแดดเดียวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีอายุการเก็บรักษา 8 วัน ตัวอย่างที่ใช้กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก มีอายุการเก็บรักษา 12, 16 และ 16 วัน ตามลำดับ โดยตัวอย่างยังคง

ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบและมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์อยู่ในเกณฑ์ตามที่มาตรฐานกำหนด (มผช.298/2549)

ข้อเสนอแนะ

การยืดอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวโดยวิธีแช่กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก เป็นการศึกษาเบื้องต้นที่จะหาวัตถุเจือปนอาหาร และวิธีการที่ปลอดภัยเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวให้มีอายุการเก็บที่นานขึ้น ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับปลาชนิดอื่นที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจได้โดยไม่มีผลตกค้างต่อผู้บริโภค ในการศึกษาต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมดังนี้

1. ศึกษาระยะเวลาในการแช่กรด ซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพของเนื้อปลาในด้านต่าง ๆ เช่น ทางประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ เป็นต้น
2. ศึกษาการใช้วัตถุเจือปนอาหารสองชนิดรวมกัน เพื่อเปรียบเทียบผลที่มีต่อคุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์
3. เศษเหลือใช้จากการแปรรูปของปลาช่อน เช่น หัว ก้าง ไส้ ควรมีการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ส่วนหัว ก้าง และอวัยวะภายใน ต่าง ๆ นำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ เป็นต้น
4. ศึกษาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักปลาต่อปริมาณกรดที่เหมาะสม และเนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้สารละลายกรดในการแช่ตัวอย่างเพียงแค่ครั้งเดียว ดังนั้นจึงควรศึกษาวิธีการนำไปใช้ประโยชน์ของสารละลายกรดที่เหลือจากการแช่เพื่อเป็นการประหยัด และช่วยลดต้นทุนในการผลิต

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมประมง. (2551). **สถิติการประมงปลาน้ำจืด**. สืบค้นเมื่อ 16 มกราคม 2550, จาก http://www.fisheries.go.th/it-stat/data_2547/Yearbook-2004/T3.3pdf

กลุ่มวิจัยและพัฒนาสินค้าและบริการ. (2548). **คู่มือการผลิตสินค้าชุมชนหมวดเครื่องดื่มและอาหาร**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

เกรียงศักดิ์ สิงห์แก้ว. (2546). **ผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาปลานิลเค็ม**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กองโภชนาการ กรมอนามัยสาธารณสุข. (2553). **ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของปลาน้ำจืด**. กรุงเทพฯ.

งามทิพย์ ภู่วโรดม. (2538). หลักการบรรจุ.ใน **เอกสารประกอบการสอน**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยี การบรรจุ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชมภู่ ยิ้มโต. (2550). **การถนอมอาหาร**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ณรงค์ นิยมวิทย์. (2538). **องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร**. กรุงเทพฯ: คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฏฐา หะทะยัง เหรียญทอง สิงจานุสงค์ และ ปวีนา น้อยทัพ. (2551). **ผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพปลาช่อนแดดเดียว**. นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยนเรศวร. หน้า 881-885.

ณัฏฐา หะทะยัง เหรียญทอง สิงจานุสงค์ และ ปวีนา น้อยทัพ. (2552). **ผลของกรดอะซิติกที่มีต่อการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวที่อุณหภูมิตู้เย็น**. นเรศวรวิจัย ครั้งที่ 5. มหาวิทยาลัยนเรศวร. หน้า 195-200.

ณัฏฐา หะทะยัง เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์ และปวีนา น้อยทัพ. (2552). **ผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพและการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ณัฐพล ฟ้าภิญโญ. (2550). **คุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาปูนิ่ม (*Scylla serrata Forskal*) โดยใช้โอโซน กรดอะซิติก กรดแลคติก กรดแอสคอร์บิก และการเก็บรักษาภายใต้สภาวะปรับบรรยากาศ**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นฤมล อัศวเกศมณี. (2549). **การเลี้ยงปลาน้ำจืด**. สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

นันทิยา ยอดดำเนิน และสุรีรัตน์ บุญพันธ์. (2548). **การวิเคราะห์จุดวิกฤตด้านจุลินทรีย์ในกระบวนการผลิตปลาเกลือ**. ปัญหาพิเศษ วท.บ., มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2544). **หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

นิธิยา รัตนาปนนท์. (2551). **เคมีอาหาร**. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์. (2528). **aw กับอาหารและอาหาร IMF**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และสมพร คงเจริญเกียรติ. (2541). **บรรจุภัณฑ์อาหาร**. กรุงเทพฯ: แพคเมทส์.

พันทวี ฤกษ์สำราญ. (2545). **โภชนาการ**. (พิมพ์ครั้งที่ 11). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

พาขวัญ ทองรักษ์. (2546). **การยืดอายุการเก็บรักษาปลาทับทิมแล่แช่เย็นโดยวิธีการจุ่มน้ำร้อนและกรดแลคติก**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เยาวลักษณ์ รัตนพรวารีสกุล. (2539). **ผลของกรดซิตริกที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษากุ้งแห้ง**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เยาวลักษณ์ สุพันธพิศิษฐ์. (2536). **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เค.ยู.เพลส.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์. (2540). **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรรณวิมล มัธยม. (2550). **ผลของการใช้กรดแลคติกต่อการลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชั่นรมควัน**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

วิไล รังสาดทอง. (2546). **เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร**. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วีนา กอบเจริญธรรม, วราวุฒิ ครูส่ง และอรอนงค์ อดิศัยภารดี. (2546). **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาข้างเหลืองกึ่งแห้งที่ใช้น้ำส้มสายชูในการยืดอายุการเก็บรักษา**. กรุงเทพฯ: โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ศักดิ์ชัย ชูโชติ. (2536). **การเลี้ยงปลาน้ำจืด**. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้ง.เฮ้าส์.

ศรวณีย์ รอดเที่ยง. (2542). **ผลของกรดต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาปลาสลิดเค็ม**. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิวาพร ศิวเวชช. (2544). **กรด**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวาพร ศิวเวชช. (2546). **วัตถุเจือปนอาหาร**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2547). **ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร** ลงวันที่ 3 พฤศจิกายน 2547. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2549). มผช.298/2549. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาแดดเดียว**.

สุแพรวพันธ์ โลหะลักษณาเดช. (2547). **ผลการใช้กรดแอสคอร์บิกที่มีต่อคุณภาพของกุ้งแห้งและการพัฒนารูปแบบการบรรจุกุ้งแห้งในถุงลามิเนตและสารดูดซับออกซิเจน**. ตรัง: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

อนุกูล พลศิริ.(2532). **อาหารและโภชนาการ**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลันรามคำแหง.

Adams, M. R. and Hall, C. A. (1988). Growth inhibition of food-born patogens by lactic acid and their mixture. Journal of Food Science, 23, 287-292.

Adams, M. R. and Mos, M. O. (1995). Food Microbiology. UK: University of Serrey, Guildford, The Royal Society of Chamistry.

AOAC. (1990). Official methods of analysis. Washington, D.C.: Association of Official of Analytical Chemists.

Benja-arporn, Y., Einarsson, S. and Constantinudes, S.M. (1993). Extending shelf life of seafood with acetic acid. Virginia: Williamsburg Proceedings of the 18th Annual Tropical and Subtropical Fisheries Technological Conference of the America. August 29 - September 1, 1993.

Branen, A.R., Davidson, P.M. and Salminen, S. (1990). Food Additives. New York: Marcel Dekker.

Dickson, J.S. (1992). Acetic acid action on beef tissue surfaces contaminated with *Salmonella Typhimurium*. Journal of Food Science, 57(3): 297-301.

Dobal, Z.B., Paturkar, A. M., Waskar, V. S., Zende, R. J. and Latha, C. (2004). Effect of food grade organic acids on inoculated *S. aureus* , *L. monocytogenes* , *E. coli* and *S. typhimurium* in sheep/goat meat stored at refrigeration temperature. **Meat Science**, 66, 817-821.

Dykes, G. A., Marshall, L. A., Meissner, D. and Holy, V. A. (1996). Acid treatment and pasteurization affect the shelf life and spoilage ecology of vacuum-packaged vienna sausages. **Food Microbiology**, 13, 69-74.

Eklund, T. (1989). **Organic Acid and Esters**. London: Elsevier Applied Science.

Frazier, C. W. and Westhoff, C. D. (1988). **Food Microbiology**. (4th ed., pp. 144-158). New York: McGraw-Hill Book Company.

Gardner, W.H. and Flett, L.H. (1952). Malic acid, fumaric acid and maleic anhydride. **Encycopedia of Chemical Technology**. (3rd ed., pp.187-202). New York: John Wiley & Sons.

Gill, C.O. and Badoni, M. (2004). Effect of peroxyacetic acid, acidified sodium chlorite or lactic acid solutions on the microflora of chilled beef carcasses. **Journal of Food Microbiology**, 91, 43-50.

Ingram, M. (1988). The preservative action of acid substances in food. **Chemistry and Industrial**. 75:1154-1163.

Ito, K., Chen, J.K., Lerke, P.A., Seeger, M.L. and Underverferth, J.A. (1976). Effect of acid and saltconcentration in fresh-pack pickles on the growth of *Clostridium botulinum* spores. **Applied and Environmental Microbiology**. 32: 121-126.

Jay, J.M. (2000). **Modern Food Microbiology**. (5th ed., pp. 17-19). USA: International Thomson Pubishing.

Jensen, J. M., Robbins, K. L., Ryan, K. J., Homco-Ryan, C., McKeith, F. K. and Brewer, M. S. (2003). Effects of lactic and acetic acid salts on quality characteristics of enhanced pork during retail display. **Meat Science**, 63, 501-508.

Khalid, I.S. (2007a). Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated slice salmon. **Food Control**, 18, 566- 575.

Khalid, I.S. (2007b). Chemical, sensory and shelf life evaluation of sliced salmon treated with salts of organic acids. **Food Chemistry**, 101, 592-600.

Kim, C.R. (1995). Gram-negative bacteria in refrigerated catfish fillets treated with lactic culture and lactic acid. **Journal of Food Protect**, 58 (6): 639-643.

Kirby, G.W., Athin, L. and Frey, C.N. (1937). Further studies on the growth of bread Molds as in fluenced by acidity. Cereal Chemistry, 14, 865.

Kotula, K. L. and Thelappurate, R. (1994). Microbiological and sensory attributes of retail cuts of beef treated with acetic acid and lactic acid solution. Journal of Food Protection, 57(8), 665-670.

Lawrie, R. A. (Ed.). (1985). Meat Science. Oxford: Pergamon Press.

Levine, A.S. and Fellers, C.R. (1993). The inhibiting effect of acetic acid with sodium chloride and sucrose on microorganism. Journal of Bacteriol, 39, 17.

Leuck, E. (1980). Antimicrobial food additive. Springer Verlag, Berlin.

Naveena, B.M., Muthukumar, M., Sen, A.R., Babji, T. and Murthy, T.R.K. (2006). Improvement of shelf–life of buffalo meat using lactic acid, clove oil and vitamin C during retail display. Meat Science, 74, 409-415.

Okrend, A.J., Johnston, R.W. and Moran, A.E. (1986). Effect of acetic acid on the death rates at 52OC of *Salmonella* Newport, *Salmonella* Typhimurium and *Campyrobacter* jejuni in poultry scald water. Journal of Food Protect, 49: 500-506.

Ponce De Leon, S., Inoue, N. and Shinano, H. (1993). Effect of acetic acid and citric acid on the growth and activity (VB-N) of *Pseudomonas* sp. and *Moraxella* sp. Faculty of Fisheries, 44 (2): 80-85.

Quilo, S. A., Pohlman, F. W., Crandall, A. H., Dias-Morse, P. N., Baublits, R. T., and Aparicio, J. L. (2009). Effects of potassium lactate, sodium metasilicate, peroxyacetic acid and acidified sodium chlorite on physical, chemical and sensory properties of ground beef patties. **Meat Science**, 82(1), 44-52.

Shahidi, F. and Botta, J. R. (1994). **Seafood chemistry technology and quality**. UK: Edmudsbury Press, Great Britain.

Stekelenburg, F. K. (2003). Enhanced inhibition of *Listeria monocytogenes* in frankfurter sausage by the addition of potassium lactate and sodium diacetate mixture. **Food Microbiology**, 20, 133-137.

Sundar, S. and Zhang, M. (2006). Effect of lactic acid pretreatment on the fresh pork packed in modified atmosphere. Journal of Food Engineering, 72, 254-260.

Van, N. P., Mossel, D. A. A., Logtestijn, J. G. V., Dekruijf, J. M. and Smulders, F. J. M. (1984). Microbial decontamination of procine live with lactic acid and hot water. Journal of Food Microbiology, 25, 1-9.

Woolford, M.K. (1975). Microbiological screening of the straight chain fatty acids (C_1-C_{12}) as potential silage additives. Journal of Science Food Agriculture, 26, 219.

Woolthuis, C. H. J. and Smulders, F. J. M. (1985). Microbial decontamination of arcasses by lactic acid spray. Journal of Food Protection, 48, 832-837.

Williams, J.C. (1976). Chemical and non-enzymic changes in intermediate moisture foods. *In* R. Davies, G.G. Birch and K.J. Parker, eds. Intermediate Moisture Foods. London: Applied Science Publishers Ltd.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

ภาคผนวก ข การทดสอบทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ค การผลิตปลาช่อนแดดเดียวแช่กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก

ภาคผนวก ง การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ภาคผนวก จ บทความเผยแพร่

ภาคผนวก ก วิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

1. สีของปลาช่อนแดดเดียว (colour) (AOAC, 1990)

นำปลาช่อนแดดเดียวมาวัดค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab รุ่น DP 9000 ซึ่งบันทึกค่าในระบบ CIE Lab วัดค่า L*, a* และ b* และรายงานผลเป็นค่า

ค่า L* คือ ค่าแสดงความสว่างของสี ซึ่งค่า L* มีค่า 0 ถึง 100 ถ้าค่า L* มากแสดงว่าสีสว่างมาก โดยที่ระดับ L* เท่ากับ 0 จะเป็นสีดำ

ค่า a* คือ ค่าแสดงระดับสีแดง-เขียว เมื่อค่า a* เป็นบวกแสดงถึงลักษณะสีแดง และเมื่อค่า a* เป็นลบจะแสดงลักษณะสีเขียว โดยที่เมื่อค่าห่างจาก 0 มากแสดงถึงค่าสีแดง หรือสีเขียวมากขึ้น

ค่า b* คือ ค่าแสดงระดับสีเหลือง-น้ำเงิน เมื่อค่า b* มีค่าเป็นบวกแสดงถึงลักษณะสีเหลือง และเมื่อค่า b* เป็นลบจะแสดงลักษณะสีน้ำเงิน โดยที่เมื่อค่าห่างจาก 0 มากแสดงถึงค่าสีเหลือง หรือสีน้ำเงินมากขึ้น

2. ปริมาณน้ำในอาหาร (a_w) (AOAC, 1990)

นำชุดมาตรฐานที่ใช้สำหรับ Calibrate มาทำการ Calibrate เครื่องก่อนทำการวิเคราะห์ เตรียมตัวอย่างปลาช่อนแดดเดียวโดยการหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือบดให้ละเอียด นำตัวอย่างที่เตรียมไว้มาใส่ในภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่างในปริมาณที่พอเหมาะ นำใส่เครื่องวัดเพื่อทำการวิเคราะห์รอจนกว่าค่าที่วัดได้จะคงที่แล้วทำการบันทึกผล

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. ปริมาณความชื้น (moisture) (AOAC, 1990)

ชั่งน้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาที่ผ่านการอบจนมีน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนัก นำตัวอย่างปลาช่อนแดดเดียวใส่ถ้วยอลูมิเนียมประมาณ 5 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นนำเข้าตู้อบลมร้อนโดยเปิดฝาถ้วยอลูมิเนียมบางส่วน อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาปิดฝาถ้วยแล้วนำตัวอย่างใส่ในโถดูดความชื้น ตั้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำมาชั่งพร้อมบันทึกน้ำหนัก นำตัวอย่างเข้าอบอีก 1 ชั่วโมง นำตัวอย่างใส่ในโถดูดความชื้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นนำมาชั่งพร้อมบันทึกน้ำหนัก ถ้าน้ำหนักยังไม่คงที่ให้อบต่อ โดยทำ

การสุ่มชั่งน้ำหนักทุกหนึ่งชั่วโมง จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ})}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

2. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (AOAC, 1990)

เตรียมตัวอย่างปลาช่อนแดดเดียวโดยการหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือบดให้ละเอียด นำตัวอย่างมาชั่งในอัตราส่วนระหว่างน้ำกลั่นต่อตัวอย่าง 2:1 นำไปวัดค่าด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

3. ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดอะซิติก (acidity) (AOAC, 1990)

เตรียมตัวอย่างปลาช่อนแดดเดียวโดยการหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือบดให้ละเอียด นำตัวอย่างมาชั่ง 2-3 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด ไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N จนถึงจุดยุติ (สีชมพูอ่อน)

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณกรดอะซิติก (\%)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของ NaOH} \times \text{ปริมาณของ NaOH ที่ใช้} \times 0.006}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}} \times 100$$

4. ค่า thiobarbituric acid (TBA) (Khalid, 2007b)

เตรียมตัวอย่างปลาช่อนแดดเดียวโดยการหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือบดให้ละเอียด นำตัวอย่างมาชั่ง 10 กรัม ปั่นรวมกับน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นาน 2 นาที เทตัวอย่างที่บดละเอียดลงในขวดกลั่น ล้างตัวอย่างออกจากเครื่องปั่นด้วยน้ำกลั่น 47.5 มิลลิลิตร เทลงในขวดกลั่น เติมกรดไฮโดรคลอริก 4 M จำนวน 2.5 มิลลิลิตร เพื่อปรับให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 1.5 เติม glass beads นำตัวอย่างไปกลั่นโดยกลั่นได้ของเหลว 50 มิลลิลิตร ภายในเวลา 10 นาที หลังจากตัวอย่างเริ่มเดือดดูดของเหลวที่กลั่นได้ (distillate) 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดแก้วที่มีฝาปิด เติมสารละลาย TBA 5 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายและจุ่มในอ่างน้ำเดือดนาน 35 นาที เตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร แทน เมื่อครบเวลาทำให้ของเหลวเย็นลงภายในเวลา 10 นาที โดย ice-bath นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้ความยาวคลื่นที่ 538 นาโนเมตร

TBA value (mg malonaldehyde/kg) = 7.8 A (เมื่อ A = ค่า absorbance)

5. การวิเคราะห์ค่าเปอร์ออกไซด์ (PV) (Khalid, 2007b)

เตรียมตัวอย่างปลาซ่อนแดดเดียวโดยการหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ หรือบดให้ละเอียดนำตัวอย่างมาชั่ง 5 กรัม ใส่ใน flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายอะซิติก-คลอโรฟอร์ม อัตราส่วน3:2 ลงไป25มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างละลาย เติมสารละลายอิ่มตัวโพแตสเซียมไอโอไดด์ 1 มิลลิลิตร ปิดจุกพร้อมเขย่า 1 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต พร้อมเขย่าอย่างแรงจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 0.5 มิลลิลิตร แล้วไตเตรทต่อไปจนสีน้ำเงินหมดไป

การคำนวณ

$$\text{ค่าเปอร์ออกไซด์} = \frac{(a-b)\times N\times 100}{W}$$

a = ปริมาณ (มล) ของโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง

b = ปริมาณ (มล) ของโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรต blank

N = ความเข้มข้นของโซเดียมซัลเฟต (นอร์มัล)

W = น้ำหนักตัวอย่าง

6. ปริมาณโปรตีน (protein) (AOAC, 1990)

ชั่งตัวอย่างน้ำหนักที่แน่นอนอยู่ในช่วง 0.10-1.50 กรัม ใส่ขวด Kjeldahl เติมคะตะไลส์ $CuSO_4$ กับ K_2SO_4 ค่อย ๆ ริน H_2SO_4 เข้มข้น ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำส่วนผสมทั้งหมดไปย่อยในชุดย่อย โดยใช้น้ำเป็นตัวจับไอกรดที่เกิดจากการย่อยจนได้สารละลายใสสีเขียวที่อุณหภูมิ 360-400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.30 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปกลั่นในชุดกลั่น โดยเติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 40 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เก็บส่วนที่กลั่นได้ในสารละลายบอริก (boric acid) ความเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ที่มีอินดิเคเตอร์ผสมอยู่ ปฏิกิริยาจะควบแน่นจนหมด จากนั้นปรับปริมาตรสารละลายให้เป็น 150 มิลลิลิตร ไตเตรตส่วนที่กลั่นได้ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 0.1 N ที่จุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรต

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจน (\%)} = \frac{14.01\times 0.1\text{ N HCl}\times(\text{มล. HCl ที่ใช้ไตเตรต} - \text{มล. HCl ของ blank})}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}\times 100}$$

ปริมาณโปรตีน (%) = ปริมาณไนโตรเจน (%)× Convention factor (6.25)

7. **ปริมาณไขมัน (fat) (AOAC, 1990)**

เตรียมตัวอย่างโดยการชั่งปลาช่อนแดดเดียว 5-10 กรัม ในขวดรูปชมพู่ (flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย ไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 4 N ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ต้มสารละลายให้เดือดบนเครื่องให้ความร้อน (hot plate) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยเขย่าทุก ๆ 5-10 นาที จากนั้นกรองสารละลายขณะร้อนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนจนกระทั่งสารละลายที่ได้เป็นกลาง ตรวจวัดโดยใช้กระดาษวัดความาเป็นกรด-ด่าง นำกระดาษกรองพร้อมตัวอย่างที่ย่อยแล้วอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (desicator) จากนั้นนำกระดาษกรองพร้อมตัวอย่างใส่ทิมเบิล (thimble) ในชุดเครื่องกลั่น (soxhlet extraction) ที่ต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ เติมตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ในขวดก้นกลมที่ผ่านการอบและชั่งน้ำหนักทำการสกัด 6-8 ชั่วโมง จากนั้นระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ในขวดก้นกลมด้วยเครื่องให้ความร้อนจนเหลือแต่น้ำมันนำเข้าตู้อบอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณไขมัน (\%)} = \frac{(W_1-W_2)}{W_0}\times 100$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้

W_2 = น้ำหนักขวดก้นกลมที่อบแล้ว

W_0 = น้ำหนักไขมันและขวดก้นกลมที่อบแล้ว

8. ปริมาณเถ้า (ash) (AOAC, 1990)

ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องพร้อมฝา (porcelain crucible) นำไปเผาในเตาเผา (muffle furnace) ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน นำตัวอย่างใส่ลงในถ้วยกระเบื้องให้มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 3-5 กรัม ปิดฝาบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นหยดน้ำกลั่น 1-2 หยด ลงบนตัวอย่างที่เป็นผงแห้งให้ความชื้นทำให้ตัวอย่างเกาะกันเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย นำถ้วยตัวอย่างไปให้ความร้อนบนเครื่องให้ความร้อน (hot plate) ในตู้ดูดควัน เปิดฝาออกค่อย ๆ เพิ่มระดับความร้อนในการเผาไหม้ตัวอย่าง จนกระทั่งเผาไหม้จนหมดควัน จากนั้นนำตัวอย่างที่ปิดฝาใส่ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส จนได้เถ้าสีขาว

หรือสีเทา จากนั้นนำตัวอย่างออกมาใส่ตู้อบลมร้อน 1 ชั่วโมง แล้วนำออกมาวางในโถดูดความชื้นตามลำดับ เพื่อให้อุณหภูมิของตัวอย่างเท่ากับอุณหภูมิห้อง ชั่งตัวอย่างพร้อมฝา บันทึกน้ำหนัก

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

9. ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) (AOAC, 1990)

การคำนวณ

ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%) = 100 – (โปรตีน + ไขมัน + เถ้า + ความชื้น)

การวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

เตรียมตัวอย่างโดยการชั่งปลาซ่อนแดดเดียว 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปลอดเชื้อ เติมสารละลายเปบโตนความเข้มข้นร้อยละ 0.1 ปริมาตร 225 มิลลิลิตร นำไปตีบดด้วยเครื่องตีผสมอาหาร (stomacher) ยี่ห้อ SEWARD รุ่น 7021 เป็นเวลา 60 วินาที จะได้ตัวอย่างความเจือจาง 10^{-1} จากนั้นใช้ปิเปตถ่ายตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงในหลอดบรรจุสารละลายเปบโตน 9 มิลลิลิตร ผสมเข้าด้วยกันด้วยเครื่องปั่นผสม (vortex mixer) จะได้ตัวอย่างความเจือจาง 10^{-2} นำตัวอย่างที่ความเจือจางเหมาะสม 3 ระดับ มาปฏิบัติดังนี้ (AOAC,1990)

วิธีพอร์เพลท (pour plate)

ถ่ายตัวอย่างอาหารแต่ละความเจือจางในจานเพาะเชื้อที่ปลอดเชื้อ 2 จาน จานละ 1 มิลลิลิตร จากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อ หลอมเหลวอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ลงในจานเพาะเชื้อที่มีตัวอย่างจานละประมาณ 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันโดยการหมุนจาน รอจนวุ้นแข็งตัว นำไปบ่มเพาะเชื้อโดยวางจานคว่ำ

วิธีสเปรดเพลท (spread plate)

ถ่ายตัวอย่างอาหารแต่ละความเจือจางลงบนผิวอาหารที่เตรียมไว้ลงในจานเพาะเชื้อ 2 จาน จานละ 0.1 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วปลอดเชื้อเกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วผิวหน้าของอาหารแต่ละจาน และนำไปบ่มเพาะเชื้อโดยไม่ต้องคว่ำจาน

นับจำนวนจุลินทรีย์ด้วยเครื่องนับโคโลนี (colony counter) ยี่ห้อ STUART รุ่น SCS ต่อจานที่เหมาะสมในช่วง 25-250 โคโลนี หาค่าเฉลี่ยจำนวนโคโลนีใน 1 จาน และคำนวณหา CFU ต่อกรัมของตัวอย่าง คำนวณได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

CFU ต่อกรัม หรือ CFU ต่อมิลลิลิตร = n/d

โดยที่ n = จำนวนโคโลนีเฉลี่ยใน 1 จาน ของจานที่มีโคโลนีอยู่ในช่วง 25-250 ต่อจาน

d = ความเจือจางของตัวอย่างที่นำมาเพาะในจานที่หาค่า n ได้

1. **ปริมาณจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนทั้งหมด** (total plate count) (AOAC, 1990) ด้วยวิธีพอร์เพลท (pour plate) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2. **ปริมาณยีสต์และรา** (AOAC, 1990) ด้วยใช้วิธีสเปรดเพลท (spread plate) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Rose Bengal agar จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

3. **ปริมาณเชื้อ** *Staphylococcus aureus* (AOAC, 1990) ด้วยวิธีสเปรดเพลท (spread plate) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Mannitol Salt Phenol-red agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

4. **ปริมาณเชื้อ** *Escherichia coli* (AOAC, 1990)

4.1 การทดสอบขั้นต้น

โดยการนำตัวอย่างความเจือจางที่เหมาะสม 3 ระดับ ถ่ายลงในหลอดอาหาร LST broth 3 หลอด หลอดละ 1 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตการเจริญจากความขุ่น และสังเกตการเกิดก๊าซจนเกิดฟองอากาศในอาหารเลี้ยงเชื้อและมีที่ว่างในหลอดก๊าซ

4.2 การทดสอบขั้นยืนยันผล

ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่ถ่ายจากหลอด LST broth ที่ให้ผลบวกลงในหลอดอาหาร EC broth ทำเช่นเดียวกันจนครบทุกหลอด จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง หลอดที่ให้ผลบวก อาหารเลี้ยงเชื้อจะขุ่น และมีที่ว่างในหลอดก๊าซ จากนั้นนำค่าผลบวกจากทุกความเจือจางไปอ่านค่าปริมาณ fecal coliform จากตารางเอ็มพีเอ็น (MPN)

4.3 การทดสอบขั้นสมบูรณ์

นำหลอด EC broth ที่ให้ผลบวกแต่ละหลอดมาขีดแยกเชื้อลงบนจานอาหารแข็ง EMB agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เลือกโคโลนีที่มีลักษณะเฉพาะของ

E. coli บน EMB agar (โคโลนีแบนไม่เยิ้มมีจุดสีเข้มมีเงาโลหะ) ซึ่งถือเป็นผลบวก จากนั้นทำการทดสอบ IMVIC Test

การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ (MIC: Minimal Inhibitory Concentration) (AOAC,1990)

1. เตรียมสารละลายกรดที่ต้องการทดสอบที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0

2. เตรียมตัวอย่างเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* โดยให้มีจำนวนเชื้ออยู่ที่ 10^6 อาหารที่ใช้ในการเตรียมเชื้อ คือ Mannitol Salt Phenol-red agar สำหรับเชื้อ *S. aureus* และ Laurly Sulfate Tryptose broth (LSTB) สำหรับเชื้อ *E. coli*

3. เตรียมอาหาร Tryptic Soy broth (TSB) ปิเปตใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 8 มิลลิลิตร โดยแต่ละระดับความเข้มข้นใช้ความเข้มข้นละ 6 หลอด 3 หลอดสำหรับวัดความขุ่น อีก 3 หลอดสำหรับเลี้ยงเชื้อ

4. ปิเปตสารละลายกรด และเชื้อที่เตรียมไว้อย่างละ 1 ml ลงในหลอดทดลองที่มีอาหาร TSB เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นนำไปบ่มที่ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5. ตรวจสอบผลจากความขุ่น นำไปวัดเครื่องสเปกโตรที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร หลอดที่ไม่มีการเจริญของแบคทีเรีย คือหลอดที่ใส

ภาคผนวก ข การทดสอบทางประสาทสัมผัส

วิธีการศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัส

การประเมินทางด้านประสาทสัมผัส เริ่มจากการจัดเตรียมปลาซ่อนแดดเดียวโดยนำมาตัดเป็นชิ้นขนาดกว้าง×ยาว เท่ากับ 2.5×2.5 เซนติเมตร ใช้ผู้ทดสอบประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว (Trained panelists) จำนวน 10 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปลาซ่อนแดดเดียวก่อนทอด โดยการให้คะแนนคุณลักษณะในแต่ละด้านแบบ line scale 0-10 เมื่อ 0 แทนคุณลักษณะน้อยที่สุด 5 แทนคุณลักษณะปานกลาง และ 10 แทนคุณลักษณะมากที่สุด

การฝึกบรรยายคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยผู้ประเมินแต่ละคนจะต้องเสนอคำศัพท์ที่ใช้อธิบายลักษณะต่าง ๆ ของตัวอย่างให้ได้มากที่สุด จากตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง คือ ปลาซ่อนแดดเดียวควบคุม (ปลาซ่อนแดดเดียวที่ไม่ได้แช่กรด) ปลาซ่อนแดดเดียวที่แช่กรด ร้อยละ 1 และปลาซ่อนแดดเดียวที่แช่กรด ร้อยละ 4 แล้วจึงมีการตกลงกันระหว่างผู้วิจัยและผู้ประเมินในการคัดเลือกคุณลักษณะที่เหมาะสมมาเพื่อการเปรียบเทียบใช้ในการประเมินตัวอย่างปลาซ่อนแดดเดียว

ในการเตรียมตัวอย่างหลังทอดเตรียมเช่นเดียวกันกับตัวอย่างก่อนทอด จากนั้นนำไปทอด (deep frying) ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส โดยทำการทอด 1 ครั้งต่อตัวอย่าง 15 ชิ้น เป็นเวลา 2 นาที นำไปทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการให้คะแนนความชอบแบบ 9 points hedonic scale เมื่อ 1 แทนความชอบน้อยที่สุด 5 แทนความชอบปานกลาง และ 9 แทนความชอบมากที่สุด โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 10 คน ที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว (Trained panelists)

แบบทดสอบประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ ..... **วันที่**.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ **ปลาช่อนแดดเดียวก่อนทอด** **ลำดับที่**.....

คำแนะนำ กรุณาชิมผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบที่เสนอในแต่ลักษณะตามลำดับที่เสนอจากซ้ายไปขวา และชิมตัวอย่างปลาช่อนแดดเดียว 5 ตัวอย่างที่เสนอจากซ้ายไปขวาเช่นกัน คือ R_1-R_5 และทำเครื่องหมาย R_1-R_5 ลงบนเส้นให้ตรงกับลักษณะของตัวอย่างที่เสนอ กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

1. สี

1.1 สีน้ำตาล

0 10

ไม่มีสี สีน้ำตาล

1.2 สีชมพู

0 10

ไม่มีสี สีชมพู

2. เนื้อสัมผัส

2.1 ความแข็ง (สัมผัสเนื้อด้านนอก)

0 10

ไม่แข็ง แข็งมาก

2.2 ความนุ่ม (สัมผัสเนื้อด้านใน)

0 10

ไม่นุ่ม นุ่มมาก

3. กลิ่น

3.1 กลิ่นกรด

0 10

ไม่มีกลิ่น มีกลิ่นรุนแรง

3.2 กลิ่นปลา (กลิ่นหอมของปลาสุก)

0 10

ไม่มีกลิ่น มีกลิ่นมาก

3.3 กลิ่นเหม็น (กลิ่นไม่พึงประสงค์ ได้แก่ กลิ่นอับ กลิ่นเน่า กลิ่นหืน)

0 10

ไม่มีกลิ่น มีกลิ่นรุนแรง

4. ความชอบรวม

0 10

ไม่ชอบ ชอบมาก

ข้อเสนอแนะ

.....

แบบทดสอบประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ ..... **วันที่**.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ **ปลาซ่อนแดดเดียวหลังทอด** **ลำดับที่**.....

คำแนะนำ ท่านจะได้รับตัวอย่างสำหรับการทดสอบจำนวนหนึ่งชุดจะประกอบด้วย 5 ตัวอย่าง กรุณาชิมตัวอย่างตามลำดับที่เสนอจากซ้ายไปขวา แล้วใส่คะแนนความชอบแต่ละตัวอย่างตามลักษณะทางประสาทสัมผัส กรุณาบ้วนปากก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

ระดับคะแนนความชอบ

9 = ชอบมากที่สุด	6 = ชอบเล็กน้อย	3 = ไม่ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก	5 = เฉย ๆ	2 = ไม่ชอบมาก
7 = ชอบปานกลาง	4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	1 = ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง

....

ลักษณะคุณภาพ

กลิ่น	.....	.....	.....	.....	.....	.....
รสชาติ	.....	.....	.....	.....	.....	.....
เนื้อสัมผัส	.....	.....	.....	.....	.....	.....
ความชอบรวม	.....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

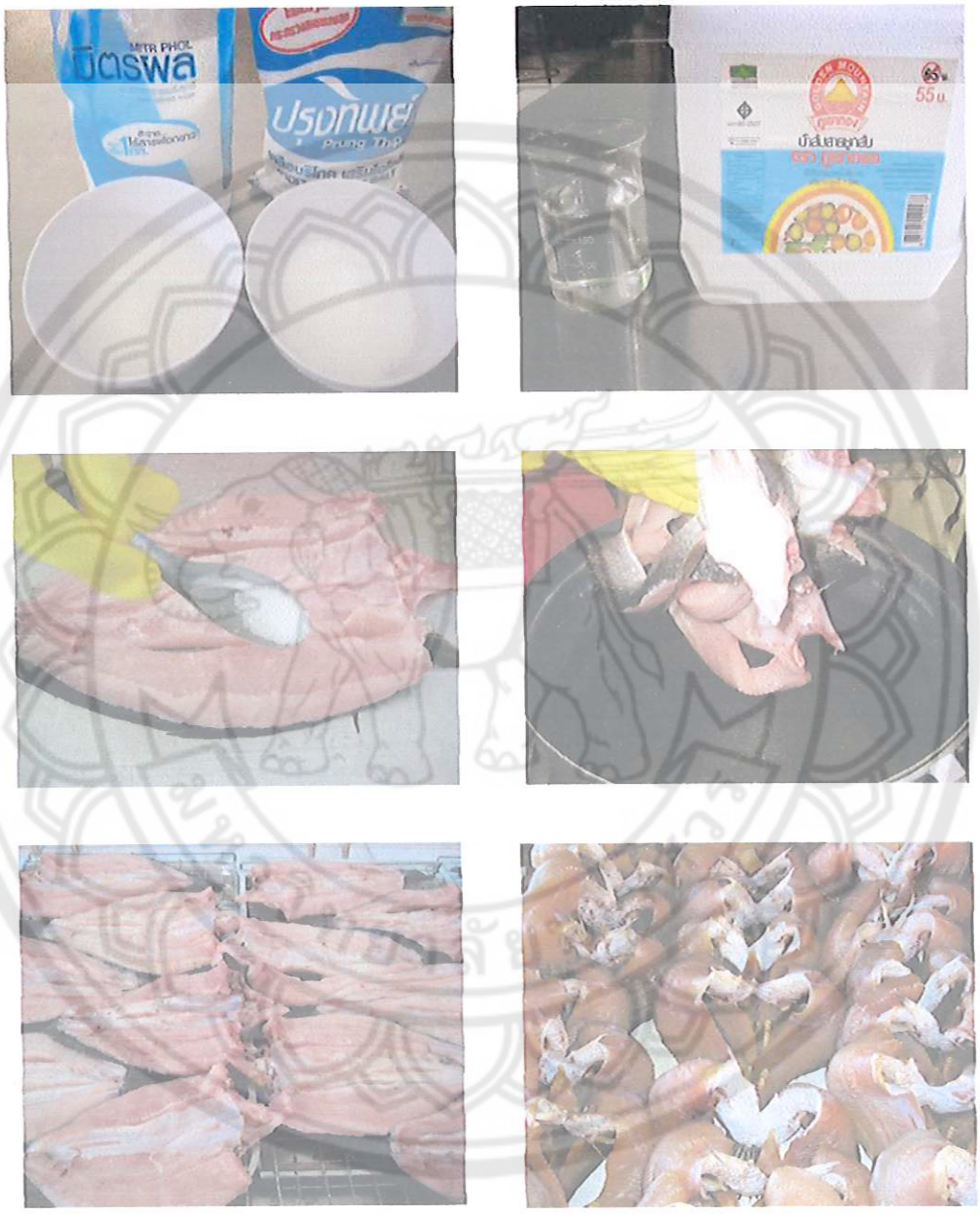
เอกสารรับรองโครงการวิจัยในมนุษย์
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อโครงการ	การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวโดยใช้สารต้านจุลชีพจากกระดองสัตว์ กรดซิตริก และกรดแลคติก Quality Improvement and Shelf-life Extension of Dried Striped Snake-head Fish (*Channa striata*)using Antimicrobial Agents,Acetic Acid,Citric Acid and Lactic Acid.
ชื่อหัวหน้าโครงการ	ดร.ปรีนา น้อยทัพ
เลขที่โครงการ/รหัส	50 02 04 0041
สังกัดหน่วยงาน/คณะ	เกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
การรับรอง	ขอรับรองโครงการวิจัยดังกล่าวข้างบนนี้ได้ผ่านการพิจารณาและรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ครั้งที่ 10/2550 เมื่อวันที่ 22 ตุลาคม 2550
ประเภทการรับรอง	รับรองแบบเร่งรัด

ลงนาม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ วัฒนาธร)
ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ภาคผนวก ค การผลิตปลาซ่อนแดดเดียวแช่กรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก



กรดอะซิติก (ก่อนอบ)

ร้อยละ 0

ร้อยละ 1

ร้อยละ 2

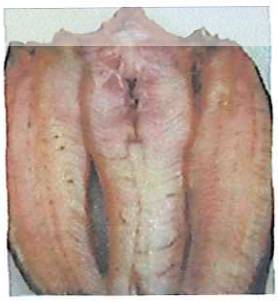
ร้อยละ 3

ร้อยละ 4

กรดอะซิติก (หลังอบ)

ร้อยละ 0

ร้อยละ 1



ร้อยละ 2

ร้อยละ 3

ร้อยละ 4

กรดซิตริก (ก่อนอบ)

ร้อยละ 0

ร้อยละ 1

ร้อยละ 2

ร้อยละ 3

ร้อยละ 4

กรดซิตริก (หลังอบ)

ร้อยละ 0

ร้อยละ 1

ร้อยละ 2

ร้อยละ 3

ร้อยละ 4

กรดแลคติก (ก่อนอบ)

ร้อยละ 0

ร้อยละ 1

ร้อยละ 2

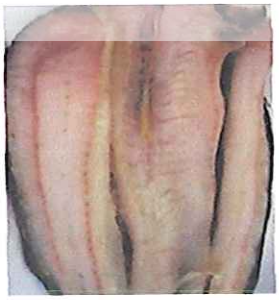
ร้อยละ 3

ร้อยละ 4

กรดแลคติก (หลังอบ)

ร้อยละ 0

ร้อยละ 1



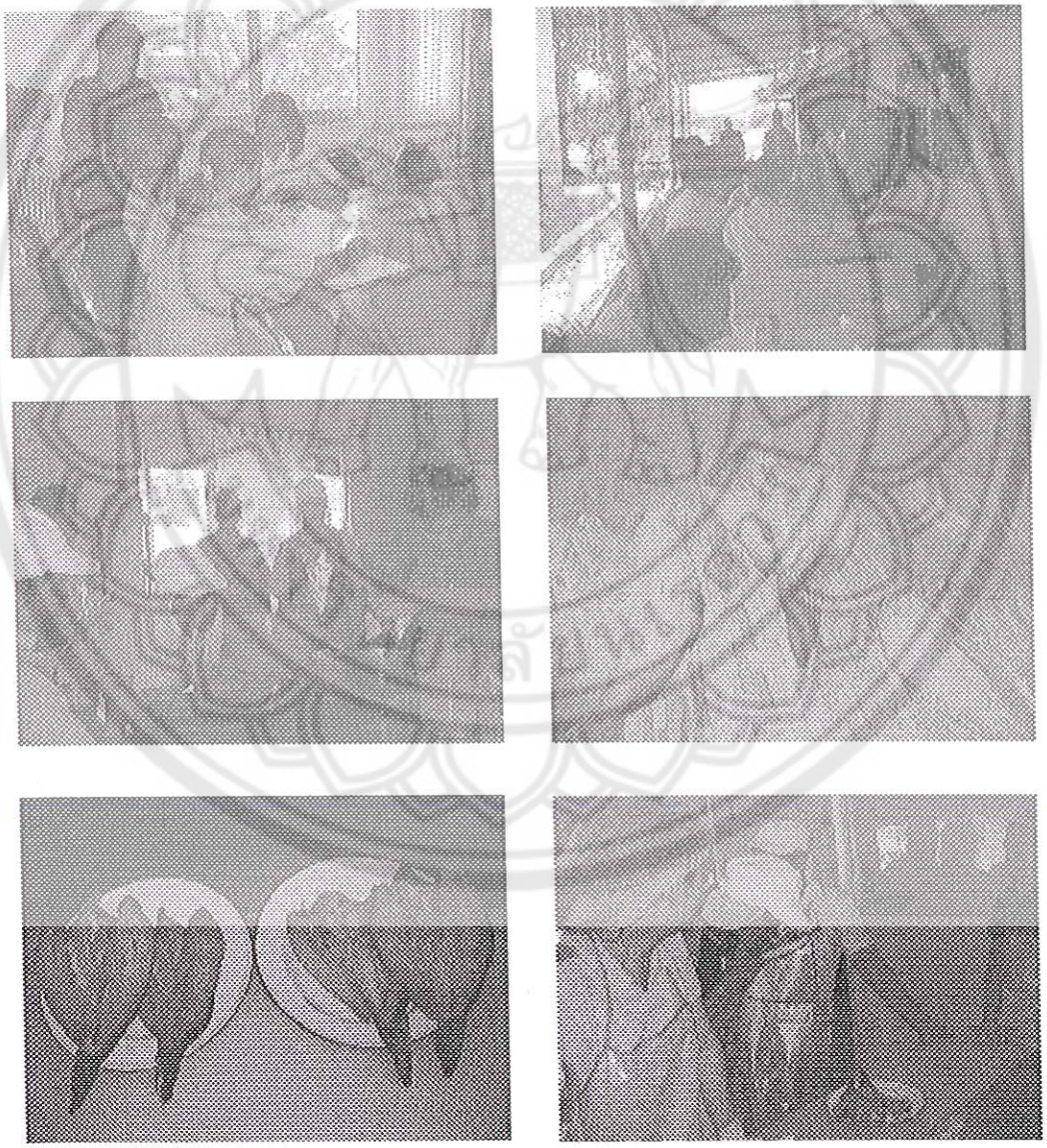
ร้อยละ 2

ร้อยละ 3

ร้อยละ 4

ภาคผนวก ง การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยี "การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวโดยใช้สารต้านจุลชีพจากกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก" ให้กับกลุ่มแปรรูปเนื้อสัตว์บ้านดงไทย ณ องค์การบริหารส่วนตำบลนาทุ่ง อำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย ในวันที่ 6 พฤษภาคม 2553 มีผู้เข้ารับการอบรม จำนวน 26 คน ให้ความพอใจกับการฝึกอบรมในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์มาก-มากที่สุด คิดเป็น ร้อยละ 93.4



ลงทะเบียนผู้เข้าร่วมการถ่ายทอดเทคโนโลยี

โครงการ : การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมทองแผ่นเดียวโดยใช้สารต้านจุลชีพจากธรรมชาติ กรดอินทรีย์ และกรดแลคติก

วันที่ 6 พ.ค 2553

ลำดับที่	ชื่อ - สกุล	ที่อยู่ / เบอร์ที่ติดต่อ	ลายเซ็นต์
1	นาง ณัจ์จิ เพชรทอง	41/2 ม.7	ณัจ์จิ
2	นางวิภาดา เที่ยงคืน	91/8 ม.8	
3	น.ส. สุพรรษา บุญหนัก	41/2 ม.7	สุพรรษา
4	นางสาวณัฐ ปัตตาวงศ์	3x ม.7 ต.เขาทอง	
5	นาง กัน ชิดุณ	51/5 ม.7	กัน
6	น.ส ประภัสร์ วันชัยวงศ์	37 ม7	
7	นางดวงใจ ต้นทองดง	401/6 ม.7 ต.เขาทอง	
8	นางปิยาภรณ์ บุญเลื่อง	35/4 ม.7 ต.เขาทอง	ปิยาภรณ์
9	นางสุปิลา ทองสวนธ์	ม.2 อบต.ไสทอง	
10	นายเฉลิมชัย อดชัย	ต. 20 ม.3 ม.7	
11	น.ส.จันทร์ธรรมรส ฟองอินทร์	ม.2 บ้านขุนทอง	
12	น.ส ยุพาพร ศิลิตา	2 ม/1 ต.ม.4 ต.ขอนทอง	
13	น.ส.ธิยาพร อุทุมพันธ์	ม.3 ต.เขาทอง อ.พรหมคีรี จ.นครศรีธรรมราช	
14	นางสาวไพลิน มาหุ้มทอง	129/2 ม.1 ต.เขาทอง อ.พรหมคีรี จ.นครศรีธรรมราช	
15			

ลงทะเบียนผู้เข้าร่วมการถ่ายทอดเทคโนโลยี

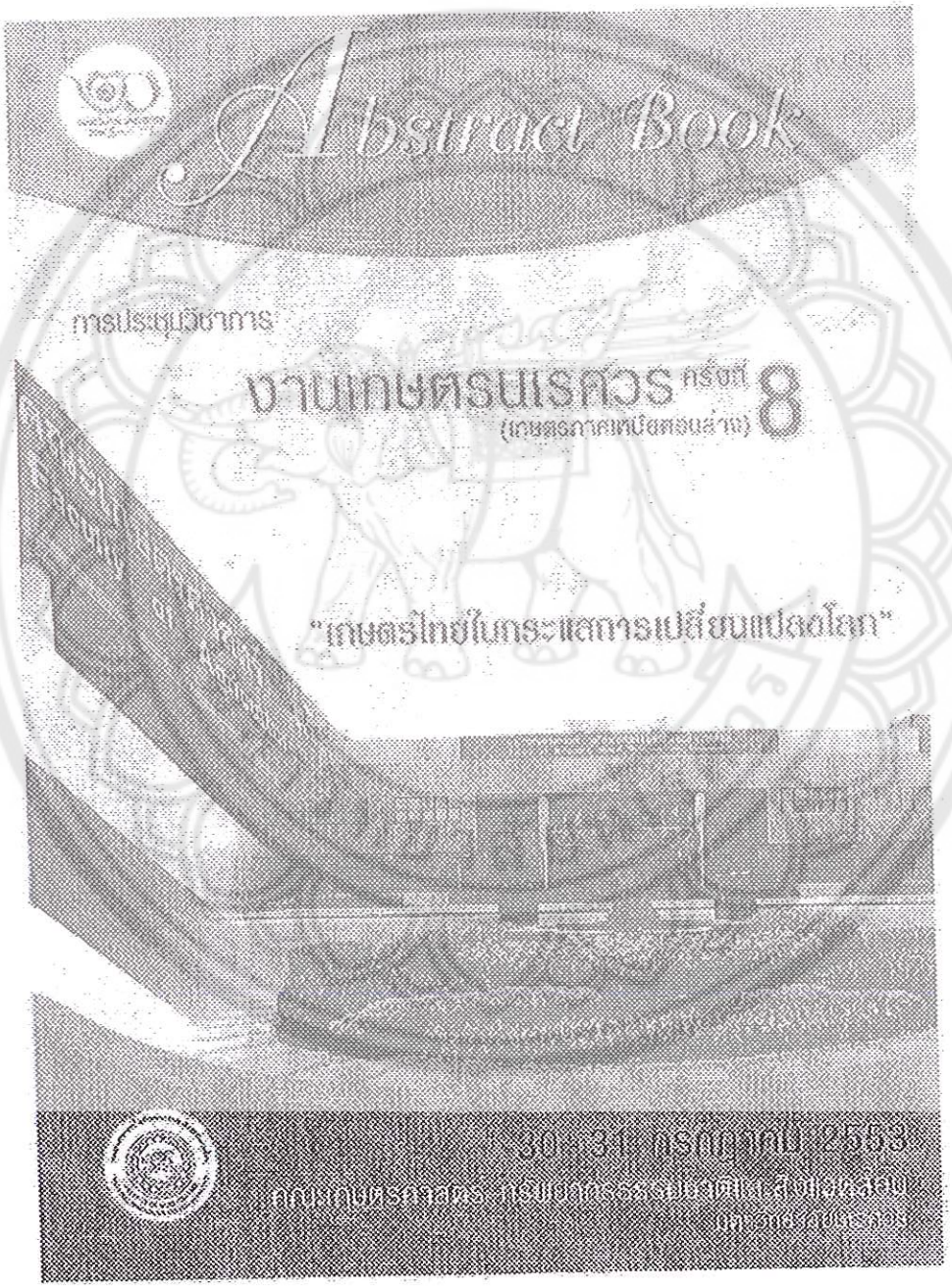
โครงการ : การปรับปรุงคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียวโดยใช้สารต้านจุลชีพ
จากกรดอะซิติก กรดซิตริก และกรดแลคติก

วันที่ ๖ ม.ค. ๒๕๕๖

ลำดับที่	ชื่อ – สกุล	ที่อยู่ / สถานที่ติดต่อ	ลายเซ็นต์
1	น.ส. พรทิมาศ สาธุธรรมิ์	๕๖ ม. ๑๑ ต. กุ่มงาม อ. ศรีสำโรง จ. สุโขทัย	
2	น.ส วรรณา แซ่พเจ็ง	๓๗๔ ม. ๑๔ ต. แม่สิน อ. ศรีสัชนาลัย จ. สุโขทัย	
3	นส. ราตพา ทองรอด	๒๖/๖ ม.๑ ต.บ้านหา อ ศรีสำโรง จ. สุโขทัย	
4	น.ส วันดร ฝ่ายมาย	๔๒/๑ ม.๑ ต. วัดเกาะ อ. ศรีสำโรง จ.สุโขทัย	
5	นายชำโรง ฝ่ายทอง	๗๗ ม. ๘ ต.ท่าทอง อ. สวรรคโลก จ.สุโขทัย	
6	น.ส. ฟุ่ฟารณี พุฒฉายิพงศ์	๒๖/๖ ม.๖ ต. คลองยาง อ. ศรีสำโรง จ. สุโขทัย	
7	น.ส ทิฆัมพร ไชยวงศ์	๑๑ ม.๑ ต วัดเกาะ อ.ศรีสำโรง จ.สุโขทัย	
8	นางจันทนา รัตนะถาวร	๖๒ ม.๑ ต.วัดเกาะ อ ศรีสำโรง จ. สุโขทัย	
9	น.ส. เพ็ญพิชญ์ แซ่ว่าลี่	๒๗/๑๐ ม.๘ ต. คลองยาง อ. ศรีสำโรง จ. สุโขทัย	
10	น.ส เพ็ญพิสุดี ทำทองแต้ม	๔๗/๑๔ ม.๑๑ ต. คลองยาง อ ศรีสำโรง จ. สุโขทัย	
11	น.ส ชนันทร ถอนพิทยาธา	๒๖/๑๐ ม.๖ ต. คลองยาง อ. ศรีสำโรง จ. สุโขทัย	
12	น.ส จิโอวี่ จันทร์ปี่	๒๗/๑๐ ม. ๖ ต. คลองยาง อ. ศรีสำโรง จ. สุโขทัย	
13			
14			
15			

ภาคผนวก จ บทความเผยแพร่

นำเสนอภาคบรรยาย ในการประชุมวิชาการ งานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 8 วันที่ 30 – 31 กรกฎาคม 2553 ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร



ที่ ศธ 0527.07 01/3 1434

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ
และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
อ เมืองพิษณุโลก จ.พิษณุโลก 65000

13 กรกฎาคม 2553

เรื่อง ตอบรับการนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ งานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 8

เรียน ผศ.ดร.ปรีชา ก้อยทัพ

ตามที่ท่านลงทะเบียนเข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการ งานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 8 ระหว่างวันที่ 30-31 กรกฎาคม 2553 ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะกรรมการจัดงานฯ ได้พิจารณาผลงานวิจัยของท่านเรียบร้อยแล้ว และขอแจ้งให้ทราบว่า ผลงานวิจัยของท่านได้รับการคัดเลือกให้นำเสนอในการประชุมวิชาการ งานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 8 ดังนี้

1. รหัสผลงาน OB-17
2. ชื่อผลงาน การประยุกต์ใช้กรดและด่างเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในปลาช่อนแดดเดียว
3. นำเสนอประเภท บรรยาย

ทั้งนี้ เวลาในการนำเสนอผลงานในภาคบรรยาย ไม่เกินเรื่องละ 15 นาที ในรูปแบบ Power point และ 5 นาที สำหรับการซักถาม และการนำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ ขนาด 0.90 x 1.20 เมตร โดยสามารถติดโปสเตอร์ได้ตั้งแต่วันที่ 29 กรกฎาคม 2553 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชนินทร์ อัมพรสถิร)
คณบดีคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คณะเกษตรศาสตร์ฯ
โทรศัพท์. 055-962707
โทรสาร. 055-962709

การประยุกต์ใช้กรดแลกติกเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในปลาช่อนแดดเดียว

Application of lactic acid for microorganism inhibition on dried striped snake-head fish

ปวีนา น้อยทัพ[1, 2] ณัฏฐา หะทะยัง[1] เหรียญทอง สิงห์จานุสงค์[1] และ โอรส รักชาติ[1]
Paweena Noitup[1, 2], Nattha Hathayang[1], Riantong Singanusong[1] and Orose Rugchati[1]

Abstract

Dried striped snake-head fish is a semi-dried product which has a short storage time. Therefore, this research was studied the application of lactic acid on the dried striped snake-head fish to inhibit microorganism growth. The minimum inhibitory concentrations (MIC) of lactic acid against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* were 2.0-2.4% and 2.0-2.3%, respectively. Then, the appropriate concentration of lactic acid on dried striped snake-head fish was studied. The dried striped snake-head fish was dipped at the concentration of 0, 1, 2, 3 and 4%. The results showed that microorganism inhibition was increased with increasing lactic acid concentrations whereas the sensory scores were decreased. The suitable concentration was found to be 2% where it had the highest microorganism inhibition *($p \leq 0.05$)* while the chemical, physical and sensory qualities of the product were still accepted. The dried striped snake-head fish treated with 2% of lactic acid stored at 32±2 °C had the shelf-life of 2 days while the samples with no lactic acid treatment had the shelf-life of 1 day.

Keywords: dried striped snake-head fish, lactic acid, semi-dried product

บทคัดย่อ

ปลาช่อนแดดเดียวเป็นผลิตภัณฑ์กึ่งแห้งที่มีอายุการเก็บรักษาสั้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำกรดแลกติกมาประยุกต์ใช้ในปลาช่อนแดดเดียวเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (MIC) ของกรดแลกติกที่มีต่อ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* คือ ร้อยละ 2.0-2.4 และ 2.0-2.3 ตามลำดับ จากนั้นจึงศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดแลกติกเมื่อนำมาใช้กับปลาช่อนแดดเดียวโดยวิธีการจุ่มที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 0, 1, 2, 3 และ 4 พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้มากขึ้น แต่จะได้รับคะแนนทางประสาทสัมผัสน้อยลง ซึ่งความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 2 สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด *($p \leq 0.05$)* โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ ผลิตภัณฑ์ปลาช่อนแดดเดียวที่แช่กรดแลกติก ร้อยละ 2 มีอายุการเก็บรักษา 2 วัน ในขณะที่ปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้ใช้กรดมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 วัน ที่อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: ปลาช่อนแดดเดียว กรดแลกติก ผลิตภัณฑ์กึ่งแห้ง

คำนำ

ปลาช่อน (Striped snake-head fish) เป็นปลาน้ำจืดชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ปลาช่อนแดดเดียวซึ่งได้รับความนิยมในการนำมารับประทานอย่างกว้างขวาง ผลิตภัณฑ์ปลาช่อนแดดเดียวโดยทั่วไปเก็บรักษาได้เพียง 1 วัน ที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากกระบวนการผลิตปลาแดดเดียวเป็นเพียงการดึงน้ำออกบางส่วนยังคงมีจุลินทรีย์ที่สามารถนำน้ำส่วนที่เหลือไปใช้ในการเจริญ ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย ปัจจุบันจึงมีผู้ผลิตบางกลุ่มนำสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคเข้ามาช่วยในการผลิตเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เก็บได้นานมากขึ้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้นำกรดแลกติก ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์ธรรมชาติที่มีความปลอดภัยตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาอนุญาตให้ใช้ได้ในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำโดยไม่จำกัดปริมาณการใช้ (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2547) เพื่อปรับความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากกรดจะยับยั้งการเจริญและทำลายจุลินทรีย์ได้โดยการแทรกซึมเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ ทำให้โปรตีนที่ผนังเซลล์เกิดการแปรสภาพหรือเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ (Branen *et al.*,1990)

[1] ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
Department of Agro-Industry, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000 THAILAND
[2] Corresponding author e-mail: paweenan@nu.ac.th

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดแลกติกที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

เตรียมสารละลายกรดแลกติกความเข้มข้น ร้อยละ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 และ 3.0 (v/v) จากนั้นนำมาศึกษาผลของกรดแลกติกต่อการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Tryptic soy broth โดยการนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total viable count; TVC) และวัดค่าความขุ่นโดยวัดการดูดกลืนแสง (OD) ที่ 625 นาโนเมตร ตามวิธีของ AOAC (1995) จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli*

2. ศึกษาความเข้มข้นของกรดแลกติกที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ปลาช่อนแดดเดียว

นำปลาช่อนขนาด 700-800 กรัมต่อตัว ตัดหัว ควักไส้ และล้างทำความสะอาดก่อนนำไปหมักกับเกลือและน้ำตาล จากนั้นนำไปแช่ในสารละลายกรดแลกติก ร้อยละ 0 (ตัวอย่างควบคุม), 1, 2, 3 และ 4 ก่อนนำไปอบที่ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง วิเคราะห์สมบัติทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัส

2.1 การทดสอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น ตามวิธีของ AOAC (1995) ค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter ปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ ตามวิธีของ AOAC (1995) ค่า PV และค่า TBA ตามวิธีของ Khalid (2007)

2.2 การทดสอบทางกายภาพ ได้แก่ ค่า a_w ด้วยเครื่อง a_w center (NOVASINA; 200 S/N)

2.3 การทดสอบทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา *S. aureus* และ *E. coli* ตามวิธีของ AOAC (1995)

2.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนแล้ว จำนวน 10 คน ให้คะแนนความชอบของลักษณะต่าง ๆ แบบ hedonic scale 9 point สำหรับตัวอย่างทั้งก่อนและหลังทอด

3. ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว

ศึกษาอายุการเก็บรักษาของปลาช่อนแดดเดียวแช่กรดเปรียบเทียบกับปลาช่อนแดดเดียวที่ไม่ได้แช่กรด บรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทีลีน (Polyethylene-PE) ในสภาวะปกติ ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างประเมินคุณภาพทางจุลินทรีย์ทุกวัน จนผลิตภัณฑ์มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินมาตรฐาน

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ ดำเนินการทดลองแบบ CRD สำหรับข้อ 2.1-2.3 และแบบ RCBD สำหรับข้อ 2.4 วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่นัยสำคัญ 0.05

ผล

ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดแลกติกที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

ตามที่เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: ปลาแดดเดียว (มผช.298/2549) ได้กำหนดปริมาณจุลินทรีย์ที่มีในตัวอย่าง คือ *S. aureus* และ *E. coli* ต้องน้อยกว่า 200 และ 50 cfu/g ตามลำดับ งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ของกรดแลกติก โดยหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้งสองชนิด จากการนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Figure 1a) พบว่า กรดแลกติกสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และ *E. coli* ที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 2.4 และ 2.3 ตามลำดับ ซึ่งการเจริญของเชื้อที่ลดลงจะทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงด้านความขุ่นลดลง ส่งผลให้มีค่าการดูดกลืนแสงน้อยลง (Figure 1b) จากการวัดค่าความขุ่น พบว่า กรดแลกติกสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้งสองชนิดได้ที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 2.0

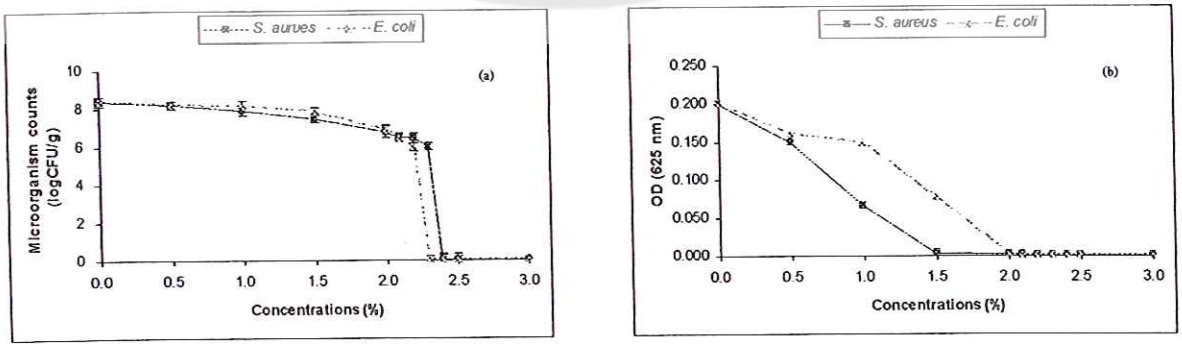


Figure 1 The minimum inhibitory concentrations of lactic acid against *S. aureus* and *E. coli;* (a) total viable count, (b) turbidity at 625 nm, $n = 3$.

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของกรดแลกติกที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* พบว่า ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* คือ ร้อยละ 2.0-2.4 และ 2.0-2.3 ตามลำดับ

ศึกษาความเข้มข้นของกรดแลกติกที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ปลาช่อนแดดเดียว

จากการวิเคราะห์ค่าทางเคมีและกายภาพของปลาช่อนแดดเดียวก่อนทอด (Table 1) พบว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้นจะทำให้ตัวอย่างมีปริมาณกรดที่ไตเตรทได้ (คิดเทียบในรูปของกรดแลกติก) เพิ่มขึ้น เนื่องจากกรดที่มีความเข้มข้นมากสามารถซึมเข้าในเนื้อปลาได้มากกว่าในระยะเวลาการแช่สารละลายกรดที่เท่ากัน

Table 1 The chemical and physical properties of dried striped snake-head fish treated with lactic acid solution (before frying).

Lactic acid (%)	Attributes			
	Acidity (%)	pH	Moisture (%)	a_w^{ns}
0	0.19^{e}±0.02	6.56^{a}±0.02	65.73^{a}±1.01	0.89±0.01
1	0.37^{d}±0.02	6.48^{b}±0.01	62.06^{b}±1.10	0.89±0.01
2	0.49^{c}±0.03	6.37^{c}±0.02	59.92^{bc}±2.63	0.89±0.01
3	0.51^{b}±0.02	6.27^{d}±0.03	56.83^{c}±1.08	0.88±0.01
4	0.61^{a}±0.01	6.12^{e}±0.03	52.38^{d}±2.15	0.88±0.01

$^{a-e}$ Means±S.D. in the same column with the same letter are not significantly different *($p \leq 0.05$), $n = 3$.*

^{ns} Means±S.D. in the same column are not significantly different *($p > 0.05$).*

จากการทดสอบทางจุลินทรีย์ของปลาช่อนแดดเดียวก่อนทอด (Table 2) พบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีปริมาณยีสต์และรา และ *S. aureus* อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยไม่พบ *E. coli* ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้มากขึ้น

Table 2 Microorganisms of dried striped snake-head fish treated with lactic acid solution (before frying).

Lactic acid (%)	Microorganism counts (cfu/g)			
	TPC	Yeast & Mold	*S. aureus*	*E. coli*
0	4.1×10^2	2.1×10^2	1.6×10^2	nil
1	3.0×10^2	1.1×10^2	1.0×10^2	nil
2	8.0 x10	6.0 x10	5.2 x10	nil
3	5.9 x10	4.2 x10	3.1 x10	nil
4	3.0 x10	3.0 x10	2.0 x10	nil

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวก่อนทอด (Table 3) พบว่า การใช้ความเข้มข้นกรดแลกติก ร้อยละ 1 และ 2 ได้รับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม (กรดแลกติก ร้อยละ 0) อย่างมีนัยสำคัญ *($p > 0.05$)* และมีคะแนนความชอบทุกลักษณะอยู่ในระดับดีกว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ *($p \leq 0.05$)*

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของปลาช่อนแดดเดียวหลังทอด (Table 4) พบว่า คะแนนความชอบด้านกลิ่น เนื้อสัมผัส รสชาติ และความชอบรวม ที่ระดับความเข้มข้นของกรดแลกติก ร้อยละ 1 และ 2 มีคะแนนที่ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม (กรดแลกติก ร้อยละ 0) มากที่สุด โดยที่ระดับความเข้มข้นของกรดแลกติก ร้อยละ 1 และ 2 มีคะแนนความชอบในทุกลักษณะสูงที่สุด และมีความแตกต่างจากความเข้มข้นของกรดแลกติก ร้อยละ 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญ *($p \leq 0.05$)*

Table 3 The sensory evaluation of dried striped snake-head fish treated with lactic acid solution (before frying).

Lactic acid (%)	Liking scores (1-9 points)			
	Color	Odor	Texture	Overall liking
0	7.10^{a}±1.58	7.30^{a}±1.06	7.40^{a}±1.77	7.20^{a}±1.16
1	7.40^{a}±1.66	7.50^{a}±1.16	7.30^{a}±0.82	7.40^{a}±1.48
2	7.30^{a}±1.29	7.50^{a}±1.37	7.40^{a}±1.66	7.50^{a}±1.71
3	5.70^{b}±1.65	5.70^{b}±1.51	5.40^{b}±1.55	5.30^{b}±1.73
4	4.00^{c}±0.85	3.60^{c}±0.99	3.90^{c}±0.63	3.80^{c}±0.82

$^{a-c}$ Mean±S.D. in the same column with the same letter are not significantly different *($p \leq 0.05$), $n = 10$.*

Table 4 The sensory evaluation of dried striped snake-head fish treated with lactic acid solution (after frying).

Lactic acid (%)	Liking scores (1-9 points)			
	Odor	Texture	Taste	Overall liking
0	7.60^{ab}±1.37	7.40^{a}±0.99	7.60^{a}±2.00	7.40^{a}±1.71
1	7.20^{b}±0.97	7.60^{a}±0.88	7.30^{a}±0.92	7.20^{a}±0.88
2	8.10^{a}±1.73	7.60^{a}±1.16	7.80^{a}±1.06	7.90^{a}±1.08
3	6.20^{c}±0.99	6.00^{b}±0.97	6.10^{b}±0.97	6.20^{b}±0.97
4	4.50^{d}±1.17	5.10^{c}±1.45	4.30^{c}±1.25	4.70^{c}±1.16

$^{a-d}$ Mean±S.D. in the same column with the same letter are not significantly different *($p \leq 0.05$), $n = 10$.*

จากการศึกษาหาความเข้มข้นของกรดแลกติกที่เหมาะสมเมื่อนำไปใช้ในการผลิตปลาช่อนแดดเดียว พบว่า ความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 2 เนื่องจากสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน:ปลาแดดเดียว (มผช.298/2549) และยังคงได้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสสูงสุดในทุก ๆ ลักษณะการทดสอบ

ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว

จากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส (Table 5) พบว่าปริมาณยีสต์และรา และ *S. aureus* ของทั้ง 2 ตัวอย่าง มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น แต่ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน ตัวอย่างที่ใช้กรดมีการเจริญของจุลินทรีย์น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด และไม่พบการเจริญของ *E. coli* ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา โดยตัวอย่างที่ใช้กรดแลกติก ร้อยละ 2 มีปริมาณยีสต์และรา และ *S. aureus* เกินมาตรฐานหลังจากเก็บรักษาได้ 3 วัน ส่วนตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีปริมาณยีสต์และรา และ *S. aureus* เกินมาตรฐานหลังจากเก็บรักษาได้เพียง 2 วัน

Table 5 Microorganisms of dried striped snake-head fish during storage at 32±2 °C (before frying).

Microorganism			Storage time (day)			
(cfu/g)	Standard	Lactic acid	0	1	2	3
Yeast & Mold	$< 5 \times 10^{2}$	0%	5.4x10	2.4×10^{2}	5.3×10^{2}	7.7×10^{2}
		2%	4.8 x10	1.9 x10	3.6×10^{2}	5.5×10^{2}
S. aureus	$< 2 \times 10^{2}$	0%	4.6x10	1.4×10^{2}	2.3×10^{2}	3.7×10^{2}
		2%	4.3 x10	9.4 x10	1.6×10^{2}	2.5×10^{2}
E. coli	< 50	0%	nil	nil	nil	nil
		2%	nil	nil	nil	nil

วิจารณ์ผล

ศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดแลกติกที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

จากการศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดของกรดแลกติกที่สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ พบว่า กรดแลกติกสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* และ *E. coli* ที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 2.0-2.4 และ 2.0-2.3 ตามลำดับ (Figure 1) เนื่องจากกรดมีผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยกรดเป็นตัวการที่ทำให้มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ทำให้ความเป็นกรดด่างต่ำลงซึ่งจะมีผลต่อจุลินทรีย์จำพวกที่ไวต่อกรด คือ ระบบการทำงานภายในเซลล์เกิดการหยุดชะงักลง (Woolthuis and Smulders, 1985) และถ้าลดความเป็นกรดด่างของอาหารลงให้ต่ำกว่า 4 จะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตราย (pathogen) ในอาหารได้ (Jay, 2000) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถ้าต้องการผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ จำเป็นต้องใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูงมาก แต่จะส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ในด้านกลิ่น รส สี และเนื้อสัมผัส ด้วยเหตุนี้จึงทำการศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดแลกติกในการนำไปประยุกต์ใช้กับปลาช่อนแดดเดียว โดยยังคงคุณภาพในระดับที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ

ศึกษาความเข้มข้นของกรดแลกติกที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ปลาช่อนแดดเดียว

จากการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ (Table 1) ในด้านปริมาณความชื้น พบว่า ตัวอย่างที่ใช้กรดจะมีปริมาณความชื้นและค่า a_w น้อยกว่า และที่ระดับความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้นจะมีค่าความชื้นและค่า a_w ลดลง เนื่องจากกรดทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนลดลง ลักขณา (2540) กล่าวว่า ในเนื้อสัตว์ที่มีความเป็นกรดด่างต่ำจะทำให้โปรตีนเกิดการแปรสภาพไปจากเดิม ความสามารถในการจับกับน้ำของโปรตีนจึงน้อยลง และเยาวลักษณ์ (2536) กล่าวว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดด่างในเนื้อสัตว์ โดยเนื้อที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดด่างที่ลดลง และการที่ค่าความเป็นกรดด่างลดลงจะทำให้ประจุลบเพิ่มสูงขึ้น ประจุลบจะไปทำให้ประจุในเนื้อมีค่าเป็นกลาง ทำให้โมเลกุลของน้ำที่ถูกจับไว้หลุดออกไปเป็นอิสระ เนื้อที่ได้จึงมีความสามารถในการจับน้ำได้น้อยลง (ลักขณา, 2540) จากความเข้มข้นของกรดที่มากขึ้นทำให้เกิดการสูญเสียน้ำ ส่งผลให้ค่าความชื้นและค่า a_w ลดลง แสดงว่าระดับความเข้มข้นของกรดแลกติกมีผลต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของปลาช่อนแดดเดียว

เมื่อนำกรดแลกติกมาใช้กับผลิตภัณฑ์ปลาช่อนแดดเดียว กรดแลกติกยังคงให้ผลยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Table 2) ซึ่งมีงานวิจัยหลายชิ้นพบว่า กรดอินทรีย์ เช่น กรดอะซิติก กรดแลกติก กรดซิตริก มีผลในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยลดค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ ทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Woolthuis and Smulders, 1985) ตามที่เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน: ปลาแดดเดียว (มผช.298/2549) ได้กำหนดปริมาณจุลินทรีย์ที่มีในตัวอย่างคือ ยีสต์และรา *S. aureus* และ *E. coli* ต้องน้อยกว่า 500, 200 และ 50 cfu/g ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดมีปริมาณยีสต์และรา และ *S. aureus* อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด แต่ไม่พบ *E. coli* ที่ระดับความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้นสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ได้มากขึ้น สอดคล้องกับงานของ วรรณวิมล (2550) ที่ศึกษาผลของการใช้กรดแลกติก ร้อยละ 0, 1.5, 2.0 และ 2.5 ต่อการลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชั่นรมควัน พบว่า ทุกความเข้มข้นของกรดแลกติกมีผลต่อการลดจำนวนเชื้อ *Aeromonas caviae* โดยเฉพาะกรดแลกติกที่ความเข้มข้นสูงจะให้ผลยับยั้งดีที่สุด

จากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสก่อนทอดและหลังทอด (Table 3 และ 4) พบว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นของกรดแลกติกมากกว่า ร้อยละ 2 ขึ้นไป จะมีคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสลดลง เนื่องจากมีปริมาณความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้นมากเกินไปจนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sundar and Zhang (2006) ที่ศึกษาผลของกรดแลกติก ร้อยละ 1, 2, 4 และ 6 ต่อคุณภาพของเนื้อหมู พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของกรดแลกติก ร้อยละ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกับตัวอย่างควบคุม แต่ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 และ 6 ได้คะแนนการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น และลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี

ศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว

จากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า ปริมาณยีสต์และรา และ *S. aureus* (Table 5) ของทั้ง 2 ตัวอย่าง มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น และที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน ตัวอย่างที่ใช้กรดมีการเจริญของจุลินทรีย์น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรด และสามารถเก็บรักษาได้นานกว่า ทั้งนี้เนื่องมาจากการแตกตัวของกรดไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ลดค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์ และทำให้สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ กรดทำให้

ปริมาณความชื้น และค่า a_w ลดลง ดังนั้น เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดจึงไม่สามารถเจริญได้ จากการรายงายของ เกรียงศักดิ์ (2546) ทำการศึกษาผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของปลานิลเค็ม พบว่าที่ระยะเวลาในการเก็บนานขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์โดยที่ตัวอย่างที่ใช้กรดมีการเจริญของจุลินทรีย์น้อยกว่าตัวอย่างที่ไม่ใช้กรดเมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลาการเก็บรักษาเท่ากัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sundar and Zhang (2006) ที่ศึกษาผลของกรดแลกติกที่มีต่อคุณภาพของเนื้อหมู โดยทำการสเปรย์สารละลายกรดแลคติกที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 4 และ 6 พบว่า ระยะเวลาในการเก็บเพิ่มขึ้นปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น โดยตัวอย่างที่สเปรย์สารละลายกรดแลคติกจะลดปริมาณเชื้อได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

สรุป

จากการศึกษาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* พบว่า กรดแลกติกสามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureus* และ *E. coli* ที่ระดับความเข้มข้น ร้อยละ 2.0-2.4 และ 2.0-2.3 ตามลำดับ และเมื่อนำไปใช้กับปลาช่อนแดดเดียว พบว่า ความเข้มข้นของกรดแลกติกที่เหมาะสมคือ ร้อยละ 2 ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีโดยยังคงมีคุณภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัสเป็นที่ยอมรับ และจากการศึกษาอายุการเก็บรักษาปลาช่อนแดดเดียว พบว่า ปลาช่อนที่ทำการแช่กรดสามารถเก็บรักษาได้นาน 2 วัน ส่วนปลาช่อนที่ไม่ได้แช่กรดเก็บรักษาได้เพียง 1 วัน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปี 2552

เอกสารอ้างอิง

เกรียงศักดิ์ สิงห์แก้ว. 2546. ผลของกรดอะซิติกที่มีต่อคุณภาพและการยืดอายุการเก็บรักษาปลานิลเค็ม. วิทยานิพนธ์ วท.ม., มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เยาวลักษณ์ สุพันธพิศิษฐ์. 2536. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: เค.ยู.เพลส.

ลักขณา รุจนะไกรกานต์. 2540. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

วรรณวิมล มัธยม. 2550. ผลของการใช้กรดแลคติกต่อการลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากกระบวนการผลิตไส้กรอกไก่อิมัลชั่นรมควัน. วิทยานิพนธ์ วท.ม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2547. ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร ลงวันที่ 3 พฤศจิกายน 2547. กรุงเทพฯ.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2549. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนปลาแดดเดียว (มผช.298/2549).

AOAC. 1995. Official methods of analysis. Washington, D.C.: Association of Official of Analytical Chemists.

Branen, A.R., Davidson, P.M. and Salminen, S. 1990. Food Additives. Marcel Dekker. New York.

Horwitx, E. 1995. Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of Official of Analytical Chemists.

Jay, J.M. 2000. Modern Food Microbiology, 6th ed. Aspen Publishers. Maryland.

Khalid, I.S. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated slice salmon. Food Chemistry. 18: 566-575.

Sundar, S. and Zhang, M. 2006. Effect of lactic acid pretreatment on the fresh pork packed in modified atmosphere. Journal of Food Engineering. 72: 254-260.

Woolthuis, C.H.J. and Smulders, F.J.M. 1985. Microbial decontamination of arcasses by lactic acid spray. Journal of Food Protection. 48: 832-837.