การลดจำนวนเชื้อ *Salmonella* Anatum บนเนื้อสุกรสดด้วยกรดอะซิติก

REDUCTION OF *SALMONELLA* ANATUM ON FRESH PORK BY USING ACETIC ACID

นุชนภางค์ กุดแก้ว
NUCHNAPHANG KUDKAEW

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AI-M-053-135

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การลดจำนวนเชื้อ *Salmonella* Anatum บนเนื้อสุกรสดด้วยกรดอะซิติก

REDUCTION OF *SALMONELLA* ANATUM ON FRESH PORK BY USING ACETIC ACID

นุชนภางค์ กุดแก้ว

NUCHNAPHANG KUDKAEW

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....81379
วัน,เดือน,ปี.....11 มิ.ย. 2551

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AI-M-053-135

REDUCTION OF *SALMONELLA* ANATUM ON FRESH PORK BY USING ACETIC ACID

NUCHNAPHANG KUDKAEW

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

KMITL-2008-AI-M-053-135

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดจำนวนเชื้อ *Salmonella* Anatum บนเนื้อสุกรสดด้วยกรดอะซิติก
นักศึกษา	นางสาวนุชนภางค์ กุดแก้ว
รหัสประจำตัว	47063208
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วราวุฒิ ครูส่ง

บทคัดย่อ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Salmonella* Anatum ด้วยวิธี Disc agar diffusion พบว่าที่ความเข้มข้น 1-3% กรดอะซิติกสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ได้ เนื่องจากมีบริเวณใสเกิดขึ้นรอบ Paper disc และเมื่อศึกษาในระดับหลอดทดลองด้วยอาหารเหลว Trypticase soy broth (TSB) ที่มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก 1-3% โดยมีปริมาณเชื้อ *S.* Anatum เริ่มต้นสูงในระดับ 6.8 log cfu/ml พบว่า ที่ความเข้มข้น 2.1%-3.0% (มีค่า pH ตั้งแต่ 3.77-3.58) ทำให้เชื้อตายภายในเวลา 30 นาที ในขณะที่ TSB ที่มีกรดอะซิติกเข้มข้น 1% (มี pH 4.05) ต้องใช้เวลา 55 นาทีในการลดจำนวนเชื้อลง 1 log cfu/ml เมื่อนำเนื้อสุกรสดส่วนสันนอกมาจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1-3% เป็นเวลา 1 นาที บรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติหรือสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าหลังจากจุ่มเนื้อสุกรสดลงในสารละลายกรดอะซิติกแล้ว เนื้อสุกรที่บรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติและสุญญากาศมีสีซีดขึ้น และเมื่อความเข้มข้นของกรดอะซิติกสูงขึ้นส่งผลให้เนื้อสุกรสดมีการสูญเสียน้ำมากขึ้น โดยการเก็บภายใต้สภาวะสุญญากาศทำให้สูญเสียน้ำมากกว่าการเก็บภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังนั้นกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% จึงเหมาะสมในการนำมาใช้ในการศึกษาการลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum บนเนื้อสุกรสดพร้อมกับยังคงคุณภาพให้เป็นที่ยอมรับได้ ในการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการจุ่มพบว่าการจุ่มเนื้อสุกรลงในสารละลายกรดอะซิติกเป็นเวลา 2 วินาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้และมีผลเสียต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุด เมื่อนำเนื้อสุกรที่มีการถ่ายเชื้อ *S.* Anatum ลงไปในระดับสูงจนสามารถก่อให้เกิดโรคได้มาจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% เป็นเวลา 2 วินาที ส่งผลให้เนื้อสุกรมีจำนวนเชื้อลดลง 0.4 log cycle และมีอายุการเก็บรักษา 5 วัน โดยไม่จำเป็นต้องมีการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศเนื่องจากการเก็บรักษาภายใต้สภาวะปกติมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิต

ไม่แตกต่างจากการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ ในขณะที่การเก็บรักษาเนื้อที่อุณหภูมิต่ำและการจุ่มเนื้อในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อก่อนการบรรจุไม่สามารถลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ ส่วนการเก็บรักษาภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิห้องไม่สามารถลดจำนวนเชื้อให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ เมื่อทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรสดและต้มสุก พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนคุณลักษณะต่างๆ ของเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกไม่แตกต่างกันกับเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุม ($P>0.05$)

Thesis Title	Reduction of *Salmonella* Anatum on Fresh Pork by Using Acetic Acid
Student	Miss. Nuchnaphang Kudkaew
Student ID.	47063208
Degree	Master of Science
Program	Food science
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Warawut Krusong

ABSTRACT

This study was to determine the efficacy of acetic acid in the reduction of *Salmonella* Anatum and effect on color and drip loss of fresh pork loin. Acetic acid was evaluated for antimicrobial activity against high level of *S.* Anatum at about 6.8 log cfu/ml by using disc diffusion method and *in vitro* in trypticase soy broth (TSB). The results from disc diffusion method showed that 1-3% acetic acids could inhibit the growth of *S.* Anatum with the presence of a clear zone surrounding a paper disc. The survival patterns of *S.* Anatum were determined in TSB containing various concentrations of 1-3% acetic acid. Treatments containing 2.1-3.0% acetic acid (pH 3.77-3.58) showed the bactericidal effect in 30 minutes of contact. While 1.0% acetic acid (pH 4.05) took 55 minutes to reduce *S.* Anatum for 1 log cycle. Pork loins were dipped in 1-3% acetic acid solution for one minute and packed in normal atmosphere or vacuum condition, then, stored at 4°C. After dipping fresh pork loin in acetic acid, color of pork loins becomes lighter in either vacuum or normal condition package. At higher acetic acid concentration, drip loss in fresh pork loin increased. Vacuum condition could cause more drip loss than normal atmosphere packaging. Therefore, fresh pork loin dipped in 1% acetic acid was recommended as suitable concentration for reduction of *S.* Anatum with acceptable quality. Then, the dipping time of fresh pork loin was determined. The 2 sec. of dipping time showed the good efficacy of acetic acid in reduction of *S.* Anatum but provided the most acceptable sensory properties from panelists. However, the 2 sec. of dipping time in 1% acetic acid solution caused the 0.4 log cycle reduction of *S* Anatum with high level inoculation that caused salmonellosis. At 4°C of storing temperature, the dipped fresh pork loin was kept for 5 days that vacuum packaging

was unnecessary because there was not different between survival of *S.* Anatum in normal atmosphere and vacuum condition. While storing fresh pork at low temperature and dipping in sterile distilled water could not reduce *S.* Anatum to safe level. In addition, storing fresh pork loin dipped in 1% acetic acid at room temperature (approx. 30 - 32°C) could not reduce *S.* Anatum to safe level either. By sensory evaluation study of fresh and cooked pork loin, by boiling, there were not significantly acceptable between samples with or without dipping in 1% acetic acid solution for 2 sec. ($P>0.05$).

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วราวุฒิ ครูส่ง ที่กรุณาให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็น แนวทางการแก้ไขปัญหาตลอดจนให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านแก่ข้าพเจ้า รวมทั้งกรุณาสละเวลาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

กราบขอบพระคุณ รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์ รศ.ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ รศ.ดร.สุเมธ ตันตระเธียร ที่กรุณาให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าอย่างยิ่ง ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณคุณครูและคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาการศึกษาจนข้าพเจ้าสำเร็จการศึกษา

ขอบพระคุณคุณจารุรัตน์ เอี่ยมศิริ นักชีววิทยารังสี โครงการวิจัยรังสีเพื่อการเกษตร สำนักงานปรมาณู เพื่อสันติที่ให้ความกรุณาฉายรังสีเนื้อสุกรเพื่อใช้ในงานวิจัยครั้งนี้

ขอบพระคุณ พ่อและแม่และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนข้าพเจ้าตลอดมา

ขอบคุณพี่ๆ ปริญญาเอก เพื่อนๆ และน้องนักศึกษาระดับปริญญาตรีและปริญญาโททุกท่านที่สละเวลามาประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสและคอยให้กำลังใจตลอดมา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ธุรการในงานเอกสารต่างๆ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบความดีทั้งหมดแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นุชนภางค์ กุดแก้ว

5 มีนาคม 2551

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....IX

สารบัญภาพ.....XI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ที่มาและความสำคัญ.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....2

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 ความสำคัญของจุลินทรีย์ก่อโรค.....3

2.1.1 ความสำคัญและคุณลักษณะของ *Salmonella* spp.....4

2.1.2 การปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. บนเนื้อสัตว์.....5

2.2 การลดจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์ด้วยกรดอินทรีย์.....9

2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ด้วยกรดอินทรีย์.....10

2.2.2 กลไกการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์ด้วยกรดอินทรีย์.....12

2.2.3 การใช้กรดแลกติก.....12

2.2.4 การใช้กรดอะซิติก.....14

2.2.5 เปรียบเทียบผลการลดจำนวนจุลินทรีย์ระหว่างการใช้กรดแลกติก และกรดอะซิติก.....14

2.2.6 การใช้กรดชนิดอื่นๆ และการใช้กรดร่วมกับสารยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์.....15

2.2.7 ผลของการใช้กรดอินทรีย์ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสัตว์.....16

2.3 สภาวะการบรรจุเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.....17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....22

3.1 วัตถุดิบ.....22

3.2 อุปกรณ์.....22

3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี.....23

3.4 สถานที่ทำการทดลอง.....23

3.5 วิธีดำเนินการวิจัย.....23

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....29

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum 29
ด้วยสารละลายกรดอะซิติกในจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Disc diffusion

4.2 การยืนยันความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญ.....32
ของเชื้อ *S.* Anatum ในหลอดทดลอง

4.3 การเปลี่ยนแปลงสีและค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่ม..... ... 3 6
ในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1%-3%

4.4 การลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum บนเนื้อสุกรสดด้วยกรดอะซิติก.....50
และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อสุกร

4.5 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติก.....66

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....68

5.1 สรุปผลการทดลอง.....68

5.2 ข้อเสนอแนะ.....69

บรรณานุกรม.....70

ภาคผนวก.....78

ก การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา.....79

ข การเตรียมสารละลายกรดอะซิติก การวิเคราะห์ค่า pH 83
และค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสด

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ค แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส.....85
ง ตารางแสดงผลการทดลองและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย.....88
ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test
จ ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกรสด.....103

ประวัติผู้เขียน.....105

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าคงที่การแตกตัว (pK_a) ของกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ	11
4.1	ค่า pH และความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของ บริเวณใสโดยเฉลี่ย ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ด้วยกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆ ด้วยวิธี Disc agar diffusion	31
4.2	สีของเนื้อสุกรสดที่วัดในระบบ Hunter (L a b) หลังจากจุ่มในสารละลาย กรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% เป็นเวลา 1 นาที	38
4.3	ค่า pH ค่าสี L และจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่รอดชีวิต (log cfu/g) บนเนื้อสุกรสดหลังผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% ในระยะเวลาต่างๆ	47
ง.1	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มใน สารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 1 นาที	89
ง.2	การเปลี่ยนแปลงค่า L ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย กรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% บรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์	91
ง.3	การเปลี่ยนแปลงค่า a ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรด อะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% บรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์	92
ง.4	การเปลี่ยนแปลงค่า b ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย กรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% บรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์	93
ง.5	ค่าการสูญเสียน้ำ (%) ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% บรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์	94
ง.6	คะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเทคนิค QDA ของเนื้อสุกรสดบด	95
ง.7	คะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเทคนิค QDA ของเนื้อสุกรบดต้มสุก	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ง.8	จำนวนเชื้อ S. Anatum ที่รอดชีวิตบนเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มใน สารละลายกรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน	96
ง.9	ค่า pH ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุ แบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน	97
ง.10	ค่า L ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุ แบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน	98
ง.11	ค่า (+)a ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุ แบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน	99
ง.12	ค่า (+)b ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุ แบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน	100
ง.13	ค่าการสูญเสียน้ำ (%) ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย กรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและ น้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศเก็บรักษา ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน	101
ง.14	คะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเทคนิค QDA ของเนื้อสุกรสด	102
ง.15	คะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเทคนิค QDA ของเนื้อสุกรต้มสุก	102

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.1	บริเวณใสของเชื้อ *S.* Anatum ที่เกิดขึ้นจากการทดสอบด้วยสารละลาย กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% 2% และ 3%	30
4.2	การลดลงของเชื้อ *S.* Anatum ในอาหารเหลว TSB ที่มีความเข้มข้น ของกรดอะซิติก 1.0% - 2.0% ในระยะเวลา 0 – 90 นาที	33
4.3	การลดลงของเชื้อ *S.* Anatum ในอาหารเหลว TSB ที่มีความเข้มข้น ของกรดอะซิติก 2.1% - 3.0% ในระยะเวลา 0 – 90 นาที	33
4.4	ค่า L ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 1% 2% และ 3% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่น บรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์	41
4.5	ค่า a ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 1% 2% และ 3% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่น บรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์	41
4.6	ค่า b ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 1% 2% และ 3% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่น บรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์	42
4.7	ค่าการสูญเสียน้ำ (%)ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย..... กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% 2% และ 3% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่น บรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์	44
4.8	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรสดบดที่ผ่านการจุ่มใน สารละลายกรดอะซิติก 1.0% เป็นเวลา 2 10 และ 30 วินาที	49
4.9	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรบดต้มสุกที่ผ่านการจุ่มใน สารละลายกรดอะซิติก 1.0% เป็นเวลา 2 10 และ 30 วินาที	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.10	จำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตบนเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มใน สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1%เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่น บรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 สัปดาห์	52
4.11	จำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตบนเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มใน สารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1%เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่น บรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 สัปดาห์	54
4.12	ค่า pH ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่น บรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 สัปดาห์	57
4.13	ค่า pH ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่น บรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์	57
4.14	ค่า L ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่นบรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 สัปดาห์	59
4.15	ค่า L ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่นบรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์	59
4.16	ค่า a ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่นบรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 สัปดาห์	61
4.17	ค่า a ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่นบรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.18	ค่า b ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่นบรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 สัปดาห์	62
4.19	ค่า b ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และน้ำกลั่นบรรจุแบบปกติ และสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์	62
4.20	ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่น บรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์	65
4.21	ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่น บรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์	65
4.22	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลาย กรดอะซิติก 1% เป็นเวลา 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม	66
4.23	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรต้มสุกที่ผ่านการจุ่มใน สารละลายกรดอะซิติก 1% เป็นเวลา 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม	67
จ.1	เนื้อสุกรสดหลังผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% 2% และ 3% เป็นเวลา 2 นาที เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม	104
จ.2	เนื้อสุกรสดหลังผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1%-2% เป็นเวลา 1 นาที	104

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เนื้อสัตว์เป็นอาหารประเภทหนึ่งที่มีการบริโภคกันมากในทุกครัวเรือนและใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากเนื้อสัตว์เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของร่างกาย และเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพเนื่องจากประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วน นอกจากนี้ยังประกอบด้วยแร่ธาตุและวิตามินที่ร่างกายต้องการ เนื้อสัตว์ที่มีการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ สุกร โค กระบือ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อแดง นอกจากนี้ยังรวมถึงเนื้อจากสัตว์ปีก เช่น ไก่ เป็ด ห่าน เป็นต้น สินค้าในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์จึงมีอยู่หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นเนื้อสด เนื้อปรุงแต่ง เนื้อแปรรูป เนื้อขึ้นรูปใหม่และเนื้อกระป๋อง (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, 2540) คุณภาพของเนื้อสัตว์จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ เนื่องจากเป็นสิ่งที่ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคซึ่งปัจจัยหนึ่งที่แสดงถึงคุณภาพที่ดีของเนื้อสัตว์และเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าคือ คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์และเป็นดัชนีที่ยืนยันความปลอดภัยของผู้บริโภค

สัตว์ที่ใช้ในการแปรรูปเป็นแหล่งของการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นเมื่อกล้ามเนื้อถูกแปรรูปมาเป็นเนื้อสัตว์ก็มีโอกาสปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ ในระหว่างกระบวนการฆ่าและการชำแหละซากหรือจากอวัยวะภายในได้ นอกจากนี้เนื้อสัตว์เองก็มีคุณลักษณะที่เหมาะสม คือประกอบด้วยสารอาหารทั้งโปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ วิตามินและน้ำ ที่ทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ดี และค่าความเป็นกรดของเนื้อสัตว์อยู่ที่ 5.6-5.8 (เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์, 2536) ซึ่งเป็นสภาวะที่จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถเจริญได้หากนำไปแปรรูปด้วยกระบวนการที่ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์เหล่านี้ได้จะทำให้ผู้บริโภคได้รับอันตรายเนื่องจากโรคอาหารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนนั้นได้

เชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. เป็นเชื้อที่ไม่อนุญาตให้พบในเนื้อสัตว์ นอกจากนี้ในมาตรฐานทางด้านจุลชีววิทยาของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ในระดับนานาชาติ เช่น สหภาพยุโรป ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ได้ระบุว่าในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จะต้องไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. เช่นกัน (Todd, 2003)

การควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ที่ดีคือการลดอุณหภูมิให้ต่ำทั้งการแช่เย็นหรือแช่เยือกแข็ง หรือมีการบรรจุชิ้นเนื้อในสภาพของการปรับเปลี่ยนบรรยากาศซึ่งยังคงมีจุลินทรีย์บางชนิดไม่ถูกทำลายและพบว่ายังคงมีจุลินทรีย์ก่อโรคหลงเหลืออยู่ นอกจากนี้ยังมีการลดอุณหภูมิร่วมกับการปรับเปลี่ยนบรรยากาศในการบรรจุแต่ไม่สามารถทำลายหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคได้ ดังนั้นจึงมีการใช้วิธีอื่นร่วมในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ เช่น การใช้กรดอินทรีย์เพื่อปรับค่าพีเอช การใช้ความร้อน การฉายรังสี รวมถึงการใช้สารเติมแต่งเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ เป็นต้น การใช้วิธีการหลายวิธีร่วมกันเพื่อเสริมประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคบนเนื้อสัตว์ ซึ่งวิธีการแต่ละวิธีดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ได้แตกต่างกันและมีกลไกการทำงานที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามปัจจัยหนึ่งที่สามารถกระทำได้ง่ายคือการควบคุมค่า pH ด้วยการใช้กรดอินทรีย์เพื่อยืดอายุการเก็บของเนื้อสุกรและให้ความปลอดภัยกับผู้บริโภคมากขึ้น กรดอะซิติกเป็นกรดอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำส้มสายชูและได้รับการยอมรับจาก GRAS ถึงความปลอดภัยในการบริโภค แต่การประยุกต์นำกรดอะซิติกมาใช้ประโยชน์เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บนเนื้อสุกรยังมีไม่มากนัก เนื่องจากมีข้อมูลที่แสดงถึงประสิทธิภาพของกรดอะซิติกอยู่ไม่มากนัก จึงได้ทำการศึกษาถึงผลของกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญจุลินทรีย์ก่อโรคที่พบบนเนื้อสุกร รวมทั้งประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่มีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ผลของการใช้กรดอะซิติกในการยับยั้งเชื้อ *Salmonella* Anatum บนเนื้อสุกรสด
2. ผลของกรดอะซิติกและสภาวะการเก็บรักษาต่ออายุการเก็บรักษาของเนื้อสุกรสด
3. ผลของกรดอะซิติกต่อการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรหลังการปรุงสุก

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของจุลินทรีย์ก่อโรค

ความมุ่งหวังของผู้บริโภคต่ออาหารแบ่งออกได้ 2 ด้านคือ คุณภาพของอาหาร (Food quality) และความปลอดภัยของอาหาร (Food safety) ซึ่งทั้งสองส่วนนี้มีความสัมพันธ์กันอย่างมาก เนื่องจากอาหารที่ผ่านกระบวนการผลิตตั้งแต่ระดับฟาร์มจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค ถ้าได้รับการดูแลอย่างดีในเรื่องของความสะอาด ส่งผลให้คุณภาพของอาหารดีด้วย แต่ถ้าไม่มีกลไกการควบคุมในเรื่องดังกล่าวอาจทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษได้ โรคอาหารเป็นพิษโดยทั่วไปนั้นมีอาการแตกต่างกัน ส่วนใหญ่มักเป็นอาการในระบบทางเดินอาหาร แต่อาจมีผลต่อระบบประสาทและอวัยวะภายใน โรคทางเดินอาหารอาจเกิดได้ 2 แนวทาง คือ การรับเชื้อจุลินทรีย์ผ่านอาหารหรือการติดเชื้อจากอาหาร (Food infection) และการรับพิษของเชื้อผ่านอาหาร (Food intoxication) ซึ่งสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคนั้นมีความแตกต่างกัน โดย Food infection เป็นโรคที่เกิดจากการบริโภคอาหารหรือน้ำที่ปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ก่อโรค เมื่อจุลินทรีย์ก่อโรคเหล่านี้ผ่านเข้าสู่ร่างกายแล้วสามารถเพิ่มจำนวนได้ และอาจก่อให้เกิดอาการผิดปกติในขณะที่จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตในร่างกาย (Colonize host) เมื่อจุลินทรีย์เหล่านี้สร้างสารพิษออกมาในระหว่างการเจริญเติบโตในร่างกายหรือมีการเพิ่มจำนวนอย่างมากทำให้ระบบการทำงานของอวัยวะต่างๆ เสียไป ตัวอย่างของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษแบบติดเชื้อ (Food infection) เช่น *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Vibrio* spp., *Listeria* spp. และ *Campylobacter* spp. เป็นต้น

2.1.1 ความสำคัญและ คุณลักษณะของ *Salmonella* spp.

เชื้อ *Salmonella* spp. เป็นแบคทีเรียในแฟมิลี *Enterobacteriaceae* ติดสีแกรมลบ เซลล์มีรูปร่างเป็นท่อน ขนาดประมาณ 0.7-1.5 μm x 2-5 μm มีแฟลกเจลลาจึงเคลื่อนที่ได้ ยกเว้นสายพันธุ์ *S.* Gallinarum และ *S.* Pullorum ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ สามารถเจริญได้ในที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน (Facultative anaerobe) ไม่สร้างสปอร์ ส่วนใหญ่สามารถใช้น้ำตาลกลูโคสแล้วให้กรดและก๊าซได้ สามารถใช้ซิเตรตเป็นแหล่งคาร์บอนได้ เชื้อเจริญได้ที่อุณหภูมิ 5-47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญอยู่ที่ 35-37 องศาเซลเซียส และ pH 4.5-9.0 โดย pH ที่เหมาะคือ 6.5-7.5 (D'Aoust, 1989) และต้องการปริมาณน้ำใช้ได้ (Water activity) ไม่ต่ำกว่า 0.93 พบเชื้ออยู่ในลำไส้หรือทางเดินอาหารของคนและสัตว์ รวมทั้งสิ่งแวดล้อม เชื้อ *Salmonella* spp. มีความสามารถในการรุกเข้าเซลล์ของร่างกายได้ หลังจากมีการเพิ่มจำนวนในลำไส้แล้วจึงรุกเข้าสู่ระบบน้ำเหลืองและอาจเข้าสู่อวัยวะได้ การได้รับเชื้อ *Salmonella* spp. เป็นสาเหตุของการเกิดโรค 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ โรคซัลโมเนลโลซิส (Salmonellosis) และโรค Enteric fever (ศุภชัย เนื้อนวลสุวรรณ, 2549)

2.1.1.1 Salmonellosis

ปริมาณเชื้อที่คาดว่าทำให้เกิดอาการป่วย (Infective dose) ค่อนข้างต่ำคือประมาณ 10^5-10^7 เซลล์ ขึ้นอยู่กับ Host และ Serotype ของเชื้อ การได้รับเชื้อ *S.* Typhimurium ทำให้เกิดความผิดปกติขึ้นในระบบทางเดินอาหาร (Gastroenteritis) เชื้อมีระยะเวลาการฟักตัว 5 ชั่วโมงถึง 5 วัน และผู้ป่วยแสดงอาการภายใน 12-36 ชั่วโมงหลังจากได้รับเชื้อ ในรายที่ได้รับเชื้อปริมาณมากหรือไวต่อเชื้อส่งผลให้ผู้ป่วยแสดงอาการเร็วขึ้น ผู้ป่วยมีอาการท้องร่วงแบบทั้งเป็นน้ำหรือเป็นมูกเลือด ปวดท้อง คลื่นไส้ อาเจียน มีไข้เล็กน้อย ปวดศีรษะ หนาวและอ่อนเพลีย ผู้ป่วยมักแสดงอาการอยู่ราว 2-5 วัน ซึ่งอาการเหล่านี้คล้ายคลึงกับโรคที่เกิดจากเชื้อ *E. coli* แต่อาการของโรคซัลโมเนลโลซิสมีความรุนแรงมากกว่า

2.1.1.2 Enteric fever

การได้รับเชื้อ *S.* Typhi และ *S.* Paratyphi ซึ่งเป็นเชื้อที่ก่อโรคเฉพาะในคนเท่านั้น เชื้อมีระยะฟักตัว 7-28 วัน ขึ้นอยู่กับปริมาณเชื้อที่ได้รับแต่โดยเฉลี่ย 14 วัน เนื่องจากเชื้อต้องใช้ระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนจึงมีระยะเวลาป่วยค่อนข้างนาน โดยเชื้อนี้ทำให้เป็นไข้ไทฟอยด์ (Enteric fever) ผู้ป่วยมีไข้สูงเป็นเวลานานต่อเนื่องและมีอาการหนาวสั่น ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร ปวดท้อง คันตามเนื้อตัว มีผื่นขึ้นตามลำตัวและแผ่นหลัง ในผู้ป่วยบางรายอาจมีเลือดออกในช่องท้อง ประสาทการรับรู้ลดลงและเพ้อ ซึ่งผู้ป่วยสามารถฟื้นไข้ภายใน 1-8 สัปดาห์ แต่ยังคงอยู่ในภาวะการเป็นพาหะอยู่หลายเดือนถึงหลายปี นอกจากนี้ยังพบว่า *Salmonella* spp. สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อในกระแสเลือด (Salmonella septicemia) ซึ่งผู้ป่วยมีไข้สูงและมีอาการหนาวสั่น ปวดหลัง ปวดท้อง อ่อนเพลีย น้ำหนักลดและโลหิตจาง ทั้งนี้ไม่มีอาการที่บริเวณลำไส้ (ICMSF, 1996)

การระบาดของเชื้อ *Salmonella* spp. ที่ก่อให้เกิดโรคซัลโมเนลโลซิสมีมานานแล้วทั่วโลก และยังคงต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน Threlfall และ Chart (1993) รายงานว่าการเกิดโรคอาหารเป็นพิษจากเชื้อ *S.* Enteritidis ในประเทศสเปนเพิ่มขึ้น 10 เท่า ในระหว่างปี ค.ศ. 1983-1987 ส่วนในประเทศฝรั่งเศสเพิ่มขึ้น 7 เท่าภายในระยะเวลา 11 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1986-1991 และในประเทศเนเธอร์แลนด์พบว่า 15% ของผู้ป่วยโรคซัลโมเนลโลซิสได้รับเชื้อจากการบริโภคเนื้อสุกร (Berends และคณะ, 1998) Sumner และคณะ (2004) รายงานว่ามีการเกิดโรคซัลโมเนลโลซิสในประเทศออสเตรเลียในปี ค.ศ. 1991 จำนวน 5,440 กรณี และเพิ่มขึ้นเป็น 7,147 กรณีในปี 2001 เมื่อตรวจเชื้อ *Salmonella* spp. ในปี ค.ศ. 1993-1994 พบว่าเนื้อโค มีการปนเปื้อนของเชื้อ *S.* Havana 17.1% รองลงมาคือ เชื้อ *S.* Anatum 11.0% ส่วนเนื้อไก่ตรวจพบเชื้อ *S.* Sofia สูงถึง 80.6% ต่อมาในปี ค.ศ. 2000-2001 ตรวจพบเชื้อ *S.* Anatum ในเนื้อโค 11.5% รองลงมาคือ เชื้อ *S.* Infantis 8.3% ส่วนในเนื้อไก่ตรวจพบ *S.* Sofia เพียง 36.6%

ส่วนในประเทศไทย สำนักระบาดวิทยารายงานว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 เป็นต้นมา อุบัติการณ์ของโรคอาหารเป็นพิษมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี จาก 113.61 ต่อประชากรแสนคน ในปี พ.ศ. 2537 เพิ่มเป็น 247.38 ต่อประชากรแสนคน ในปี พ.ศ. 2547 ต่อมาในปี พ.ศ. 2548 พบว่าโรคอาหารเป็นพิษมีอุบัติการณ์สูงเป็นอันดับที่ 4 โดยมีรายงานผู้ป่วยทั้งสิ้น 154,678 ราย เสียชีวิต 12 ราย ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการระบาดของโรคอาหารเป็นพิษมากที่สุด 3 ลำดับแรกคือเชื้อ *Salmonella* spp. เชื้อ *Staph. aureus* และเชื้อ *V. parahaemolyticus* ตามลำดับ (สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค, 2550)

2.1.2 การปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. บนเนื้อสัตว์

แหล่งที่อยู่อาศัยลำดับแรกของเชื้อ *Salmonella* spp. คือ ร่างกายของสัตว์ แต่บางครั้งอาจพบอยู่ตามร่างกายของมนุษย์และสัตว์ก็เป็นได้ เมื่อเชื้อ *Salmonella* spp. จากลำไส้ออกมากับอุจจาระ เชื้ออาศัยสัตว์ แมลงและน้ำช่วยแพร่กระจายตัวไปสู่สิ่งแวดล้อมและเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารในที่สุด และตามข้อกำหนดในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ได้กำหนดให้เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ต้องปราศจากเชื้อ *Salmonella* spp. ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาวิถีการปนเปื้อนของเชื้อบนเนื้อสัตว์ ดังเช่น

Arumugaswamy และคณะ (1995) รายงานการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. จากอาหารสดและอาหารพร้อมรับประทานในประเทศมาเลเซีย พบว่าอาหารสดมีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. 32% อาหารที่พบ ได้แก่ เนื้อไก่ ตับไก่และกึ๋นไก่ ส่วนในอาหารพร้อมรับประทานพบ 17% โดยเฉพาะในเนื้อสะเต๊ะ เซโรวาร์ที่พบมากที่สุดคือ เชื้อ *S.* Blockley รองลงมาคือ เชื้อ *S.* Enteritidis, *S.* Chinicol, *S.* Muenchen และ *S.* Agona ตามลำดับ

Arroyo และ Arroyo (1995) รายงานว่าในปี ค.ศ. 1989-1991 ได้ทำการตรวจเชื้อ *Salmonella* spp. จากส่วนที่รับประทานได้ของเนื้อลูกวัวและไก่จำนวนทั้งสิ้น 264 ตัวอย่าง ทั้งที่มีการบรรจุในภาชนะบรรจุพร้อมกับเก็บรักษาในตู้เย็นและไม่มีการบรรจุพร้อมกับการจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีเชื้อ *Salmonella* spp. ปนเปื้อนอยู่ 83 ตัวอย่าง คิดเป็น 31.43% โดยตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. มากที่สุดในตับของลูกวัวที่จำหน่ายภายใต้อุณหภูมิห้องและตับไก่ที่เก็บรักษาในตู้เย็น ซึ่งเซโรวาร์ที่พบมากคือ เชื้อ *S.* Virchow, *S.* Worthington, *S.* Enteritidis, *S.* Typhimurium และ *S.* Infantis

Berends และคณะ (1997) รายงานว่าสุกรเป็นพาหะของเชื้อ *Salmonella* spp. เมื่อตรวจเชื้อจุลินทรีย์ในสุกรที่ยังมีชีวิตอยู่พบว่ามีเชื้อ *Salmonella* spp. สูงกว่าในซากสุกร 3-4 เท่า และ 70% ของการปนเปื้อนเชื้อในซากมาจากสุกรขณะยังมีชีวิตอยู่ ส่วนอีก 30% มาจากการปนเปื้อนในระหว่างการขนส่ง การฆ่าและตัดแต่งรวมไปถึงการจำหน่ายแก่ผู้บริโภค ซึ่ง Korsak และคณะ (2003) ยืนยันว่าในห่วงโซ่ของการผลิตเนื้อสุกรมีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ตั้งแต่อาหารที่ใช้เลี้ยงสุกร ตัวสุกรในระหว่างการขุนให้อ้วน รวมไปถึงโรงฆ่าและซากสุกร ซึ่งตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp.ในโรงฆ่า 47.3% และในซากสุกร 11.2% โดยเซโรวาร์ที่พบมาก ได้แก่ เชื้อ *S.* Typhimurium, *S.* Brandenbourg, *S.* Derby, *S.* Infantis, *S.* Goldcoast และ *S.* Anatum

Escartin และคณะ (1999) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ใน Chorizo ซึ่งเป็นอาหารพื้นเมืองในประเทศเม็กซิโก มีลักษณะเป็นไส้กรอกเนื้อสุกรสดที่จำหน่ายภายใต้อุณหภูมิห้อง พบว่ามีการปนเปื้อนเชื้อ *S.* Derby 26% เชื้อ *S.* Anatum 14% และเชื้อ *S.* Infantis 14% รองลงมาคือ เชื้อ *S.* Typhimurium และเชื้อ *S.* Brandenbourg ต่อมาพบว่าเนื้อสุกรสดที่เก็บรักษาด้วยวิธีการแช่แข็งที่อุณหภูมิ (-) 15±2 องศาเซลเซียส มีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. เช่นกัน และเซโรวาร์ที่พบมาก ได้แก่ เชื้อ *S.* Agona, *S.* Newbrunswick, *S.* Drypool และ *S.* Anatum (Escartin และคณะ, 2000)

Schlosser และคณะ (2000) รายงานว่าตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อ *S.* Montevideo ในซากโค 10.4% และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 17.9% เมื่อซากถูกแปรรูปเป็นเนื้อโคบด ส่วนในซากสุกรตรวจพบเชื้อ *S.* Derby 27.7% และเมื่อแปรรูปเป็นเนื้อสุกรบดพบว่าเชื้อ *S.* Derby ลดลงเหลือ 16.9% แต่พบเชื้อ *S.* Typhimurium เพิ่มขึ้นจาก 7.0% เป็น 15.0%

Bolton และคณะ (2002) ได้ศึกษาผลของการใช้น้ำล้างทำความสะอาดสุกรขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ และการล้างทำความสะอาดซากสุกรในระหว่างกระบวนการฆ่า โดยทำการประเมินจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อ *Salmonella* spp. ที่ผิวของเนื้อส่วนสะโพก เนื้อสามชั้นและเนื้อบริเวณคอ ซึ่งพบว่าบริเวณสะโพก เนื้อสามชั้นและเนื้อบริเวณคอมีแนวโน้มของจำนวนจุลินทรีย์ไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ หลังจากการแทงคอพบว่ามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด และหลังจากขั้นตอนการลนไฟจะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำที่สุด แต่เมื่อทำการล้างทำความสะอาด

ซากก่อนการตัดเอาอวัยวะภายในออกกลับทำให้มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสูงขึ้น และหลังจากการตัดเอาอวัยวะภายในออกและการล้างทำความสะอาดครั้งสุดท้ายทำให้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์มากขึ้น และเมื่อวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ที่ขั้นตอนต่างๆ ของการฆ่า พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ที่ตัวสุกรก่อนขนส่งมาสู่โรงฆ่าสูงถึง 27% แล้ว แต่การใช้น้ำล้างทำความสะอาดสุกรก่อนทำการฆ่าทำให้ตรวจพบการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. เหลืออยู่เพียง 10% อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการฆ่าบางขั้นพบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ได้ ได้แก่ ขั้นตอนการแทงคอและการล้างทำความสะอาดซากก่อนตัดแต่งเอาอวัยวะภายในออก แสดงว่าตัวสุกรเองก็เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนมายังเนื้อสุกรสดได้ นอกจากนี้พบว่าการล้างทำความสะอาดสุกรขณะที่ยังมีชีวิตอยู่และการล้างทำความสะอาดซากด้วยน้ำไม่สามารถลดความเสี่ยงของการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้

Pala และ Sevilla (2004) ได้ประเมินถึงการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่เชื้อ *Salmonella* spp. และเชื้อ *Staph. aureus* บนผิวเนื้อสุกรที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว รวมถึงอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการตัดแต่ง พบว่า เนื้อสุกรส่วนสะโพก ไหล่และสันนอกมีการปนเปื้อนของเชื้อทั้งสองชนิด ต่อมาเมื่อทำการประเมินจุลินทรีย์ที่อุปกรณ์และเครื่องมือในการตัดแต่งซากที่ใช้งานแล้ว 4 ชั่วโมง พบว่ามีการเจริญของเชื้อ *Staph. aureus* 15.50% แต่ไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp.

ขณะเดียวกัน Pearce และคณะ (2004) ได้ทำการวิเคราะห์การปนเปื้อนของจุลินทรีย์บนเนื้อสุกรที่ผ่านการตัดแต่งในโรงฆ่าที่แยกส่วน เพื่อกำหนดจุดวิกฤติที่ต้องควบคุมในระบบ HACCP ของโรงฆ่าสุกร พบว่า เนื้อสุกรบริเวณสะโพก เนื้อสามชั้นและบริเวณคอในระหว่างกระบวนการฆ่ามีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ อีกทั้งในขั้นตอนของการแทงคอจะมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด และหลังจากการเอาเลือดออกตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. ถึง 31% แต่หลังจากการลวกซากตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. เพียง 1% อย่างไรก็ตามเมื่อผ่านขั้นตอนการขูดขนทำให้การตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. เพิ่มขึ้นเป็น 7% จึงชี้ให้เห็นได้ว่าในขั้นตอนของการแทงคอ การขูดขนและการเอาอวัยวะภายในออกเป็นจุดวิกฤติที่ต้องควบคุมในระบบ HACCP ในโรงฆ่าสัตว์ นอกจากนี้ยังมีการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* O157:H7 และเชื้อ *Salmonella* spp. ที่ผิวของเนื้อโคบริเวณสะโพก พื้นท้องและอก (Reid และคณะ, 2002) ส่วนเนื้อโคจำหน่ายปลีกอยู่ที่ร้านขายเนื้อที่ในห้างสรรพสินค้ายังคงมีการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* O157:H7 ทั้งที่มีกระบวนการแช่เย็นและการบรรจุแบบปรับเปลี่ยนบรรยากาศ (Cagney และคณะ, 2004)

Van Nierop และคณะ (2005) รายงานการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ เชื้อ *Salmonella* spp. เชื้อ *L. monocytogenes* และเชื้อ *Campylobacter* spp. ในเนื้อไก่สดและเนื้อไก่แช่แข็ง โดยมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ก่อโรคเหล่านี้ถึง 60.6% ในเนื้อไก่แช่แข็ง รวมถึงพบเชื้อ

Salmonella spp. 19.2% เชื้อ *L. monocytogenes* 19.2% และเชื้อ *Campylobacter* spp. 32.3% ทั้งนี้ เนื้อไก่สดตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. มากที่สุด

สำหรับในประเทศไทย กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ร่วมกับกรุงเทพมหานครได้ศึกษาการปนเปื้อนของ Enteropathogenic bacteria ในปี พ.ศ. 2514 และ 2515 จากอาหารในภัตตาคารและร้านอาหารในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 501 และ 217 ตัวอย่าง ตามลำดับ พบว่ามีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ถึง 399 ตัวอย่างและ 11 ตัวอย่าง ตามลำดับ โดยเซโรวาร์ที่ตรวจพบได้แก่ เชื้อ *S.* Derby, *S.* Anatum, *S.* Lexington, *S.* Newport, *S.* Thompson, *S.* Weltevreden และ *S.* Bovismorbificans นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2515 มีการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในแหนม จำนวน 217 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่าง จำนวน 27 ตัวอย่าง และเซโรวาร์ที่พบ ได้แก่ เชื้อ *S.* Derby, *S.* Anatum, *S.* Bovismorbificans, *S.* Lexington, *S.* Stanley, *S.* Newport, *S.* Montevideo อีกทั้งยังพบเชื้อ *S.* Wandsworth เป็นครั้งแรกในประเทศไทย ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ. 2519-2520 พบว่ามีการระบาดของเซโรวาร์นี้ในเด็กแรกเกิดหลายโรงพยาบาลเขตกรุงเทพมหานคร (รัตนสุดา พันธุ์อุไร, 2521)

จากการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในสุกร โดยศูนย์ Salmonella & Shigella กองพยาธิวิทยา กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งตัวอย่างสุกรทั้งหมดเก็บจากฟาร์มในภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทย โดยเก็บตัวอย่างจากอุจจาระ จำนวน 15 ตัวอย่าง ลำไส้ 243 ตัวอย่างและตับ 16 ตัวอย่าง พบว่า มีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่างอุจจาระคิดเป็น 12.3% ลำไส้ 20% และตับ 56.3% สามารถจำแนกออกเป็นเซโรวาร์ ได้แก่เชื้อ *S.* Choleraesuis, *S.* Anatum, *S.* Krefeld, *S.* Derby, *S.* Weltervreden, *S.* Agona, *S.* Typhimurium, *S.* Cerro, *S.* Ohio และ *S.* Montevideo นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในเนื้อสุกรสด โดยเก็บตัวอย่างจากตลาด 50 แห่ง ในจังหวัดชลบุรี โดยพบการปนเปื้อนถึง 90% จำแนกได้เป็นเชื้อ *S.* Derby, *S.* Krefeld, *S.* Agona, *S.* Rissen, *S.* Cerro, *S.* Lexington, *S.* Stanley, *S.* Anatum, *S.* London, *S.* Panama, *S.* Albany, *S.* Bovismorbificans และ *S.* Enteritidis (อรุณ บ่างตระกูลนนท์และคณะ, 2537)

สุมาลี บุญมา และคณะ (2539) พบว่า มีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ในผลิตภัณฑ์จากเนื้อโค ประกอบด้วย ลูกชิ้นและเนื้อแดดเดียวถึง 67.5% และในปี พ.ศ. 2540 ได้ตรวจคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้าและตลาดสดในกรุงเทพมหานครและนนทบุรี เช่น ไส้กรอก ลูกชิ้น แหนม กุนเชียง ไก่ยอและหมูยอ รวมทั้งสิ้น 200 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ทั้งสิ้น 32 ตัวอย่าง และเซโรวาร์ที่พบ ได้แก่ เชื้อ *S.* Heidelberg, *S.* Anatum, *S.* Rissen, *S.* Hadar, *S.* Panama, *S.* Enteritidis เป็นต้น (สุมาลี บุญมา และคณะ, 2540)

สำหรับอาหารพร้อมปรุงที่จำหน่ายในห้างสรรพสินค้า พบว่า มีการปนเปื้อนของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษเช่นกัน กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (2543) ได้เก็บตัวอย่างอาหารพร้อมปรุงจำนวน 173 ตัวอย่างจากซุปเปอร์มาร์เก็ตในกรุงเทพมหานคร นนทบุรีและปทุมธานี พบว่า มีอาหารจำนวน 105 ตัวอย่าง ซึ่งคิดเป็น 60.7% ที่มีการปนเปื้อนของเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ โดยเชื้อที่พบมากที่สุดคือเชื้อ *Salmonella* spp. จำนวน 100 ตัวอย่าง คิดเป็น 57.8% รองลงมาได้แก่ เชื้อ *Clostridium perfringens* จำนวน 36 ตัวอย่าง และเชื้อ *Staph. aureus* จำนวน 31 ตัวอย่าง สำหรับเชื้อ *Salmonella* spp. พบว่าเซโรวาร์ที่พบมาก 5 อันดับแรก ได้แก่ เชื้อ *S.* Anatum, *S.* Rissen, *S.* Typhimurium, *S.* Panama และ *S.* London

ส่วนการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. จากตัวอย่างเนื้อสุกรจากโรงฆ่าสัตว์ในจังหวัดราชบุรีจำนวน 220 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างเนื้อสุกรสด 110 ตัวอย่างและลำไส้เล็ก 110 ตัวอย่าง พบว่า มีการปนเปื้อนของเชื้อ *Salmonella* spp. ถึง 37 ตัวอย่าง โดยเซโรวาร์ที่พบมากในตัวอย่างเนื้อสุกรสดคือ เชื้อ *S.* Anatum, *S.* Krefeld, *S.* Panama, *S.* Derby, *S.* Lexington ตามลำดับ ส่วนเซโรวาร์ที่พบมากในตัวอย่างลำไส้เล็กคือ เชื้อ *S.* Anatum, *S.* Derby, *S.* Krefeld, *S.* Panama และ *S.* Rissen ตามลำดับ (วันทนา อ่อนภิรมย์ และคณะ, 2544)

นอกจากนี้อดิศร เสวตวิวัฒน์และคณะ (2548) ได้ทำการตรวจเชื้อ *Salmonella* spp. ในตัวอย่างหมูเนื้อสันสดที่จำหน่ายในตลาดและห้างสรรพสินค้าบริเวณเขตลาดกระบัง นนทบุรีและปทุมธานี จำนวน 50 ตัวอย่าง ตรวจพบเชื้อ *Salmonella* spp. 44 ตัวอย่าง คิดเป็น 88% มีเชื้อรวม 19 เซโรวาร์ โดยที่เชื้อ *S.* Anatum เป็นเซโรวาร์ที่พบมากที่สุด ซึ่งพบถึง 32.3% รองลงมาได้แก่ เชื้อ *S.* Rissen, *S.* Panama และ *S.* Stanley

2.2 การลดจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์ด้วยกรดอินทรีย์

อาหารแต่ละชนิดจะมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เฉพาะตัว หากอาหารนั้นมีค่า pH ที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนหรืออาศัยอยู่กับอาหารนั้นทำให้จุลินทรีย์สามารถเพิ่มจำนวนได้จนทำให้อาหารเสื่อมเสียหรือเพิ่มจำนวนมากพอที่สามารถก่อให้เกิดโรคได้หากอาหารนั้นมีการจัดการที่ไม่ถูกสุขลักษณะ การใช้กรดอินทรีย์เพื่อการลดจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์นั้นมีการศึกษามานานและได้รับความสนใจอย่างสูง เนื่องจากเป็นกรดที่เกิดโดยธรรมชาติหรือได้จากสิ่งมีชีวิตสังเคราะห์ขึ้น โดยกรดอินทรีย์มีฤทธิ์ทั้งการทำลายเชื้อแบคทีเรีย (Bactericidal) และฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ (Bacteriostatic) ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ

2.2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ด้วยกรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ที่ใช้ในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์อาจทำหน้าที่ในการฆ่าหรือเพียงยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ขึ้นกับความไวหรือความทนทานของจุลินทรีย์แต่ละสายพันธุ์ต่อกรด ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ด้วยกรด (Smulders, 1995) ได้แก่

1. ธรรมชาติของผิวชิ้นเนื้อ

โดยปกติเนื้อประกอบด้วยโปรตีน น้ำและไขมัน เนื้อเยื่อไขมันมีผลต่อการทำงานของกรดที่แตกต่างจากเนื้อที่เป็นกล้ามเนื้อซึ่งประกอบด้วยโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ จากรายงานของ Greer และ Dilts (1995) พบว่า กรดแลกติกที่ระดับความเข้มข้น 3% สามารถลดจำนวนเชื้อ *L. monocytogenes* และเชื้อ *Y. enterocolitica* บนเนื้อเยื่อไขมันได้ดีกว่าบนเนื้อที่ไม่มีไขมัน เนื่องจาก เนื้อที่ปราศจากไขมันมีค่า Buffering capacity สูงกว่าเนื้อเยื่อไขมัน ดังนั้นเมื่อค่า Buffering capacity สูง เนื้อสัตว์คงทนต่อค่า pH เดิมได้นาน และส่งผลให้จุลินทรีย์ได้รับการรบกวนจากการลด pH ให้ต่ำลงได้น้อย การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จึงเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ในขณะที่เนื้อเยื่อไขมันมีค่า Buffering capacity ต่ำ ดังนั้นจุลินทรีย์จึงได้รับผลจากการลด pH ได้เร็วจึงถูกทำลายหรือยับยั้งการเจริญได้มาก

2. จำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น

ถ้ามีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นสูงมาก การใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูง อาจไม่มีผลในการลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ เนื่องจากเซลล์ของเชื้ออาจอยู่รวมกันเป็นกลุ่มทำให้โอกาสที่เชื้อสัมผัสกับกรดมีน้อย การทำงานของกรดจึงมีประสิทธิภาพลดลง

3. ชนิดของกรด

กรดอินทรีย์ที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารมีหลายชนิด แต่ละชนิดมีโมเลกุลที่ต่างกัน ทั้งกรดแลกติกและกรดอะซิติกที่หมู่มีไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) เพียงหมู่เดียว และมีค่าคงที่ของการแตกตัว (pK_a) ที่ต่างกัน ส่งผลให้ระบบมีค่า pH ที่ต่างกัน ดังนั้นประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์จึงต่างกัน ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 2.1 ซึ่งค่า pK_a ของกรดอินทรีย์ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 3-5

ตารางที่ 2.1 ค่าคงที่การแตกตัว (pK_a) ของกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ

ชนิดกรดอินทรีย์	pK_1	pK_2	pK_3
Acetic acid	4.75		
Dehydroacetic acid	5.27		
Sodium diacetate	4.75		
Adipic acid	4.43	5.41	
Caprylic acid	4.89		
Citric acid	3.14	4.77	6.39
Fumaric acid	3.03	4.44	
Lactic acid	3.08		
Malic acid	3.40	5.11	
Propionic acid	4.87		
Succinic acid	4.16	5.61	
Tartaric acid	2.98	4.34	

ที่มา : Doores (1990)

4. ความเข้มข้นและอุณหภูมิของกรด

ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ต้องอยู่ในระดับที่มีการยอมรับให้ใช้กับอาหารได้ และยังต้องคำนึงถึงผลการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสที่ตามมาด้วย เมื่อใช้กรดที่ความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มที่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ดีในกรณีที่จำนวนเชื้อเริ่มต้นไม่สูงมาก นอกจากนี้อุณหภูมิของกรดยังมีผลต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ เพราะอุณหภูมิที่สูงมีผลในการช่วยเร่งปฏิกิริยาให้กรดแตกตัวได้เร็วขึ้น

5. ชนิดของจุลินทรีย์

เนื่องจากจุลินทรีย์แต่สายพันธุ์มีความไวต่อกรดที่แตกต่างกัน จุลินทรีย์บางกลุ่มทนต่อค่า pH ที่ต่ำได้ ในขณะที่บางกลุ่มไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH จึงส่งผลให้กรดอินทรีย์สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์สายพันธุ์ต่างๆ ได้แตกต่างกัน

6. วิธีการใช้กรดและระยะเวลาที่สัมผัสกรด

วิธีการใช้กรดในการลดจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์ที่ใช้กัน ได้แก่ การจุ่มเนื้อลงในสารละลายกรด การฉีดพ่นกรดลงบนผิวเนื้อ การใช้ Tumbler และระยะเวลาที่เนื้อสัมผัสกับกรด หากเนื้อสัตว์สัมผัสกับกรดเป็นระยะเวลานานย่อมส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์ถูกทำลายได้มากขึ้น

2.2.2 กลไกการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์บนเนื้อสัตว์ด้วยกรดอินทรีย์

กลไกการยับยั้งหรือการทำลายจุลินทรีย์ของกรดขึ้นอยู่กับผลจากการลดค่า pH ปริมาณการแตกตัวของกรดและโครงสร้างโมเลกุลของกรด ทั้งนี้กรดแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเหล่านี้แตกต่างกัน ประสิทธิภาพในยับยั้งหรือการทำลายจุลินทรีย์จึงแตกต่างกัน แต่กลไกการทำงานคล้ายคลึงกัน เมื่อกรดละลายน้ำแล้วมีการแตกตัว (Dissociation) เกิดขึ้น โมเลกุลของกรดเกิดการแตกตัวให้โปรตอนจนกระทั่งถึงจุดสมดุล ส่งผลให้ค่า pH ของสภาวะลดลง ซึ่งสมดุลในการแตกตัวของกรดขึ้นอยู่กับค่า pK_a ของกรดและค่า pH ของอาหารแต่ละชนิด เนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ของจุลินทรีย์มีโครงสร้างบางส่วนเป็นสารประกอบประเภทไขมัน (Lipid) ทำให้สารประกอบที่อยู่ในรูปที่เป็นประจุไม่สามารถผ่านเข้าออกเซลล์ได้อย่างอิสระ แต่โมเลกุลที่ไม่แตกตัวนี้สามารถซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ได้โดยแพร่เข้าทางเยื่อหุ้มเซลล์ส่วนที่เป็นไขมันดังกล่าว ดังนั้นหากใช้กรดแก่ (Strong acid) ซึ่งมีค่า pK_a ต่ำ มีการแตกตัวเกือบทั้งหมดในสารละลายหรือในอาหารที่มี pH สูงกว่า pK_a เมื่อกรดแก่อยู่ในรูปที่แตกตัว ซึ่งมีประจุจึงไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปใน Cytoplasm ได้ ในทางตรงกันข้ามกับการใช้กรดอินทรีย์ซึ่งเป็นกรดอ่อน (Weak acid) มีค่า pK_a สูงกว่ากรดแก่จึงแตกตัวได้น้อย กรดอ่อนในรูปที่ไม่แตกตัวนี้ไม่มีประจุจึงสามารถผ่านเข้าออกเซลล์ได้ดีกว่ากรดอ่อนในรูปที่แตกตัว เมื่อกรดในรูปที่ไม่แตกตัวผ่านตัวเซลล์เข้าสู่ Cytoplasm ที่มีระดับ pH ภายในเซลล์สูงกว่า pH ภายนอกเซลล์ ทำให้กรดอ่อนเกิดการแตกตัวให้โปรตอนหรือไฮโดรเจนไอออน (H^+) ทำให้ pH ภายในเซลล์ลดลง แต่ใน Cytoplasm ของเซลล์มีระบบบัฟเฟอร์ (Buffer) ที่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลง pH ได้ในระดับหนึ่งทำให้จุลินทรีย์ยังคงมีชีวิตอยู่ได้ แต่เมื่อภายในเซลล์มีการสะสมกรดอ่อนในรูปที่ไม่แตกตัวมากขึ้นทำให้ค่า pH ภายในเซลล์ค่อยๆ ลดลงทำให้ส่งผลเสียโดยตรงต่อโปรตีนและกรดนิวคลีอิก นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังต่อต้านการลดลงของ pH เพื่อรักษาสภาพให้เหมาะสมด้วยการกำจัดโปรตอนที่มากเกินออกไปนอกเซลล์ผ่านทาง Membrane-bound H^+ATPase โดยกระบวนการนี้ต้องใช้พลังงานเมื่อเซลล์ใช้พลังงานจนหมดจึงทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ (Doores, 1990)

2.2.3 การใช้กรดแลกติก

การใช้กรดแลกติกในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์มีมานาน Greer และ Dilts (1995) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคบนเนื้อสุกร ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ด้วยการจุ่มชิ้นเนื้อในกรดแลกติกที่ความเข้มข้น 3% อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที พบว่า กรดแลกติกสามารถลดจำนวนของเชื้อ *L. monocytogenes*, เชื้อ *Yersinia enterocolitica* และเชื้อ *Aeromonas hydrophila* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ก่อโรคที่ทนต่อ

อุณหภูมิต่ำได้ ต่อมา คมแข พิลาสมบัติ (2540) ได้ศึกษาการใช้กรดแลกติกที่ความเข้มข้น 1% 2% และ 3% ในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผิวของซากสุกร พบว่าหลังจากฉีดพ่นกรดแลกติกลงบนผิวซากสุกรเป็นเวลา 5 ชั่วโมงและ 48 ชั่วโมง จำนวนจุลินทรีย์บนผิวซากลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนจุลินทรีย์บนผิวซากก่อนฉีดพ่นกรดแลกติก และเมื่อความเข้มข้นของกรดแลกติกเพิ่มขึ้นส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์บนผิวซากลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

ผุสดี ตังวัชรินทร์ (2543) ระบุว่าการจุ่มเนื้อสุกรในกรดแลกติกที่ความเข้มข้น 2% เป็นเวลา 2 นาทีและเก็บรักษาเนื้อสุกรไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถลดจำนวนเชื้อ *S.* Derby ได้ แต่เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส กลับพบว่ากรดแลกติกไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Derby ได้ แต่การใช้กรดแลกติกที่ความเข้มข้น 2% และเก็บรักษาไว้ทั้งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และ15 องศาเซลเซียส สามารถลดจำนวนเชื้อ *Staph. aureus* ที่อาจมีการปนเปื้อนมาจากผิวหนังของพนักงานที่ทำการชำแหละซากได้

Nissen และคณะ (2001) ได้รายงานการศึกษากระบวนการปรับเปลี่ยนสภาวะการเก็บแบบสุญญากาศด้วยวิธีการใช้ไอน้ำ (Steam vacuuming) ร่วมกับการใช้กรดแลกติกที่ระดับความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ ในการควบคุมการเจริญของเชื้อ *E. coli* O157:H7 บนเนื้อโค เชื้อ *Y. enterocolitica* บนเนื้อสุกร และเชื้อ *S.* Enteritidis บนเนื้อไก่ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่ากระบวนการดังกล่าวไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้งสามชนิดนี้ได้

นอกจากนี้ Ozdemir และคณะ (2005) ศึกษาการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Typhimurium และเชื้อ *L. monocytogenes* บนเนื้อโคด้วยกรดแลกติกที่มีความเข้มข้น 1% และ 2% โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าในช่วงเวลา 0-1 วันแรก จำนวนเชื้อ *S.* Typhimurium ลดลงไม่มากนัก แต่เมื่อถึงวันที่ 5 กรดแลกติก 2% สามารถลดจำนวนเชื้อ *S.* Typhimurium ได้ถึง 1.14 log cycle และกรดแลกติกยังสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. monocytogenes* ได้ดี สังเกตได้จากการลดลงของจำนวนเชื้อตั้งแต่วันที่ 0 จนถึงวันที่ 5 ซึ่งพบว่ากรดแลกติกสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. monocytogenes* ได้ดีกว่าเชื้อ *S.* Typhimurium

จากนั้น Stivarius และคณะ (2002a) ได้ศึกษาผลของกรดแลกติกที่ความเข้มข้น 5% เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Typhimurium และเชื้อ *E. coli* บนเนื้อโคซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เชื้อ *E. coli* ในกลุ่มควบคุมมีจำนวน 6.69 log cfu/g เมื่อใช้กรดแลกติก 5% บนเนื้อโค พบว่า ยังคงมีเชื้อ *E. coli* อยู่ 6.03 log cfu/g ส่วนเชื้อ *S.* Typhimurium ในกลุ่มควบคุมมีจำนวน 5.89 log cfu/g เมื่อใช้กรดแลกติก 5% บนเนื้อโค ยังพบเชื้อ *S.* Typhimurium เจริญอยู่ 5.67 log cfu/g จึงแสดงว่ากรดแลกติกไม่สามารถทำลายเชื้อดังกล่าวได้

2.2.4 การใช้กรดอะซิติก

การใช้กรดอะซิติกเพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้มีการศึกษาต่างๆดังนี้ Bell และคณะ (1986) ศึกษาการจุ่มเนื้อโคในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1.2% เป็นเวลา 10 วินาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง พบว่ากรดอะซิติกสามารถลดจำนวนเชื้อ *S.* Typhimurium ลงได้ 73.3% แต่การจุ่มในน้ำกลั่นสามารถลดจำนวนเชื้อดังกล่าวได้เพียง 42.1% Mendonca และคณะ (1989) รายงานว่าการแช่เนื้อสุกรในกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 2 นาที แล้วบรรจุลงในถุงภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส สามารถตรวจพบแบคทีเรียในแฟมิลี *Enterobacteriaceae* ในจำนวนที่น้อยกว่าการแช่เนื้อสุกรลงในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 4 ต่อมา Bell และคณะ (1997) ได้เปรียบเทียบผลการการฉีดพ่นชิ้นเนื้อโคด้วยน้ำกลั่น และกรดอะซิติกเข้มข้น 1% เป็นเวลา 15 วินาที ต่อการลดลงของเชื้อ *E. coli*, เชื้อ *L. innocua* และเชื้อ *S.* Wentworth พบว่า กรดอะซิติกสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ดังกล่าวได้มากกว่าน้ำกลั่น โดยที่เชื้อ *S.* Wentworth ถูกลดจำนวนลงด้วยกรดอะซิติกได้มากที่สุดทั้งบนเนื้อเยื่อไขมันและกล้ามเนื้อ เห็นได้ว่านอกจากสายพันธุ์ของแบคทีเรียที่แตกต่างกันแล้ว บนเนื้อเยื่อต่างประเภทกันย่อมส่งผลถึงประสิทธิภาพของการลดจำนวนจุลินทรีย์ได้แตกต่างกัน

จากนั้น Stivarius และคณะ (2002b) ศึกษาการใช้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 5% ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* และเชื้อ *S.* Typhimurium บนชิ้นเนื้อโคซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 5% สามารถลดจำนวนของเชื้อ *E. coli* ลงได้ 0.9 log cfu/g และลดจำนวนเชื้อ *S.* Typhimurium ลงได้ 1.47 log cfu/g ต่อมา Ammor และคณะ (2004) ได้รายงานว่ากรดอะซิติกที่มีค่า pH 5.4 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. monocytogenes* ได้

2.2.5 การเปรียบเทียบผลการลดจำนวนจุลินทรีย์ระหว่างการใช้กรดแลกติกและกรดอะซิติก

Dorsa และคณะ (1997) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของกรดอะซิติกและกรดแลกติกต่อการลดจำนวนของเชื้อ *E. coli* O157:H7 และเชื้อ *L. innocua* บนผิวซากโค โดยถ่ายเชื้อดังกล่าวจำนวน 10^5 cfu/ml ลงไปบนซาก แล้วใช้สารละลายกรดอะซิติกหรือสารละลายกรดแลกติกที่ระดับความเข้มข้น 1.5% และ 3% อุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส และทำการฉีดพ่นลงบนผิวซากเป็นเวลา 15 วินาที แล้วเก็บรักษาซากแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่า กรดทั้งสองชนิดและทั้งสองระดับความเข้มข้นสามารถลดจำนวนเชื้อ *E. coli* O157:H7 อยู่ที่ระดับ 1.3 log

cfu/cm^2 ได้ทันทีหลังจากฉีดพ่นกรดลงบนซาก และเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นจนถึง 21 วัน ไม่พบการเพิ่มจำนวนของเชื้อ *E. coli* O157:H7 และพบว่ากรดอะซิติกและกรดแลกติกทั้งสองความเข้มข้นสามารถลดจำนวนเชื้อ *L. innocua* ลงได้ทันทีหลังการฉีดพ่นกรดเช่นกัน แต่หลังจากวันที่ 14 ไปแล้ว การฉีดพ่นซากด้วยกรดแลกติกความเข้มข้น 1.5% ส่งผลให้เชื้อ *L. innocua* มีแนวโน้มในการเพิ่มจำนวนได้สูงกว่าซากที่ฉีดพ่นด้วยกรดอะซิติกความเข้มข้น 1.5% และ 3% ต่อมา Dorsa และคณะ (1998) ศึกษาการใช้กรดอะซิติกและกรดแลกติกที่ความเข้มข้น 2% โดยมีการถ่ายเชื้อ *E. coli* O157:H7 เชื้อ *L. innocua* และเชื้อ *S.* Typhimurium 2 ระดับประกอบด้วยระดับสูง 5 log cfu/cm^2 และระดับต่ำ 2.5 log cfu/cm^2 ลงบนเนื้อโคส่วนคอ แล้วฉีดพ่นกรดที่มีอุณหภูมิ 32±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่า กรดแลกติกและกรดอะซิติกสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคลงได้โดยที่การลดจำนวนของจุลินทรีย์ด้วยกรดแลกติกและกรดอะซิกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Fang และ Tsai (2003) ได้ศึกษาถึงการใช้กรดแลกติกและกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% 1.5% และ 2% เพื่อลดจำนวนเชื้อ *E. coli* O157:H7 ในเนื้อโคบดที่มีการถ่ายเชื้อลงไป 5 log cfu/ml แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน และเก็บที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% 1.5% และ 2% สามารถลดจำนวนเชื้อ *E. coli* O157:H7 ได้ดีกว่ากรดแลกติกที่ความเข้มข้นเดียวกันในเนื้อโคบดที่เก็บที่ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน ส่วนเนื้อโคบดที่เก็บที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่ากรดอะซิติกทั้ง 3 ความเข้มข้นสามารถลดจำนวนเชื้อได้ดีกว่ากรดแลกติก และพบว่ากรดอะซิติกมีความสามารถในการลดจำนวนเชื้อได้ดีที่สุดในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ศึกษา

2.2.6 การใช้กรดชนิดอื่นๆ และการใช้กรดร่วมกับสารยับยั้งในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ในการนำกรดอินทรีย์ชนิดอื่นสำหรับควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ได้มีการศึกษาดังที่ Dubal และคณะ (2004) ได้ศึกษาการใช้กรดแลกติกเข้มข้น 2% เปรียบเทียบกับการทำงานร่วมกันของกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1.5% และกรดโพรพิโอนิกความเข้มข้น 1.5% ต่อการเจริญของเชื้อ *Staph. aureus* เชื้อ *L. monocytogenes* เชื้อ *E. coli* และเชื้อ *S.* Typhimurium บนเนื้อแกะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5-7 องศาเซลเซียส พบว่า เชื้อดังกล่าวจะมีความไวต่อการใช้กรดอะซิติกร่วมกับกรดโพรพิโอนิกมากกว่าการใช้กรดแลกติกเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามการใช้กรดทำให้คุณภาพทางด้านสีและกลิ่นเปลี่ยนแปลงไป

ในขณะที่ Bell และคณะ (1997) ได้ทดสอบการใช้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เพียงอย่างเดียวและการใช้กรดอะซิติก 1% ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) 3% กับซากโค พบว่า การใช้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เพียงอย่างเดียวไม่สามารถลดจำนวนเชื้อ *E. coli* เชื้อ *L. innocua* และเชื้อ *S.* Wentworth ลงได้ แต่พบว่าการใช้กรดกรดอะซิติกร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อดังกล่าวได้ดีที่สุด เนื่องจากกลไกการเสริมฤทธิ์กันในรูปของกรดเปอร์ออกซี่อะซิติก (Peroxyacetic acid) ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าเริ่มมีการใช้กรดอินทรีย์ร่วมกับสารเคมีที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์มากขึ้น หลังจากนั้น Pohlman และคณะ (2002) ได้ระบุว่าการใช้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 5% ร่วมกับ เซทิลไพริดิเนียม คลอไรด์ (Cetylpyridinium chioride) 0.5% สามารลดจำนวนเชื้อ *E. coli* และเชื้อ *S.* Typhimurium บนชิ้นเนื้อโคตัดแต่งแล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้ แต่วิธีการดังกล่าวยังคงทำให้สีของเนื้อเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ

2.2.7 ผลของการใช้กรดอินทรีย์ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสัตว์

การใช้กรดอินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญหรือทำลายจุลินทรีย์อาจส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อได้ โดยที่ Okolocha และ Ellerbroek (2005) พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสของการใช้กรดแลกติกที่ความเข้มข้น 1% บนเนื้อไก่ อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่เมื่อใช้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% แล้ววัดสีด้วยระบบสีของฮันเตอร์ พบว่า ในวันที่ 0 เนื้อโคมีค่า L a และ b อยู่ที่ 47.5 5.62 และ 5.71 ตามลำดับ และในวันที่ 1 เนื้อโคมีค่า L a และ b อยู่ที่ 54.8 3.85 และ 11.30 ตามลำดับ (Bell และคณะ, 1997) แสดงให้เห็นว่าหลังจากการใช้กรดอินทรีย์จะทำให้เนื้อโคมีสีสว่างขึ้นสังเกตได้จากค่า L ที่เพิ่มขึ้น และค่า a ลดลงซึ่งแสดงว่าเนื้อมีการเปลี่ยนสีจากสีแดงไปเป็นสีออกเขียวมากขึ้น ส่วนค่า b ที่ลดลงทำให้ทราบว่าสีของเนื้อมีความเป็นสีน้ำเงินมากกว่าสีเหลือง

Stivarius และคณะ (2002a) รายงานการใช้กรดแลกติกที่ระดับความเข้มข้น 5% เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อโค พบว่า การใช้กรดแลกติกทำให้เนื้อมีสีเปลี่ยนแปลงไป โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า a* ลดลงแสดงให้เห็นว่าสีแดงของเนื้อลดลง ส่วนค่า b* ในวันที่ 1 แตกต่างกัน แต่ในวันอื่นๆ พบว่า ค่า b* ไม่แตกต่างกัน ส่วนค่า Hue พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นจะมีค่า Hue สูงขึ้น นอกจากนี้เมื่อประเมินคุณภาพทางด้านกลิ่นด้วยผู้ทดสอบ พบว่า การใช้กรดแลกติกในเนื้อโคเมื่อถึงวันที่ 3 แล้วจะมีกลิ่นที่ไม่เหมือนกลิ่นของเนื้อโคเกิดขึ้น และเมื่อใช้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 5% ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีโดยเฉพาะสีแดงของเนื้อที่เปลี่ยนไปและมีกลิ่นของเนื้อโคน้อยลงได้เช่นเดียวกัน

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Smulders และ Greer (1998) ได้สรุปผลการใช้กรดอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของเนื้อสัตว์ที่ตัดแต่งเป็นชิ้น การใช้กรดแลกติกและกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1% - 2% ด้วยวิธีการฉีดพ่นไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อที่มีลักษณะเป็นชิ้นขนาดใหญ่ แต่วิธีการจุ่มชิ้นเนื้อที่มีขนาดเล็กลงในสารละลายกรดส่งผลถึงคุณภาพทางประสาทสัมผัสบางประการขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อสัตว์

ความเข้มข้นของกรดและระยะเวลาที่ใช้ในการจุ่มเนื้อสัตว์อาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการฆ่าซึ่งจุลินทรีย์เหล่านั้นอาจมาจากตัวสัตว์ สิ่งแวดล้อม หรือผู้ทำงาน จุลินทรีย์ก่อโรคที่มักพบบนเนื้อสัตว์ ได้แก่ เชื้อ *E. coli* O157:H7 เชื้อ *Salmonella* spp. เชื้อ *Y. enterocolitica* และเชื้อ *L. monocytogenes* การยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์เหล่านี้ช่วยลดความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ กรดอินทรีย์สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคบนผิวเนื้อสัตว์ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับ ประเภทของเนื้อ ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น ชนิดและความเข้มข้นของกรดรวมถึงอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้เพื่อให้เนื้อสัมผัสกับกรด อย่างไรก็ตามการใช้กรดอินทรีย์เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ก่อโรคอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเฉพาะสีและกลิ่นไปในทางที่ผู้บริโภคสามารถรับรู้ได้ จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงความเข้มข้นของกรดอะซิติกที่ใช้รวมถึงสภาวะการเก็บรักษาที่สามารถยืดอายุการเก็บของเนื้อสุกรสดได้และไม่ทำให้คุณภาพของเนื้อสุกรเปลี่ยนแปลง

2.3 สภาวะการบรรจุเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์

การบรรจุเนื้อสดหรือผลิตภัณฑ์ เช่น เนื้อหมัก ไส้กรอก แฮมและอื่นๆ มีข้อควรพิจารณาที่แตกต่างกันออกไปตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นสภาวะการบรรจุเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จึงมีหลายสภาวะซึ่งอาจเป็นการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ สภาวะสุญญากาศหรือการปรับเปลี่ยนบรรยากาศ

การบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ (Vacuum packaging) คือ การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สุญญากาศโดยการดึงเอาอากาศภายในบรรจุภัณฑ์ออกไปและไม่มีการฉีดก๊าซใดๆ เข้าไปแทนที่จึงทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันภายในและภายนอกบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสังเกตได้จากการหดรัดตัวของบรรจุภัณฑ์นั่นเอง

การปรับเปลี่ยนบรรยากาศของการบรรจุมี 3 รูปแบบ ได้แก่

- Controlled atmosphere packaging (CAP) คือ การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติและอัตราส่วนนี้คงที่ตลอดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

81379

- Modified atmosphere packaging (MAP) คือ การบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้สภาพบรรยากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซชนิดต่างๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติและอัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ อัตราส่วนของก๊าซแรกเริ่ม ชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการเก็บผลิตภัณฑ์นั้นๆ
- Gas-flush packaging คือการบรรจุผลิตภัณฑ์ให้อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซหนึ่งๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือก๊าซไนโตรเจน (N_2) โดยฉีดก๊าซนั้นๆ เข้าไปแทนที่อากาศภายในบรรจุภัณฑ์ ซึ่งวิธีนี้นิยมใช้สำหรับไล่ก๊าซออกซิเจน (O_2) ในบรรจุภัณฑ์ที่บรรจุผลิตภัณฑ์ที่ไวต่อก๊าซออกซิเจน

จากการรายงานของ Mano และคณะ (2000) ที่ทำการศึกษาอายุการเก็บของเนื้อสันนอกสุกรภายใต้บรรยากาศปกติ พบว่า การเก็บรักษาเนื้อสุกรในสภาวะดังกล่าวที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษา 7 วัน แต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาเพียง 4 วันเท่านั้น ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับ Liu และคณะ (2006) ซึ่งศึกษาอายุการเก็บรักษาของขาสุกรสดตัดแต่งเป็นแผ่นบางบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่ามีอายุการเก็บรักษา 6 วัน ส่วนที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บรักษาเพียง 4 วันซึ่งแสดงว่าการบรรจุภายใต้สภาวะปกติเป็นวิธีการที่สะดวกแต่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาได้ระยะเวลาสั้นๆ เมื่อเปรียบเทียบกับการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศดังการรายงานของ Duffy และคณะ (2000) ที่ทำการเปรียบเทียบสภาวะการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียส โดยนำเนื้อโคจุ่มลงในสารละลายเชื้อ *L. innocua* แล้วนำไปบดละเอียดก่อนบรรจุบนถาดพลาสติกภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติและอีกตัวอย่างหนึ่งบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 10 องศาเซลเซียส เมื่อตรวจนับจำนวนเชื้อหลังจากวันที่ 28 พบว่า การบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศมีจำนวนเชื้อ *L. innocua* ที่รอดชีวิตต่ำกว่าการบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติ โดยที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ภายใต้สภาวะสุญญากาศมีเชื้อ *L. innocua* รอดชีวิตอยู่ 0.74 log cfu/g ในขณะที่สภาวะปกติมีเชื้อ *L. innocua* รอดชีวิต 0.94 log cfu/g และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 10 องศาเซลเซียส พบว่า ภายใต้สภาวะสุญญากาศมีเชื้อ *L. innocua* รอดชีวิต 0.08 log cfu/g ในขณะที่สภาวะปกติมีเชื้อ *L. innocua* รอดชีวิต 1.94 log cfu/g ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Capita และคณะ (2006) ซึ่งศึกษาผลของการบรรจุเนื้อนกกระจอกเทศภายใต้สภาวะปกติและสุญญากาศและทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 หรือ 10±1 องศาเซลเซียส โดยพบว่า จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและ Enterobacteriaceae ในตัวอย่างที่เก็บภายใต้สภาวะสุญญากาศมีจำนวนน้อยกว่าการเก็บในสภาวะปกติ และการเก็บที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส พบจำนวนจุลินทรีย์ดังกล่าวน้อยกว่าที่ 10±1 องศาเซลเซียส และเมื่อพิจารณาถึง

คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า วันที่ 9 ของการเก็บรักษาเนื้อที่อุณหภูมิ 10±1 องศาเซลเซียส ทั้งที่เก็บภายใต้สภาวะสุญญากาศและในสภาวะปกติรวมถึงเนื้อที่เก็บในสภาวะปกติที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส มีกลิ่นเน่าเสียอย่างชัดเจนเมื่อเปิดถุงบรรจุภัณฑ์ ส่วนการบรรจุภายใต้สุญญากาศที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ไม่มีกลิ่นผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

Babji และคณะ (2000) ได้ศึกษาเนื้อแพะบดที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะปกติและสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส พบว่า จำนวนเชื้อที่รอดชีวิตจากการบรรจุภายใต้สภาวะปกติมีความแตกต่างกับสภาวะสุญญากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และจำนวน Psychrotrope จากการบรรจุภายใต้สภาวะปกติมีจำนวนสูงกว่าสุญญากาศ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้เจริญภายใต้สภาวะปกติอย่างรวดเร็วตั้งแต่วันที่ 0 ถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ในขณะที่สภาวะสุญญากาศมีการเจริญของจุลินทรีย์อย่างช้าๆ นอกจากนี้ยังพบว่าการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศทำให้เนื้อแพะบดมีสีแดงสว่างจนถึงวันที่ 7 และสีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจนถึงวันที่ 28 ส่วนการเก็บรักษาภายใต้สภาวะปกติทำให้เนื้อแพะบดมีสีแดงสว่างจนถึงวันที่ 7 เช่นกัน แต่หลังจากนั้นเนื้อเปลี่ยนเป็นสีแดงคล้ำตั้งแต่วันที่ 10 และคล้ำมากขึ้นเรื่อยๆจนถึงวันที่ 28 ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ไม่เป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค ต่อมา Blixt และ Borch (2002) ได้รายงานว่าการบรรจุเนื้อโคหรือเนื้อสุกรบดภายใต้สภาวะสุญญากาศพร้อมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยมีจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น 3-3.5 log cfu/g เมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษานานถึง 3 สัปดาห์ พบว่า มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด 8-8.5 log cfu/g และจำนวนจุลินทรีย์เหล่านี้คงจำนวนจนถึงสัปดาห์ที่ 8 ของการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ยังพบว่าเนื้อสุกรบริเวณสันคอมีกลิ่นที่เกิดจากการเน่าเสียได้เร็วกว่าเนื้อสุกรส่วนสันนอกหรือเนื้อโค ซึ่งกลิ่นดังกล่าวเกิดขึ้นภายในสัปดาห์ที่ 1-2 ในขณะที่เนื้อสุกรส่วนสันนอกเกิดกลิ่นเน่าเสียหลังจากสัปดาห์ที่ 4 ของการเก็บรักษา และในสัปดาห์ที่ 8 ของการเก็บรักษาพบว่าเนื้อสันนอกสุกรเน่าเสีย ส่วนเนื้อโคมีจำนวนจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นระดับการเน่าเสียยังต่ำกว่าเนื้อสุกร

การบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศอาจทำให้เกิดคุณลักษณะบางประการที่ไม่เหมาะสมกับบางผลิตภัณฑ์ ดังที่ Dykes และคณะ (2001) ได้ตรวจสอบเนื้อโคที่ได้รับการถ่ายเชื้อ *E. coli* O157:H7 และเชื้อ *Salmonella* spp. ลงไปแล้วบรรจุแบบสุญญากาศหรือบรรจุด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เก็บที่อุณหภูมิ (-) 1.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 สัปดาห์ จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์เพื่อจำลองสภาวะของการจำหน่ายเนื้อโคในทางการค้า ศึกษาอายุการเก็บในระยะยาว พบว่าการบรรจุเนื้อแบบสุญญากาศที่อุณหภูมิ (-) 1.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อ แต่ในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 2 สัปดาห์ต่อมา พบว่ามีการเจริญของเชื้อ *E. coli* O157:H7

เชื้อ *S.* Typhimurium และเชื้อ *S.* Brandenberg ต่อมา Chang และคณะ (2003) ชี้ให้เห็นว่าการลดอุณหภูมิของซากสุกรด้วยการแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและการแช่แข็งที่ (-)20 องศาเซลเซียส ยังคงมีเชื้อ *E. coli* เชื้อ *L. monocytogenes* เชื้อ *S.* Typhimurium และเชื้อ *Campylobacter coli* หลงเหลืออยู่ หลังจากนั้น Holley และคณะ (2004) ได้ยืนยันว่ามีการตรวจพบแบคทีเรียในจีนัส Enterobacteriaceae ในเนื้อสุกรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ (-)1.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วัน

Summo และคณะ (2006) รายงานว่าผลิตภัณฑ์ไส้กรอกที่ผลิตจากเนื้อสุกรเมื่อทำการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 6-7 องศาเซลเซียส มีค่า TBA test สูงกว่าการเก็บรักษาในสภาวะปกติ ซึ่งแสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าไส้กรอกที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศมีสีและกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคอีกด้วย ดังนั้นสภาวะการบรรจุที่มีการปรับเปลี่ยนบรรยากาศจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ อีกทั้งการปรับเปลี่ยนบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ได้มีการศึกษากันมาเป็นเวลานานแล้วทั้งการใช้ก๊าซเพียงชนิดเดียวและการใช้ก๊าซผสม ดังที่ Gill และ Jones (1996) ได้รายงานไว้ก่อนว่าการบรรจุเนื้อสันนอกสุกรภายใต้สภาวะสุญญากาศหรือภายใต้การปรับเปลี่ยนบรรยากาศให้เป็นก๊าซไนโตรเจนหรือคาร์บอนไดออกไซด์หรือก๊าซผสมระหว่างก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตราส่วน 2:1 (v/v) แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (-)1.5 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บได้นานกว่า 21 วัน โดยเมื่อนำเนื้อสันสุกรดังกล่าวมาตรวจนับจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวโดยสามารถตรวจพบเชื้อเพิ่มจำนวนมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น การบรรจุเนื้อสันสุกรภายใต้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำที่สุด คือ 5.73 log cfu/cm^2 เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาในการเก็บรักษาที่ 42 วัน ในขณะที่การบรรจุภายใต้สุญญากาศมีจำนวนเชื้อเพิ่มมากกว่าโดยจำนวนเชื้ออยู่ที่ 6.97 log cfu/cm^2 ส่วนก๊าซไนโตรเจนและก๊าซผสมระหว่างก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มจำนวนสูงถึง 7 log cfu/cm^2 ตั้งแต่วันที่ 35 ของการเก็บรักษา

การผสมก๊าซหลายชนิดเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น Sørheim และคณะ (1999) ได้ศึกษาการบรรจุเนื้อโคบด เนื้อสันนอกโคและสุกรภายใต้การปรับเปลี่ยนบรรยากาศของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนและก๊าซออกซิเจนในอัตราส่วนต่างๆ ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±0.5 องศาเซลเซียส หรือที่ 8±0.5 องศาเซลเซียส พบว่า การปรับเปลี่ยนสภาวะการบรรจุส่งผลให้เนื้อชนิดเดียวกันมีคุณลักษณะที่ต่างกัน โดยการบรรจุเนื้อบดภายใต้สภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ช่วยยืดระยะเวลาในการเกิดกลิ่นเน่าเสียได้ดีกว่าสภาวะอื่นๆ ส่วนการบรรจุภายใต้สุญญากาศของเนื้อสันนอกโคยืดระยะเวลาการเกิดกลิ่นเน่าเสียได้ดีกว่าการบรรจุภายใต้สภาวะที่มีทั้งก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจน ในขณะที่การเพิ่มอุณหภูมิในการเก็บรักษาเป็นการเร่งให้เกิดกลิ่นเน่าเสียได้เร็วขึ้นเนื่องจากมีการเจริญของจุลินทรีย์ได้มากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อโคบดและเนื้อสันนอกโคยังมีสีแดงที่คงตัวเมื่อเก็บภายใต้สภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ส่วนเนื้อที่เก็บภายใต้สภาวะที่มีก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าและมีค่า a* ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ส่วนเนื้อสันนอกสุกรยังคงมีสีชมพูอมเทาเมื่อเก็บภายใต้สภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ Krause และคณะ (2003) พบว่า เนื้อสันนอกสุกรที่บรรจุภายใต้สภาวะการปรับเปลี่ยนบรรยากาศที่มี 0.5% CO/70% CO_2/29.5% N_2 จะมีการสูญเสียน้ำสูงถึง 4.53% ในขณะที่การบรรจุภายใต้สภาวะปกติ สภาวะสุญญากาศและการปรับเปลี่ยนบรรยากาศที่มี 20% CO_2/80% N_2 มีสูญเสียน้ำ 1.25 2.63 และ 3.53% ตามลำดับ แต่ทั้งนี้สีของเนื้อที่บรรจุภายใต้สภาวะการปรับเปลี่ยนบรรยากาศที่มี 0.5% CO นั้นมีความคงตัวมากกว่าการเก็บในสภาวะอื่นๆ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ให้ผลดีในเรื่องของสีแต่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อสดได้

Kennedy และคณะ (2004) ได้ศึกษาผลของการปรับเปลี่ยนบรรยากาศที่ประกอบด้วยก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนในอัตราส่วนต่างๆ สำหรับการบรรจุเนื้อลูกแกะและเนื้อสุกร พบว่า เนื้อลูกแกะจากทั้ง 3 สภาวะการปรับเปลี่ยนบรรยากาศมีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 6 วัน ส่วนเนื้อสุกรซึ่งมีจำนวนเชื้อค่อนข้างสูงตั้งแต่เริ่มแรก มีจำนวนเชื้อเกินปริมาณที่ยอมรับได้หลังจากวันที่ 3 ของการเก็บรักษา และยังพบว่าค่า a* ของเนื้อทั้งสองชนิดลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษาด้วย โดยเนื้อลูกแกะที่เก็บในสภาวะ O_2:CO_2:N_2 ในอัตราส่วน 60:40:0 มีค่า a* ลดลงมากที่สุดจากเริ่มต้น 11.8 เหลือเพียง 3.7 ส่วนสภาวะ O_2:CO_2:N_2 ในอัตราส่วน 80:20:0 มีค่า a* ลดลงน้อยที่สุดจาก12.5 เป็น 6.7 ในวันที่ 12 ในขณะที่เนื้อสุกรมีค่า a* ลดลงเล็กน้อยในทุกสภาวะจากเริ่มต้น 12.3-13.2 ลดลงเหลือ 7.1-9.4 ในวันที่ 6 และลดลงเหลือ 6.8-7.2 ในวันที่ 12 ดังนั้นการบรรจุเนื้อลูกแกะภายใต้สภาวะที่มี O_2:CO_2:N_2 ในอัตราส่วน 80:20:0 จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสม ส่วนสภาวะที่มี O_2:CO_2:N_2 ในอัตราส่วน 60:20:20 เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการบรรจุเนื้อสุกร ดังนั้นการพิจารณาเลือกสภาวะในการบรรจุจึงไม่มีข้อกำหนดที่แน่ชัดซึ่งผู้ผลิตต้องคำนึงถึงคุณลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์โดยเลือกสภาวะการบรรจุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์คงคุณภาพมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 เนื้อสุกรสด

ใช้เนื้อสุกรสดส่วนสันนอก จำหน่ายในตลาดหัวตะเข้ จำหน่ายเวลา 5.00 น.- 6.30 น. โดยนำเนื้อสุกรสดส่วนสันนอกมาตัดแต่งเอาส่วนที่เป็นไขมันออกแล้วหั่นให้เป็นชิ้น น้ำหนักประมาณ 100 กรัมต่อชิ้น ความหนาประมาณ 1.5 เซนติเมตร

3.1.2 เชื้อจุลินทรีย์

เชื้อ *Salmonella* Anatum ได้รับความอนุเคราะห์จาก WHO Salmonella-Shigella Center สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ Stock เชื้อ *S.* Anatum เลี้ยงบนอาหาร Trypticase soy agar (TSA) slant ถ่ายเชื้อเดือนละ 1 ครั้งและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 เครื่องตีบดอาหาร (บริษัท AES รุ่น 720COMBOBOURG)

3.2.2 ตู้บ่มเชื้อ (บริษัท Heraeus รุ่น D-63450)

3.2.3 เครื่องวัดค่า pH (บริษัท inoLab รุ่น pH Level 1 P-82362)

3.2.4 ตู้อบลมร้อน (บริษัท TUTTLINGEN รุ่น WTB binder 7.200)

3.2.5 หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (บริษัท TOMY SEIKO รุ่น Tomy ss-245)

3.2.6 เครื่องชั่งอิเลคทรอนิคส์ (บริษัท Ohaus Coorperation รุ่น Navigator™)

3.2.7 เครื่องปิดผนึกสุญญากาศ (บริษัท SAMMIC รุ่น V-253 T)

3.2.8 ตู้เขี่ยเชื้อ Laminar Flow

3.2.9 เครื่องวัดสี (บริษัท Minolta รุ่น CR300)

3.2.10 ห้องเย็น

3.2.11 จานเพาะเชื้อ

3.2.12 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

3.2.13 เครื่องบดเนื้อ

3.2.14 Paper disc (บริษัท Whatman ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร)

3.2.15 Micropipette (บริษัท Eppendorf Research)

3.2.16 Vortex mixture (บริษัท Vortex mixture รุ่น VM-300)

3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

3.3.1 Peptone from casein (บริษัท Merck จำกัด)

3.3.2 Peptone from soy meal (บริษัท Merck จำกัด)

3.3.3 Xylose Lysine Deoxycholate agar (บริษัท Merck จำกัด)

3.3.4 Glucose (บริษัท Merck จำกัด)

3.3.5 Di-Potassium hydrogen phosphate (บริษัท Merck จำกัด)

3.3.6 Sodium chloride (บริษัท Merck จำกัด)

3.3.7 Peptone (บริษัท Himedia จำกัด)

3.3.8 Agar

3.3.9 น้ำส้มสายชูกลั่น อสร. (บริษัท ไทยคิวพี จำกัด)

3.3.10 แอลกอฮอล์ 95%

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการหมัก คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีดำเนินการวิจัย

3.5.1 ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ด้วยสารละลายกรดอะซิติกในจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Disc diffusion

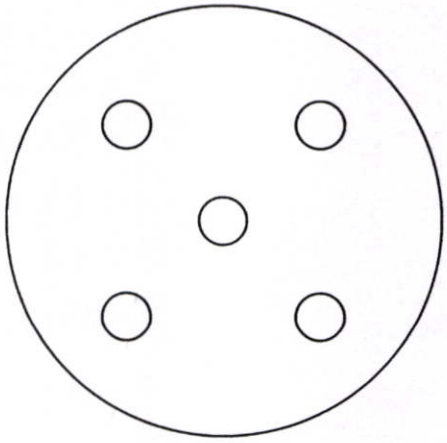
3.5.1.1 การเตรียมสารละลายเชื้อ *S.* Anatum

นำเชื้อ *S.* Anatum จาก TSA slant มา Streak บน Xylose Lysine Desoxycholate agar (XLD) บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้ลูปเขี่ยเชื้อบริเวณโคโลนีเดี่ยวลงใน Trypticase soy broth (TSB) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นใช้ลูปถ่ายเชื้อ 1 ลูปลงใน TSB ปริมาตร 10 มล. บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 18-20 ชั่วโมง แล้วตรวจนับจำนวนเชื้อด้วยวิธี Spread plate บน TSA เมื่อจะนำสารละลายเชื้อมาใช้ในการทดลองให้นำมาเจือจางในสารละลาย Peptone 0.1% ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วให้มีจำนวนเชื้อ 10^6 cfu/ml

3.5.1.2 ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ด้วยสารละลายกรดอะซิติกในจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Disc agar diffusion

เตรียมสารละลายกรดอะซิติกที่มีความเข้มข้น 1% - 3% จากน้ำส้มสายชูกลั่นที่มีกรดอะซิติก 5% ด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อโดยให้แต่ละความเข้มข้นมีช่วงห่าง 0.2% และเตรียมสารละลายเชื้อ *S.* Anatum ให้มีจำนวนเชื้อ 10^6 cfu/ml ด้วยสารละลาย Peptone 0.1% ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปิเปตสารละลายเชื้อมา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน TSA agar ที่หลอมเหลวอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วเทลงในจานอาหารที่มี TSA ปริมาตร 15-20 มิลลิลิตร ซึ่งแข็งตัวแล้ว นำ Paper disc ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ววางลงบนจานอาหารที่ปราศจากเชื้อ จากนั้นปิเปตสารละลายกรดอะซิติกปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงไปบน Paper disc ปล่อยทิ้งไว้แล้วปิเปตสารละลายกรดอะซิติกปริมาตร 20 ไมโครลิตร ซ้ำลงไปอีกครั้งหนึ่ง ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งพอหมาด แล้วใช้คีมคีบที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วคีบ Paper disc มาวางลงบนจานอาหารที่เตรียมไว้ ดังแสดงในภาพที่ 3.1 โดยใช้น้ำกลั่นเป็น Negative control นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตการเกิดบริเวณใส (Clear zone) จาก Paper disc แต่ละแผ่น ถ้ามีบริเวณใสเกิดขึ้นแสดงว่าที่ความเข้มข้นนั้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ได้ ทำการบันทึกขนาดของบริเวณใสโดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร) วงละ 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 3.1 การวาง Paper disc ด้วยวิธี Disc agar diffusion บนจานอาหาร TSA

3.5.2 การยืนยันความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ในหลอดทดลอง

เตรียมอาหารเหลว Trypticase soy broth (TSB) ให้มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก1%-3% ให้มีช่วงห่าง 0.1% ของแต่ละความเข้มข้น โดยคำนวณปริมาตรของน้ำส้มสายชูกลั่นซึ่งมีกรดอะซิติก 5% ที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆ จากปริมาตรรวมทั้งหมด 10 มิลลิลิตร ต่อ 1 หลอดทดลอง โดยเตรียมความเข้มข้นละ 13 หลอด จากนั้นเตรียมอาหารเหลว TSB ด้วยปริมาตรน้ำที่คำนวณได้ แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ตั้งไว้ให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง เติมน้ำส้มสายชูซึ่งมีกรดอะซิติกความเข้มข้น 5% ลงไปตามปริมาตรที่คำนวณ ปิเปตเชื้อ *S.* Anatum ที่มีปริมาณเชื้อ 10^7 cfu/ml มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดแต่ละความเข้มข้น แบ่งหลอดตัวอย่างไปวัดค่า pH จากนั้นนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ทำการตรวจนับจำนวนเชื้อด้วยวิธี Spread plate บนอาหาร TSA ที่เวลา 5 10 15 20 25 30 40 50 60 70 80 และ 90 นาที

3.5.3 ความเข้มข้นของกรดอะซิติกและระยะเวลาที่เหมาะสมในการจุ่ม

3.5.3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีและการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1%-3% เป็นเวลา 1 นาที

นำเนื้อสุกรสดส่วนสันนอกมาตัดแต่งให้เป็นแผ่นหนา 1.5 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 100 กรัมต่อชิ้น แล้วนำไปจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมไว้โดยมีระยะเวลาในการจุ่มนาน 1 นาที วางชิ้นเนื้อให้สะเด็ดน้ำประมาณ 20 นาที แล้วนำตัวอย่างบรรจุแบบปกติในถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน (PE) และบรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกไนลอนโพลีเอทธีลีน (Nylon-PE) ที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน 8.45 $cm^3/m^2/d$ และอัตราการซึมผ่านของน้ำ 2.28-2.33 $g/m^2/d$ โดยใช้ความดันสุญญากาศที่ระดับ 2 มิลลิบาร์ จากนั้นวัดสีตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี Minolta ในระบบ Hunter (L a b) นำตัวอย่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการสูญเสียน้ำเป็นเวลา 2 สัปดาห์

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

3.5.3.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการจุ่มเนื้อสุกรในสารละลายกรดอะซิติก

3.5.3.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตในเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มเนื้อสุกรในสารละลายกรดอะซิติกที่ระยะเวลาต่างๆ

นำตัวอย่างเนื้อสุกรที่ตัดแต่งแล้วและไม่ผ่านการฉายรังสีมาจุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.5.3.1 ที่ระยะเวลา 1 2 5 10 15 30 60 90 และ 120 วินาที จากนั้นนำมาตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี Spread plate บนอาหาร TSA เพื่อเลือกระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับศึกษาการลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum

3.5.3.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรสดและเนื้อสุกรต้มสุกที่ผ่านการจุ่มเนื้อสุกรในสารละลายกรดอะซิติก

นำเนื้อสุกรสดส่วนสันนอกทั้งริ้ว ซึ่งไม่ผ่านการฉายรังสีและไม่ได้รับการถ่ายเชื้อ *S.* Anatum ลงไป น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม แต่ละริ้วจุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นจากข้อ 3.5.3.1 และใช้ระยะเวลาการจุ่มที่เลือกจากข้อ 3.5.3.2.1 ผึ่งให้สะเด็ดน้ำประมาณ 15 นาที แล้วนำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อ ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อสุกรสดโดยชั่งน้ำหนักเนื้อสุกรบดประมาณ 5 กรัมต่อชิ้นแล้วปั้นให้เป็นก้อนทรงกลม วางลงในถ้วยชิมถ้วยละ 1 ชิ้น ส่วนการทดสอบเนื้อสุกรสุกให้นำเนื้อสุกรบดประมาณ 5 กรัมต่อชิ้น ปั้นให้เป็นก้อนทรงกลม แล้วต้มให้จุดกึ่งกลางของชิ้นเนื้อมีอุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุม โดยเทคนิค Quantitative descriptive analysis (QDA) บนเส้นตรงที่มีความยาว 10 เซนติเมตร โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโทและเอกของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน แสดงค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะด้วยกราฟใยแมงมุม (Spider web)

3.5.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงสีและการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสด ทำการทดลองแบบ 3 x 2 x 5 Factorial in RCBD โดยปัจจัย A คือ เนื้อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่จุ่มลงในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อและกลุ่มที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ปัจจัย B คือการบรรจุในสภาพบรรยากาศปกติและสุญญากาศ ปัจจัย C คือ ระยะเวลาที่ทำการศึกษา ได้แก่ วันที่ 0 1 3 7 และ 14 ส่วน Block คือเนื้อสุกรในการทดลองแต่ละซ้ำ จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตถูกแปลงให้อยู่ในค่าลอการิทึม ($y = \log x$) นำข้อมูลจำนวนเชื้อ ค่า pH ของเนื้อสุกร การเปลี่ยนแปลงสี ค่าการสูญเสียน้ำและผลการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรม SPSS และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยอาศัยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.5.4 ลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum บนเนื้อสุกรสดด้วยกรดอะซิติกและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อสุกร

3.5.4.1 การเตรียมตัวอย่างเนื้อสุกร

นำเนื้อสุกรสันนอกมาตัดแต่งให้มีลักษณะเป็นแผ่นหนา 1.5 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 100 กรัมต่อชิ้น นำไปบรรจุถุงพลาสติกไนลอนโพลีเอทธีลีนในสภาพสุญญากาศที่ระดับความดันสุญญากาศ 2 มิลลิบาร์ ถุงละ 1 ชิ้น จากนั้นนำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ (-) 18 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปฉายรังสีให้บรรจุลงในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งสลับชั้น นำไปฉายรังสีแกมม่าที่ระดับ 10 กิโลเกรย์ โดยได้รับความอนุเคราะห์ในการฉายรังสีจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (-) 18 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทดสอบการลดลงของเชื้อ *S.* Anatum

3.5.4.2 การถ่ายเชื้อลงบนเนื้อสุกร

นำเนื้อสุกรที่ผ่านการฉายรังสีและเก็บที่อุณหภูมิ (-) 18 องศาเซลเซียส มาละลายน้ำแข็ง จากนั้นจุ่มลงในสารละลายเชื้อ *S.* Anatum ที่เตรียมไว้ตามข้อ 3.5.1.1 นาน 10 นาที (ผุสดี ตังวัชรินทร์, 2543) วางไว้ให้สะเด็ดน้ำในตู้ปลอดเชื้อ และทำการสุ่มตัวอย่างมาตรวจนับจำนวนเชื้อ *S.* Anatum เริ่มต้นโดยวิธีการ Spread plate ลงบนอาหาร TSA ก่อนนำไปใช้ศึกษาการลดจำนวนเชื้อด้วยกรดอะซิติก

3.5.4.3 การลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum บนเนื้อสุกรสดด้วยการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก

นำตัวอย่างเนื้อสุกรจากข้อ 3.5.4.2 แบ่งกลุ่มทดลองต่างๆ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ซึ่งไม่ได้รับการสัมผัสน้ำกลั่นและกรดอะซิติก

กลุ่มที่ 2 จุ่มลงในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ

กลุ่มที่ 3 จุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นที่เหมาะสมจากผลการทดลองที่ได้ในข้อ 3.5.3

โดยใช้เวลาในการจุ่มตามที่วิเคราะห์ได้ในข้อ 3.5.3 แล้วนำมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำภายในตู้ปลอดเชื้อ จากนั้นนำไปบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทธีลีน (PE) ในสภาพบรรยากาศปกติและบรรจุแบบสุญญากาศในถุงพลาสติกไนลอนโพลีเอทธีลีน (Nylon-PE) ที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน 8.45 $cm^3/m^2/d$ และอัตราการซึมผ่านของน้ำ 2.28-2.33 $g/m^2/d$ โดยใช้ความดันสุญญากาศที่ระดับ 2 มิลลิบาร์ ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจวิเคราะห์จำนวนเชื้อ *S.* Anatum ค่า pH ค่าการเปลี่ยนแปลงสีและค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกร ที่ระยะเวลา 0 1 3 5 7 14 และ 21 วัน โดยใช้เนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการฉายรังสีในการติดตามค่าการเปลี่ยนแปลงสีและค่าการสูญเสียน้ำ

3.5.5 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติก

3.5.5.1 ผลของการใช้กรดอะซิติกต่อการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรสด

นำเนื้อสุกรส่วนสันนอกทั้งริ้วซึ่งไม่ผ่านการฉายรังสีและไม่ได้รับการถ่ายเชื้อ *S.* Anatum ลงไป หลังจากที่ได้รับสิ่งทดลองกลุ่มต่างๆ หั่นให้เป็นรูปลูกเต๋าขนาด 1x1x1 เซนติเมตร มาทดสอบสีและกลิ่นเปรียบเทียบกับเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุม โดยเทคนิค Quantitative descriptive analysis (QDA) บนเส้นตรงที่มีความยาว 10 เซนติเมตร แสดงค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะด้วยกราฟใยแมงมุม (Spider web) โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโทและเอกของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน

3.5.5.2 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรหลังการปรุงสุก

นำเนื้อสุกรส่วนสันนอกทั้งริ้วซึ่งไม่ผ่านการฉายรังสีและไม่ได้รับการถ่ายเชื้อ *S.* Anatum ลงไปหลังจากที่ได้รับสิ่งทดลองกลุ่มต่างๆ และกลุ่มควบคุมหั่นให้เป็นรูปลูกเต๋าขนาด 1 x 1 x 1 เซนติเมตร มาต้มให้จุดกึ่งกลางของชิ้นเนื้อมีอุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส (ICMSF, 1996) แล้วทดสอบสี กลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาด โดยเทคนิค Quantitative descriptive analysis (QDA) บนเส้นตรงที่มีความยาว 10 เซนติเมตร แสดงค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะด้วยกราฟใยแมงมุม (Spider web) โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโทและเอกของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน

3.5.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการศึกษาการลดลงของเชื้อ *S.* Anatum บนเนื้อสุกร ด้วยการใช้กรดอะซิติกจะทำการทดลอง 3 ซ้ำและทำการทดลองแบบ 3 x 2 x 7 Factorial in RCBD โดยปัจจัย A คือ เนื้อสุกรกลุ่มควบคุม กลุ่มที่จุ่มลงในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อและกลุ่มที่จุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติก ปัจจัย B คือ การบรรจุในสภาพบรรยากาศปกติและสุญญากาศ ปัจจัย C คือ ระยะเวลาที่การศึกษา ได้แก่ วันที่ 0 1 3 5 7 14 และ 21 Block คือเนื้อสุกรในการทดลองแต่ละซ้ำ จำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตถูกแปลงให้อยู่ในค่าลอการึทึม ($y = \log x$) นำข้อมูลจำนวนเชื้อ ค่า pH ของเนื้อสุกร การเปลี่ยนแปลงสี ค่าการสูญเสียน้ำและผลการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยโปรแกรม SPSS และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยอาศัยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

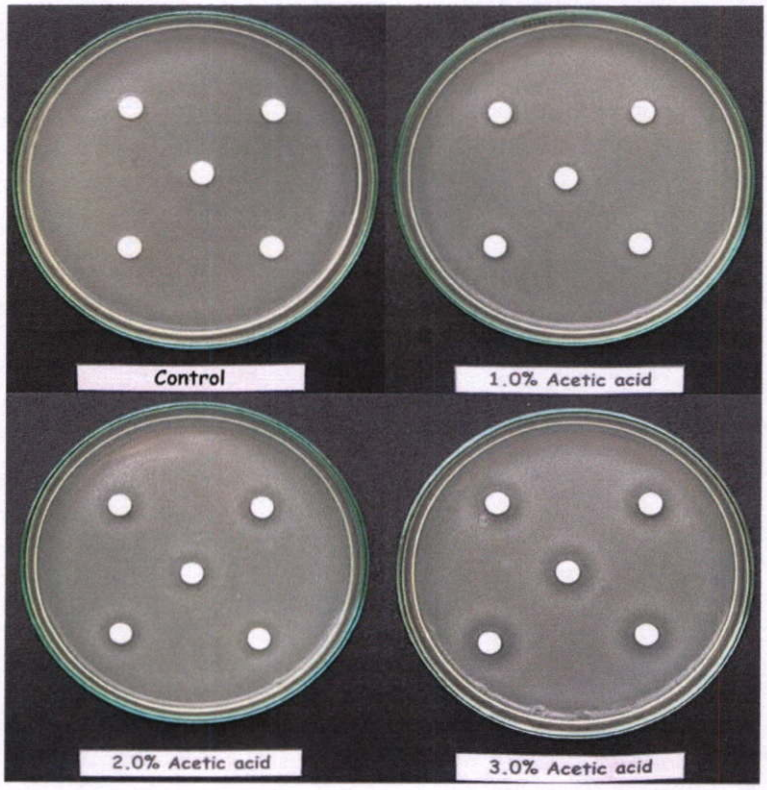
4.1 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ด้วยสารละลายกรดอะซิติกในจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Disc diffusion

Disc agar diffusion method เป็นวิธีการขั้นต้นในการทดสอบความไวของเชื้อต่อสารยับยั้งเชื้อชนิดต่างๆ (จุรีย์รัตน์ ลีสมิทธิ์, 2548) เนื่องจากทำได้ง่าย รวดเร็ว สะดวกและประหยัด จากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ด้วยสารละลายกรดอะซิติกในจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Disc agar diffusion เมื่อกรดอะซิติกที่อยู่ใน Paper disc ซึมแพร่กระจายออกสู่อาหารเป็นรัศมีรอบๆ กระดาษนั้น บริเวณอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนที่อยู่ติดกับ Paper disc มีความเข้มข้นของกรดที่ซึมออกไปสูงกว่า ส่วนบริเวณอาหารเลี้ยงเชื้อที่ห่างออกไปจาก Paper disc จึงมีความเข้มข้นของกรดลดลงตามลำดับ ดังนั้นเมื่อเชื้อเจริญมาพบกับความเข้มข้นของกรดที่ซึมออกมา จึงสังเกตพบการเกิดบริเวณใสรอบ Paper disc และขนาดของบริเวณใสซึ่งแสดงถึงความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ ดังแสดงในภาพที่ 4.1

ประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ด้วยสารละลายกรดอะซิติกในจานอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยวิธี Disc agar diffusion โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณใสแสดงผลดังตารางที่ 4.1 เมื่อเตรียมสารละลายกรดอะซิติกให้ได้ความเข้มข้น 1%-3% วัดค่า pH อยู่ระหว่าง 3.18-2.86 และที่ระดับความเข้มข้น 1% ซึ่งมีค่า pH เท่ากับ 3.18 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ได้ สังเกตได้จากความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณใสเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นน้ำกลั่นปราศจากเชื้อซึ่งมีค่า pH 6.40 ไม่พบบริเวณใส จึงวัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 6.0 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดของ Paper disc ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 1% วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณใสได้ 8.5 มิลลิเมตร และบริเวณใสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดมากขึ้น เมื่อน้ำซึมออกจาก Paper disc และแพร่กระจายออกไปสู่อาหารเลี้ยงเชื้อบริเวณรอบๆ เชื้อไม่ถูกยับยั้งการเจริญเติบโต เนื่องจากน้ำมีค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อโดยทั่วไปและน้ำกลั่นไม่มีไอออนหรือประจุที่รบกวนการดำรงชีวิตของเชื้อ แต่เมื่อระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติกสูงขึ้น ค่า pH ลดลงส่งผลให้ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อมีประสิทธิภาพมากขึ้นตามไปด้วยสังเกตได้จากความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของ

บริเวณใสที่มากขึ้นตามลำดับ เมื่อความเข้มข้นของกรดสูงขึ้น ปริมาณกรดที่แพร่กระจายออกสู่อาหารเลี้ยงเชื้อรอบๆ Paper disc จึงมากขึ้น โมเลกุลของกรดทำให้ระบบการเจริญเติบโตของเชื้อถูกรบกวนจนไม่สามารถเจริญได้ในที่สุด ซึ่งก่อนหน้านี้ Levine และ Fellers (1939) ได้ระบุว่ากรดอะซิติกเจือจางที่มีค่า pH 3.1 สามารถลดจำนวนเชื้อ *S.* Aertrycke จากเริ่มต้น 3.6×10^4 cfu/ml เหลืออยู่ที่ระดับ 4.2×10^2 cfu/ml ภายในเวลา 15 นาที และสามารถทำลายเชื้อดังกล่าวได้หมด เมื่อเชื้อสัมผัสกับกรดอะซิติกที่มีค่า pH 2.9 ที่ระยะเวลาเดียวกัน ในขณะที่กรดแลกติกที่มีค่า pH 2.9 ยังคงมีเชื้อที่รอดชีวิตอยู่ 1.4 cfu/ml

นอกจากนี้ยังมีรายงานที่ยืนยันว่ากรดอะซิติกในรูปของเครื่องปรุงอาหารสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดย Vijayakumar และ Wolf-Hall (2002) ศึกษาความสามารถของน้ำส้มสายชูจาก Apple cider (Shurfine®) น้ำมะนาว (Realime®) และ White vinegar (Shurfine®) ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* ATCC 8739 ด้วยวิธี Agar well พบว่า น้ำส้มสายชูจาก Apple cider และ White vinegar ทำให้เกิดบริเวณใสที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.2±0.2 และ 16.3±0.2 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมะนาวเกิดบริเวณใส 10.8±0.2 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่ากรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูมีแนวโน้มในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีกว่ากรดซิตริกซึ่งมีอยู่ในน้ำมะนาว



ภาพที่ 4.1 บริเวณใสของเชื้อ *S.* Anatum ที่เกิดขึ้นจากการทดสอบด้วยสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% 2% และ 3%

ตารางที่ 4.1 ค่า pH และความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของ บริเวณใสโดยเฉลี่ยในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ด้วยกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆ ด้วยวิธี Disc agar diffusion

ความเข้มข้นของกรดอะซิติก (%)	pH	ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางของบริเวณใสโดยเฉลี่ย (มิลลิเมตร)*
กลุ่มควบคุม (น้ำกลั่น)	6.40	6.0^{i}
1.0	3.18	8.5^{h}
1.2	3.15	8.9^{h}
1.4	3.11	9.9^{g}
1.6	3.08	10.7^{f}
1.8	3.04	11.5^{e}
2.0	3.00	12.3^{de}
2.2	2.96	12.8^{cd}
2.4	2.93	13.4^{c}
2.6	2.90	14.3^{b}
2.8	2.88	14.9^{ab}
3.0	2.86	15.2^{a}

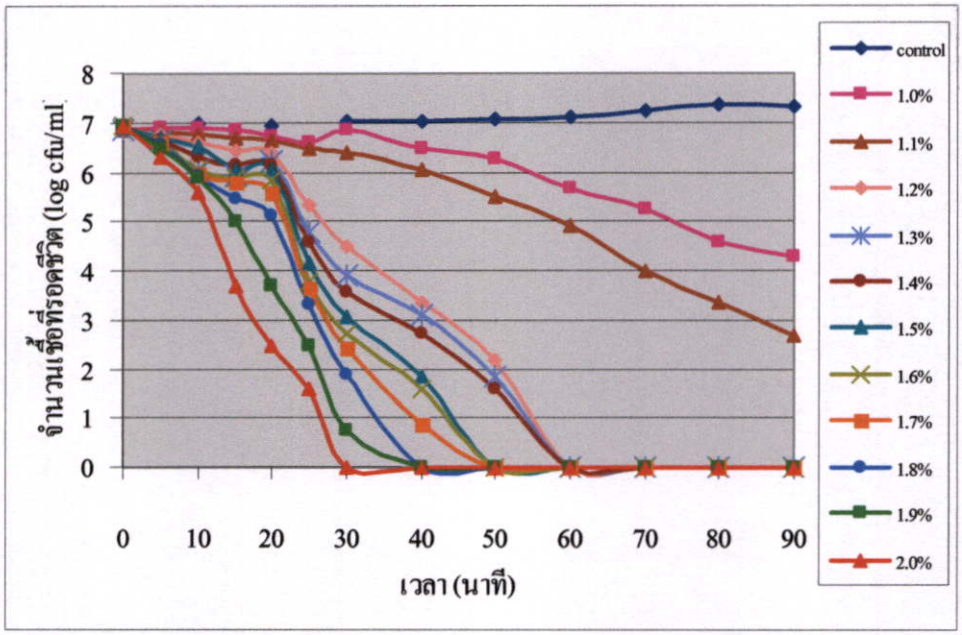
ตัวอักษร $^{a-i}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

* ความยาวเส้นผ่านศูนย์กลางที่ครอบคลุมเส้นผ่านศูนย์กลางของ Paper disc ที่ใช้

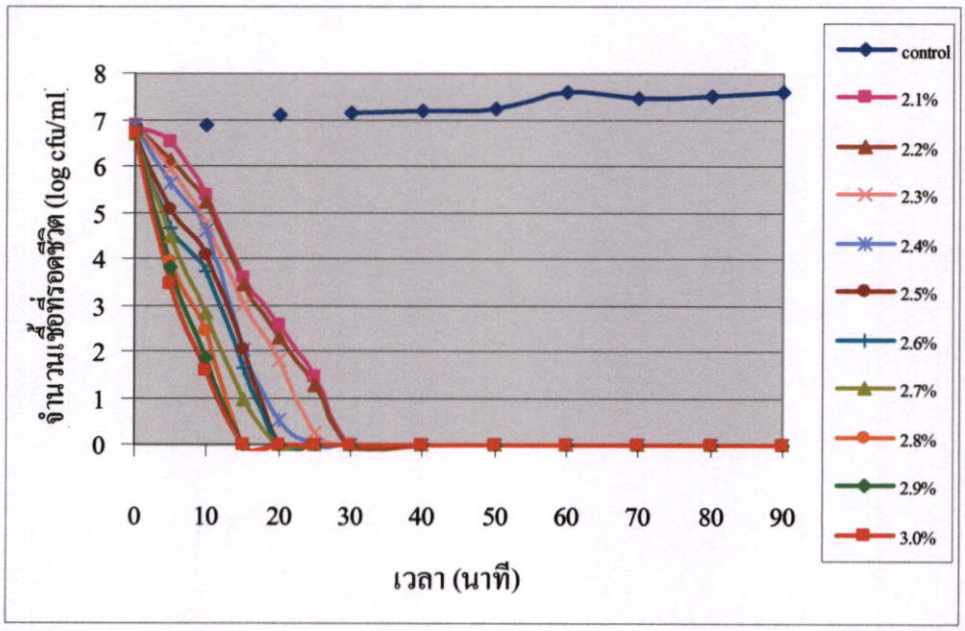
4.2 การยืนยันความเข้มข้นที่เหมาะสมของกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ในหลอดทดลอง

เมื่อติดตามจำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตในอาหารเหลว TSB ของกลุ่มควบคุม ซึ่งไม่มีการเติมน้ำส้มสายชูลงไปในอาหารเหลว TSB มีค่า pH 7.06 ทำให้เชื้อ *S.* Anatum ไม่ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตและสามารถเพิ่มจำนวนได้จากเริ่มต้น 6.86 log cfu/ml เมื่อระยะเวลาผ่านไป 90 นาที เชื้อเพิ่มจำนวนเป็น 7.34 log cfu/ml ในขณะที่อาหารเหลว TSB ที่มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก 1% - 2% ซึ่งมีค่า pH ตั้งแต่ 4.05-3.75 ตามลำดับ ในระยะเวลา 0 – 90 นาที พบว่าจากปริมาณเชื้อเริ่มต้น 6.8-6.9 log cfu/ml กรดอะซิติกที่มีความเข้มข้น 1.0% ต้องใช้เวลาประมาณ 55 นาที ในการลดจำนวนเชื้อลง 1 log cycle ในขณะที่ความเข้มข้น 2.0% ซึ่งมีค่า pH 3.75 ใช้เวลา 8 นาที สังเกตได้ว่าที่ระดับความเข้มข้นของกรดต่ำ เชื้อ *S.* Anatum ลดจำนวนลงอย่างช้าๆ แต่เมื่อความเข้มข้นของกรดอะซิติกสูงขึ้นสามารถลดจำนวนเชื้อได้อย่างรวดเร็วดังแสดงในภาพที่ 4.2 เมื่อปริมาณเชื้อเริ่มต้นลดจำนวนลงส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายเชื้อลง 1 log cycle ลดลงตามไปด้วย โดยเมื่อมีจำนวนเชื้ออยู่ 6 log cfu/ml ที่ระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติก 1.0% ใช้เวลา 20 นาที ในการลดปริมาณเชื้อให้เหลือ 5 log cfu/ml ในขณะที่กรดอะซิติกความเข้มข้น 2.0% ใช้เวลา 5 นาที และสามารถทำลายเชื้อ *S.* Anatum ทั้งหมดได้ เมื่อเชื้อสัมผัสกับกรดเป็นระยะเวลา 30 นาที ส่วนกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1.2% สามารถทำลายเชื้อทั้งหมดได้เมื่อให้เวลาเชื้อสัมผัสกับกรดเป็นระยะเวลา 60 นาที เมื่อมีจำนวนเชื้อเริ่มต้น 6.8-6.9 log cfu/ml

ส่วนที่ระดับความเข้มข้น 2.1%-3.0% ซึ่งมีค่า pH ตั้งแต่ 3.77-3.58 ทำให้เชื้อทั้งหมดตายภายในเวลา 30 นาที ดังแสดงในภาพที่ 4.3 การลดจำนวนเชื้อลง 1 log cycle ด้วยกรดอะซิติกแต่ละความเข้มข้นใช้ระยะเวลาลดลง โดยเฉพาะที่ความเข้มข้น 3.0% สามารถทำลายเชื้อ *S.* Anatum ทั้งหมดได้ภายในเวลา 15 นาที เมื่อมีปริมาณเชื้อเริ่มต้น 6.7 log cfu/ml เนื่องจากความเข้มข้นของกรดอะซิติกยิ่งสูง มีจำนวนโมเลกุลของกรดที่ไม่แตกตัวมาก ซึ่งมีผลในการยับยั้งการเจริญและทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1.0% มีโมเลกุลที่ไม่แตกตัว 99.1% ในขณะที่ความเข้มข้น 2.5% มีโมเลกุลที่ไม่แตกตัวสูงถึง 99.4% (Tsujihama และคณะ, 1998) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Vijayakumar และ Wolf-Hall (2002) ซึ่งกล่าวว่าในอาหาร TSB (ระบบ *in vitro*) ที่มี White vinegar ความเข้มข้น 15% คิดเป็นกรดอะซิติก 0.8% เป็นระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Minimum bacteriostatic concentration) ส่วนระดับความเข้มข้นที่ต่ำที่สุดในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (Minimum bactericidal concentration) ของ White vinegar คือ 20% ซึ่งประกอบด้วยกรดอะซิติก 1.1%ในอาหาร TSB เช่นกัน ในขณะที่น้ำมะนาว 6.7%ในอาหาร TSB คิดเป็นความเข้มข้นของกรดซิตริกสูงถึง 5.8% จึงสามารถทำลายเชื้อ *E. coli* ได้



ภาพที่ 4.2 การลดลงของเชื้อ *S.* Anatum ในอาหารเหลว TSB ที่มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก 1.0% - 2.0% ในระยะเวลา 0 – 90 นาที



ภาพที่ 4.3 การลดลงของเชื้อ *S.* Anatum ในอาหารเหลว TSB ที่มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก 2.1% - 3.0% ในระยะเวลา 0 – 90 นาที

Levine และ Fellers (1939) ได้ระบุว่า Nutrient broth ที่มีการเติมกรดอะซิติกให้มีค่า pH 4.9 สามารถยับยั้งการเจริญของ *S.* Aertrycke ได้ โดยที่ตัวเซลล์ยังคงมีชีวิตอยู่ แต่เมื่อค่า pH ลดลงจนถึง 4.5 สามารถทำลายตัวเซลล์ของเชื้อดังกล่าวได้ภายในเวลา 48 ชั่วโมง แสดงว่าเชื้อ *Salmonella* ต่างสายพันธุ์ สามารถปรับตัวเพื่อทนต่อสภาวะกรดได้ต่างกัน รวมถึงสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น ชนิดของกรด สารอาหารที่ต่างกันมีผลต่อการทำลายเชื้อที่ต่างกัน ดังการทดลองของ Ahamad และ Marth (1989) รายงานว่ากรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้นอย่างน้อย 0.3% สามารถทำลายเชื้อ *L. monocytogenes* ได้ จากการทดลองในอาหารเหลว Tryptose broth ที่มีการเติมกรดอะซิติก ในระดับความเข้มข้น 0.05% ส่งผลให้ Tryptose broth มีค่า pH 5.8-5.9 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. monocytogenes* ได้เล็กน้อย โดยทำให้เชื้อมีระยะเวลาการแบ่งตัว (Generation time) เพิ่มเป็น 2.28 ชั่วโมง จากปกติเชื้อ *L. monocytogenes* มีระยะเวลาการแบ่งตัว 0.66 ชั่วโมง และเมื่อความเข้มข้นของกรดอะซิติกเพิ่มเป็น 0.1% ส่งผลให้ระยะเวลาการแบ่งตัวเพิ่มขึ้นเป็น 6.45 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติก 0.2% มีค่า pH 4.4 - 4.6 พบว่าเชื้อยังคงมีชีวิตแต่ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติก 0.3% ค่า pH ของอาหารเหลว Tryptose broth ลดลงอยู่ที่ 4.2 - 4.3 มีผลในการทำลายเชื้อได้ โดยมีค่า D value อยู่ที่ 18. 5 ชั่วโมง สำหรับกรณีของเชื้อ *Y. enterocolitica* ในอาหารเหลว TSB ที่มีการเติมกรดอะซิติกลงไปเปลี่ยนค่า pH เป็น 5.4 เมื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีอากาศ พบว่า มีระยะเวลาการแบ่งตัว 15.3 วัน แต่เมื่อนำไปบ่มในสภาวะที่ไม่มีอากาศ พบว่า ระยะเวลาการแบ่งตัวเพิ่มเป็น 27.5 วัน (El-Ziney และคณะ, 1997) เมื่อความเข้มข้นของกรดอะซิติกเพิ่มขึ้นจนค่า pH ของอาหารเหลว TSB ลดลงอยู่ที่ 3.9 สามารถลดจำนวนเชื้อ *E. coli* O157:H7 จากปริมาณเชื้อเริ่มต้น 5.35 log cfu/ml ให้เหลือ 1.61 log cfu/ml ได้ในเวลา 12 ชั่วโมง และเชื้อดังกล่าวลดลงเหลือน้อยกว่า 1 cfu/ml ภายในเวลา 1 ชั่วโมงเมื่อค่า pH ลดลงเหลือ 3.4 (Ryu และ Beuchat, 1998)

นอกจากนี้ผลการทดลองดังกล่าวยังสอดคล้องกับการทดลองของ Entani และคณะ (1998) ซึ่งศึกษาความสามารถของน้ำส้มสายชูประเภท Spirit vinegar ในการยับยั้งการเจริญเติบโตและการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค พบว่า ความสามารถของกรดอะซิติกในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ (Bacteriostatic activity) ซึ่งศึกษาบนอาหารแข็ง Nutrient agar โดยเติมน้ำส้มสายชูลงไปให้มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก 0.1% มีค่า pH ของอาหารเท่ากับ 5.1 มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *S.* Enteritidis เชื้อ *S.* Typhimurium เชื้อ *E. coli* O157:H7 เชื้อ *Staph. aureus* และเชื้อ *B. cereus* ได้ โดยสังเกตได้จากการเกิดโคโลนีในระยะเวลาการบ่มต่างๆ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่พบโคโลนีของเชื้อในวันที่ 0 ถึงวันที่ 4 วัน ส่วนความสามารถของกรดอะซิติกในการทำลายเชื้อ (Bactericidal activity) ซึ่งศึกษาโดยเพิ่มความเข้มข้นของกรดอะซิติกโดยนำน้ำส้มสายชูดังกล่าวมา

เจือจางให้มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก 2.5% และ 5% ในอาหารเหลว Nutrient broth บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เชื้อ *E. coli* O157:H7 มีจำนวนลดลงจาก 2 x 10^6 cfu/ml อยู่ที่ระดับ 2 x 10 cfu/ml ภายในระยะเวลา 150 และ 25 นาที ตามลำดับ และใช้เวลาเพียง 1 นาที เมื่อความเข้มข้นของกรดอะซิติกเพิ่มเป็น 10% สอดคล้องกับรายงานของ Molina และคณะ (2005) ระบุว่า เชื้อ *E. coli* ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้เมื่อสัมผัสกับน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากน้ำแอ๊ปเปิ้ล (Apple cider vinegar) ซึ่งมีความเข้มข้นของกรดอะซิติก 0.8 M เป็นเวลา 10 นาที

กลไกการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โดยกรดเกิดจากโมเลกุลของกรดที่ไม่แตกตัวผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์แล้วเกิดการแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน ส่งผลให้เซลล์ต้องปรับตัวด้วยการขับไฮโดรเจนไอออนออกไปนอกเซลล์โดยการใช้พลังงาน ATP เซลล์จึงถูกยับยั้งการเจริญเติบโต และเมื่อพลังงานถูกใช้จนหมดส่งผลให้เมทาบอลิซึมต่างๆ ในเซลล์ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ เซลล์จึงไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ (Ricke, 2003) นอกจากนี้โมเลกุลของอะซิเตต (Acetate) ที่ได้รับจากการแตกตัวของกรดอะซิติกหรือเกลือของกรดอะซิติกมีคุณสมบัติเป็นทั้ง Bacteriostatic และ Bactericidal ต่อจุลินทรีย์ก่อโรค โดย Diez-Gonzalez และ Russell (1997) รายงานว่าอะซิเตตที่ความเข้มข้น 20 mM ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อน pH 5.9 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* K-12ได้ ส่วน *E. coli* O157:H7 ถูกยับยั้งที่ความเข้มข้นของอะซิเตต 120 mM และเมื่อความเข้มข้นของอะซิเตตเพิ่มมากขึ้นทำให้เซลล์ของเชื้อ *E. coli* ตายได้ในที่สุด

4.3 การเปลี่ยนแปลงสีและการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1%-3%

4.3.1 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1%-3% เป็นเวลา 1 นาที

เนื่องจากสีเป็นคุณภาพหนึ่งในการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค ดังนั้นสีของเนื้อสุกรจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญอย่างยิ่ง หากสีของเนื้อสุกรมีการเปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติจะส่งผลให้เกิดความไม่ยอมรับจากผู้บริโภคได้ การจุ่มเนื้อสุกรสดลงในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นสูง ส่งผลให้เนื้อสุดรสดมีสีซีดอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ จ.1 ในภาคผนวก จ) ซึ่งสอดคล้องกับ Mendonca และคณะ (1989) รายงานว่าเมื่อนำเนื้อสุกรสดที่มีความหนา 2.5 เซนติเมตร จุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% เป็นเวลา 2 นาที ส่งผลให้เนื้อสุกรมีสีแตกต่างไปจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าการจุ่มเนื้อลงในสารละลายกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 1% ขึ้นไป เป็นเวลานานถึง 2 นาที ส่งผลเสียต่อคุณลักษณะทางกายภาพอย่างชัดเจน ดังนั้นจึงทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีและการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสด โดยนำเนื้อสุกรสดส่วนสันนอกตัดแต่งให้เป็นแผ่นหนา 1.5 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 100 กรัมต่อชิ้น จุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1% - 3% นาน 1 นาที ทิ้งให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 20 นาที นำตัวอย่างบรรจุแบบปกติในถุงพลาสติกและบรรจุแบบสุญญากาศ วัดสีตัวอย่างด้วยเครื่องวัดสี (Minolta Chromameter CR-300) ในระบบ Hunter (L a b) จากนั้นนำตัวอย่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงสีและการสูญเสียน้ำที่เกิดขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า หลังจากจุ่มเนื้อสุกรสดลงในสารละลายกรดอะซิติก 1% เนื้อสุกรยังคงมีสีชมพูอมเทา (ภาพที่ จ.2 ในภาคผนวก จ) และไม่มีกลิ่นกรดอะซิติกเหมือนกับเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมและเนื้อที่จุ่มในน้ำกลั่น อย่างไรก็ตามเนื้อสุกรสดมีสีซีดขึ้นตามระดับความเข้มข้นของกรดที่สูงขึ้น โดยเฉพาะเนื้อสุกรสดที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 2% - 3% ทำให้เนื้อสุกรมีสีน้ำตาลซีดและมีกลิ่นกรดอะซิติกที่รุนแรงขึ้น และการรับรู้กลิ่นกรดอะซิติกจากเนื้อสุกรเกิดขึ้นที่ระดับความเข้มข้น 1.4% โดยความเข้มของกลิ่นกรดอะซิติกมากขึ้นตามระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น (ตารางที่ 1 ในภาคผนวก ง)

ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่า เนื้อสุกรในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ผ่านการจุ่มน้ำกลั่นและกลุ่มที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% เริ่มมีกลิ่นคาว ส่วนที่ระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติกสูงขึ้นพบว่าไม่มีกลิ่นคาว แต่ที่ระดับความเข้มข้น 1.4% สามารถรับรู้กลิ่นกรดอะซิติกได้และมีน้ำเยิ้มออกมาเล็กน้อย ที่ระดับความเข้มข้น 1.8% ขึ้นไปพบว่าเนื้อสุกรมีกลิ่นกรด

มากขึ้นและมีน้ำเยิ้มค่อนข้างมาก ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาพบว่าเนื้อสุกรเน่าเสียจากการสังเกตพบสีเขียวคล้ำที่บริเวณขอบและมีกลิ่นเหม็นค่อนข้างมากในตัวอย่างควบคุมและตัวอย่างที่จุ่มในน้ำกลั่น แต่ตัวอย่างที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีกลิ่นเหม็นน้อยกว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาครบ 14 วัน พบว่าเนื้อสุกรทุกกลุ่มเน่าเสียโดยเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นเปลี่ยนเป็นสีเขียวคล้ำ ส่วนเนื้อที่จุ่มในสารละลายกรดมีสีชมพูอมน้ำตาลและมีกลิ่นเหม็นเน่าแทนที่กลิ่นกรดอะซิติก มีน้ำเยิ้มมาก ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Fu และคณะ (1994) ระบุว่าเนื้อสุกรที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยกรดอะซิติกเข้มข้น 1.5% มีกลิ่นเหม็นในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 - 2 องศาเซลเซียส

จากการประเมินคุณภาพสีของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% ด้วยเครื่องวัดสีในระบบ Hunter (L a b) ซึ่งค่า L คือความสว่างของสีโดยที่ค่า 0 คือสีดำและค่า 100 คือ สีขาว ส่วนค่า a คือค่าที่บอกถึงความเป็นสีเขียวและสีแดง โดยค่า (+)a แสดงถึงความเป็นสีแดง ค่า (-)a แสดงความเป็นสีเขียว และค่า b คือค่าที่บอกถึงความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน ค่า (+)b แสดงถึงสีเหลืองและ (-)b แสดงถึงสีน้ำเงิน ผลการประเมินคุณภาพสีของเนื้อสุกรสดแสดงในตารางที่ 4.2 พบว่า เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นและสารละลายกรดอะซิติกมีค่า L ที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ทั้งนี้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% ทำให้เนื้อสุกรมีค่า L เท่ากับ 56.66 ในขณะที่เนื้อในกลุ่มควบคุมมีค่า L เท่ากับ 54.37 ส่วนเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นพบว่ามีค่า L เท่ากับ 55.21 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มควบคุมแต่ต่ำกว่าการจุ่มในสารละลายกรด แสดงให้เห็นว่านอกจากกรดอะซิติกทำให้เนื้อสุกรมีสีซีดกว่าเนื้อสุกรปกติแล้ว น้ำยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกรได้ เนื่องจากน้ำที่ซึมออกมาอยู่ที่ผิวหน้าของเนื้อทำให้การกระจายของแสงเปลี่ยนแปลงไป (Feiner, 2006) อีกทั้งการใช้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้นสูงขึ้นส่งผลให้เนื้อสุกรมีค่า L เพิ่มขึ้น สังเกตได้จากเนื้อมีสีซีดมากขึ้นจากความเข้มข้นที่ระดับ 2% เนื้อสุกรมีค่า L สูงถึง 60.12 และเพิ่มเป็น 63.79 เมื่อความเข้มข้นของกรดสูงถึง 3% อย่างไรก็ตาม Prusa และ Fedler (2007) ระบุว่าเนื้อสุกรสดโดยปกติมีค่า L อยู่ระหว่าง 40 – 60 ดังนั้นเนื้อสุกรสดหลังผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1%-2% ยังมีคุณภาพสีเป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งค่า a ของเนื้อสุกรมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) แต่มีค่าอยู่ระหว่าง (+)3.43 ถึง (+)4.83 แสดงให้เห็นว่าเนื้อยังคงมีสีแดงอยู่ ส่วนค่า b มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง (+)1.16 ถึง (+)2.53 ซึ่งค่า a และ b ไม่มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.2 สีของเนื้อสุกรสดที่วัดในระบบ Hunter (L a b) หลังจากจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% เป็นเวลา 1 นาที

ความเข้มข้นของกรด	การเปลี่ยนแปลงค่าสี		
(%)	L	a	b
กลุ่มควบคุม	54.37^{h}	$(+)4.47^{b}$	$(+)1.16^{e}$
น้ำกลั่น	55.21^{g}	$(+)4.63^{b}$	$(+)1.60^{de}$
1.0	56.66^{f}	$(+)4.51^{b}$	$(+)1.74^{cde}$
1.2	57.34^{f}	$(+)4.45^{b}$	$(+)1.16^{de}$
1.4	58.34^{e}	$(+)4.83^{b}$	$(+)1.16^{e}$
1.6	58.53^{e}	$(+)4.59^{b}$	$(+)1.50^{de}$
1.8	58.98^{e}	$(+)4.53^{b}$	$(+)1.51^{de}$
2.0	60.12^{d}	$(+)4.82^{b}$	$(+)1.49^{de}$
2.2	60.70^{d}	$(+)3.43^{c}$	$(+)1.53^{de}$
2.4	61.51^{c}	$(+)4.60^{a}$	$(+)2.27^{abc}$
2.6	61.64^{c}	$(+)4.39^{b}$	$(+)2.53^{a}$
2.8	62.55^{b}	$(+)3.63^{c}$	$(+)2.39^{ab}$
3.0	63.79^{a}	$(+)3.70^{c}$	$(+)1.88^{bcd}$

อักษร $^{a-h}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

เมื่อเก็บรักษาเนื้อสุกรสดไว้ภายใต้บรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า เนื้อสุกรมีค่า L เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาของการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2 (ภาคผนวก ง) เนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมมีค่า L เพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ในแต่ละวันของการเก็บรักษา โดยค่า L เพิ่มขึ้นเป็น 54.92 55.74 58.67 และ 60.90 ในวันที่ 1 3 7 และ 14 ตามลำดับ ส่วนเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นมีค่า L ลดลงเล็กน้อยในวันที่ 1 โดยมีค่า L เท่ากับ 55.13 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับค่า L ในวันที่ 0 และค่า L ของเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุม แต่ในวันที่ 3 ค่า L เพิ่มสูงขึ้นเป็น 56.40 และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาดังภาพที่ 4.4 เนื้อสุกรที่จุ่มในน้ำกลั่นมีค่า L เพิ่มขึ้นเนื่องจากสารสีบริเวณผิวหน้าของเนื้อบางส่วนละลายไปกับน้ำกลั่นในระหว่างการจุ่ม ส่วนเนื้อสุกรที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% มีค่า L เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา และในแต่ละวันค่า L มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) โดยเมื่อเก็บรักษา

และในแต่ละวันค่า L มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อเก็บรักษาครบ 1 สัปดาห์ เนื้อสุกรมีค่า L 62.86 ซึ่งเป็นคุณภาพสีที่ไม่อาจยอมรับได้ เมื่อความเข้มข้นของกรดสูงขึ้นเนื้อสุกรมีค่า L เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ นั่นคือเนื้อสุกรมีสีซีดมากขึ้น ความสว่างที่วัดจากค่า L จึงเพิ่มขึ้น

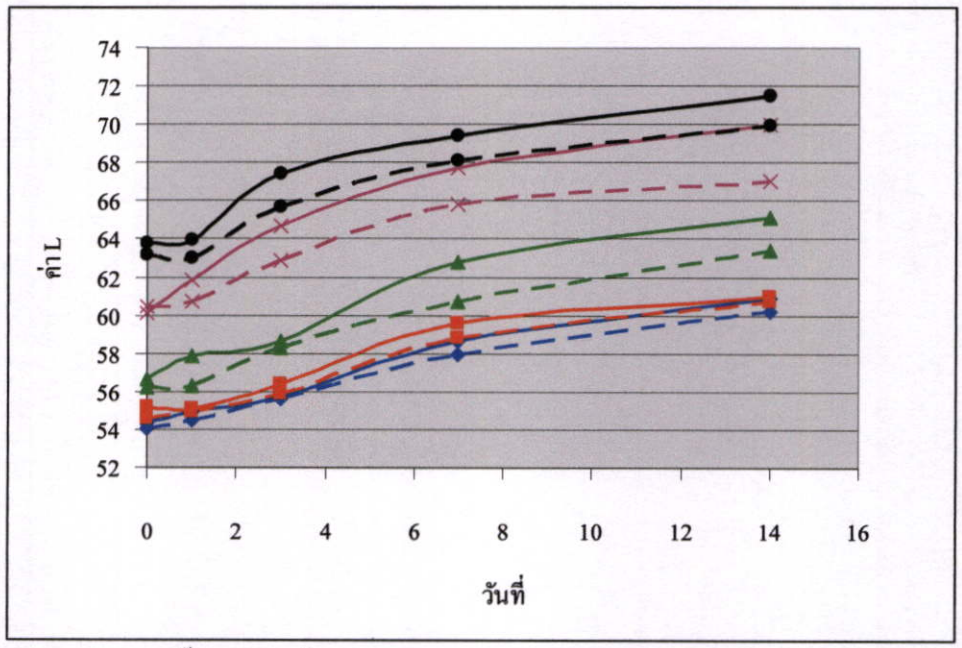
ที่ระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติก 1.4% ทำให้เนื้อสุกรมีค่า L สูงกว่า 60 เมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 3 วัน ในขณะที่กรดอะซิติก 1.6% ทำให้เนื้อสุกรมีค่า L สูงกว่า 60 เมื่อมีอายุการเก็บรักษาได้เพียง 1 วัน และการใช้กรดอะซิติกที่มีความเข้มข้น 2%-3% ทำให้เนื้อมีค่า L สูงกว่า 60 หลังจากการจุ่มเป็นต้นมาและค่า L ยังเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตลอดจนถึง 70 ในระยะเวลาการเก็บรักษาครบ 2 สัปดาห์

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า a ซึ่งแสดงคุณลักษณะสีแดงของเนื้อสุกรสดที่บรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์ แสดงผลดังตารางที่ 3 (ภาคผนวก ง) พบว่า ค่า a มีค่าอยู่ระหว่าง (+) 2.87 ถึง (+)5.32 ซึ่งค่า a ไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของกรด แต่สังเกตได้ว่าค่า a มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บดังภาพที่ 4.5 ซึ่งอาจเกิดจากการกระจายตัวของสารสีในกล้ามเนื้อไม่เท่ากันในแต่ละส่วน แต่แนวโน้มการลดลงของค่า a แสดงให้เห็นการสูญเสียคุณลักษณะสีแดงของเนื้อสุกรสดได้ นั่นคือเนื้อสุกรมีสีชมพูซีดลง

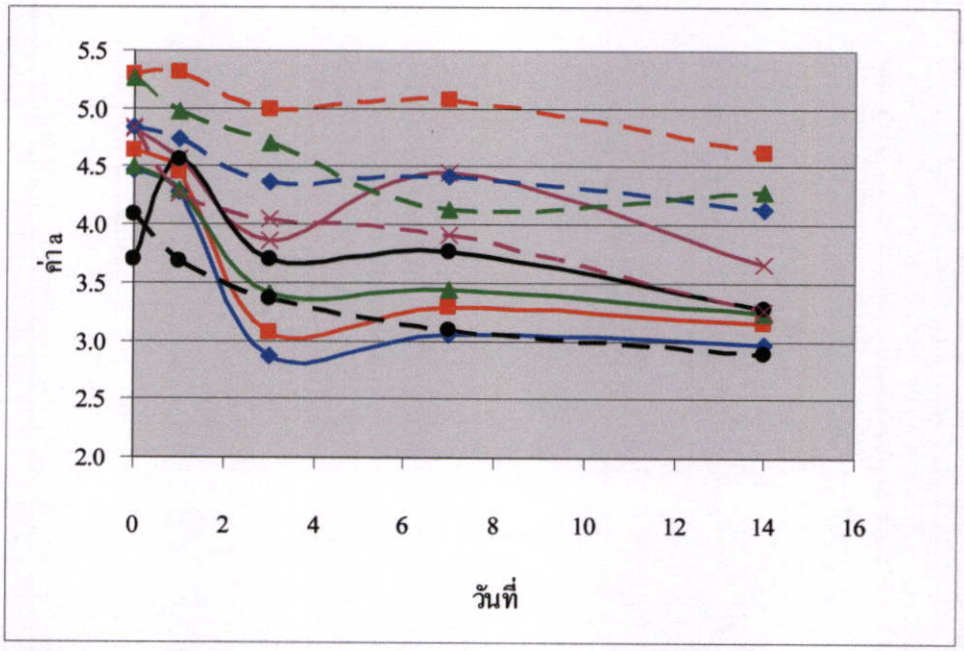
ส่วนค่า (+) b ซึ่งแสดงถึงสีเหลืองของเนื้อสุกรดังแสดงในตารางที่ 4 (ภาคผนวก ง) พบว่าเนื้อสุกรทั้งกลุ่มควบคุม กลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นและกลุ่มที่จุ่มในกรดอะซิติกมีแนวโน้มของค่า b เพิ่มขึ้นดังภาพที่ 4.6 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) กับวันที่ 0 แต่ในวันที่ 3 เนื้อสุกรกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นมีค่า b ลดลงจากวันที่ 1 เล็กน้อยโดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยในระยะเวลาการเก็บ 2 สัปดาห์ ในขณะที่เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆ ล้วนมีค่า b เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในวันที่ 1 และเพิ่มสูงสุดเป็น 6.37 จากการจุ่มในกรดอะซิติก 2.8% เมื่อครบระยะเวลาการเก็บรักษา แสดงว่า เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกมีเมตไมโอโกลบินเกิดขึ้นมาก ทำให้การสะท้อนแสงเปลี่ยนไปได้ จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการใช้กรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1% ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อศึกษาการลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum บนเนื้อสุกรสด

จากการศึกษาผลของสภาวะการบรรจุระหว่างการบรรจุในสภาวะปกติและสภาวะสุญญากาศต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกรสด ด้วยเครื่องวัดสีในระบบ Hunter (L a b) เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า เนื้อสุกรที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่า L เพิ่มขึ้นและมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บเช่นเดียวกับการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติ ดังแสดงในตารางที่ 2 (ภาคผนวก ง) เนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมและเนื้อกลุ่มที่ผ่านการจุ่มน้ำกลั่นไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสภาวะการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศ ($P>0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บ ในขณะที่เนื้อสุกรที่ผ่านจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1.2% 1.8% และ 3.0% ที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศในเมื่อมีระยะเวลาการเก็บรักษา 1 วัน มีค่า L ต่ำกว่าการบรรจุในสภาวะปกติซึ่งอาจเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของตัวอย่างเนื้อสุกร ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาวันที่ 3 7 และ 14 พบว่า เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกแล้วนำมาบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่า L แตกต่างกับการบรรจุในสภาวะปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และมีแนวโน้มสูงขึ้นดังภาพที่ 4.4

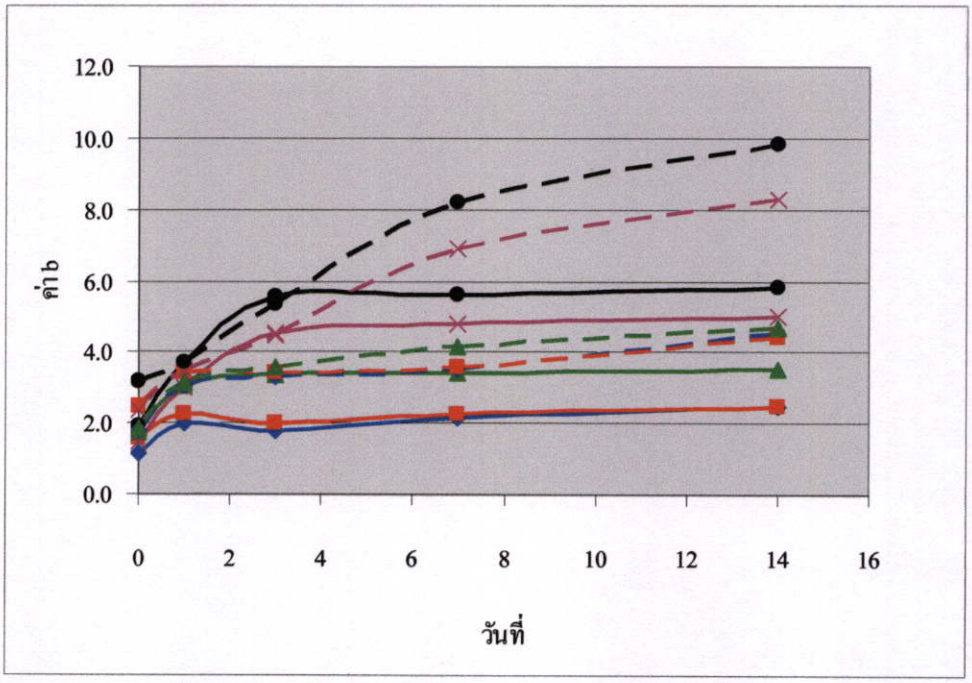
ส่วนค่า a ของเนื้อสุกรสด พบว่า การบรรจุแบบสุญญากาศทำให้มีค่า a ลดลง และค่า b เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการบรรจุภายใต้สภาวะปกติดังภาพที่ 4.5 และ 4.6 แต่การบรรจุแบบสุญญากาศทำให้เนื้อสุกรมีค่า b สูงกว่าการบรรจุในสภาวะปกติโดยเฉพาะเนื้อที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นสูง เนื่องจากสารสีในเนื้อประกอบด้วยโปรตีน 2 ชนิดเป็นส่วนใหญ่คือ ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ซึ่งเป็นสารสีในเลือดและไมโอโกลบิน (Myoglobin) ซึ่งเป็นสารสีในกล้ามเนื้อ สัตว์ที่ถูกฆ่าตายในโรงฆ่าที่ได้มาตรฐานตามปกตินั้นจะพบว่า 80-90% ของสารสีทั้งหมดเป็นไมโอโกลบิน (ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529) การเก็บรักษาเนื้อภายใต้สภาวะปกติทำให้ไมโอโกลบินทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นออกซีไมโอโกลบิน (Oxymyoglobin) ซึ่งมีสีแดงสด ดังนั้นเนื้อสุกรที่เก็บภายใต้สภาวะปกติยังคงมีสีชมพูอมเทาอยู่ แต่ภายใต้สภาวะสุญญากาศซึ่งไม่มีออกซิเจนทำให้ไมโอโกลบินจะถูกออกซิไดซ์กลายเป็นเมตไมโอโกลบิน (Metmyoglobin) ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เนื้อมีสีน้ำตาลและมีค่า b เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 4.4 ค่า L ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) 2% (✕) และ 3% (●) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์



ภาพที่ 4.5 ค่า a ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) 2% (✕) และ 3% (●) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์



ภาพที่ 4.6 ค่า b ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) 2% (✕) และ 3% (●) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์

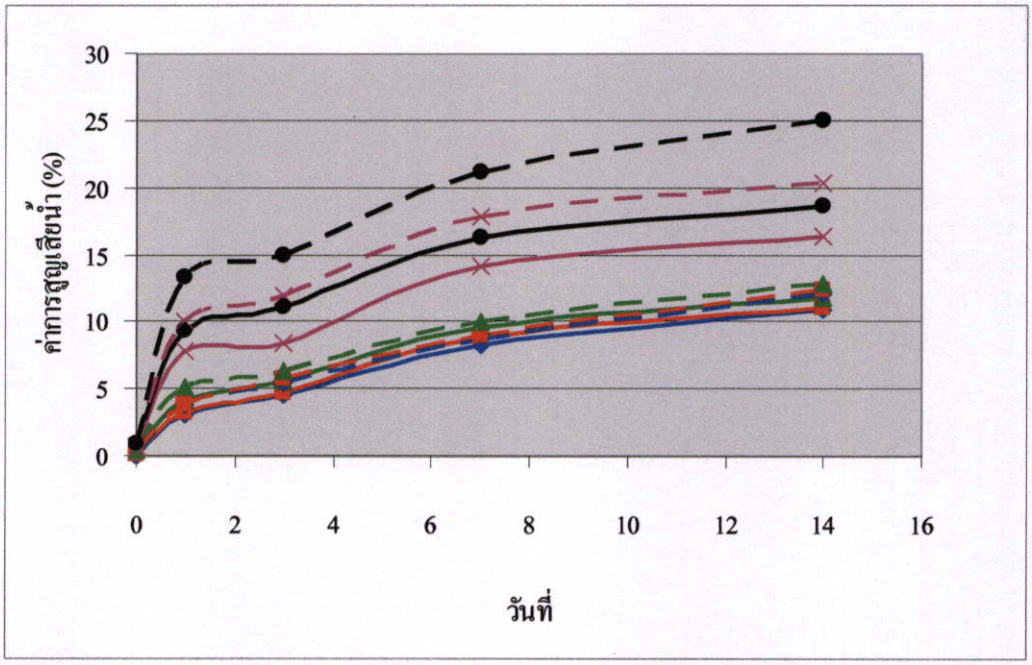
4.3.2 ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1%-3% เป็นเวลา 1 นาที

ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนของเนื้อสดเป็นคุณสมบัติที่มีผลกระทบโดยตรงต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ การสูญเสียน้ำเป็นผลต่อเนื่องจากโปรตีนที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ซึ่งสังเกตได้ง่ายจากน้ำที่ไหลเยิ้มออกมาอยู่ในบรรจุภัณฑ์ เนื้อที่มีคุณภาพดีควรมีการสูญเสียน้ำต่ำซึ่งแสดงถึงความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนที่ดี จากการทดลองโดยนำเนื้อสุกรจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1%-3% เป็นระยะเวลา 1 นาที แล้วบรรจุในสภาพบรรยากาศปกติและแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีการสูญเสียน้ำสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่สัมผัสน้ำกลั่น ดังแสดงในตารางที่ 5 (ภาคผนวก ง) จากการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติเนื้อสุกรกลุ่มควบคุมมีค่าการสูญเสียน้ำ 3.13% ในวันที่ 1 และเพิ่มขึ้นเป็น 10.96% เมื่อมีระยะเวลาการเก็บครบ 2 สัปดาห์ โดยในแต่ละวันของการเก็บรักษาเนื้อสุกรมีการสูญเสียน้ำมากขึ้นและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ส่วนกลุ่มที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นมีค่าการสูญเสียน้ำใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ในวันที่ 1 เนื้อที่จุ่มในน้ำกลั่นมีการสูญเสียน้ำ 3.27% และเพิ่มขึ้นเป็น 11.09% เมื่อมีระยะเวลาการเก็บครบ 2 สัปดาห์ ในกรณีของเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติก พบว่าที่ความเข้มข้น 1% มีค่าการสูญเสียน้ำ 0.38% ในวันที่ 0 ซึ่งมีความแตกต่างกันกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 11.86% เมื่อระยะเวลาการเก็บครบ 2 สัปดาห์ โดยในช่วง 1-3 วันแรกของการเก็บรักษามีการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วและปรากฏการณ์นี้ยังคงเกิดขึ้นเรื่อยๆ ตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษาดังภาพที่ 4.7 ที่ระดับความเข้มข้นของกรดต่ำ เนื้อสุกรมีค่าการสูญเสียน้ำต่ำ แต่เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นส่งผลให้การสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วยโดยเฉพาะที่ระดับความเข้มข้น 3% มีค่าการสูญเสียน้ำถึง 9.33% ในวันที่ 1 และเพิ่มสูงเป็น 16.21% เมื่อครบ 2 สัปดาห์ ส่วนเนื้อสุกรที่บรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่าการสูญเสียน้ำ 3.81% ในวันที่ 1 และเพิ่มขึ้นจนถึง 12.17% เมื่อครบ 2 สัปดาห์ เนื้อที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นมีค่าการสูญเสียน้ำไม่แตกต่างกันกับกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ส่วนกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% ทำให้เนื้อสุกรมีค่าการสูญเสียน้ำ 0.37% หลังจากผ่านการจุ่มและเพิ่มเป็น 5.17% และ 12.85 ในวันที่ 1และ เมื่อครบ 2 สัปดาห์ตามลำดับ

จากผลการทดลองสังเกตได้ว่าความเข้มข้นของกรดอะซิติกมีผลต่อการสูญเสียน้ำอย่างชัดเจน โดยที่ความเป็นกรดมีผลต่อประจุของโปรตีน เมื่อความเข้มข้นของกรดเพิ่มสูงขึ้นทำให้อันตรกิริยาระหว่างโปรตีนกับโปรตีนและระหว่างโปรตีนกับน้ำเปลี่ยนไป เนื่องจากเกิดแรงผลักทางไฟฟ้า (Electrostatic repulsion) โปรตีนบางส่วนตกตะกอนและจับตัวกันผิดปกติไปจากเดิมจึง

สูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ โมเลกุลของน้ำจึงถูกขับออกมาส่งผลให้เนื้อมีค่าการสูญเสียน้ำสูงขึ้น (จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล, 2542)

เมื่อเปรียบเทียบค่าการสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษาเนื้อสุกรภายใต้สภาวะสุญญากาศและสภาวะปกติ พบว่า สภาวะสุญญากาศมีแนวโน้มของการสูญเสียน้ำสูงกว่าการบรรจุในสภาวะปกติดังภาพที่ 4.7 ยกเว้นในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา เนื้อสุกรกลุ่มควบคุม เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นและเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติก 1% แล้วบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่าการสูญเสียน้ำไม่แตกต่างกับการบรรจุในสภาพบรรยากาศปกติ ($P>0.05$) แต่เมื่อครบ 2 สัปดาห์ การบรรจุภายใต้สุญญากาศทำให้เนื้อสุกรมีค่าการสูญเสียน้ำสูงกว่าการบรรจุในสภาวะบรรยากาศปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) แต่เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นมากกว่า 1% ส่งผลให้ค่าการสูญเสียน้ำจากการบรรจุภายใต้สุญญากาศสูงกว่าในสภาวะบรรยากาศปกติภายในสัปดาห์แรกของการเก็บรักษา โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นสูงถึง 3% ส่งผลให้เนื้อสุกรมีการสูญเสียน้ำ 13.2% ในวันที่ 1 และเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 25.02% เมื่อระยะเวลาการเก็บครบ 2 สัปดาห์



ภาพที่ 4.7 ค่าการสูญเสียน้ำ (%) ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) 2% (×) และ 3% (●) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 สัปดาห์

การเก็บรักษาภายใต้สภาวะสุญญากาศจะส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำมากกว่าการเก็บภายใต้สภาวะปกติเนื่องจากแรงดันภายใต้สภาวะสุญญากาศส่งผลให้โปรตีนกล้ามเนื้อดันน้ำออกมาจากโครงสร้างกล้ามเนื้อได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Huang และคณะ (2005) ที่รายงานว่าเมื่อจุ่มเนื้อสุกรลงในสารละลายกรดซิตริก 250 ppm หรือกรดแอสคอร์บิก 500 ppm เป็นเวลา 15 วินาที ร่วมกับการเก็บรักษาภายใต้สภาวะสุญญากาศหรือภายใต้การดัดแปลงบรรยากาศซึ่งมี O_2 80% และ CO_2 20% การเก็บรักษาภายใต้สภาวะสุญญากาศส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการดัดแปลงบรรยากาศ ซึ่งการบรรจุภายใต้การดัดแปลงบรรยากาศมีค่าการสูญเสียน้ำหนักค่อนข้างคงที่อยู่ที่ระดับ 3%-5% ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ ในขณะที่การบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศทำให้เนื้อสุกรมีการสูญเสียน้ำ 8%-10% ในสัปดาห์แรก และค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บโดยในสัปดาห์ที่ 2 มีการสูญเสียน้ำ 16%-17% สอดคล้องกับ Mendonca และคณะ (1989) ระบุว่าการใช้กรดอะซิติก 1% กับเนื้อสุกร ร่วมกับการเก็บรักษาภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เนื้อมีการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ โดยหลังจากจุ่มเนื้อสุกรในสารละลายกรดเป็นเวลา 2 นาที พบว่า มีการสูญเสียน้ำ 3.26% ต่อมาในสัปดาห์ที่ 1 2 3 และ 4 มีการสูญเสียน้ำ 5.23% 4.17% 5.09% และ 5.71% ตามลำดับ ทั้งนี้การสูญเสียน้ำที่ต่างกันอาจเกิดจากคุณภาพของเนื้อที่ต่างกัน เช่น สายพันธุ์ เพศ การเลี้ยงดูสุกรในภูมิประเทศและภูมิอากาศที่ต่างกัน การฆ่าสุกร เป็นต้น

วิธีการดูแลสัตว์ก่อนฆ่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์ หากสุกรถูกนำออกจากคอก การขึ้นและลงจากการขนส่งด้วยวิธีที่รุนแรง หรือการเดินทางเป็นระยะไกล ล้วนเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความเครียดกับสุกรได้ เมื่อสุกรตอบสนองต่อความเครียดจึงส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำเมื่อกล้ามเนื้อเปลี่ยนเป็นเนื้อสัตว์ในที่สุด สุกรที่เกิดความเครียดมากๆ ก่อนถูกฆ่าเป็นผลให้เนื้อเกิดลักษณะ PSE (Pale soft and exudative) เนื่องจากเป็นการกระตุ้นขบวนการไกลโคไลซิส (Glycolysis) เป็นผลให้มีการสะสมกรดแลกติกจำนวนมากในระยะเวลาสั้นๆ มีผลทำให้ค่า pH ลดลงจากสภาพปกติที่ pH 7 เป็น pH 5.6 - 5.8 ภายใน 45 นาทีหลังถูกฆ่า และเป็น 5.7 - 6.0 ภายใน 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย (สัญชัย จตุรสิทธา, 2543) ซากที่มีอุณหภูมิสูงเป็นเร่งขบวนการนี้ได้ดีขึ้น ส่งผลให้มีโปรตีนกล้ามเนื้อสูญเสียสภาพธรรมชาติจึงไม่สามารถจับน้ำได้อีกต่อไป น้ำจึงไหลซึมออกมา หากสุกรเป็นสายพันธุ์ที่ทนเครียดซึ่งสามารถรักษาสภาวะภายในร่างกายได้ดี เมื่อถูกฆ่ากระบวนการไกลโคไลซิสจึงเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้ค่า pH ของกล้ามเนื้อสูงและสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้ น้ำจึงไม่ไหลซึมออกมา

ดังนั้นการใช้กรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1% จึงเหมาะสมในการนำมาศึกษาการลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum บนเนื้อสุกรสดต่อไป

4.3.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการจุ่มเนื้อสุกรในสารละลายกรดอะซิติก

4.3.2.1 จำนวนจุลินทรีย์ที่รอดชีวิตในเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มเนื้อสุกรในสารละลายกรดอะซิติกที่ระยะเวลาต่างๆ

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีและการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1%-3% เป็นเวลา 1 นาที จากข้อ 4.3 พบว่า ความเข้มข้นของกรดอะซิติกที่ระดับ 1% เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นในการศึกษาการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์บนเนื้อสุกรสด โดยนำตัวอย่างเนื้อสุกรสดส่วนสันนอกที่ตัดแต่งไขมันออกและไม่ผ่านการฉายรังสีมาจุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% ที่ระยะเวลา 1 2 5 10 15 30 60 90 และ 120 วินาที นำมาตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดด้วยวิธี Spread plate บนอาหาร TSA เพื่อเลือกระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับศึกษาการลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า pH ค่าสี และจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่รอดชีวิตดังตารางที่ 4.7 พบว่าค่า pH ของเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 6.12 และ 6.11 ตามลำดับ เมื่อจุ่มเนื้อสุกรลงในกรดอะซิติก 1% นาน 1 วินาที ส่งผลเนื้อสุกรมีค่า pH ลดลงอยู่ที่ 6.02 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ และค่า pH ของเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกลดลงตามระยะเวลาของการจุ่ม ในขณะที่ค่า L เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการจุ่ม ที่ระยะเวลาการจุ่มเพียง 1 วินาที ส่งผลให้เนื้อสุกรมีค่า L ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับเนื้อในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ และเมื่อเพิ่มระยะเวลาเป็น 2 วินาที ค่า pH ของเนื้อลดลงอยู่ที่ 5.99 ซึ่งไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่น และกลุ่มที่จุ่มในกรดอะซิติก 1 วินาที นอกจากนี้พบว่าค่า L ของเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) กับเนื้อที่ใช้เวลาในการจุ่ม 1 วินาที แต่มีความแตกต่างจากเนื้อในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ เมื่อระยะเวลาในการจุ่มนานขึ้นส่งผลให้ค่า pH ของเนื้อลดลง และมีค่า L เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ระยะเวลาการจุ่มนานถึง 120 วินาที ส่งผลให้ค่า L เพิ่มสูงขึ้นเป็น 57.95 ทันทีหลังจากผ่านการจุ่ม

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ตรวจพบในกลุ่มควบคุมอยู่ที่ 5.83 log cfu/g และตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่น 5.83 log cfu/g เช่นกัน ชี้ให้เห็นว่าการจุ่มเนื้อสุกรในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อไม่มีผลในการลดจำนวนเชื้อได้ ส่วนการจุ่มในกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% นาน 1 วินาที มีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตอยู่ 5.48 log cfu/g ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) กับกลุ่มควบคุมและการจุ่มเนื้อสุกรในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ คิดเป็นจำนวนเชื้อลดลง 0.35 log cycle ส่วนที่ระยะเวลาการจุ่ม 2 วินาที พบจำนวนเชื้อที่รอดชีวิต 5.42 log cfu/g ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับเนื้อสุกรที่จุ่มเป็นเวลา 1 วินาที และเชื้อที่

รอดชีวิตมีจำนวนลดลงตามระยะเวลาการจุ่มในกรดอะซิติกที่นานขึ้นเรื่อยๆ โดยเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก เป็นเวลา 120 วินาที พบว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงถึง 1.44 log cycle แต่เนื้อสุกรมีสีซีดขึ้นอย่างเห็นได้ชัดจากค่า L ที่วัดได้ถึง 57.95

ตารางที่ 4.3 ค่า pH ค่าสี L และจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่รอดชีวิต (log cfu/g) บนเนื้อสุกรสดหลังผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% ในระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลาการจุ่ม (วินาที)	pH	ค่า L	จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่รอดชีวิต (log cfu/g)
กลุ่มควบคุม	6.12^{a}	53.78^{i}	5.83^{a}
น้ำกลั่น (1 วินาที)	6.11a^{a}	53.86^{i}	5.83^{a}
1	6.02^{ab}	54.12^{hi}	5.48^{b}
2	5.99^{abc}	54.22^{h}	5.42^{bc}
5	5.98^{abc}	55.28^{g}	5.33^{c}
10	5.93^{bcd}	55.73^{f}	5.11^{d}
15	5.90^{bcd}	56.14^{e}	5.05^{de}
30	5.84^{bcd}	56.54^{d}	4.92^{e}
60	5.82^{cd}	56.89^{c}	4.79^{f}
90	5.81^{cd}	57.26^{b}	4.63^{g}
120	5.79^{d}	57.95^{a}	4.39^{h}

อักษร $^{a-i}$ แสดงความแตกต่างในคอลัมน์เดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) โดย DMRT

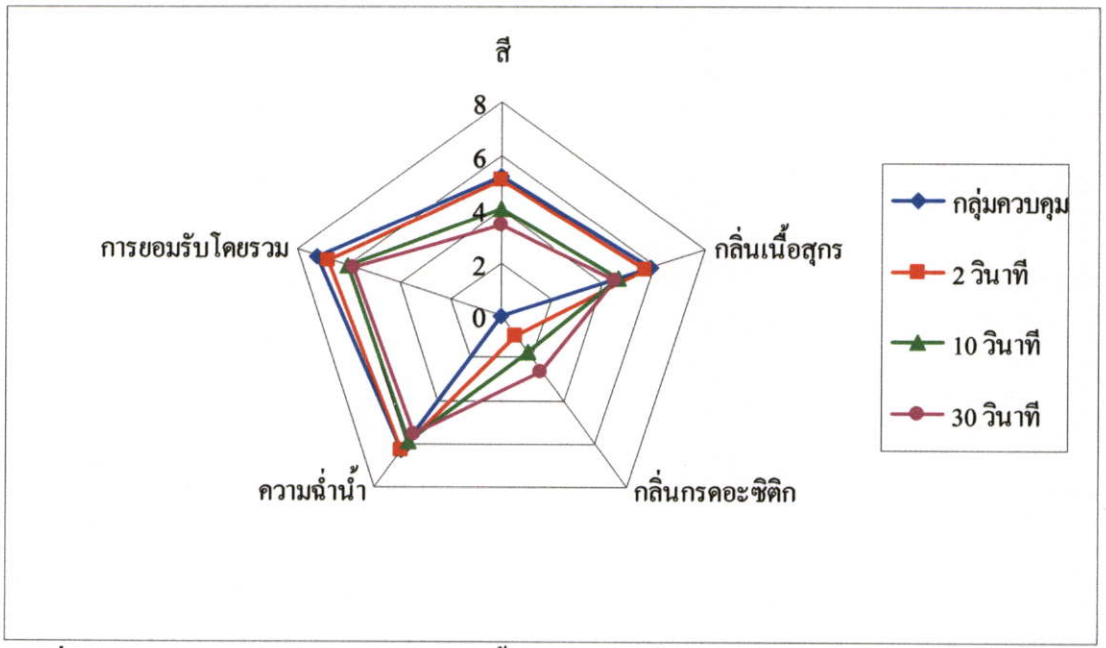
4.3.2.2 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรสดและเนื้อสุกรต้มสุกที่ผ่านการจุ่มเนื้อสุกรในสารละลายกรดอะซิติก

นำเนื้อสุกรส่วนสันนอกทั้งริ้วซึ่งไม่ผ่านการฉายรังสีและไม่ได้รับการถ่ายเชื้อ *S.* Anatum ลงไป น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม แต่ละริ้วจุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1.0% โดยมีระยะเวลาการจุ่มนาน 2 10 และ 30 วินาที ผึ่งให้สะเด็ดน้ำประมาณ 15 นาที นำไปบดละเอียดด้วยเครื่องบดเนื้อ ทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเนื้อสุกรสดโดยชั่งน้ำหนักเนื้อสุกรบดประมาณ 5 กรัมต่อชิ้น ปั้นให้เป็นก้อนทรงกลม วางลงในถ้วยชิมถ้วยละ 1 ชิ้น ส่วนการทดสอบเนื้อสุกรสุกนำเนื้อสุกรบดประมาณ 5 กรัมต่อชิ้น ปั้นให้เป็นก้อนทรงกลมแล้วต้มให้จุดกึ่งกลางของชิ้นเนื้อมีอุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมโดยอาศัยเทคนิค Quantitative descriptive analysis (QDA) บนเส้นตรงที่มีความยาว 10 เซนติเมตร ผู้ทดสอบเป็นนักศึกษาปริญญาโทและเอกของคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 20 คน แสดงผลค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะด้วยกราฟใยแมงมุม (Spider web)

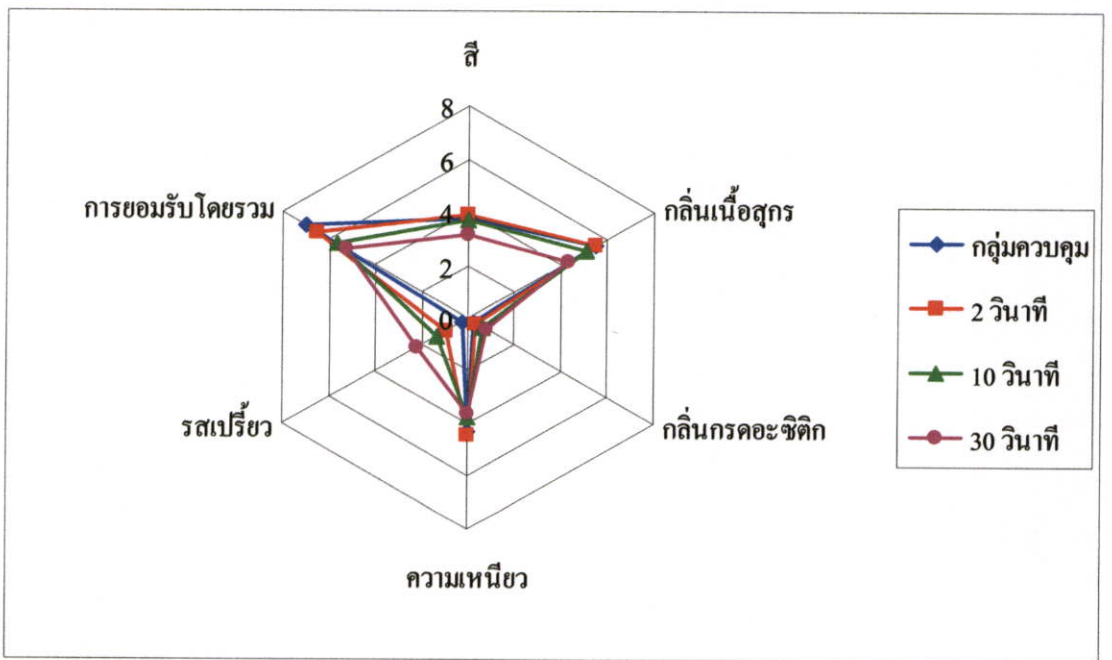
จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรสดบด ได้แก่ สี กลิ่นเนื้อสุกร กลิ่นกรดอะซิติก ความฉ่ำน้ำและการยอมรับโดยรวมแสดงผลดังตารางที่ 6 (ภาคผนวก ง) และภาพที่ 4.8 พบว่า สี กลิ่นเนื้อสุกรและกลิ่นกรดอะซิติกในเนื้อสุกรสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) การจุ่มเนื้อเป็นเวลา 2 วินาทีทำให้สีไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่การใช้เวลานานขึ้นทำให้สีซีดและมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม และเมื่อระยะเวลาในการจุ่มนานขึ้นส่งผลให้เนื้อสุกรมีกลิ่นของกรดอะซิติกติดอยู่มากขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันในด้านความชุ่มฉ่ำของเนื้อ ($P>0.05$) และการยอมรับโดยรวมของเนื้อที่จุ่มเป็นเวลา 2 วินาที ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ในขณะที่การจุ่มเป็นเวลา 10 และ 30 วินาที มีการยอมรับโดยรวมลดลง

ส่วนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรบดต้มสุก ได้แก่ สี กลิ่นเนื้อสุกร กลิ่นกรดอะซิติก ความเหนียว รสเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวมแสดงผลดังตารางที่ 7 (ภาคผนวก ง) และภาพที่ 4.9 พบว่าเมื่อนำเนื้อสุกรมาปรุงสุกด้วยวิธีการต้ม ทำให้คุณลักษณะด้านสีของเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และมีกลิ่นของกรดอะซิติกตกค้างอยู่น้อยมาก โดยเนื้อที่จุ่มเป็นเวลา 2 วินาที มีกลิ่นกรดอะซิติกไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม($P>0.05$) แต่การใช้ระยะเวลาในการจุ่มนานขึ้นมีผลทำให้กลิ่นของเนื้อสุกรค่อยๆ หายไป ในขณะเดียวกันพบว่ามีกลิ่นกรดอะซิติกแรงขึ้นและทำให้เนื้อมีรสเปรี้ยวเกิดขึ้นเล็กน้อย ซึ่งการยอมรับโดยรวมพบว่าการจุ่มเนื้อเป็นเวลา 2 วินาที ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P \leq 0.05$) ดังนั้นการใช้ความเข้มข้นของกรดอะซิติกที่ระดับ 1% และระยะเวลาในการจุ่มนาน 2 วินาที จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด

ในการศึกษาการลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum บนเนื้อสุกรสดเนื่องจากเป็นสภาวะที่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้ในขณะที่ยังคงคุณภาพที่มีการยอมรับได้ของเนื้อสุกรสดได้ดีที่สุด



ภาพที่ 4.8 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรสดบดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% เป็นเวลา 2 10 และ 30 วินาที



ภาพที่ 4.9 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรบดต้มสุกที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% เป็นเวลา 2 10 และ 30 วินาที

4.4 การลดจำนวนเชื้อ *S. Anatum* บนเนื้อสุกรสดด้วยกรดอะซิติกและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเนื้อสุกร

นำเนื้อสุกรสันนอกมาตัดแต่งให้มีลักษณะเป็นแผ่นหนา 1.5 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 100 กรัมต่อชิ้น บรรจุถุงพลาสติกในสภาพสุญญากาศถุงละ 1 ชิ้น แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ (-) 18 องศาเซลเซียส บรรจุลงในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งสลับชั้น ก่อนนำไปฉายรังสีแกมม่าที่ระดับ 10 กิโลเกรย์ นำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ (-) 18 องศาเซลเซียส ทำการละลายน้ำแข็งก่อนนำตัวอย่างไปศึกษาการลดลงของเชื้อ *S.* Anatum จุ่มตัวอย่างลงในสารละลายเชื้อ *S.* Anatum ที่มีปริมาณเชื้อ 10^6 cfu/ml เป็นเวลา 10 นาที (ผุสดี ตังวัชรินทร์, 2543) วางไว้บนตะแกรงปราศจากเชื้อ ทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำในตู้ปลอดเชื้อ และทำการสุ่มตัวอย่างมาตรวจนับจำนวนเชื้อ *S.* Anatum เริ่มต้น โดยวิธีการ Spread plate ลงบนอาหาร TSA และสุ่มตัวอย่างเนื้อสุกรที่ผ่านการถ่ายเชื้อแล้วมาศึกษาการลดจำนวนเชื้อด้วยกรดอะซิติกโดยเปรียบเทียบระหว่าง 3 กลุ่มการทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มควบคุม ซึ่งไม่ได้รับการสัมผัสน้ำกลั่นและกรดอะซิติก กลุ่มที่ 2 จุ่มตัวอย่างลงในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อเป็นเวลา 2 วินาที และกลุ่มที่ 3 จุ่มตัวอย่างลงในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 2 วินาที แล้วนำมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำภายในตู้ปลอดเชื้อ นำไปบรรจุถุงพลาสติกในสภาพบรรยากาศปกติและแบบสุญญากาศ ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตรวจวิเคราะห์จำนวนเชื้อ *S.* Anatum ค่า pH ค่าการเปลี่ยนแปลงสี L a b และค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกร ที่เวลา 0 1 3 5 7 14 และ 21 วัน

4.4.1 ผลของกรดอะซิติก สภาวะการบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษาต่อการลดจำนวนเชื้อ *S. Anatum* บนเนื้อสุกรสด

จำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตบนเนื้อสุกรสด โดยมีการถ่ายเชื้อลงไปให้เนื้อสุกรมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นสูงในระดับที่สามารถก่อให้เกิดโรคได้ เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 2 วินาที เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อเป็นเวลา 2 วินาที แสดงผลดังตารางที่ 8 (ภาคผนวก ง) พบว่าการใช้สารละลายกรดอะซิติก 1% ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สามารถลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum บนเนื้อสุกรที่มีจำนวนเชื้อเริ่มต้นสูงถึง 5.34-5.36 log cfu/g ลงได้ เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อมีจำนวนเชื้อลดลงเล็กน้อยโดยจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) ชี้ให้เห็นว่าน้ำกลั่นไม่มีผลในการลดจำนวนเชื้อบนเนื้อสุกร ส่วนเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกพบจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตลดลงเหลือ 4.95-4.98 log cfu/g ซึ่งแตกต่างจากจำนวนเชื้อในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้ออย่างมี

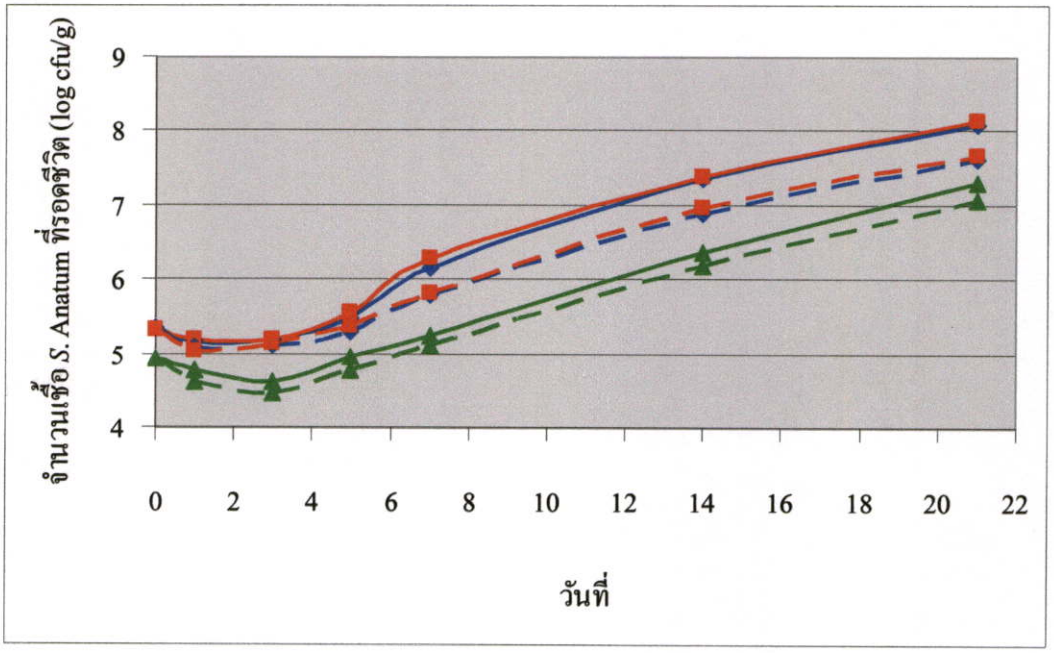
นัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% สามารถลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum ได้ 0.4 log cycle ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการทดลองของ Frederick และคณะ (1994) ที่ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้น 2% ฉีดพ่นลงบนเนื้อสุกรที่มีเชื้อ *S.* Typhimurium เริ่มต้น7.15 log cfu/cm^2 ลดลงเหลือ 4.31 log cfu/cm^2

ในวันที่ 1 และ 3 ของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเนื้อสุกรทั้ง 3 กลุ่มมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตลดลงจากจำนวนเชื้อเริ่มต้น เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ โดยจำนวนเชื้อลดลงเหลือ 4.78 และ 4.63 log cfu/g ตามลำดับ แต่ปริมาณเชื้อเริ่มเพิ่มจำนวนสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 5 ของการเก็บรักษาดังภาพที่ 4.10 ในวันที่ 5 ของการเก็บรักษา เนื้อที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตอยู่ 4.96 log cfu/g และเพิ่มสูงถึง 7.31 log cfu/g ในวันที่ 21 ของการเก็บรักษา ซึ่งจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตในแต่ละวันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกพบจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นตลอดระยะเวลาของการเก็บรักษา การบรรจุเนื้อสุกรภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติพบว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาแต่มีความแตกต่างกับเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาถึงอายุการเก็บของเนื้อสุกรสดโดยใช้ปริมาณเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคเป็นเกณฑ์ตัดสิน ซึ่งปริมาณที่ก่อให้เกิดโรค Salmonellosis (Infective dose) ของเชื้อ *S.* Anatum อยู่ที่ระดับ 10^5-10^7 cfu/g (ศุภชัย เนื้อนวลสุวรรณ, 2549) เมื่อเลือกใช้ที่ระดับ 5 log cfu/g เป็นเกณฑ์ พบว่าการเก็บรักษาเนื้อสุกรสดที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *S.* Anatum ในปริมาณที่ก่อให้เกิดโรคได้ แม้ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำหรือผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อก่อนการบรรจุไม่สามารถลดจำนวนเชื้อดังกล่าวให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้เพียงแต่ช่วยยืดระยะเวลาในการแบ่งตัว (Generation time)ให้นานขึ้นเท่านั้น ในขณะที่เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติก 1% สามารถลดจำนวนเชื้อดังกล่าวได้และส่งผลให้มีระยะเวลาการเก็บนาน 5 วัน เพราะในวันที่ 5 ตรวจพบจำนวนเชื้อในระดับที่ยังไม่สามารถก่อให้เกิดโรคได้ แต่พบจำนวนเชื้อในระดับที่ก่อให้เกิดโรคได้ในวันที่ 7 ทั้งนี้ปริมาณเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคขึ้นอยู่กับปัจจัยของตัวบุคคล เช่น ในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดีสามารถรับปริมาณเชื้อได้มากกว่าเด็กหรือผู้สูงวัย ในขณะที่ผู้ที่มีร่างกายอ่อนแอ การได้รับเชื้อในปริมาณต่ำสามารถก่อให้เกิดอาการของโรคได้

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสภาวะการบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติและสุญญากาศ ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตจากการบรรจุในทั้ง 2 สภาวะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลองและตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ถึงแม้ว่าการบรรจุภายใต้สุญญากาศมีจำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตในปริมาณที่ต่ำกว่าก็ตาม

ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษาเนื้อสุกรสดภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่าจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตบนเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกลดลงเหลือ 4.63 log cfu/g ซึ่งมีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยที่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อมีจำนวนเชื้อ 5.09 และ 5.05 log cfu/g ตามลำดับ แต่ในวันที่ 3 ของการเก็บรักษา พบว่าจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตบนเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกยังคงลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยลดลงเหลือ 4.47 log cfu/g ในขณะที่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นพบจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตเพิ่มสูงขึ้นเป็น 5.13 และ 5.14 log cfu/g ตามลำดับ หลังจากนั้นในวันที่ 5 พบจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา แต่ทั้ง 2 กลุ่มมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตแตกต่างกลุ่มที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกมีจำนวนเชื้อ 4.78 log cfu/g แต่ในวันที่ 7 พบว่าเนื้อสุกร มีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตในปริมาณที่ก่อให้เกิดโรคได้ ดังนั้นเนื้อสุกรสดที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *S.* Anatum ในปริมาณที่ก่อให้เกิดโรคได้ แม้ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำหรือผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อร่วมกับการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศไม่สามารถลดจำนวนเชื้อดังกล่าวให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ นอกจากนี้เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติก 1% ร่วมกับการบรรจุภายใต้สุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ สามารถลดจำนวนเชื้อดังกล่าวได้เทียบเท่ากับการบรรจุภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ โดยมีอายุการเก็บนาน 5 วันเช่นกัน แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นเป็น 2 -3 สัปดาห์ พบว่าเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตไม่แตกต่างกันทางสถิติกับเนื้อในกลุ่มควบคุมหรือกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่น ($P>0.05$)

ถึงแม้ว่าการบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติซึ่งมีออกซิเจนมากกว่าการบรรจุแบบสุญญากาศมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตมากกว่า แต่เชื้อ *S.* Anatum เป็นเชื้อที่สามารถเจริญได้ในที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน (D'Aoust, 1989) การบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศจึงมีการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum ได้เช่นกัน ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองของ Fu และคณะ (1994) ได้รายงานว่าเนื้อสุกรที่ผ่านการฉีดพ่นด้วยกรดอะซิติก 1.5% แล้วบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0-2 องศาเซลเซียส สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและเชื้อ Coliform ได้ในช่วงระยะแรก แต่ไม่ถึงวันที่ 14 ของการเก็บรักษา โดยในวันที่ 28 35 และ 42 ของการเก็บรักษามีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) และสอดคล้องกับการทดลองของ Bodnaruk และ Draughon (1998) ที่รายงานว่าการบรรจุเนื้อสุกรภายใต้สภาวะสุญญากาศและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เนื้อสุกรซึ่งมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในวันที่ 0 อยู่ที่ 3.4 log cfu/cm^2 มีจำนวนเชื้อเพิ่มขึ้นเป็น 7.0 และ 8.5 log cfu/cm^2 ในวันที่ 10 และ 25 ของการเก็บรักษา

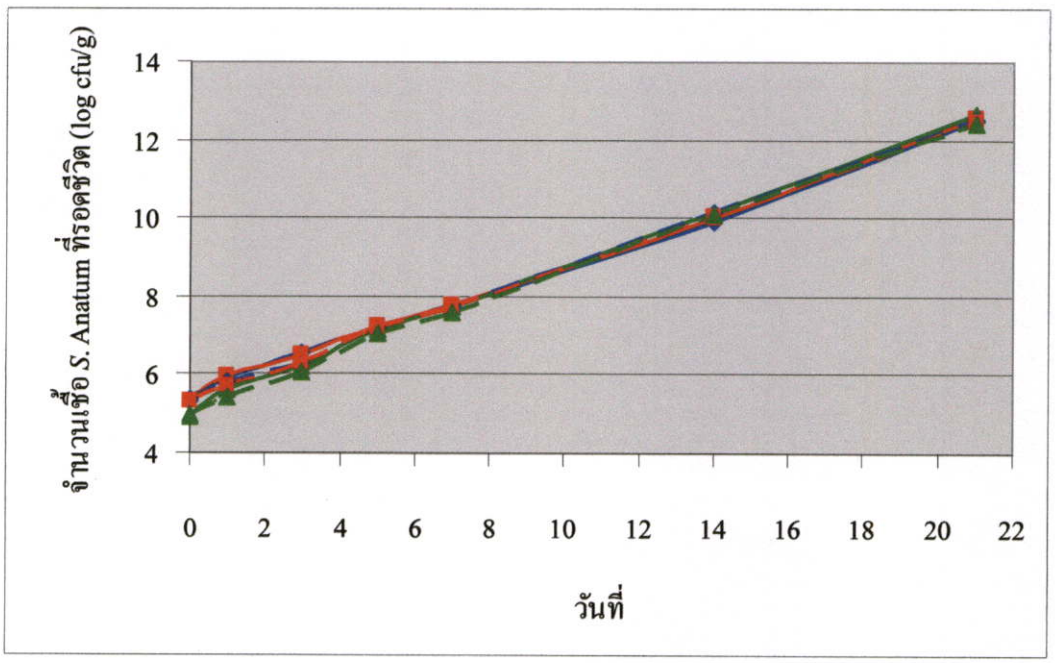


ภาพที่ 4.10 จำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตบนเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% (▲)เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิของการเก็บรักษา การเก็บรักษาเนื้อสุกรที่อุณหภูมิห้องส่งผลให้เนื้อทั้ง 3 กลุ่ม มีจำนวนเชื้อเพิ่มขึ้นตั้งแต่วันที่ 1 ดังภาพที่ 4.11 ภายใต้สภาวะบรรยากาศปกติ กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นซึ่งมีจำนวนเชื้อเริ่มต้น 5.36 และ 5.35 log cfu/g มีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตเพิ่มเป็น 5.94 และ 5.95 log cfu/g ตามลำดับ ซึ่งจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตของทั้ง 2 กลุ่มนี้มีมากกว่าเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่เนื้อสุกรหลังผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกมีจำนวนเชื้อเริ่มต้น 4.96 log cfu/g ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษามีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตเพิ่มเป็น 5.63 log cfu/g ส่วนในวันที่ 3 ของการเก็บรักษาพบว่าเนื้อสุกรทั้ง 3 กลุ่มมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) จนสิ้นสุดระยะเวลา 21 วัน มีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตสูงถึง 12.42-12.67 log cfu/g เนื่องจากอุณหภูมิห้องเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อ *S.* Anatum เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติและสุญญากาศพบว่ามีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ถึงแม้ว่าการเก็บรักษาภายใต้สภาวะสุญญากาศส่งผลให้เนื้อสุกรมีจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตต่ำกว่าบรรยากาศปกติเล็กน้อย ดังนั้นเนื้อสุกรสดที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *S.* Anatum ในปริมาณที่ก่อให้เกิดโรคได้ ไม่สามารถทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้ แม้ว่าเนื้อสุกรนั้นได้ผ่านการจุ่มใน

น้ำกลั่นปราศจากเชื้อหรือผ่านการจุ่มในกรดอะซิติกร่วมกับการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศแล้ว เนื่องจากไม่สามารถลดจำนวนเชื้อดังกล่าวให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้

หลังจากการถ่ายเชื้อลงบนเนื้อสุกร เชื้อยังคงอยู่ที่บริเวณผิวหน้าของชิ้นเนื้อ เมื่อมีการจุ่มในน้ำกลั่นจึงทำให้เซลล์หลุดออกไปกับน้ำได้บ้าง ส่วนเนื้อที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกสามารถลดจำนวนเชื้อได้มากกว่าเนื่องจากผลของโมเลกุลที่ไม่แตกตัวของกรดซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปได้นั่นเอง และเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นเชื้อที่รอดชีวิตมีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้นและแทรกตัวเข้าไปอยู่ในชั้นกล้ามเนื้อที่ลึกลงไป ส่งผลให้กรดอะซิติกที่อยู่บริเวณผิวหน้าไม่สามารถแพร่เข้าไปในเซลล์ได้จึงไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้อีกต่อไป ซึ่งสังเกตได้จากจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นไม่มีความแตกต่างกัน การใช้กรดอะซิติกร่วมกับการลดอุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการลดจำนวนของเชื้อ *S.* Anatum ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ เมื่อเนื้อสุกรสดนั้นมีการปนเปื้อนเชื้อดังกล่าวมาในระดับที่ก่อให้เกิดโรคได้



ภาพที่ 4.11 จำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตบนเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲)เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์

4.2.2 ค่า pH ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก

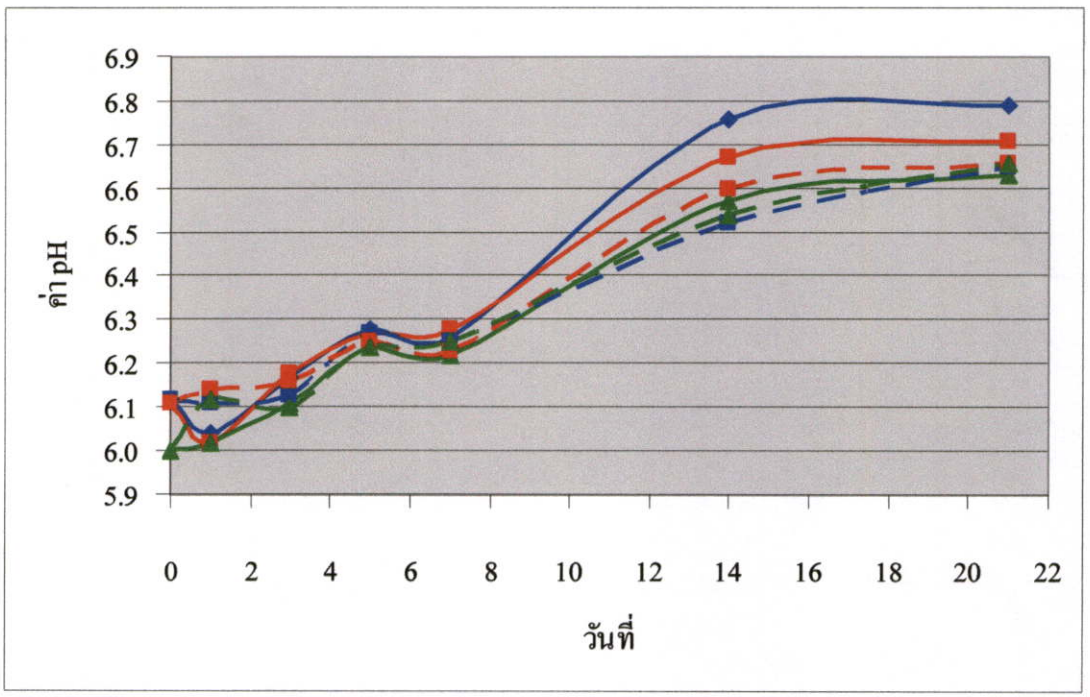
ค่า pH ของเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% ค่า pH เท่ากับ 3.18 นาน 2 วินาที เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อซึ่งมีค่า pH เท่ากับ 6.40 แสดงผลดังตารางที่ 9 (ภาคผนวก ง) พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตัวอย่างเนื้อสุกรจากทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีค่า pHไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยในวันที่ 0 เนื้อสุกรในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นและกลุ่มที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีค่า pH 6.12 6.11 และ 6.00 ตามลำดับ ค่า pH ของเนื้อสุกรเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 0-7 และในวันที่ 14 และ 21 ค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมมีค่า pH ในวันที่ 7 เท่ากับ 6.26 และเพิ่มเป็น 6.67 และ 6.79 ในวันที่ 14 และ 21 ตามลำดับ ส่วนที่จุ่มในน้ำกลั่นมีค่า pH ในวันที่ 7 เท่ากับ 6.28 และเพิ่มเป็น 6.67 และ 6.71ในวันที่ 14 และ 21 ตามลำดับ แต่เนื้อสุกรที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีค่า pH ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นเล็กน้อยโดยในวันที่ 7 มีค่า pH เท่ากับ 6.22 และเพิ่มเป็น 6.57 และ 6.63ในวันที่ 14 และ 21 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง 4.4.1 โดยเนื้อสุกรที่มีค่า pH ต่ำ พบจำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตต่ำกว่าเนื้อที่มีค่า pH สูง

เมื่อเปรียบเทียบค่า pH ระหว่างเนื้อสุกรที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติและสุญญากาศ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ถึงแม้ว่าโดยส่วนใหญ่เนื้อสุกรที่บรรจุแบบสุญญากาศมีค่า pH ต่ำกว่าการบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติเล็กน้อย การบรรจุในสภาวะสุญญากาศส่งผลให้เนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมมีค่า pH ในวันที่ 0 -7 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) โดยอยู่ในช่วง 6.11- 6.25 แต่ในวันที่ 14 และ 24 ค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยค่า pH เพิ่มเป็น 6.52 และ 6.65 ตามลำดับ ส่วนเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นมีค่า pH ใกล้เคียงกับเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุม ในขณะที่เนื้อสุกรที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีค่า pH ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นเล็กน้อย เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น ค่า pH ของเนื้อสุกรมีแนวโน้มสูงขึ้นดังภาพที่ 4.12

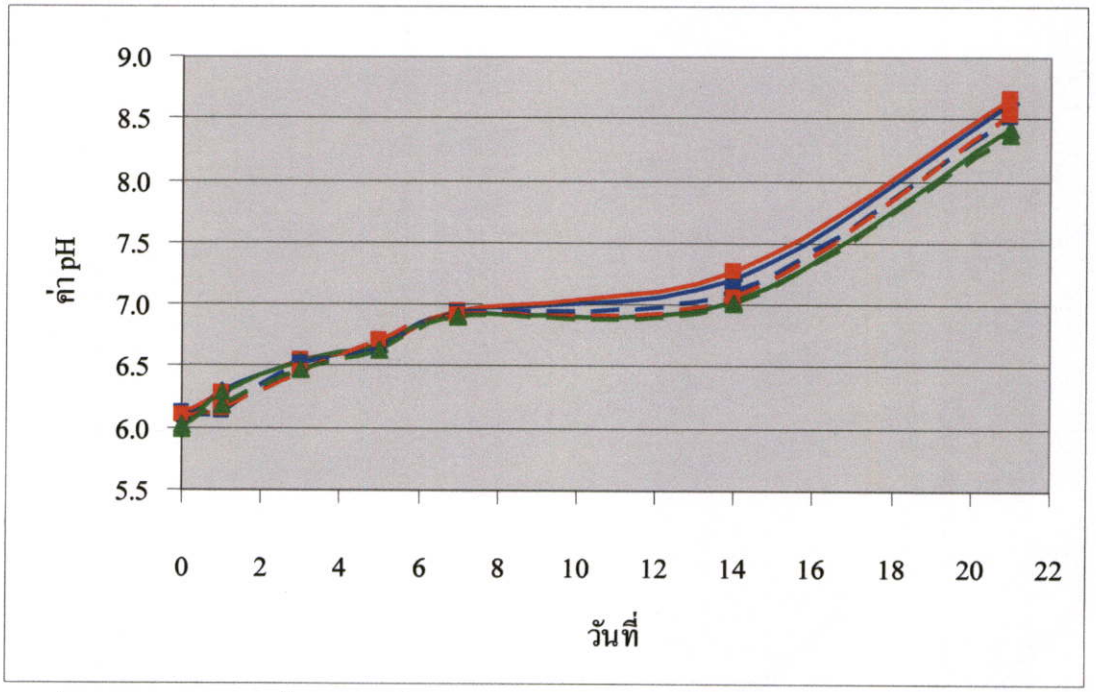
ตัวอย่างเนื้อสุกรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีค่า pH สูงกว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยในวันที่ 0 มีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.99-6.07 ซึ่งค่า pH ในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ถึงแม้ว่าเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีค่า pH เท่ากับ 5.99 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำที่สุด เนื้อสุกรในแต่ละกลุ่มมีค่า pH เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ภายใต้บรรยากาศปกติ กลุ่มควบคุมมีค่า pH สูงขึ้นเป็น 6.30 ในวันที่ 1 และเพิ่มเป็น 6.54 6.69 6.96 7.21 และ 8.63 ในวันที่ 3 5 7 14 และ 21 ตามลำดับ ส่วนเนื้อสุกรในกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นและกรดอะซิติกมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม โดยเนื้อสุกรในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระยะเวลาการเก็บวันเดียวกัน การบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศส่งผลให้เนื้อสุกรมีค่า pH ไม่แตกต่างกันเช่นเดียวกับการบรรจุแบบปกติและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นดังภาพที่ 4.13 ซึ่งในเนื้อสุกรทุกกลุ่มการทดลองมีค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง 4.4.1 โดยพบว่าการเก็บรักษาเนื้อที่อุณหภูมิห้องที่ระยะเวลาการเก็บ 14 และ 21 วัน พบจำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตเพิ่มขึ้นเนื่องจากค่า pH ของเนื้อสุกรมีค่า 7.02-8.66 และอุณหภูมิห้องเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะกับการเจริญของเชื้อ *S.* Anatum

เมื่อจุ่มเนื้อสุกรลงในสารละลายกรดอะซิติก 1% ที่มีค่า pH 3.18 ส่งผลให้ค่า pH ของเนื้อลดลงเล็กน้อยแต่ไม่มีความแตกต่างจากเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมซึ่งมีค่า pH ประมาณ 6.07 – 6.12 เนื่องจากเนื้อสัตว์มี Buffering capacity นั่นคือคุณสมบัติในการรักษาค่า pH ให้คงที่ได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของสิ่งแวดล้อม ซึ่งสารประกอบหลายชนิดในเนื้อสัตว์มีคุณสมบัติของการให้โปรตอน (Proton donor) หรือรับโปรตอน(Proton acceptor) เช่น หมู่ฟอสเฟต (Phosphate group) หมู่แลกเตต (Lactate group) โมเลกุลของโปรตีนและไดเปปไทด์ เป็นต้น ซึ่งมีผลต่อค่า Buffering capacity (Goli และคณะ, 2007) ทำให้เชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตสามารถเพิ่มจำนวนได้เนื่องจากค่า pH มีเปลี่ยนแปลงในระดับที่เซลล์เกิดเมทาบอลิซึ่มต่างๆ ได้



ภาพที่ 4.12 ค่า pH ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 สัปดาห์

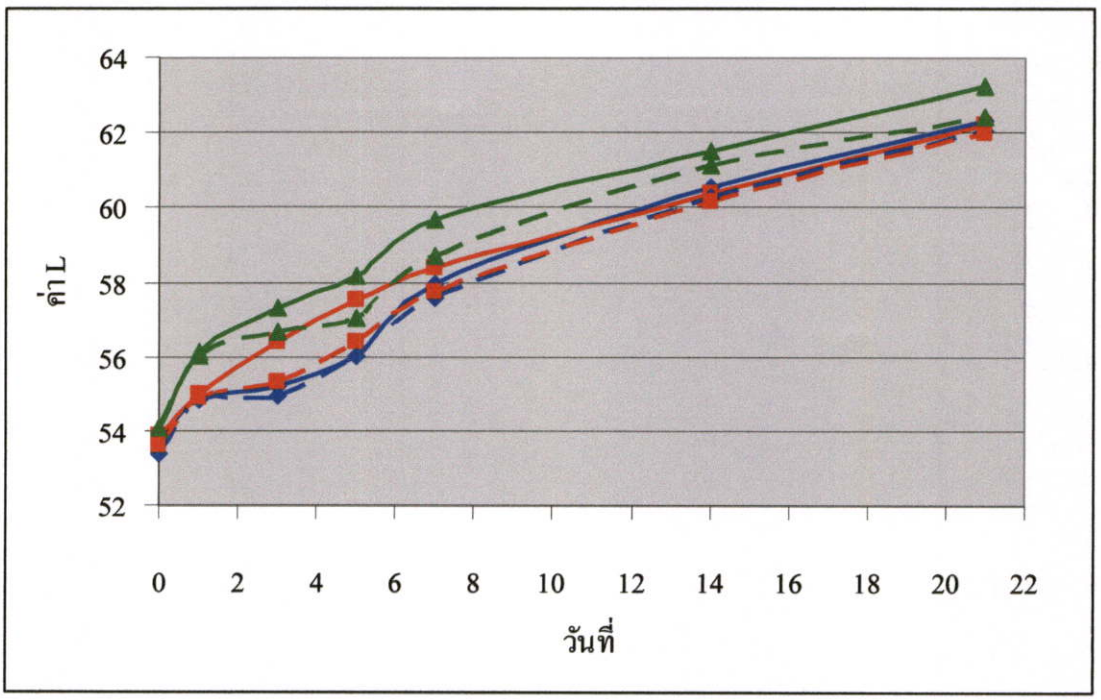


ภาพที่ 4.13 ค่า pH ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์

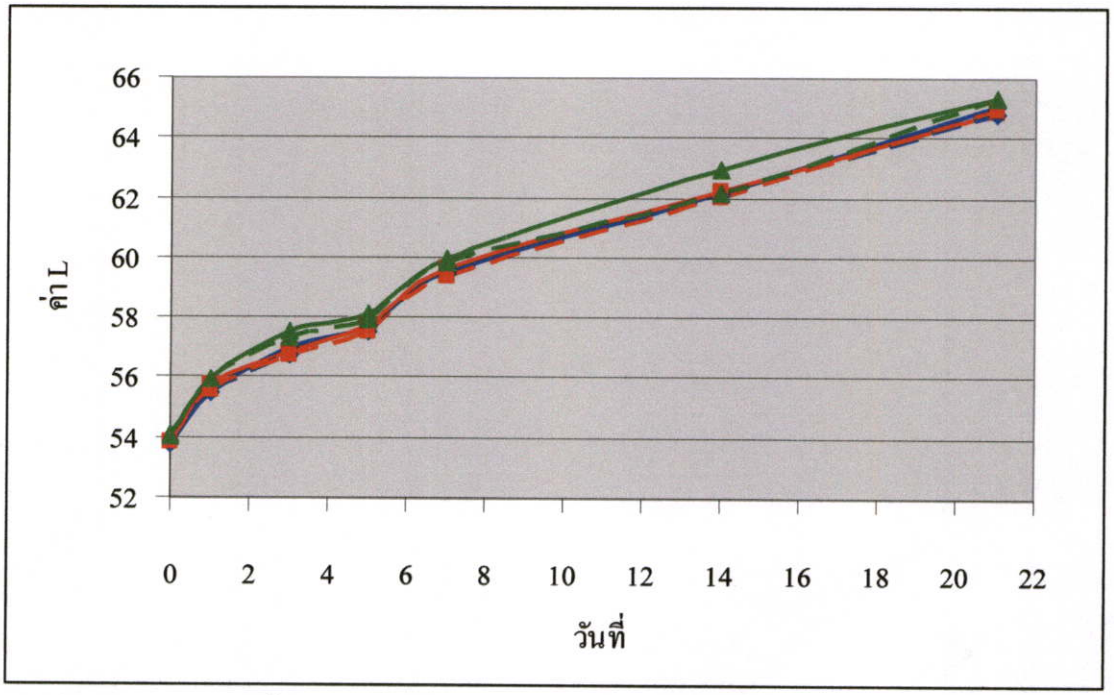
4.4.3 การเปลี่ยนแปลงสี L a b ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก

ผลการศึกษาค่าการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกรสดในระบบ L a b ด้วยเครื่องวัดสี Minolta Chromameter CR-300 ในตัวอย่างเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ โดยใช้เนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการฉายรังสี แสดงผลการเปลี่ยนแปลงค่า L ดังตารางที่ 10 (ภาคผนวก ง) พบว่า การจุ่มเนื้อสุกรลงในกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 2 วินาที ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของเนื้อสุกรสด ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา เนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้บรรยากาศปกติมีค่า L เริ่มต้น 53.70 เมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้นส่งผลให้ค่า L เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในวันที่ 14 และ 21 ของการเก็บรักษาเนื้อสุกรมีค่า L เท่ากับ 60.54 และ 62.35 ตามลำดับ ซึ่งเกินค่า L ของเนื้อสุกรที่ยอมรับได้ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 40-60 ส่วนเนื้อสุกรกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม และเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีค่า L เท่ากับ 54.07 ในวันที่ 0 ซึ่งไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่น ในกรณีของระยะเวลาการเก็บวันที่ 3-7 พบว่า ค่า L ของเนื้อสุกรเพิ่มขึ้นและมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่ในวันที่ 14 และ 21 เนื้อสุกรมีค่า L สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นค่า L ของเนื้อสุกรมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังภาพที่ 4.14 เมื่อครบ 21 วัน ค่า L ของเนื้อที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกเพิ่มสูงเป็น 63.25 แสดงให้เห็นว่าเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีสีซีดขึ้นตามระยะเวลาการเก็บสังเกตได้จากการวัดค่าสี L ที่เพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

ในขณะที่การเก็บรักษาภายใต้สภาวะสุญญากาศที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส มีค่า L ต่ำกว่าการบรรจุภายใต้บรรยากาศปกติเล็กน้อย โดยที่เนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีค่า L สูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) และค่า L ของเนื้อสุกรเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องส่งผลให้เนื้อสุกรมีค่า L มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยมีค่า L ใกล้ 60 ตั้งแต่วันที่ 7 ของการเก็บรักษา โดยในแต่ละวันพบว่าเนื้อสุกรทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีค่า L ไม่แตกต่างกัน รวมถึงเนื้อสุกรที่บรรจุภายใต้บรรยากาศปกติมีค่า L ไม่แตกต่างจากการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ แต่ค่า L มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาดังภาพที่ 4.15



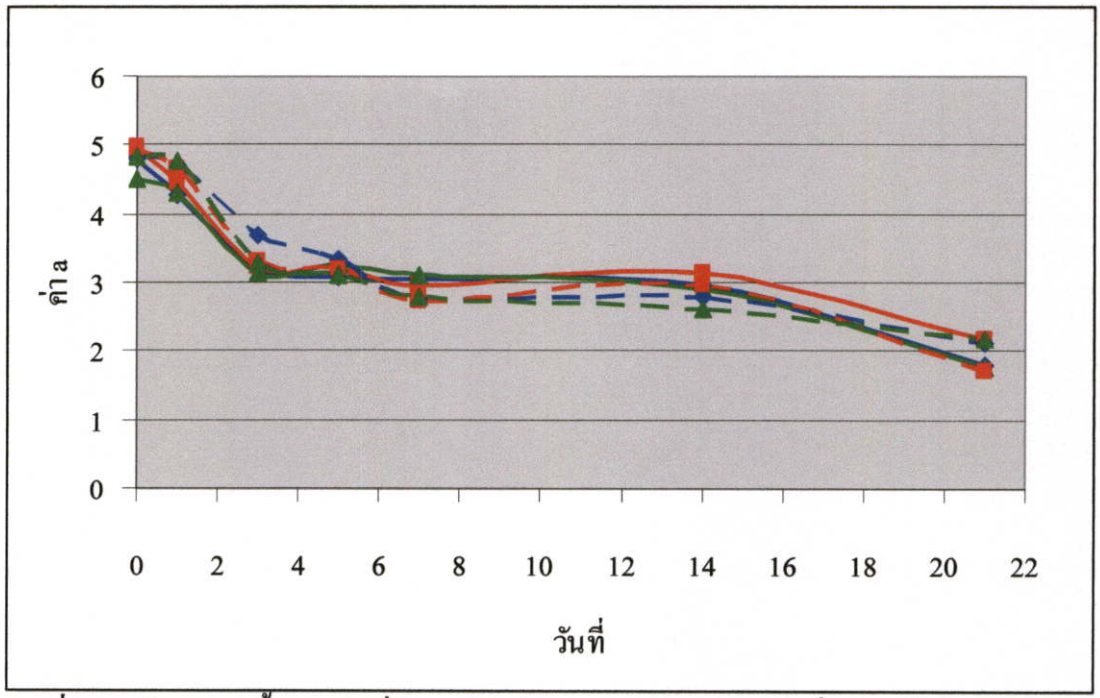
ภาพที่ 4.14 ค่า L ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 สัปดาห์



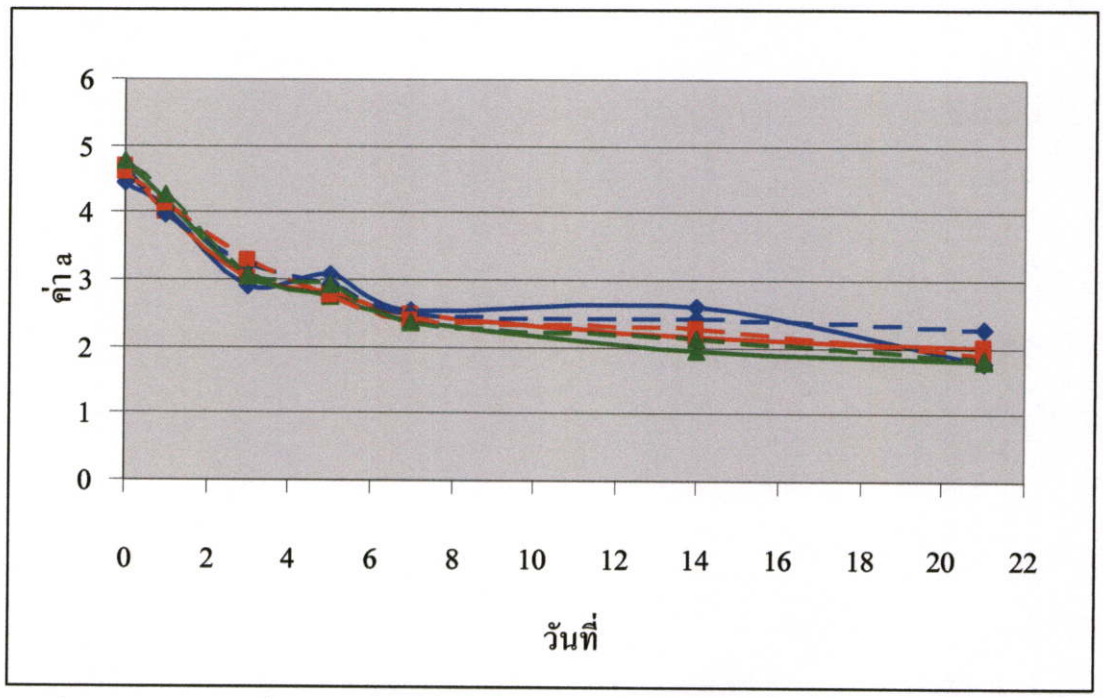
ภาพที่ 4.15 ค่า L ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์

เมื่อวัดสีค่า a ซึ่งแสดงสีแดงของเนื้อสุกรแสดงผลดังตารางที่ 11 (ภาคผนวก ง) พบว่า ค่า a เริ่มต้นของเนื้อสุกรมีค่า (+)4.47 ถึง (+)4.97 เมื่อผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกแล้ว ค่า a ของเนื้อสุกรไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่น แต่ค่า a มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 4.16 โดยที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมมีค่า a ลดลงจาก (+)4.81 ในวันที่ 0 เป็น (+)4.29 (+)3.21 (+)3.10 (+)3.06 (+)2.98 และ (+)1.82 ในวันที่ 1 3 5 7 14 และ 21 ตามลำดับ เนื้อสุกรในกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นและกลุ่มที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีค่า a ใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม การลดลงของค่า a แสดงถึงคุณลักษณะสีแดงของเนื้อสุกรที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการบรรจุในสภาวะปกติและสภาพสุญญากาศ พบว่า ค่า a ของทั้งสองสภาวะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ค่า a ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) เช่นเดียวกับที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยที่ค่า a มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาดังภาพที่ 4.17 การบรรจุแบบปกติส่งผลให้ค่า a ของเนื้อสุกรที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีค่าลดลงจาก (+)4.75 เหลือ (+)1.80 ในวันที่ 21 และที่การบรรจุภายใต้สุญญากาศมีค่า a ลดลงจาก (+)4.77 เป็น (+)1.84 เช่นกัน

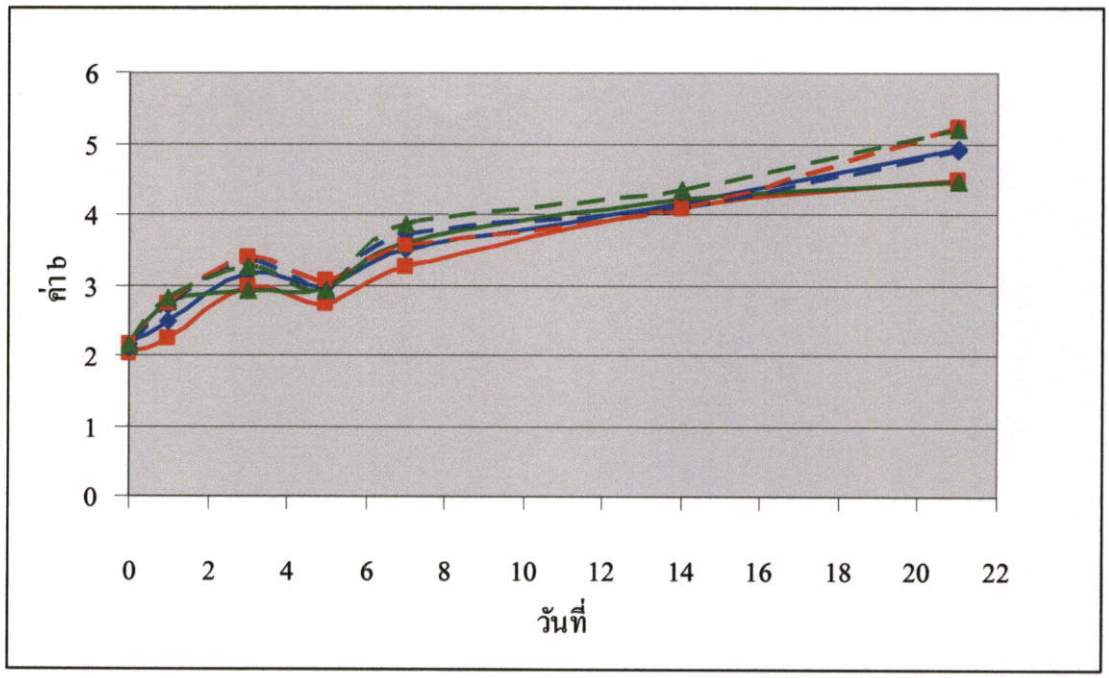
เมื่อวัดสีค่า b ซึ่งแสดงสีเหลืองของเนื้อสุกรแสดงผลดังตารางที่ 12 (ภาคผนวก ง) พบว่า ค่า b เริ่มต้นของเนื้อสุกรมีค่า (+)1.94 ถึง (+)2.29 เมื่อผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกแล้ว ค่า b ของเนื้อสุกรนั้นไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่น แต่ค่า b มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ดังภาพที่ 4.18 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ภายใต้การบรรจุแบบปกติ พบว่า ค่า b ของเนื้อสุกรทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในขณะที่ระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นส่งผลให้ค่า b เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญสถิติ ($P\leq0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการบรรจุในสภาวะปกติและสภาพสุญญากาศ พบว่า ค่า b ของทั้งสองสภาวะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องส่งผลให้เนื้อสุกรมีค่า b สูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งการเก็บที่อุณหภูมิห้องส่งผลให้ค่า b ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาดังแสดงในภาพที่ 4.19 การบรรจุแบบปกติส่งผลให้ค่า b ของเนื้อสุกรที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีค่าเพิ่มขึ้นจาก (+)2.13 เป็น (+)5.49 ในวันที่ 21 ส่วนการบรรจุภายใต้สุญญากาศพบว่าเนื้อสุกรมีค่า b เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน จาก (+)2.21 เป็น (+)6.06 แสดงให้เห็นว่าเนื้อที่มีระยะเวลาการเก็บรักษานานส่งผลให้เนื้อมีสีเหลืองค่อนไปทางสีน้ำตาลมากขึ้น



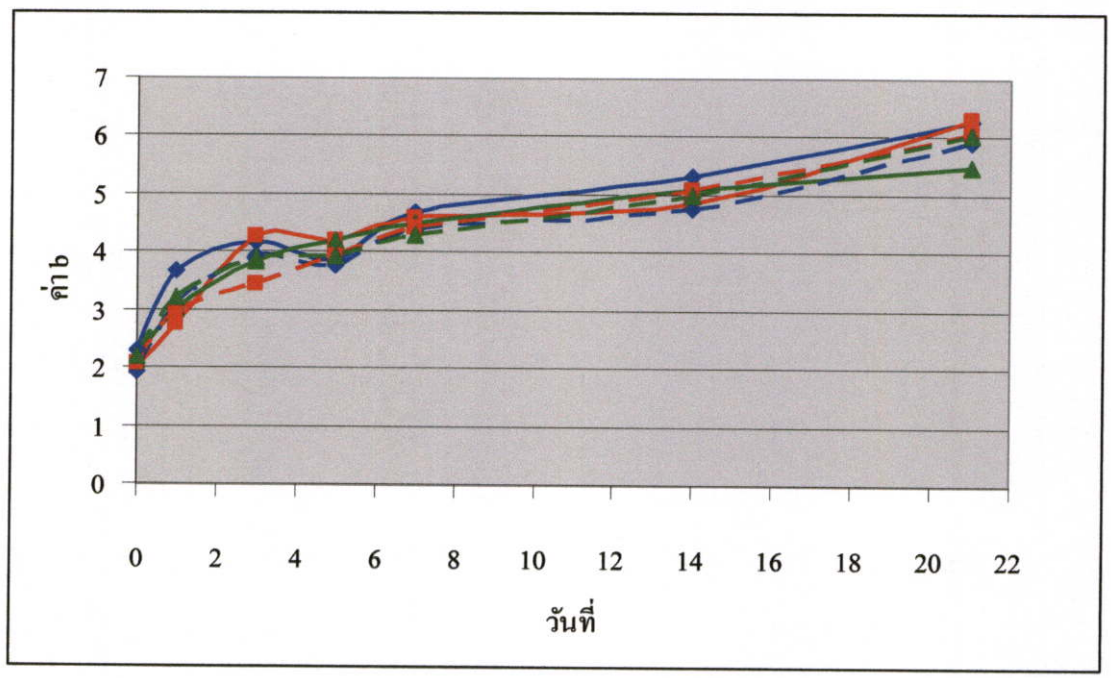
ภาพที่ 4.16 ค่า a ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 สัปดาห์



ภาพที่ 4.17 ค่า a ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์



ภาพที่ 4.18 ค่า b ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 สัปดาห์



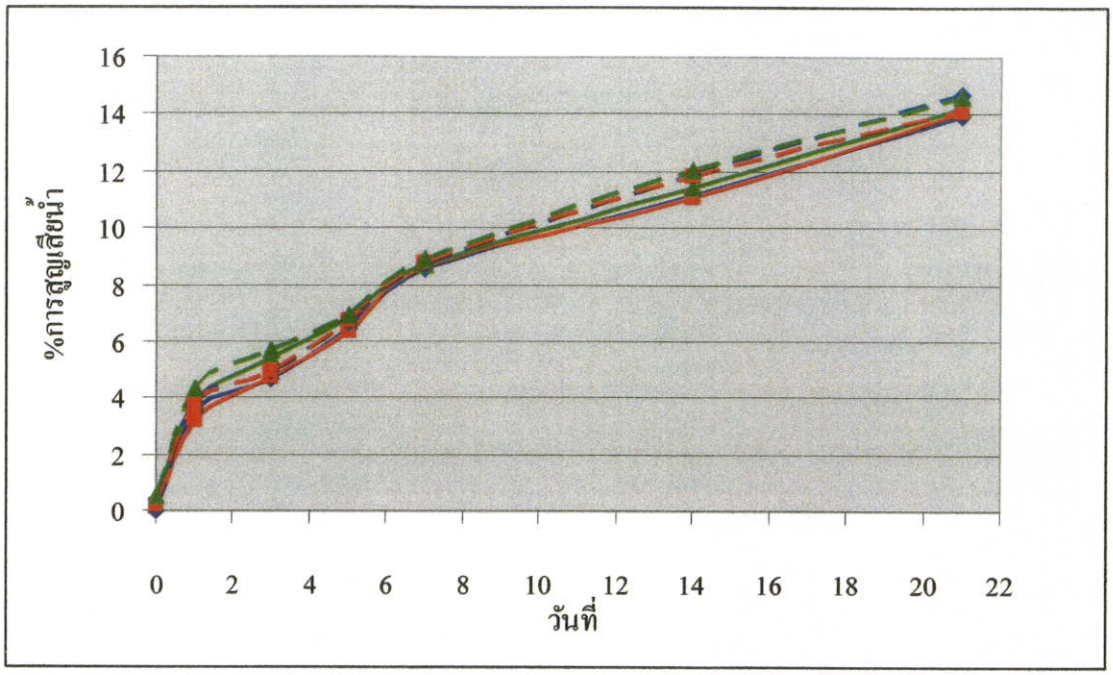
ภาพที่ 4.19 ค่า b ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์

4.4.4 การสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก

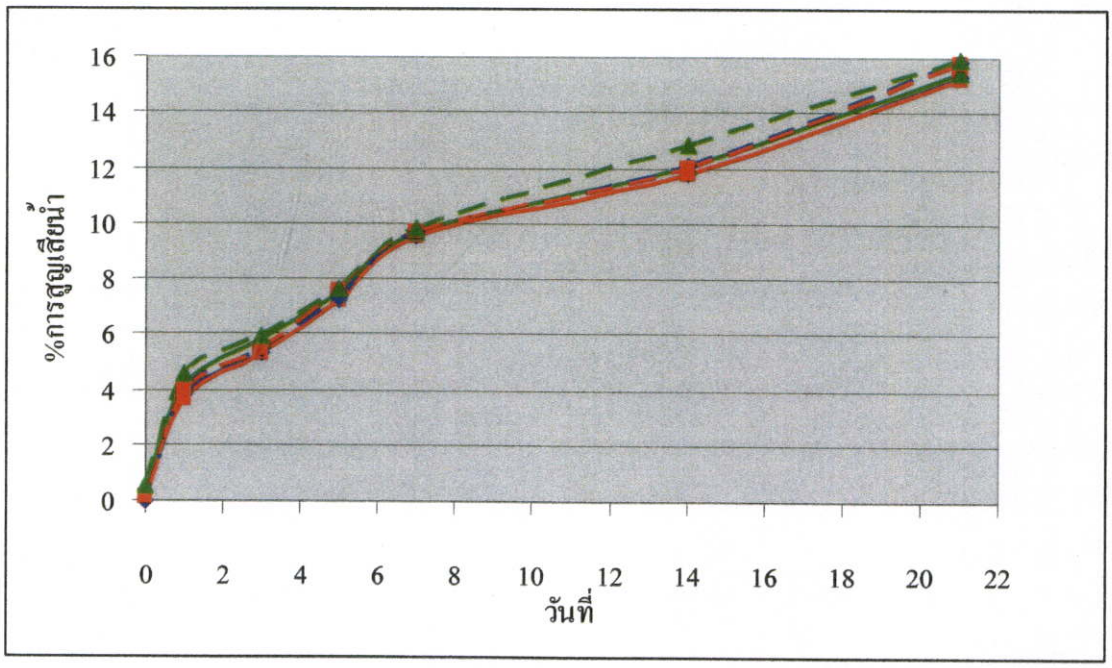
ค่าการสูญเสียน้ำ (%) ของเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% เป็นเวลา 2 วินาที เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ โดยศึกษาในตัวอย่างเนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการฉายรังสี ผลการเปลี่ยนแปลงค่าการสูญเสียน้ำ ดังแสดงตารางที่ 13 (ภาคผนวก ง) พบว่า การจุ่มเนื้อสุกรลงในกรดอะซิติกมีผลต่อค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งหลังจากการจุ่มเนื้อสุกรลงในกรดอะซิติกทำให้มีค่าการสูญเสียน้ำ 0.55%-0.57% ในขณะที่กลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นมีการสูญเสียน้ำ 0.14%-0.15% และกลุ่มควบคุมไม่มีการสูญเสียน้ำในวันที่ 0 ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส สำหรับภายใต้สภาวะการบรรจุแบบปกติพบว่าในวันที่ 1 และ 3 เนื้อสุกรทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเนื้อที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีค่าการสูญเสียน้ำมากที่สุดอยู่ที่ 3.90% และ 5.43% ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าการสูญเสียน้ำ 3.57% และ 4.70% ในวันที่ 1 และ 3 ของการเก็บรักษาตามลำดับ และตั้งแต่วันที่ 5 พบว่าค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยในวันที่ 21 เนื้อสุกรมีการสูญเสียน้ำสูงถึง 13.99% 14.10% และ 14.26% ในกลุ่มควบคุม กลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นและกลุ่มที่จุ่มในกรดอะซิติกตามลำดับ เนื้อสุกรมีการสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้นดังภาพที่ 4.20 โดยที่การบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่าการสูญเสียน้ำมากกว่าการบรรจุแบบปกติเล็กน้อย ซึ่งโดยส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

เนื้อสุกรที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีการสูญเสียน้ำมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในวันที่ 1 ของการเก็บรักษา พบว่า เนื้อสุกรกลุ่มที่จุ่มในกรดอะซิติกมีค่าการสูญเสียน้ำแตกต่างจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยเพิ่มจาก 0.55% เป็น 4.15% ในขณะที่กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นมีการสูญเสียน้ำ 3.84% และ 3.68% ตามลำดับ แต่ในวันที่ 3-21 พบว่าเนื้อสุกรทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีค่าการสูญเสียน้ำไม่ต่างกัน การสูญเสียน้ำมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาดังภาพที่ 4.21 ในวันที่ 21 ของระยะเวลาการเก็บรักษามีค่าการสูญเสียน้ำมากที่สุดคือ 15.28% - 15.47% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศและการบรรจุแบบปกติ พบว่าการบรรจุภายใต้สุญญากาศมีค่าการสูญเสียน้ำมากกว่าการบรรจุแบบปกติ เนื่องจากการบรรจุภายใต้สุญญากาศมีแรงดันที่ช่วยผลักดันน้ำออกจากโครงสร้างกล้ามเนื้อ (Lee, 2003) ภายใต้สภาวะสุญญากาศเนื้อสุกรที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมีค่าการสูญเสียน้ำมากกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่จุ่มในน้ำกลั่นซึ่งค่าการสูญเสียน้ำอยู่ที่ 15.91%

นอกจากนี้ยังพบว่าการสูญเสียน้ำอาจเกิดจากการย่อยสลายโปรตีนด้วยเอนไซม์โปรติเอส (Protease) ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์และเกิดกิจกรรมได้ดีที่ pH 4.0 -7.0 ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำออกจากโครงสร้างได้เช่นกัน (Kinsman และคณะ, 1994) และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2540) ระบุว่าเนื้อที่มีน้ำเยิ้มออกมาเป็นผลมาจากค่าความเป็นกรดในเนื้อต่ำ ประกอบกับอุณหภูมิของเนื้อสูงขึ้นส่งผลให้ Sarcoplamic protein ซึ่งเป็นโปรตีนที่ละลายได้ในน้ำและบัฟเฟอร์ที่มีความเข้มข้นของไอออนต่ำสูญเสียคุณสมบัติบางประการ โดยตกตะกอนทับลงบนโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Myofibrillar protein) ทำให้โปรตีนจับตัวกับน้ำลดลงและทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้ต่ำ เนื้อจึงมีน้ำไหลเยิ้มออกมา



ภาพที่ 4.20 ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲)เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 สัปดาห์

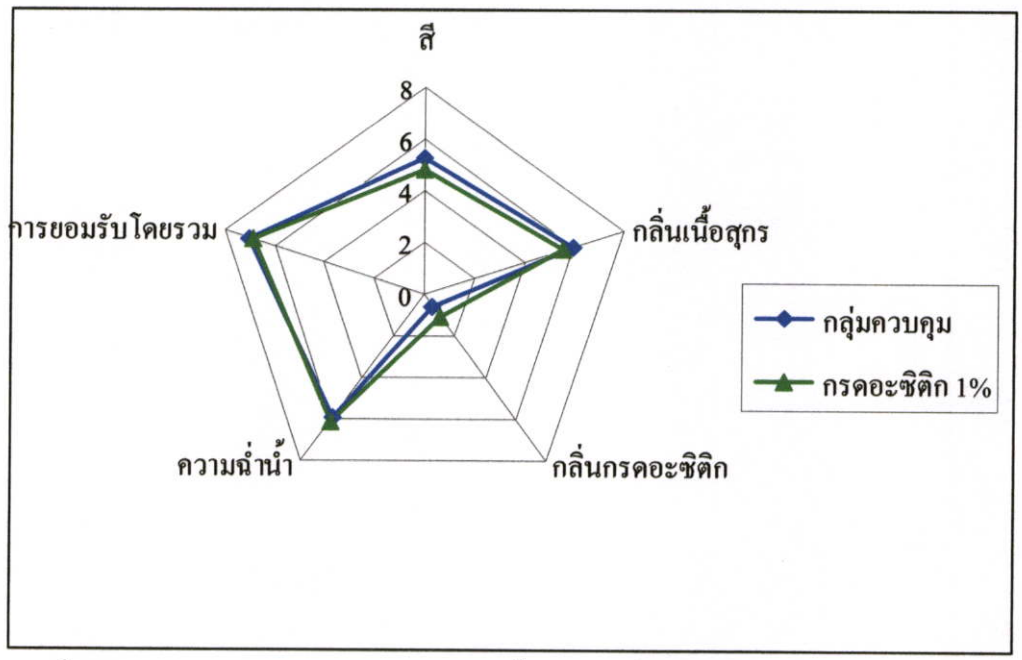


ภาพที่ 4.21 ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% (▲)เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (◆) และน้ำกลั่น (■) บรรจุแบบปกติ (——) และสุญญากาศ (- - - -) เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 สัปดาห์

4.5 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรที่จุ่มในสารละลายกรดอะซิติก

4.5.1 ผลของการใช้กรดอะซิติกต่อการเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรสด

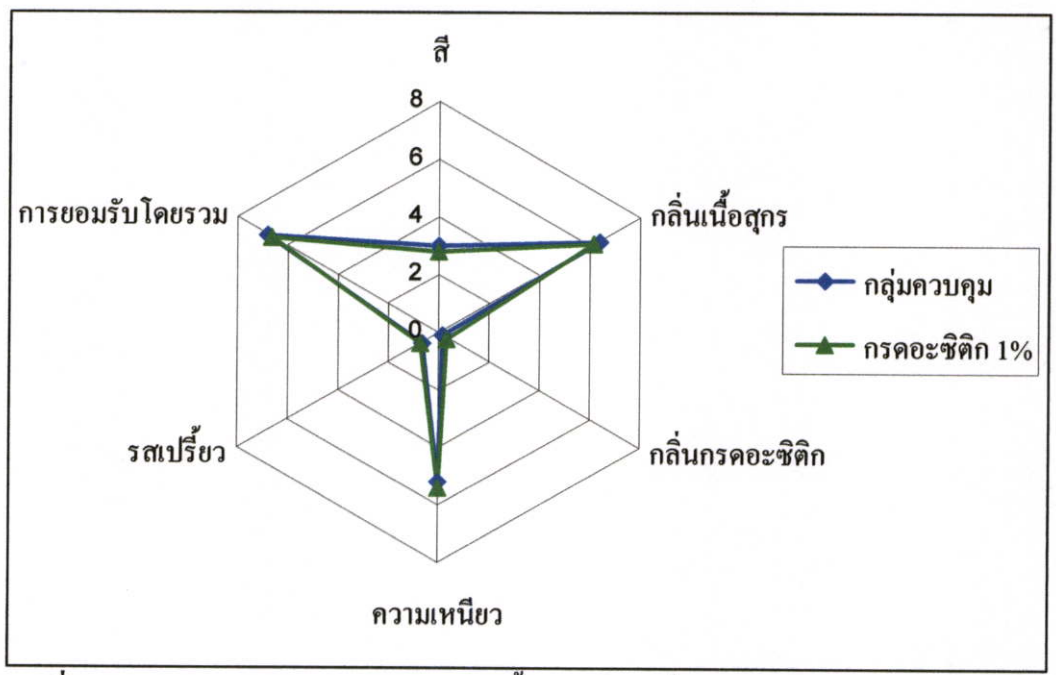
นำเนื้อสุกรส่วนสันนอกทั้งริ้วซึ่งไม่ผ่านการฉายรังสีและไม่ได้รับการถ่ายเชื้อ *S.* Anatum ลงไปจุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 2 วินาที ผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงแล้วหั่นให้เป็นรูปลูกเต๋าขนาด 1x1x1 เซนติเมตร มาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสเปรียบเทียบกับเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมโดยเทคนิค Quantitative descriptive analysis (QDA) บนเส้นตรงที่มีความยาว 10 เซนติเมตร แสดงผลดัง และแสดงค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะด้วยกราฟใยแมงมุม (Spider web) ดังภาพที่ 4.22 จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรสด พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนสี กลิ่นเนื้อสุกร กลิ่นกรดอะซิติก ความฉ่ำน้ำและการยอมรับโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนกลิ่นกรดอะซิติกบนเนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกมากกว่ากลุ่มควบคุมเล็กน้อย เนื่องจากตัวอย่างที่ได้รับอาจเป็นตัวอย่างที่มาจากบริเวณผิวหน้าของริ้วสันนอกเนื้อสุกรที่สัมผัสกับกรดอะซิติกโดยตรง เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกจึงเป็นที่ยอมรับเทียบเท่ากับเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุม



ภาพที่ 4.22 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% เป็นเวลา 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

4.5.2 การเปลี่ยนแปลงทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรหลังการปรุงสุก

นำเนื้อสุกรส่วนสันนอกทั้งริ้วซึ่งไม่ผ่านการฉายรังสีและไม่ได้รับการถ่ายเชื้อ *S.* Anatum ลงไปจุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 2 วินาที ผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงแล้วหั่นให้เป็นรูปลูกเต๋าขนาด 1x1x1 เซนติเมตร ต้มให้จุดกึ่งกลางของชิ้นเนื้อมีอุณหภูมิ 63 องศาเซลเซียส (ICMSF, 1996) แล้วทดสอบสี กลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาด โดยเทคนิค Quantitative descriptive analysis (QDA) บนเส้นตรงที่มีความยาว 10 เซนติเมตร แสดงผลดังตารางที่ 15 (ภาคผนวก ง) และแสดงค่าเฉลี่ยของแต่ละคุณลักษณะด้วยกราฟใยแมงมุม (Spider web) ดังภาพที่ 4.23 จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรต้มสุก พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนสี กลิ่นเนื้อสุกร กลิ่นกรดอะซิติก ความเหนียว รสเปรี้ยวและการยอมรับโดยรวมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกอาจมีรสเปรี้ยวเล็กน้อยเนื่องจากการซึมเข้าสู่ชั้นกล้ามเนื้อของกรดอะซิติก เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกแล้วต้มจนสุกจึงเป็นที่ยอมรับเทียบเท่ากับเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุม



ภาพที่ 4.23 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสุกรต้มสุกที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% เป็นเวลา 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1%-3% มีค่า pH อยู่ระหว่าง 3.18 - 2.86 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *S.* Anatum ได้เมื่อทดสอบด้วยวิธี Disc agar diffusion โดยบริเวณใสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดสูงขึ้น เมื่อศึกษาในระดับหลอดทดลองที่ระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติก 1% pH 4.05 ต้องใช้เวลา 55 นาทีในการลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นสูงที่ระดับ 6.8 log cfu/ml ลง 1 log cycle อีกทั้งเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นและปริมาณเชื้อเริ่มต้นลดลงระยะเวลาที่ใช้ลดจำนวนเชื้อลง1 log cycle จึงลดลงตามไปด้วย กรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 2.1% และ 3.0% ซึ่งมีค่า pH ตั้งแต่ 3.77 และ 3.58 ทำให้เชื้อตายภายในเวลา 30 และ 15 นาทีตามลำดับ เมื่อมีปริมาณเชื้อเริ่มต้นสูงที่ระดับ 6.8 log cfu/ml

5.1.2 การจุ่มเนื้อสุกรสดลงในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เป็นเวลานาน 2 วินาที สามารถลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum ลงได้ 0.4 log cycle และมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสน้อยที่สุดโดยคุณภาพด้านสีและกลิ่นยังเป็นที่ยอมรับได้ และการเก็บรักษาเนื้อสุกรเป็นระยะเวลานานส่งผลให้เนื้อมีค่า L และค่า (+)b สูงขึ้น และมีค่า (+)a ลดลง แต่การจุ่มเนื้อสุกรสดลงในสารละลายกรดอะซิติกทำให้เนื้อสุกรมีการสูญเสียน้ำมากขึ้น

5.1.3 เนื้อสุกรที่ผ่านการจุ่มลงในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 2 วินาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เนื้อสุกรที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *S.* Anatum ในระดับสูงจนก่อให้เกิดโรคได้มีอายุการเก็บรักษา 5 วัน โดยไม่จำเป็นต้องมีการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ ในขณะที่การเก็บรักษาเนื้อที่อุณหภูมิต่ำและการจุ่มเนื้อในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อก่อนการบรรจุไม่สามารถลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้

5.1.4 การจุ่มเนื้อสุกรลงในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 2 วินาที ร่วมกับการบรรจุภายใต้สภาวะสุญญากาศ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องไม่สามารถลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่ปนเปื้อนบนเนื้อสุกรสดในปริมาณที่ก่อให้เกิดโรคให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้

5.1.5 ผู้ทดสอบให้การยอมรับเนื้อสุกรสดและเนื้อสุกรต้มสุกที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 2 วินาที เทียบเท่ากับเนื้อสุกรในกลุ่มควบคุมและเนื้อสุกรที่ไม่ผ่านการจุ่มในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 จากผลการวิจัยซึ่งพบว่าการบรรจุเนื้อสุกรสดส่วนสันนอกที่ได้รับการตัดแต่งให้มีความหนา 1.5 เซนติเมตร และมีน้ำหนักประมาณ 100 กรัม ภายใต้สภาวะสุญญากาศไม่สามารถช่วยลดจำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่ปนเปื้อนบนเนื้อสุกรให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ จึงไม่มีความจำเป็นต้องมีการบรรจุเนื้อสุกรดังกล่าวให้อยู่ภายใต้สภาวะสุญญากาศ ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตลดลง เพราะไม่ต้องใช้ถุงพลาสติกสำหรับการบรรจุแบบสุญญากาศ และไม่ต้องเสียเวลาในการบรรจุแบบสุญญากาศ รวมทั้งช่วยประหยัดแรงงานของการปฏิบัติงานในส่วนนี้

5.2.2 เนื่องจากกรดอะซิติกมีกลิ่นแรง การนำกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นสูงมาใช้เพื่อลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบจึงก่อให้เกิดผลเสียของคุณภาพด้านอื่นๆ จึงควรศึกษาถึงระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติกที่ลดลงร่วมกับการใช้สารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพื่อให้ออกฤทธิ์เสริมกันในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์โดยที่วัตถุดิบนั้นๆ ไม่เสียคุณภาพด้านอื่น หรือประยุกต์นำกรดอะซิติกมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตน้ำซอสมาริเนด (Marinade) เพื่อหมักเนื้อสัตว์ก่อนนำมาปรุงอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันมีน้ำส้มสายชูที่ผลิตจากผลไม้ ข้าวชนิดต่างๆ หรือวัตถุดิบอื่นๆ เช่น ซังข้าวโพด ซึ่งมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวของวัตถุดิบนั้นๆ โดยนำน้ำส้มสายชูมาใช้เป็นส่วนผสมในการทำน้ำซอสหมัก (Marinade) ร่วมกับการใช้เครื่องเทศหรือสมุนไพรนานาชนิด แล้วนำเนื้อสัตว์มาหมักก่อนนำไปปรุงสุก ซึ่งในระหว่างกระบวนการหมักนี้กรดอะซิติกทำหน้าที่ลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียร่วมกับสารประกอบต่างๆ ในเครื่องเทศและสมุนไพรได้ นอกจากนี้การผสมสูตรน้ำหมักที่แตกต่างกันส่งผลให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ขึ้นในอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ จึงมีโอกาสในการขยายตลาดเพื่อจำหน่ายให้กับผู้บริโภคที่มีความต้องการอย่างหลากหลายได้

จากข้อมูลที่ทำการวิจัย ชี้ให้เห็นว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่วงการวิทยาศาสตร์การอาหารต้องศึกษาหาข้อมูลพื้นฐานทางในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหารให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งในด้านความปลอดภัยของอาหารและเพื่อประโยชน์ในการแข่งขันทางการค้าของผู้ประกอบการ อีกทั้งเพื่อผลักดันให้ประเทศไทยก้าวไปสู่สถานะการเป็นครัวของโลกได้ในที่สุด

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2543. " อาหารพร้อมปรุงในซุปเปอร์มาร์เก็ตปลอดภัยจากเชื้อโรค อาหารเป็นพิษจริงหรือ?." การประชุมวิชาการกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ครั้งที่ 10 วันที่ 12-13 พฤษภาคม 2542. กรุงเทพมหานคร.

คมแข พิลาสมบัติ. 2540. "การลดปริมาณการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์บนผิวซากสุกรที่ผ่านขบวนการฆ่ามาตรฐานและไม่มาตรฐานโดยการใช้สารละลายกรดแลกติกและคลอรีน." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2540. "การจัดการโรงฆ่าสัตว์." ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 260 หน้า.

จิรวัฒน์ ยงสวัสดิกุล. 2542. " Food Proteins." หน้า 1-55. ในเอกสารประกอบการสอนวิชาเคมีอาหาร. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

จุรีย์รัตน์ ลีสมิทธิ์. 2548. "ปฏิบัติการจุลชีววิทยาทั่วไป." สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. หน้า 58-60.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพมหานคร. 276 หน้า.

ผุสดี ตังวัชรินทร์. 2543. "ประสิทธิภาพของสารละลายกรดแลกติกในการลดปริมาณเชื้อ *Salmonella derby* และ *Staphylococcus aureus* บนเนื้อสุกร." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

เยาวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. 2536. "เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์." โรงพิมพ์สหมิตรออฟเซต. กรุงเทพมหานคร. 120 หน้า.

รัตนสุดา พันธุ์อุไร. 2521. "Occurrence of *Salmonella* in Common Foodstuffs in Bangkok." Gastrointestinal Infection in Southern Asia (III). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://webdb.dmsc.moph.go.th/ifc_nih/a_nih_5_001c.asp?info_id=314 "10/7/50"

วันทนา อ่อนภิรมย์ เพิ่มพล สัตยพันธ์ นิพนธ์ อินทร์วัฒนา และ กรชนก ขยันคิด. 2544. "การสำรวจการปนเปื้อนของ Enteric Bacteria และ *Staphylococcus aureus* ในสุกรจากโรงฆ่าสัตว์ของจังหวัดราชบุรี." **วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.** 43: 206-210.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. "เทคโนโลยีเนื้อสัตว์." โรงพิมพ์ธนบรรณการพิมพ์. 244 หน้า.

สุมาลี บุญมา อรุณ บ่างตระกูลนนท์ นพรัตน์ หมานริม และชุทพจน์ อมาตยกุล. 2539. "การตรวจ

เชื้อซาลโมเนลลาในเนื้อสัตว์ โดยวิธี SCM และ MRSV." **วารสารอาหาร**. 26 : 88-97.

สุมาลี บุญมา นพรัตน์ หมานริม ศรีรัตน์ พรเรืองวงศ์ และอรุณ บ่างตระกูลนนท์. 2540. "การศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อซัลโมเนลลาในผลิตภัณฑ์จากเนื้อไก่และเนื้อหมู." **ว.เกษตรศาสตร์**. 31 : 413-418.

สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค. "รายงานการสอบสวนโรคอาหารเป็นพิษ ประจำปี พ.ศ.2548". [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodsan.animal.moph.go.th/thai/semena/ayuttaya2.ppt "10/7/50"

ศุภชัย เนื้อนวลสุวรรณ. 2549. "ความปลอดภัยของอาหาร." Sister Print & Media Group. กรุงเทพมหานคร.710 หน้า.

อดิศร เสวตวิวัฒน์ วราวุฒิ ครูส่ง ศรีรัตน์ พรเรืองวงศ์ และ อรุณ บ่างตระกูลนนท์. 2548. "เปรียบเทียบอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อในขั้นตอน selective enrichment และ isolation ในการตรวจหาเชื้อซาลโมเนลลาในเนื้อหมูสดจำหน่ายปลีก." **ว.เกษตรพระจอมเกล้า**. 23 : 1-13.

อรุณ บ่างตระกูลนนท์ สุมาลี บุญมา นพรัตน์ หมานริม สุพล เรียงยศลือชากุล จตุรงค์ สุตัณฑวิบูลย์ และมยุรา กุสุมภ์. 2537. "Study of Pig Salmonellosis in Thailand." Proceeding of the 13th International Pig Veterinary Society Congress, June 1994. Bangkok. pp. 26-30.

Ahamad, N. and Marth, E.H. 1989. "Behavior of Listeria monocytogenes at 7, 13, 21 and 35°C in tryptose broth acidified with acetic, citric or lactic acid." **J. Food Prot.** 52 : 688-695.

Ammor, S., Chevallier, I., Laguet, A., Labadie, J., Talon, R. and Dufour, E. 2004. "Investigation Of the several decontaminating solutions on bacterial biofilms including useful, spoilage and/or pathogenic bacteria." **Food Microbiol.** 21 : 11-17.

AOAC (AOAC International). 2000. "Official methods of analysis." In W. Horwitz (Ed.), Microbiological methods, Vol. II (17th ed, Chapter 17). Maryland.

Arroyo, G. and Arroyo, J.A. 1995. "Detection of *Salmonella* serotypes in edible organ meats from markets in Marid,spain." **Food Microbiol.** 12 : 13-20.

Arumugaswamy, R.K., Rusul, G., Abdul Hamid, S.N. and Cheah, C.T. 1995. "Prevalence of *Salmonella* in raw and cooked foods in Malaysia." **Food Microbiol.** 12 : 3-8.

Babji, Y., Murthy, T.R.K. and Anjaneyulu, A.S.R. 2000. "Microbial and sensory quality changes in refrigerated minced goat meat under vacuum and in air." **Small Ruminant Research.** 36 : 75-84.

Bell, M.F., Marshall, R.T. and Anderson, M.E. 1986. "Microbiological and sensory tests of beef treated with acetic and formic acids." **J. Food Prot.** 49 : 207-210.

Bell, K.Y., Cutter, C.N. and Sumner, S.S. 1997. "Reduction of foodborne microorganisms on Beef carcass tissue using acetic acid, sodium bicarbonate and hydrogen peroxide spray washes." **Food Microbiol.** 14 : 439-448.

Berends, B.R., Van Knapen, F., Snijders, J.M.A. and Mossel, D.A.A. 1997. "Identification and quantification of risk factors regarding *Salmonella* spp. on pork carcasses." **Int. J. Food Microbiol.** 36 : 199-206.

Berends, B.R., Van Knapen, F., Mossel, D.A.A., Burt, S.A. and Snijders, J.M.A. 1998. "Impact on human health of *Salmonella* spp. on pork in The Netherlands and the anticipated effects of some currenty proposed control strategies." **Int. J. Food Microbiol.** 44 : 219-229.

Blixt, Y. and Borch, E. 2002. "Comparison of shelf life of vacuum-packed pork and beef." **Meat Sci.** 60 : 371-378.

Bodnaruk, P.W. and Draughon, F.A. 1998. "Effect of packaging atmosphere and pH on the virulence and growth of *Yersinia enterocolitica* on pork stored at 4°C." **Food Microbiol.** 15 : 129-136.

Bolton, D.J., Pearce, R.A., Sheridan, J.J., Blair, I.S., McDowell, D.A. and Harrington, D. 2002. "Washing and chilling as critical control points in pork slaughter hazard analysis and critical control point (HACCP) systems." **J. Appl. Microbiol.** 92 : 893-902.

Cagney, C., Crowley, H., Duffy, G., Sheridan, J.J., O'Brien, S., Carney, E., Anderson, W., McDowell, D.A., Blair, I.S. and Bishop, R.H. 2004. "Prevalence and number of *Escherichia coli* O157:H7 in minced beef and beef burgers from butcher shops and supermarkets in the Republic of Ireland." **Food Microbiol.** 21 : 203-212.

Capita, R., Diaz-Rodriguez, N., Prieto, M. and Alonso-Calleja, C. 2006. "Effect of temperature, oxygen exclusion and storage on the microbial loads and pH of packed ostrich steaks." **Meat Sci.** 73 : 498-502.

Chang, V.P., Mills, E.W. and Cutter, C.N. 2003. "Reduction of bacteria on pork carcasses associated with chilling method." **J. Food Prot.** 66 : 1019-1024.

D'Aoust, J.Y. 1989. "Salmonella." Ch. 14. In *Foodborne bacterial pathogens*, M.P. Doyle (Ed), pp. 217-225. Marcel Dekker, Inc. New York.

Diez-Gonzalez, F. and Russell, J.B. 1997. "The ability of *Escherichia coli* O157:H7 to decrease its intracellular pH and resist the toxicity of acetic acid." **Microbiol.** 143 : 1175-1180.

Doores, S. 1990. "pH control agents and acidulants." Ch. 13. In *Food Additives*, A.L. Brannen, P.M. Davidson and S. Salminen (Ed.), pp. 477-489. Marcel Dekker, Inc. New York.

Dorsa, W.J., Cutter, C.N. and Siragusa, G.R. 1997. "Effect of acetic acid, lactic acid and Trisodium phosphate on the microflora of refrigerated beef carcass surface tissue inoculated with *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria innocua* and *Clostridium sporogenes*." **J. Food Prot.** 60 : 619-624.

Dorsa, W.J., Cutter, C.N. and Siragusa, G.R. 1998. "Bacterial profile of ground beef made from carcass tissue experimentally contaminated with pathogenic and spoilage bacteria before being wash with hot water, alkaline solution or organic acid and the store at 4 or 12 °C." **J. Food Prot.** 61 : 1109-1118.

Dubal, Z.B., Paturkar, A.M., Waskar, V.S., Zende, R.J. and Latha, C. 2004. "Effect of food grade organic acids on inoculated *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in sheep/goat meat stored at refrigeration temperature." **Meat Sci.** 66 : 817-821.

Duffy, G., Walsh, D., Sheridan, J.J., Logue, C.M., Harrington, D., Blair, I.S. and McDowell, D.A. 2000. "Behavior of *Listeria monocytogenes* in the presence of *Listeria innocua* during storage of minced beef under vacuum or in air at 0°C and 10°C." **Food Microbiol.** 17 : 571-578.

Dykes, G.A., Moorhesd, S.M. and Roberts, S.L. 2001. "Survival of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* on chill-stored vacuum or carbon dioxide packaged primal beef cuts." **Int. J. Food Microbiol.** 64 : 401-405.

El-Ziney, M.G., De Meyer, H. and Debevere, J.M. 1997. "Growth and survival kinetics of Yersinia enterocolitica IP 383 O:9 as affected by equimolar concentrations of undissociated short-chan organic acids." **Int. J. Food Microbiol.** 34 : 233-247.

Entani, E., Asai, M., Tsujihata, S., Tsukamoto, Y. and Ohta, M. 1998. "Antibacterial action of vinegar against food-borne pathogenic bacteria including *Escherichia coli* O157:H7." **J. Food Prot.** 61 : 953-959.

Escartin, E.F., Castillo, A., Hinojosa-Puga, A. and Saldaña-Lozano, J. 1999. "Prevalence of *Salmonella* in chorizo and its survival under different storage temperatures. " **Food Microbiol.** 16 : 479-486.

Escartin, E.F., Saldaña-Lozano, J., and Garcia, O.R. 2000. "Quantitative survival of native *Salmonella* serovars during storage of frozen raw pork." **Int. J. Food Microbiol.** 54 : 19-25.

Fang, T.J. and Tsai., H.C. 2003. "Growth patterns of *Escherichia coli* O157:H7 in ground beef treated with nisin, chelators, organic acids and their combinations immobilized in calcium

alginate gels." **Food Microbiol.** 20 : 243-253.

Feiner, G. 2006. "Color in fresh meat and in cured meat products" Ch. 7. In *Meat products handbook : Practical Science and Technology*. p. 143-157. CRC Press, England.

Frederick, T.L., Miller, M.F., Thompson, L.D. and Ramsey, C.B. 1994. "Microbiological properties of pork check meat as affected by acetic acid and temperature." **J. Food Sci.** 59 : 300-302.

Fu, A.H., Sebranek, J.G. and Murano, E.A. 1994. "Microbial and quality characteristics of pork cuts from carcasses treated with sanitizing sprays." **J. Food Sci.** 59 : 306-309.

Gill, C.O. and Jones, T. 1996. "The display life of retail packaged pork chops after their storage in master packs under atmospheres of N_2, CO_2 or O_2 + CO_2." **Meat Sci.** 42 : 203-213.

Goli, T., Nakhoul, P.A., Zakhia-Rozis, N., Trystram, G. and Bohuon, P. 2007. "Chemical equilibrium of minced turkey meat in organic acid solutions." **Meat Sci.** 75 : 308-314.

Greer, G.G. and Dilts, B.D. 1995. "Lactic acid inhibition of the growth of spoilage bacteria and cold tolerant pathogens on pork." **Int. J. Food Microbiol.** 25 : 141-151.

Holley, R.A., Peirson, M.D., Lam, J. and Tan, K.B. 2004. "Microbial profiles of commercial, vacuum-packaged, fresh pork of normal or short storage life." **Int. J. Food Microbiol.** 97 : 53-62.

Jensen, J.M., Robins, K.L., Ryan, K.L., Homco-Ryan, C. McKeith, F.K. and Brewer, M.S. 2003. "Effect of lactic acid and acetic acid salts on quality characteristics of enhanced pork during retail display." **Meat Sci.** 63 : 501-508.

ICMSF. 1996. "Microorganisms in foods 5: Characteristics of microbial pathogens." International Commission on Microbiological Specifications for Foods. Chapman & Hall. London. Great Britain.

Kennedy, C., Buckley, D.J. and Kerry, J.P. 2004. "Display life of sheep meats retail packaged under atmospheres of various volumes and compositions." **Meat Sci.** 68 : 649-658.

Kinsman, D.M., Kotula, A.W. and Breidenstein, B.C. 1994. "Muscle foods:Meat, poultry and seafood technology." Chapman & Hall. USA.

Korsak, N., Jacob, B., Groven, B., Etienne, G., China, B., Ghafir, Y. and Daube, G. 2003. "*Salmonella* contamination of pigs and pork in an integrated pig production system." **J. Food Prot.** 66 : 1126-1133.

Krause, T.R., Sebranek, J.G., Rust, R.E. and Honeyman, M.S. 2003. "Use of carbon monoxide packaging for improving the shelf life of pork." **J. Food Sci.** 68 : 2596-2603.

Lee, K.T., Choi, W.S. and Yoon, C.S. 2003. "Effect of micro-perforated film on the quality and shelf life improvements of pork loins during chilled storage. **Meat Sci.** 66 : 77-82.

Levine, A.S. and Fellers, C.R. 1939. "Action of acetic acid on food spoilage microorganisms." The third International Congress for Microbiology, New York, September 5, 1939. 499-514.

Liu, F., Yang, R.Q. and Li, Y.F. 2006. "Correlations between growth parameters of spoilage micro-organisms and shelf-life of pork stored under air and modified atmosphere at -2, 4 and 10°C." **Food Microbiol.** 23 : 578-583.

Mano, S.B., Ordoñez, J.A. and Fernando, G.D. 2000. "Growth/survival of natural flora and *Aeromonas hydrophila* on refrigerated uncooked pork and turkey packaged in modified atmosphere." **Food Microbiol.** 17 : 657-669.

Mendonca, A.F., Molins, R.A., Kraft, A.A. and Walker, H.W. 1989. "Microbiological, chemical and physical changes in fresh, vacuum-packaged pork treated with organic acids and salts." **J. Food Sci.** 54 : 18-21.

Molina, P.M., Sanz, M.E., Lucchesi, P.M.A., Padola, N.L. and Parma, A.E. 2005. "Effects of acidic broth and juices on the growth and survival of verotoxin-producing *Escherichia coli* (VTEC)." **Food Microbiol.** 22 : 469-473.

Nissen, H., Maugesten, T. and Lea. P. 2001. "Survival and growth of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enteritidis* on decontaminated and untreated meat." **Meat Sci.** 57 : 291-298.

Okolocha, E.C. and Ellerbroek, L. 2005. "The influence of acid and alkaline treatments on pathogens and the shelf life of poultry meat." **Food Control.** 16 : 217-225.

Ozdemir, H., Yildirm, Y., Koluman, A., Goncuoglu, M. and Inat, G. 2005. "Effects of lactic acid and hot water treatments on *Salmonella typhimurium* and *Listeria monocytogenes* on beef." **Food Control.** 17 : 299-303.

Pala, T.R. and Sevilla, A. 2004. "Microbial contamination of carcasses, meat and equipment from an Iberian pork cutting plant." **J. Food Prot.** 67 : 1624-1629.

Pearce, R.A., Bolton, D.J., Sheridan, J.J., McDowell, D.A., Blair, I.S. and Harrington, D. 2004. " Studies to determine the critical control points in pork slaughter hazard analysis and critical control point systems." **Int. J. Food Microbiol.** 90 : 331-339.

Pohlman, F.W., Stivarius, M.R., McElyea K.S., Johnson, Z.B. and Johnson, M.G. 2002. "Reduction of microorganisms in ground beef using multiple intervention technology." **Meat Sci.** 61 : 315-322.

Prusa, K. and Fedler, C. 2007. "Evaluating pork quality." [Online]. Available : http://www.iws.edu. "3/8/50"

Reid, C.A., Small, S.M. and Buncic A.S. 2002. "Presence of food-borne pathogens on cattle hides." **Food Control**. 13 : 411-415.

Ricke, S.C. 2003. "Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials." **Poultry Sci**. 82 : 632-639.

Ryu, J.H. and Beuchat, L.R. 1998. "Influence of acid tolerance responses on survival, growth, and thermal cross-protection of *Escherichia coli* O157:H7 in acidified media and fruit juices." **Int. J. Food Microbiol**. 45 : 185-193.

Schlosser, W., Hogue, A., Ebel, E., Rose, B., Umholtz, R., Feris, K. and James, W. 2000. "Analysis of *Salmonella* serotypes from selected carcasses and raw ground products sampled prior to implementation of the pathogen reduction; Hazard analysis and critical control point final rule in the US." **Int. J. Food Microbiol**. 58: 107-111.

Smulders, F.J.M. 1995. "Preservation by microbial decontamination; the surface treatment of meats by organic acids" Ch. 12. In *New method of food preservation*, G.W. Gould (Ed), pp. 253-279. Chapman & Hall, London. Great Britain.

Smulders, F.J.M. and Greer, G.G. 1998. "Integrating microbial decontamination with organic Acids in HACCP programes for muscle foods: prospects and controversies." **Int. J. Food Microbiol**. 44 : 149-169.

Sørheim, O., Nissen, H. and Nesbakken, T. 1999. "The storage life of beef and pork packaged in an atmosphere with low carbonmonoxide and high carbondioxide." **Meat Sci**. 52 : 157-164.

Stivarius, M.R., Pohlman, F.W., McElyea, K.S. and Waldroup, A.L. 2002a. "Effects of hot water and lactic acid treatment of beef trimmings prior to grinding on microbial, instrument color and sensory properties of ground beef during display." **Meat Sci**. 60 : 327-334.

Stivarius, M.R., Pohlman, F.W., McElyea, K.S., and Apple, J.K. 2002b. "The effect of acetic acid, gluconic acid and trisodium citrate treatment of beef trimmings on microbial, color and odor characteristics of ground beef through simulated retail display." **Meat Sci**. 60 : 245-252.

Summo, C., Caponio, F. and Pasqualone, A. 2006. "Effect of vacuum-packaging storage on the quality level of ripened sausages." **Meat Sci**. 74 : 249-254.

Sumner, J., Raven, G. and Givney, R. 2004. "Have changes to meat and poultry food safety regulation in Australia affected the prevalence of *Salmonella* or of salmonellosis?" **Int. J. Food Microbiol**. 92 : 199-205.

Threlfall, E.J. and Chart, H. 1993. "Inter-relationships between strains of *Salmonella* Enteritidis." **Epidemiol. Infect.** 11 : 1-8.

Todd, E.C.D. 2003. "Microbiological safety standards and public health golds to reduce foodborne disease. **Meat Sci.** 66 : 33-43.

Tsujihata, S., Entani, E., Asai, M., Tsukamoto, Y. and Ohta, M. 1998. "Mathematical modeling to predict the bactericidal effect of processed vinegar on *Escherichia coli* O157:H7." **Int. J. Food Microbiol.** 43: 135-138.

Van Nierop, W., Duse, A.G., Marais, E., Aithma, N., Thothobolo, N., Kassel, M., Stewart, R., Potgieter, A., Fernandes, B., Galpin, J.S. and Bloomfield, S.F. 2005. "Contamination of chicken carcasses in Gauteng, South Africa, by *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* and *Campylobacter*." **Int. J. Food Microbiol.** 99 : 1-6.

Vijayakumar, C. and Wolf-Hall, C.E. 2002. "Minimum bacteriostatic and bactericidal concentrations of household sanitizers for Escherichia coli strains in tryptic soy broth." **Food Microbiol.** 19 : 383-388.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อ TSB (Trypticase Soy Broth)

Peptone from casein	17	g
Peptone from soy meal	3	g
Glucose	2.5	g
Di-Potassium hydrogen phosphate	2.5	g
Sodium chloride	5	g
Distilled water	1	L

ละลายส่วนผสมทั้งหมด ต้มให้เป็นเนื้อเดียวกัน ถ่ายอาหารลงในขวดรูปชมพู่หรือขวดที่มีจุกสำลีหรือฝาปิด นำไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

อาหารเลี้ยงเชื้อ TSA (Trypticase Soy Agar)

Peptone from casein	15	g
Peptone from soy meal	5	g
Sodium chloride	5	g
Agar	15	g
Distilled water	1	L

ละลายส่วนผสมทั้งหมด ต้มให้เป็นเนื้อเดียวกัน ถ่ายอาหารลงในขวดรูปชมพู่หรือขวดที่มีจุกสำลีหรือฝาปิด นำไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

อาหารเลี้ยงเชื้อ XLD (Xylose Lysine Desoxycholate Agar)

Yeast extract	3	g
L-Lysine	5	g
Xylose	3.75	g
Lactose	7.5	g
Sucrose	7.5	g
Sodium desoxycholate	2.5	g
Ferric ammonium citrate	0.8	g
Sodium thiosulfate	6.8	g

Phenol red	0.08	g
Agar	15	g
Distilled water	1	L

ละลายส่วนผสมทั้งหมด ต้มพอเดือด ปล่อยให้เย็นลงประมาณ 50 องศาเซลเซียส แล้วเทลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

0.1% Peptone water diluent

Peptone	1	g
Distilled water	1	L

ละลายส่วนผสม ถ่ายอาหารลงในหลอดทดลองแล้วปิดฝา นำไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

การเตรียมอาหาร TSB ที่มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก 1%

จากปริมาตรอาหารเหลว TSB รวม 10 มิลลิลิตรต่อ 1 หลอดทดลอง

คำนวณปริมาตรน้ำส้มสายชูที่มีกรดอะซิติก 5% ที่ต้องใส่ลงในหลอดทดลองแต่ละหลอด

จากสูตร $C_1V_1 = C_2V_2$

$(5\%)(V_1) = (1\%)(10 \text{ มิลลิลิตร})$

$V_1 = 2$ มิลลิลิตร

ต้องใช้น้ำส้มสายชู 2 มิลลิลิตรในการเตรียม TSB ที่มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก 1% ก่อนการทดลองต้องเติมสารละลายเชื้อ *S.* Anatum 10^7 cfu/ml ลงไปอีก 1 มิลลิลิตร ดังนั้นรวมปริมาตรของเหลวจากน้ำส้มสายชู 2 มิลลิลิตรและเชื้อ 1 มิลลิลิตร = 3 มิลลิลิตร ในการละลายสารอาหารที่ใช้ในการเตรียม TSB จึงต้องใช้น้ำ 10-3 = 7 มิลลิลิตร เมื่อนำไปฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วรอให้อุณหภูมิลดลงถึงอุณหภูมิห้องแล้วจึงเติมน้ำส้มสายชู 2 มิลลิลิตรลงไปเขย่าด้วย Vortex แล้วจึงปิเปตสารละลายเชื้อลงไปอีก 1 มิลลิลิตร

การตรวจวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ด้วยวิธีเกลี่ยบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ (Spread plate)

1. เทอาหารเลี้ยงเชื้อลงในจาน ทิ้งไว้อย่างน้อย 6 ชั่วโมง เพื่อให้ผิวหน้าอาหารแห้ง
2. สุ่มตัวอย่างเนื้อสุกรน้ำหนัก 25 กรัม เติมสารละลาย Peptone 0.1% 225 มล. แล้วนำไปบดผสมด้วยเครื่อง Stomacher นาน 2 นาที
3. นำตัวอย่างที่ได้มาเจือจางด้วยสารละลาย Peptone 0.1% ให้ได้ระดับการเจือจางที่เหมาะสมแล้ว Spread ลงบนอาหาร TSA
4. นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น โดยนับจำนวนเชื้อเฉพาะจานเลี้ยงเชื้อที่มีจำนวนโคโลนี 30 – 300 โคโลนี

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/mL)} = \frac{\text{จำนวนโคโลนีที่นับได้ x dilution factor x 1 mL}}{0.1 \text{ mL}}$$

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารละลายกรดอะซิติกและการวิเคราะห์ค่า pH และค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกรสด

การเตรียมสารละลายกรดอะซิติก

เจือจางน้ำส้มสายชูกลั่น ที่มีความเข้มข้นของกรดอะซิติก 5% ด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้อให้มีความเข้มข้น 1% - 3%

การวัดค่า pH ของเนื้อสุกร (Jensen และคณะ, 2003)

1. สุ่มตัวอย่างเนื้อสุกร 5 กรัม ปั่นผสมกับน้ำกลั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน
2. นำไปวัดค่า pH ด้วยเครื่องวัดค่า pH inoLab รุ่น pH Level 1 P-82362

การวิเคราะห์ค่าการสูญเสียน้ำ (Drip loss) ของเนื้อสุกร (Mendonca และคณะ, 1989)

1. บรรจุเนื้อสุกรลงในถุงพลาสติกแล้วนำไปชั่งน้ำหนักพร้อมจดบันทึกน้ำหนักที่ได้
2. นำเนื้อสุกรออกจากถุงแล้วชั่งน้ำหนักน้ำที่เยิ้มออกมาพร้อมจดบันทึกน้ำหนักที่ได้
3. คำนวณค่าการสูญเสียนำจากสูตร

$$\% \text{ การสูญเสียน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

<u>แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส</u>

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

ตัวอย่าง.....เนื้อสุกรสด.....

ผู้ทดสอบสังเกตสี กลิ่น การเยิ้มน้ำของเนื้อสุกรสด จากนั้นกรุณาขีดเส้นตัดให้คะแนนบนเส้นตรงของแต่ละคุณลักษณะ

สี

อ่อน เข้ม

กลิ่นเนื้อสุกร

น้อย มาก

กลิ่นกรดอะซิติก

น้อย มาก

ความฉ่ำน้ำ

น้อย มาก

การยอมรับโดยรวม

น้อย มาก

<u>แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส</u>

ชื่อผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

ตัวอย่าง.....เนื้อสุกรต้มสุก...

ผู้ทดสอบสังเกตสี กลิ่น เนื้อสัมผัสและรสชาติของเนื้อสุกรต้มสุก จากนั้นกรุณาขีดเส้นตัดให้คะแนนบนเส้นตรงของแต่ละคุณลักษณะ

สี

อ่อน เข้ม

กลิ่นเนื้อสุกร

น้อย มาก

กลิ่นกรดอะซิติก

น้อย มาก

ความเหนียว

น้อย มาก

รสเปรี้ยว

น้อย มาก

การยอมรับโดยรวม

น้อย มาก

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงผลการทดลองและการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 1 นาที

ความเข้มข้นของกรด	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 7	วันที่ 14
control	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นผิดปกติ	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นคาว มีน้ำเยิ้มเล็กน้อย	มีสีเขียวคล้ำรอบๆ ขอบ มีกลิ่นเหม็นเน่า มีน้ำเยิ้มเล็กน้อย	เนื้อเน่าเสีย มีสีเขียวคล้ำ มีกลิ่นเหม็นเน่า มีน้ำเยิ้ม
น้ำกลั่น	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นผิดปกติ	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นคาว มีน้ำเยิ้มเล็กน้อย	มีสีเขียวคล้ำรอบๆ ขอบ มีกลิ่นเหม็นเน่า มีน้ำเยิ้มเล็กน้อย	เนื้อเน่าเสีย มีสีเขียวคล้ำ มีกลิ่นเหม็นเน่า มีน้ำเยิ้ม
1.0	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นผิดปกติ	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นคาวเล็กน้อย มีน้ำเยิ้มเล็กน้อย	เนื้อสีชมพูจาง มีกลิ่นเหม็นเน่าเล็กน้อย ไม่มีกลิ่นกรด มีน้ำเยิ้ม	เนื้อสีชมพูอมน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นเหม็นเน่า มีกลิ่นกรดเล็กน้อย
1.2	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นผิดปกติ	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นคาว มีน้ำเยิ้มเล็กน้อย	เนื้อสีชมพูจาง มีกลิ่นเหม็นเน่าเล็กน้อย ไม่มีกลิ่นกรด มีน้ำเยิ้ม	เนื้อสีชมพูอมน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นกรดเล็กน้อย
1.4	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นกรดเล็กน้อย	เนื้อสีชมพูจาง มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นคาว มีกลิ่นกรด มีน้ำเยิ้มเล็กน้อย	เนื้อสีชมพูจาง มีกลิ่นเหม็นเน่าเล็กน้อย มีกลิ่นกรด มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูอมน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นกรดเล็กน้อย
1.6	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นกรดมากขึ้น	เนื้อสีชมพูจาง มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นคาว มีกลิ่นกรดมากขึ้น มีน้ำเยิ้มเล็กน้อย	เนื้อสีชมพูจาง มีกลิ่นเหม็นเน่าเล็กน้อย มีกลิ่นกรด มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูอมน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นกรดเล็กน้อย มีน้ำเยิ้มมาก
1.8	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นกรดมากขึ้น	เนื้อสีชมพูจาง มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นคาว มีกลิ่นกรดมากขึ้น มีน้ำเยิ้มค่อนข้างมาก	เนื้อสีชมพูซีดจาง มีกลิ่นเหม็นเน่าเล็กน้อย มีกลิ่นกรดแรงขึ้น มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูอมน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นกรดเล็กน้อย มีน้ำเยิ้มมาก

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆเป็นเวลา 1 นาที (ต่อ)

ความเข้มข้นของกรด	วันที่ 0	วันที่ 3	วันที่ 7	วันที่ 14
2.0	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นกรดชัดเจน	เนื้อสีชมพูจาง มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นคาว มีกลิ่นกรดมากขึ้น มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูซีดจาง มีกลิ่นเหม็นเน่าเล็กน้อย มีกลิ่นกรดแรงขึ้น มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูอมน้ำตาลและซีด มีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นกรดเล็กน้อย มีน้ำเยิ้มมาก
2.2	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นกรดชัดเจน	เนื้อสีชมพูจาง มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นคาว มีกลิ่นกรดชัดเจน มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูซีดจาง มีกลิ่นเหม็นเน่าเล็กน้อย มีกลิ่นกรดแรงขึ้น มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูอมน้ำตาลและซีดมาก มีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นกรด มีน้ำเยิ้มมาก
2.4	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นกรดชัดเจน	เนื้อสีชมพูจาง มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นคาว มีกลิ่นกรดชัดเจน มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูซีดจาง มีกลิ่นเหม็นเน่าเล็กน้อย มีกลิ่นกรดแรงขึ้น มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูอมน้ำตาลและซีดมาก มีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นกรด มีน้ำเยิ้มมาก
2.6	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นกรดชัดเจน	เนื้อสีชมพูจาง มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นคาว มีกลิ่นกรดชัดเจน มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูซีดจาง มีกลิ่นเหม็นเน่าเล็กน้อย มีกลิ่นกรดแรงมาก มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูอมน้ำตาลและซีดมาก มีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นกรด มีน้ำเยิ้มมาก
2.8	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นกรดชัดเจน	เนื้อสีชมพูจาง มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นคาว มีกลิ่นกรดชัดเจน มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูซีดจาง มีกลิ่นเหม็นเน่าเล็กน้อย มีกลิ่นกรดแรงมาก มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูอมน้ำตาลและซีดมาก มีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นกรด มีน้ำเยิ้มมาก
3.0	เนื้อสีชมพู มีความชุ่มน้ำ มีกลิ่นกรดชัดเจน	เนื้อสีชมพูจาง มีความชุ่มน้ำ ไม่มีกลิ่นคาว มีกลิ่นกรดชัดเจน มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูซีดจาง มีกลิ่นเหม็นเน่าเล็กน้อย มีกลิ่นกรดแรงมาก มีน้ำเยิ้มมาก	เนื้อสีชมพูอมน้ำตาลและซีดมาก มีกลิ่นเหม็นเน่าและกลิ่นกรด มีน้ำเยิ้มมาก

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่า L ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% บรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ความเข้มข้นของกรดอะซิติก	บรรจุแบบปกติ					บรรจุแบบสุญญากาศ				
	วันที่					วันที่				
	0	1	3	7	14	0	1	3	7	14
ควบคุม	54.37^{h}_{e}ns	54.92^{l}_{d}ns	55.74^{l}_{c}ns	58.67^{j}_{b}ns	60.92^{j}_{a}ns	54.07^{h}_{d}ns	54.52^{i}_{d}ns	55.63^{g}_{c}ns	57.94^{i}_{b}ns	60.24^{h}_{a}ns
น้ำกลั่น	55.21^{g}_{d}ns	55.13^{l}_{d}ns	56.40^{k}_{c}ns	59.64^{i}_{b}ns	61.05^{j}_{a}ns	54.63^{h}_{d}ns	54.93^{i}_{cd}ns	55.88^{g}_{c}ns	58.85^{i}_{b}ns	60.74^{h}_{a}ns
1.0%	56.66^{f}_{e}ns	57.93^{k}_{d}ns	58.70^{j}_{c}ns	62.86^{h}_{b}a	65.17^{i}_{a}a	56.28^{g}_{d}ns	56.35^{h}_{d}ns	58.31^{f}_{c}ns	60.77^{h}_{b}b	63.40^{g}_{a}b
1.2%	57.34^{f}_{e}ns	58.43^{j}_{d}a	59.73^{i}_{c}ns	64.07^{g}_{b}ns	66.30^{h}_{a}a	57.52^{f}_{d}ns	57.31^{g}_{d}b	58.92^{f}_{c}ns	62.35^{g}_{b}ns	63.88^{g}_{a}b
1.4%	58.34^{e}_{e}ns	59.23^{i}_{d}ns	61.67^{h}_{c}a	64.74^{f}_{b}a	66.89^{g}_{a}a	58.50^{ef}_{d}ns	58.83^{f}_{d}ns	60.65^{e}_{c}b	63.15^{fg}_{b}b	64.84^{f}_{a}b
1.6%	58.52^{e}_{e}ns	60.46^{h}_{d}ns	62.44^{g}_{c}a	65.57^{e}_{b}a	67.74^{f}_{a}a	58.87^{e}_{d}ns	59.64^{e}_{d}ns	61.17^{de}_{c}b	64.09^{ef}_{b}b	65.62^{e}_{a}b
1.8%	58.98^{e}_{e}ns	61.05^{g}_{d}a	63.06^{f}_{c}a	66.44^{d}_{b}a	69.13^{e}_{a}a	59.07^{e}_{e}ns	60.09^{de}_{d}b	61.69^{d}_{c}b	64.79^{de}_{b}b	66.17^{e}_{a}b
2.0%	60.12^{d}_{e}ns	61.87^{f}_{d}ns	64.71^{e}_{c}a	67.75^{c}_{b}a	69.98^{d}_{a}a	60.53^{d}_{d}ns	60.74^{d}_{d}ns	62.93^{c}_{c}b	65.88^{cd}_{b}b	67.08^{d}_{a}b
2.2%	60.70^{d}_{e}ns	62.26^{e}_{d}ns	64.94^{e}_{c}a	67.91^{c}_{b}a	70.49^{cd}_{a}a	60.90^{cd}_{d}ns	61.58^{c}_{d}ns	63.08^{c}_{c}b	66.17^{c}_{b}b	67.34^{d}_{a}b
2.4%	61.15^{c}_{e}ns	62.58^{d}_{d}ns	65.32^{d}_{c}a	68.64^{b}_{b}a	70.76^{bc}_{a}a	61.50^{bcd}_{d}ns	62.10^{bc}_{d}ns	64.14^{b}_{c}b	66.43^{c}_{b}b	68.11^{c}_{a}b
2.6%	61.64^{c}_{e}ns	62.95^{c}_{d}ns	65.77^{c}_{c}a	68.94^{ab}_{b}a	71.23^{ab}_{a}a	61.92^{bc}_{d}ns	62.37^{abc}_{d}ns	64.17^{b}_{c}b	66.91^{bc}_{b}b	68.94^{b}_{a}b
2.8%	62.55^{b}_{e}ns	63.37^{b}_{d}ns	66.22^{b}_{c}ns	69.11^{ab}_{b}ns	71.35^{a}_{a}a	62.49^{ab}_{d}ns	62.83^{ab}_{d}ns	65.12^{ab}_{c}ns	67.99^{ab}_{b}ns	69.21^{b}_{a}b
3.0%	63.79^{a}_{e}ns	63.92^{a}_{d}a	67.38^{a}_{c}ns	69.42^{a}_{b}ns	71.46^{a}_{a}a	63.15^{a}_{d}ns	62.97^{a}_{d}b	65.70^{a}_{c}ns	68.15^{a}_{b}ns	69.90^{a}_{a}b

อักษร $^{a-l}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{a-e}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร a และ b แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

ตารางที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่า (+) a ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% บรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ความเข้มข้นของกรดอะซิติก	บรรจุแบบปกติ					บรรจุแบบสุญญากาศ				
	วันที่					วันที่				
	0	1	3	7	14	0	1	3	7	14
ควบคุม	4.47^{a}_{a}ns	4.29^{bc}_{a}ns	2.87^{f}_{b}b	3.06^{e}_{b}b	2.98^{c}_{b}b	4.84^{abcd}_{a}ns	4.74^{bcde}_{a}ns	4.38^{abc}_{ab}a	4.43^{abc}_{ab}a	4.14^{ab}_{b}a
น้ำกลั่น	4.64^{a}_{a}ns	4.45^{ab}_{a}ns	3.08^{f}_{b}b	3.30^{e}_{b}b	3.16^{bc}_{b}ns	5.29^{ab}_{ns}ns	5.32^{ab}_{ns}ns	4.99^{a}_{ns}a	5.08^{a}_{ns}a	4.62^{a}_{ns}ns
1.0%	4.51^{a}_{a}b	4.31^{abc}_{a}ns	3.41^{def}_{b}b	3.44^{de}_{b}b	3.24^{bc}_{b}b	5.27^{ab}_{a}a	4.97^{abc}_{ab}ns	4.71^{a}_{b}a	4.14^{cd}_{c}a	4.29^{a}_{c}a
1.2%	4.45^{a}_{bc}b	4.42^{ab}_{bc}ns	4.91^{a}_{ab}ns	5.32^{a}_{a}b	4.19^{a}_{c}ns	5.67^{a}_{a}a	5.64^{a}_{a}ns	4.65^{ab}_{b}ns	4.38^{bc}_{b}a	3.24^{c}_{c}ns
1.4%	4.83^{a}_{ab}ns	3.82^{c}_{c}ns	4.82^{a}_{ab}b	5.18^{a}_{a}b	4.46^{a}_{b}ns	4.51^{bcd}_{a}ns	4.35^{cdef}_{a}ns	3.65^{de}_{b}a	3.61^{de}_{b}a	3.43^{bc}_{b}ns
1.6%	4.59^{a}_{a}ns	4.12^{bc}_{ab}b	3.95^{cd}_{bc}ns	3.69^{d}_{bc}ns	3.53^{b}_{c}ns	5.04^{abc}_{a}ns	5.01^{abc}_{a}a	4.73^{a}_{a}ns	3.48^{de}_{b}ns	2.78^{c}_{c}ns
1.8%	4.53^{a}_{ns}ns	4.10^{bc}_{ns}ns	4.64^{a}_{ns}ns	4.46^{b}_{ns}ns	4.26^{a}_{ns}b	5.09^{abc}_{a}ns	4.57^{cde}_{ab}ns	4.41^{abc}_{b}ns	4.96^{ab}_{ab}ns	2.98^{c}_{c}a
2.0%	4.82^{a}_{a}ns	4.58^{ab}_{a}ns	3.87^{cde}_{b}ns	4.46^{b}_{a}ns	3.66^{b}_{b}ns	4.84^{abcd}_{a}ns	4.27^{cdef}_{b}ns	4.06^{bcd}_{b}ns	3.92^{cd}_{b}ns	3.26^{c}_{c}ns
2.2%	3.43^{a}_{c}b	3.73^{c}_{bc}b	4.06^{bc}_{abc}ns	4.62^{b}_{a}b	4.26^{a}_{ab}ns	5.19^{ab}_{a}a	4.87^{bcd}_{a}a	4.89^{a}_{a}ns	3.12^{e}_{b}a	3.16^{c}_{b}ns
2.4%	4.60^{a}_{ab}ns	4.18^{bc}_{d}ns	4.49^{ab}_{bc}b	4.78^{b}_{a}b	4.29^{a}_{cd}b	5.00^{abcd}_{a}ns	4.52^{cde}_{ab}ns	4.07^{bcd}_{bc}a	3.20^{e}_{d}a	3.28^{c}_{cd}a
2.6%	4.39^{a}_{ab}ns	4.79^{a}_{a}b	3.89^{cde}_{c}ns	4.13^{c}_{bc}ns	3.46^{bc}_{d}ns	4.25^{cd}_{a}ns	4.16^{def}_{b}a	3.59^{de}_{ab}ns	2.99^{e}_{b}ns	2.85^{c}_{b}ns
2.8%	3.63^{b}_{b}ns	4.55^{ab}_{a}ns	3.36^{ef}_{b}ns	3.71^{d}_{b}ns	3.53^{b}_{b}ns	4.46^{bcd}_{a}ns	3.40^{ef}_{bc}ns	3.82^{cde}_{b}ns	3.00^{e}_{c}ns	3.18^{c}_{c}ns
3.0%	3.70^{b}_{ab}ns	4.55^{ab}_{a}ns	3.70^{cde}_{ab}ns	3.76^{d}_{ab}ns	3.28^{bc}_{b}ns	4.09^{d}_{a}ns	3.68^{f}_{ab}ns	3.37^{e}_{ab}ns	3.10^{e}_{b}ns	2.89^{c}_{b}ns

อักษร $^{a-f}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{a-e}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{ns}$ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร a และ b แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า (+) b ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% บรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ความเข้มข้นของกรดอะซิติก	บรรจุแบบปกติ					บรรจุแบบสุญญากาศ				
	วันที่					วันที่				
	0	1	3	7	14	0	1	3	7	14
ควบคุม	$1.16^{e}{}_{c}$ns	$2.00^{f}{}_{b}$ns	$1.79^{g}{}_{b}$ns	$2.19^{e}{}_{bc}$b	$2.50^{g}{}_{a}$b	$1.79^{e}{}_{c}$ns	$3.06^{bcd}{}_{b}$ns	$3.34^{d}{}_{b}$ns	$3.55^{f}{}_{ab}$a	$4.52^{f}{}_{a}$a
น้ำกลั่น	$1.60^{de}{}_{b}$ns	$2.25^{f}{}_{b}$ns	$1.99^{g}{}_{ab}$b	$2.27^{e}{}_{a}$b	$2.46^{g}{}_{a}$b	$2.50^{bcd}{}_{c}$ns	$3.42^{abcd}{}_{b}$ns	$3.41^{d}{}_{b}$a	$3.57^{f}{}_{b}$a	$4.42^{f}{}_{a}$a
1.0%	$1.74^{cde}{}_{c}$ns	$3.08^{cde}{}_{b}$ns	$3.39^{f}{}_{ab}$ns	$3.43^{d}{}_{ab}$ns	$3.56^{f}{}_{a}$b	$1.83^{e}{}_{d}$ns	$3.16^{abcd}{}_{c}$ns	$3.60^{d}{}_{bc}$ns	$4.18^{ef}{}_{ab}$ns	$4.69^{f}{}_{a}$a
1.2%	$1.16^{de}{}_{c}$ns	$3.46^{bcd}{}_{a}$ns	$3.34^{f}{}_{a}$ns	$2.61^{e}{}_{b}$b	$3.58^{f}{}_{a}$b	$1.92^{de}{}_{c}$ns	$2.69^{cd}{}_{b}$ns	$3.17^{d}{}_{b}$ns	$4.27^{ef}{}_{a}$a	$4.94^{f}{}_{a}$a
1.4%	$1.16^{e}{}_{b}$b	$3.11^{bcde}{}_{a}$ns	$3.22^{f}{}_{a}$ns	$3.21^{d}{}_{a}$ns	$3.68^{f}{}_{a}$b	$2.35^{cde}{}_{d}$a	$2.62^{d}{}_{d}$ns	$3.40^{d}{}_{c}$ns	$4.57^{e}{}_{b}$ns	$5.83^{e}{}_{a}$a
1.6%	$1.50^{de}{}_{b}$ns	$2.81^{e}{}_{a}$ns	$3.35^{f}{}_{bc}$b	$3.50^{d}{}_{a}$b	$3.46^{f}{}_{a}$b	$2.60^{bc}{}_{d}$ns	$3.10^{abcd}{}_{d}$ns	$4.54^{bc}{}_{c}$a	$6.57^{cd}{}_{b}$a	$7.74^{d}{}_{a}$a
1.8%	$1.51^{de}{}_{c}$b	$3.22^{bcde}{}_{b}$b	$4.44^{e}{}_{a}$ns	$4.60^{c}{}_{a}$b	$4.61^{e}{}_{a}$b	$3.47^{a}{}_{d}$a	$4.03^{a}{}_{c}$a	$5.33^{ab}{}_{b}$ns	$7.29^{bc}{}_{a}$a	$7.55^{d}{}_{a}$a
2.0%	$1.49^{de}{}_{c}$ns	$3.03^{cde}{}_{b}$ns	$4.55^{de}{}_{a}$b	$4.81^{c}{}_{a}$b	$5.00^{de}{}_{a}$b	$2.39^{cde}{}_{e}$ns	$3.50^{abcd}{}_{d}$ns	$5.49^{a}{}_{c}$a	$6.91^{bcd}{}_{b}$a	$8.32^{bcd}{}_{a}$a
2.2%	$1.53^{de}{}_{c}$b	$2.90^{de}{}_{b}$ns	$4.91^{de}{}_{a}$ns	$5.54^{b}{}_{a}$ns	$5.34^{cd}{}_{a}$ns	$2.74^{bc}{}_{d}$a	$3.49^{abcd}{}_{cd}$ns	$4.36^{c}{}_{c}$ns	$6.35^{d}{}_{b}$ns	$7.56^{d}{}_{a}$ns
2.4%	$2.27^{abc}{}_{c}$ns	$3.47^{bcd}{}_{b}$ns	$5.07^{cd}{}_{a}$ns	$5.43^{b}{}_{a}$b	$5.49^{bc}{}_{a}$b	$2.76^{bc}{}_{e}$ns	$3.62^{ab}{}_{d}$ns	$5.29^{ab}{}_{c}$ns	$6.45^{cd}{}_{b}$a	$8.04^{cd}{}_{a}$a
2.6%	$2.53^{a}{}_{c}$ns	$4.28^{a}{}_{b}$ns	$5.56^{bc}{}_{a}$ns	$5.77^{b}{}_{a}$b	$5.65^{bc}{}_{a}$b	$2.83^{bc}{}_{e}$ns	$3.54^{abc}{}_{d}$ns	$5.44^{a}{}_{c}$ns	$7.21^{bcd}{}_{b}$a	$8.84^{bc}{}_{a}$a
2.8%	$2.39^{ab}{}_{c}$ns	$3.55^{bc}{}_{b}$ns	$5.99^{a}{}_{a}$ns	$6.29^{a}{}_{a}$ns	$6.37^{a}{}_{a}$b	$3.12^{ab}{}_{d}$ns	$3.85^{ab}{}_{d}$ns	$5.34^{ab}{}_{c}$ns	$7.54^{ab}{}_{b}$ns	$9.04^{b}{}_{a}$a
3.0%	$1.88^{bcd}{}_{c}$ns	$3.72^{b}{}_{b}$ns	$5.53^{bc}{}_{a}$ns	$5.60^{b}{}_{a}$b	$5.84^{b}{}_{a}$b	$3.15^{ab}{}_{d}$a	$3.71^{ab}{}_{d}$ns	$5.33^{ab}{}_{c}$ns	$8.20^{a}{}_{b}$a	$9.85^{a}{}_{a}$a

อักษร $^{a-g}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{a-e}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร a และ b แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

ตารางที่ 5 ค่าการสูญเสียน้ำ (%) ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ระดับความเข้มข้น 1%-3% บรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 สัปดาห์

ความเข้มข้นของกรดอะซิติก	บรรจุแบบปกติ					บรรจุแบบสุญญากาศ				
	วันที่					วันที่				
	0	1	3	7	14	0	1	3	7	14
ควบคุม	$0.00^{f}{}_{e}$ns	$3.13^{f}{}_{d}$ns	$4.53^{h}{}_{c}$ns	$8.27^{i}{}_{b}$ns	$10.96^{i}{}_{a}$b	$0.00^{h}{}_{e}$ns	$3.81^{i}{}_{d}$ns	$5.49^{h}{}_{c}$ns	$8.73^{j}{}_{b}$ns	$12.17^{k}{}_{a}$a
น้ำกลั่น	$0.15^{f}{}_{e}$ns	$3.27^{f}{}_{d}$ns	$4.78^{h}{}_{c}$ns	$8.82^{hi}{}_{b}$ns	$11.09^{i}{}_{a}$ns	$0.18^{gh}{}_{e}$ns	$3.89^{i}{}_{d}$ns	$5.78^{h}{}_{c}$ns	$9.02^{ij}{}_{b}$ns	$12.34^{k}{}_{a}$ns
1.0%	$0.38^{e}{}_{e}$ns	$4.07^{ef}{}_{d}$ns	$5.66^{g}{}_{c}$ns	$9.66^{gh}{}_{b}$ns	$11.86^{hi}{}_{a}$b	$0.37^{fg}{}_{e}$ns	$5.17^{hi}{}_{d}$ns	$6.40^{h}{}_{c}$ns	$10.11^{i}{}_{b}$ns	$12.85^{k}{}_{a}$a
1.2%	$0.46^{de}{}_{e}$ns	$4.53^{e}{}_{d}$ns	$6.04^{g}{}_{c}$b	$10.53^{fg}{}_{b}$b	$12.69^{gh}{}_{a}$ns	$0.44^{ef}{}_{e}$ns	$6.02^{gh}{}_{d}$ns	$7.72^{g}{}_{c}$a	$11.96^{h}{}_{b}$a	$14.37^{j}{}_{a}$ns
1.4%	$0.49^{cde}{}_{e}$ns	$5.10^{de}{}_{d}$b	$6.46^{fg}{}_{c}$ns	$11.38^{f}{}_{b}$b	$13.62^{fg}{}_{a}$b	$0.49^{def}{}_{e}$ns	$6.92^{fg}{}_{d}$a	$8.65^{g}{}_{c}$ns	$13.27^{g}{}_{b}$a	$16.25^{i}{}_{a}$a
1.6%	$0.54^{bcde}{}_{e}$ns	$5.77^{cd}{}_{d}$b	$6.99^{ef}{}_{c}$b	$12.49^{e}{}_{b}$b	$14.62^{ef}{}_{a}$b	$0.56^{cdef}{}_{e}$ns	$7.71^{ef}{}_{d}$a	$9.96^{f}{}_{c}$a	$14.57^{f}{}_{b}$a	$17.30^{h}{}_{a}$a
1.8%	$0.67^{abcd}{}_{e}$ns	$6.44^{c}{}_{d}$ns	$7.66^{de}{}_{c}$b	$13.44^{d}{}_{b}$b	$15.85^{de}{}_{a}$b	$0.58^{bcdef}{}_{e}$ns	$8.62^{e}{}_{d}$ns	$11.29^{e}{}_{c}$a	$16.76^{e}{}_{b}$a	$18.94^{g}{}_{a}$a
2.0%	$0.69^{abcd}{}_{e}$ns	$7.77^{b}{}_{d}$b	$8.39^{d}{}_{c}$b	$14.25^{cd}{}_{b}$b	$16.42^{cd}{}_{a}$b	$0.63^{bcde}{}_{e}$ns	$10.07^{d}{}_{d}$a	$11.91^{de}{}_{c}$a	$17.95^{de}{}_{b}$a	$20.40^{f}{}_{a}$a
2.2%	$0.72^{abc}{}_{e}$ns	$8.01^{b}{}_{d}$ns	$9.26^{c}{}_{c}$b	$14.73^{bc}{}_{b}$b	$16.83^{cd}{}_{a}$b	$0.68^{abcde}{}_{e}$ns	$10.61^{cd}{}_{d}$ns	$12.87^{cd}{}_{c}$a	$18.70^{cd}{}_{b}$a	$21.20^{e}{}_{a}$a
2.4%	$0.73^{abc}{}_{e}$ns	$8.27^{ab}{}_{d}$b	$9.97^{bc}{}_{c}$b	$15.29^{ab}{}_{b}$b	$17.12^{bcd}{}_{a}$b	$0.71^{abcd}{}_{e}$ns	$11.54^{bc}{}_{d}$a	$13.59^{bc}{}_{c}$a	$19.48^{bc}{}_{b}$a	$22.34^{d}{}_{a}$a
2.6%	$0.77^{ab}{}_{e}$ns	$8.40^{ab}{}_{d}$b	$10.06^{bc}{}_{c}$b	$15.70^{a}{}_{b}$b	$17.66^{abc}{}_{a}$b	$0.77^{abc}{}_{e}$ns	$12.19^{ab}{}_{d}$a	$13.99^{abc}{}_{c}$a	$19.92^{abc}{}_{b}$a	$23.14^{c}{}_{a}$a
2.8%	$0.81^{a}{}_{e}$ns	$8.76^{ab}{}_{d}$b	$10.53^{ab}{}_{c}$b	$15.99^{a}{}_{b}$b	$18.18^{ab}{}_{a}$b	$0.83^{ab}{}_{e}$ns	$12.83^{ab}{}_{d}$a	$14.45^{ab}{}_{c}$a	$20.37^{ab}{}_{b}$a	$24.17^{b}{}_{a}$a
3.0%	$0.90^{a}{}_{e}$ns	$9.33^{a}{}_{d}$b	$11.07^{a}{}_{c}$b	$16.21^{a}{}_{b}$b	$18.59^{a}{}_{a}$b	$0.89^{a}{}_{e}$ns	$13.27^{a}{}_{d}$a	$14.93^{a}{}_{c}$a	$21.15^{a}{}_{b}$a	$25.02^{a}{}_{a}$a

อักษร $^{a-k}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{a-e}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร a และ b แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

ตารางที่ 6 คะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเทคนิค QDA ของเนื้อสุกรสดบด หลังผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เป็นระยะเวลาต่างๆ

กลุ่มทดลอง	สี	กลิ่นเนื้อสุกร	กลิ่นกรดอะซิติก	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับโดยรวม
ควบคุม	5.26^{a}	5.85^{a}	0.02^{a}	6.23^{ns}	7.20^{a}
2 วินาที	5.08^{a}	5.64^{a}	0.93^{b}	6.22^{ns}	6.78^{a}
10 วินาที	4.01^{b}	4.55^{b}	1.71^{c}	5.88^{ns}	5.99^{b}
30 วินาที	3.40^{b}	4.45^{b}	2.57^{d}	5.53^{ns}	5.80^{b}

อักษร $^{a-d}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) โดย DMRT

อักษร ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

ตารางที่ 7 คะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเทคนิค QDA ของเนื้อสุกรบดต้มสุก หลังผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1% เป็นระยะเวลาต่างๆ

กลุ่มทดลอง	สี	กลิ่นเนื้อสุกร	กลิ่นกรดอะซิติก	ความเหนียว	รสเปรี้ยว	การยอมรับโดยรวม
ควบคุม	3.80^{ns}	5.51^{a}	0.22^{a}	4.25^{ns}	0.28^{a}	6.98^{a}
2 วินาที	3.92^{ns}	5.49^{a}	0.37^{ab}	4.40^{ns}	0.98^{b}	6.50^{a}
10 วินาที	3.71^{ns}	5.09^{ab}	0.61^{bc}	3.76^{ns}	1.38^{b}	5.64^{b}
30 วินาที	3.19^{ns}	4.28^{b}	0.75^{c}	3.62^{ns}	2.19^{c}	5.20^{b}

อักษร $^{a-c}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) โดย DMRT

อักษร ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

ตารางที่ 8 จำนวนเชื้อ *S.* Anatum ที่รอดชีวิตบนเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	4 องศาเซลเซียส						อุณหภูมิห้อง					
	บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ			บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ		
	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA
0	$5.36^{de}{}_{a}ns$	$5.32^{de}{}_{a}ns$	$4.95^{d}{}_{b}ns$	$5.35^{d}{}_{a}ns$	$5.32^{de}{}_{a}ns$	$4.95^{cd}{}_{b}ns$	$5.36^{g}{}_{a}ns$	$5.35^{f}{}_{a}ns$	$4.96^{g}{}_{b}ns$	$5.35^{f}{}_{a}ns$	$5.35^{g}{}_{a}ns$	$4.98^{g}{}_{b}ns$
1	$5.18^{e}{}_{a}ns$	$5.20^{e}{}_{a}ns$	$4.78^{de}{}_{b}ns$	$5.09^{d}{}_{a}ns$	$5.05^{e}{}_{a}ns$	$4.63^{ef}{}_{b}ns$	$5.94^{f}{}_{a}ns$	$5.95^{e}{}_{a}ns$	$5.63^{f}{}_{b}ns$	$5.80^{e}{}_{a}ns$	$5.74^{f}{}_{ab}ns$	$5.43^{f}{}_{b}ns$
3	$5.20^{e}{}_{a}ns$	$5.20^{e}{}_{a}ns$	$4.63^{e}{}_{b}a$	$5.13^{d}{}_{a}ns$	$5.14^{de}{}_{a}ns$	$4.47^{f}{}_{b}b$	$6.55^{e}{}_{ns}ns$	$6.49^{d}{}_{ns}ns$	$6.22^{e}{}_{ns}ns$	$6.31^{d}{}_{ns}ns$	$6.31^{e}{}_{ns}ns$	$6.09^{e}{}_{ns}ns$
5	$5.49^{d}{}_{a}ns$	$5.56^{d}{}_{a}a$	$4.96^{d}{}_{b}ns$	$5.31^{d}{}_{a}ns$	$5.37^{d}{}_{a}b$	$4.78^{de}{}_{b}ns$	$7.21^{d}{}_{ns}ns$	$7.23^{c}{}_{ns}ns$	$7.13^{d}{}_{ns}ns$	$7.22^{c}{}_{ns}ns$	$7.22^{d}{}_{ns}ns$	$7.03^{d}{}_{ns}ns$
7	$6.17^{c}{}_{a}a$	$6.28^{c}{}_{a}ns$	$5.26^{c}{}_{b}ns$	$5.79^{c}{}_{a}b$	$5.81^{c}{}_{a}ns$	$5.13^{c}{}_{b}ns$	$7.81^{c}{}_{ns}ns$	$7.79^{b}{}_{ns}ns$	$7.73^{c}{}_{ns}ns$	$7.76^{b}{}_{ns}ns$	$7.73^{c}{}_{ns}ns$	$7.62^{c}{}_{ns}ns$
14	$7.35^{b}{}_{a}ns$	$7.38^{b}{}_{a}a$	$6.36^{b}{}_{b}ns$	$6.88^{b}{}_{a}ns$	$6.97^{b}{}_{a}b$	$6.20^{b}{}_{b}ns$	$9.91^{b}{}_{ns}ns$	$10.03^{b}{}_{ns}ns$	$10.14^{b}{}_{ns}ns$	$10.16^{b}{}_{ns}ns$	$10.04^{b}{}_{ns}ns$	$10.10^{b}{}_{ns}ns$
21	$8.08^{a}{}_{a}a$	$8.14^{a}{}_{a}ns$	$7.31^{a}{}_{b}ns$	$7.62^{a}{}_{a}b$	$7.67^{a}{}_{a}ns$	$7.08^{a}{}_{b}ns$	$12.53^{a}{}_{ns}ns$	$12.58^{a}{}_{ns}ns$	$12.67^{a}{}_{ns}ns$	$12.50^{a}{}_{ns}ns$	$12.48^{a}{}_{ns}ns$	$12.42^{a}{}_{ns}ns$

อักษร $^{a-g}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{a-b}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{ns}$ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร a และ b แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

1% AA หมายถึง สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1%

ตารางที่ 9 ค่า pH ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	4 องศาเซลเซียส						อุณหภูมิห้อง					
	บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ			บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ		
	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA
0	$6.12^{b}{}_{ns}$ns	$6.11^{b}{}_{ns}$ns	$6.00^{b}{}_{ns}$ns	$6.12^{b}{}_{ns}$ns	$6.11^{b}{}_{ns}$ns	$6.00^{c}{}_{ns}$ns	$6.07^{f}{}_{ns}$ns	$6.11^{e}{}_{ns}$ns	$5.99^{e}{}_{ns}$ns	$6.12^{e}{}_{ns}$ns	$6.11^{e}{}_{ns}$ns	$6.02^{f}{}_{ns}$ns
1	$6.04^{b}{}_{ns}$ns	$6.02^{b}{}_{ns}$ns	$6.02^{b}{}_{ns}$ns	$6.11^{b}{}_{ns}$ns	$6.14^{b}{}_{ns}$ns	$6.12^{bc}{}_{ns}$ns	$6.30^{ef}{}_{ns}$ns	$6.29^{e}{}_{ns}$ns	$6.28^{d}{}_{rs}$ns	$6.14^{e}{}_{ns}$ns	$6.15^{e}{}_{ns}$ns	$6.19^{ef}{}_{ns}$ns
3	$6.17^{b}{}_{ns}$ns	$6.18^{b}{}_{ns}$ns	$6.11^{b}{}_{ns}$ns	$6.13^{b}{}_{ns}$ns	$6.16^{b}{}_{ns}$ns	$6.10^{bc}{}_{ns}$ns	$6.54^{de}{}_{ns}$ns	$6.56^{d}{}_{ns}$ns	$6.54^{c}{}_{ns}$ns	$6.53^{d}{}_{ns}$ns	$6.46^{d}{}_{ns}$ns	$6.47^{de}{}_{ns}$ns
5	$6.28^{b}{}_{ns}$ns	$6.27^{b}{}_{ns}$ns	$6.24^{b}{}_{ns}$ns	$6.27^{b}{}_{ns}$ns	$6.25^{b}{}_{ns}$ns	$6.24^{bc}{}_{ns}$ns	$6.69^{d}{}_{ns}$ns	$6.67^{d}{}_{ns}$ns	$6.68^{c}{}_{ns}$ns	$6.65^{cd}{}_{ns}$ns	$6.71^{cd}{}_{ns}$ns	$6.64^{cd}{}_{ns}$ns
7	$6.26^{b}{}_{ns}$ns	$6.28^{b}{}_{ns}$ns	$6.22^{b}{}_{ns}$ns	$6.25^{b}{}_{ns}$ns	$6.23^{b}{}_{ns}$ns	$6.25^{b}{}_{ns}$ns	$6.96^{c}{}_{ns}$ns	$6.95^{c}{}_{ns}$ns	$6.92^{b}{}_{ns}$ns	$6.94^{bc}{}_{ns}$ns	$6.92^{bc}{}_{ns}$ns	$6.91^{bc}{}_{ns}$ns
14	$6.76^{a}{}_{ns}$ns	$6.67^{a}{}_{ns}$ns	$6.57^{a}{}_{ns}$ns	$6.52^{a}{}_{ns}$ns	$6.60^{a}{}_{ns}$ns	$6.54^{a}{}_{ns}$ns	$7.21^{b}{}_{ns}$ns	$7.27^{b}{}_{ns}$ns	$7.04^{b}{}_{ns}$ns	$7.12^{b}{}_{ns}$ns	$7.07^{b}{}_{ns}$ns	$7.02^{b}{}_{ns}$ns
21	$6.79^{a}{}_{ns}$ns	$6.71^{a}{}_{ns}$ns	$6.63^{a}{}_{ns}$ns	$6.65^{a}{}_{ns}$ns	$6.66^{a}{}_{ns}$ns	$6.66^{a}{}_{ns}$ns	$8.63^{a}{}_{ns}$ns	$8.66^{a}{}_{ns}$ns	$8.42^{a}{}_{ns}$ns	$8.52^{a}{}_{ns}$ns	$8.53^{a}{}_{ns}$ns	$8.38^{a}{}_{ns}$ns

อักษร $^{a-f}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{ns}$ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

1% AA หมายถึง สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1%

ตารางที่ 10 ค่า L ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	4 องศาเซลเซียส						อุณหภูมิห้อง					
	บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ			บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ		
	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA
0	53.70^{f}_{ns}ns	53.88^{g}_{ns}ns	54.07^{g}_{ns}ns	53.40^{f}_{ns}ns	53.63^{f}_{ns}ns	54.11^{f}_{ns}ns	53.78^{f}_{ns}ns	53.86^{g}_{ns}ns	54.12^{f}_{ns}ns	53.76^{f}_{ns}ns	53.85^{f}_{ns}ns	54.07^{f}_{ns}ns
1	54.92^{e}_{b}ns	55.04^{f}_{b}ns	56.15^{f}_{a}ns	54.86^{e}_{b}ns	54.93^{e}_{ab}ns	56.01^{e}_{a}ns	55.52^{e}_{ns}ns	55.75^{f}_{ns}ns	55.96^{e}_{ns}ns	55.50^{e}_{ns}ns	55.59^{e}_{ns}ns	55.93^{e}_{ns}ns
3	55.21^{de}_{b}ns	56.40^{e}_{a}ns	57.33^{e}_{a}a	54.97^{e}_{b}ns	55.31^{e}_{ab}ns	56.69^{de}_{a}b	56.99^{d}_{ns}ns	56.87^{e}_{ns}ns	57.52^{d}_{ns}ns	56.77^{d}_{ns}ns	56.76^{de}_{ns}ns	57.34^{d}_{ns}ns
5	56.02^{d}_{b}ns	57.52^{d}_{a}ns	58.19^{d}_{a}a	56.02^{d}_{b}ns	56.41^{d}_{b}ns	57.06^{d}_{a}b	57.74^{d}_{ns}ns	57.74^{d}_{ns}ns	58.13^{d}_{ns}ns	57.57^{d}_{ns}ns	57.53^{d}_{ns}ns	57.96^{d}_{ns}ns
7	58.00^{c}_{b}ns	58.43^{c}_{ab}ns	59.71^{c}_{a}a	57.61^{c}_{b}ns	57.78^{c}_{b}ns	58.70^{c}_{a}b	59.51^{c}_{ns}ns	59.68^{c}_{ns}ns	59.99^{c}_{ns}ns	59.46^{c}_{ns}ns	59.38^{c}_{ns}ns	59.83^{c}_{ns}ns
14	60.54^{b}_{b}ns	60.42^{b}_{b}ns	61.51^{b}_{a}ns	60.27^{b}_{b}ns	60.20^{b}_{b}ns	61.16^{b}_{a}ns	62.14^{b}_{ns}ns	62.21^{b}_{ns}ns	62.94^{b}_{ns}ns	62.13^{b}_{ns}ns	62.01^{b}_{ns}ns	62.18^{b}_{ns}ns
21	62.35^{a}_{b}ns	62.21^{a}_{b}ns	63.25^{a}_{a}ns	62.05^{a}_{b}ns	61.99^{a}_{b}ns	62.45^{a}_{a}ns	65.06^{a}_{ns}ns	64.87^{a}_{ns}ns	65.31^{a}_{ns}ns	64.80^{a}_{ns}ns	64.93^{a}_{ns}ns	65.31^{a}_{ns}ns

อักษร $^{a-g}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{a-b}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{ns}$ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร a และ b แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

1% AA หมายถึง สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1%

ตารางที่ 11 ค่า (+) a ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	4 องศาเซลเซียส						อุณหภูมิห้อง					
	บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ			บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ		
	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA
0	4.81^{a}_{ns}ns	4.97^{a}_{ns}ns	4.51^{a}_{ns}ns	4.84^{a}_{ns}ns	4.96^{a}_{ns}ns	4.84^{a}_{ns}ns	4.47^{a}_{ns}ns	4.69^{a}_{ns}ns	4.75^{a}_{ns}ns	4.70^{a}_{ns}ns	4.60^{a}_{ns}ns	4.77^{a}_{ns}ns
1	4.29^{a}_{ns}ns	4.45^{a}_{ns}ns	4.31^{a}_{ns}ns	4.73^{a}_{ns}ns	4.65^{a}_{ns}ns	4.77^{a}_{ns}ns	4.08^{a}_{ns}ns	4.01^{a}_{ns}ns	4.19^{a}_{ns}ns	3.98^{b}_{ns}ns	4.13^{b}_{ns}ns	4.27^{a}_{ns}ns
3	3.21^{b}_{ns}ns	3.23^{b}_{ns}ns	3.16^{b}_{ns}ns	3.71^{b}_{ns}ns	3.32^{b}_{ns}ns	3.28^{b}_{ns}ns	2.92^{b}_{ns}ns	3.03^{b}_{ns}ns	3.07^{b}_{ns}ns	3.25^{c}_{ns}ns	3.29^{c}_{ns}ns	3.09^{b}_{ns}ns
5	3.10^{b}_{ns}ns	3.22^{b}_{ns}ns	3.25^{b}_{ns}ns	3.35^{b}_{ns}ns	3.21^{b}_{ns}ns	3.12^{b}_{ns}ns	3.09^{b}_{ns}ns	2.82^{bc}_{ns}ns	2.76^{bc}_{ns}ns	2.95^{cd}_{ns}ns	2.75^{d}_{ns}ns	2.93^{bc}_{ns}ns
7	3.06^{b}_{ns}ns	2.96^{b}_{ns}ns	3.11^{b}_{ns}a	2.76^{bc}_{ns}ns	2.75^{b}_{ns}ns	2.81^{b}_{ns}b	2.56^{b}_{ns}ns	2.49^{bcd}_{ns}ns	2.42^{bc}_{ns}ns	2.50^{de}_{ns}ns	2.41^{d}_{ns}ns	2.37^{cd}_{ns}ns
14	2.98^{b}_{ns}ns	3.16^{b}_{ns}ns	2.91^{b}_{ns}ns	2.81^{bc}_{ns}ns	2.96^{b}_{ns}ns	2.63^{b}_{ns}ns	2.62^{b}_{ns}ns	2.18^{cd}_{ns}ns	1.96^{c}_{ns}ns	2.43^{de}_{ns}ns	2.28^{de}_{ns}ns	2.15^{d}_{ns}ns
21	1.82^{c}_{ns}ns	2.17^{c}_{ns}ns	1.79^{c}_{ns}ns	2.12^{c}_{ns}ns	1.73^{c}_{ns}ns	2.17^{b}_{ns}ns	1.78^{c}_{ns}ns	2.02^{d}_{ns}ns	1.80^{c}_{ns}ns	2.30^{e}_{ns}ns	1.91^{e}_{ns}ns	1.84^{d}_{ns}ns

อักษร $^{a-e}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{ns}$ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร a และ b แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

1% AA หมายถึง สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1%

ตารางที่ 12 ค่า (+) b ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	4 องศาเซลเซียส						อุณหภูมิห้อง					
	บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ			บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ		
	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA
0	2.17^{e}_{ns}ns	2.03^{e}_{ns}ns	2.15^{c}_{ns}ns	2.12^{e}_{ns}ns	2.17^{e}_{ns}ns	2.16^{e}_{ns}ns	2.29^{e}_{ns}ns	1.99^{c}_{ns}ns	2.13^{e}_{ns}ns	1.94^{d}_{ns}ns	2.08^{f}_{ns}ns	2.21^{e}_{ns}ns
1	2.50^{de}_{ns}ns	2.25^{de}_{ns}ns	2.78^{bc}_{ns}ns	2.72^{de}_{ns}ns	2.75^{de}_{ns}ns	2.83^{de}_{ns}ns	3.67^{d}_{ns}ns	2.75^{c}_{ns}ns	3.02^{d}_{ns}ns	3.09^{c}_{ns}ns	2.99^{e}_{ns}ns	3.22^{d}_{ns}ns
3	3.17^{cd}_{ns}ns	2.99^{c}_{ns}ns	2.94^{bc}_{ns}ns	3.34^{cde}_{ns}ns	3.41^{cde}_{ns}ns	3.27^{cd}_{ns}ns	4.18^{cd}_{ns}ns	4.26^{b}_{ns}b	3.84^{c}_{ns}ns	3.94^{bc}_{ns}ns	3.44^{de}_{ns}a	3.90^{cd}_{ns}ns
5	2.98^{cd}_{ns}ns	2.73^{cd}_{ns}ns	2.96^{bc}_{ns}ns	3.00^{cd}_{ns}ns	3.06^{cd}_{ns}ns	2.93^{d}_{ns}ns	3.88^{cd}_{ns}ns	4.22^{b}_{ns}ns	4.21^{c}_{ns}ns	3.78^{bc}_{ns}ns	3.93^{cd}_{ns}ns	3.96^{cd}_{ns}ns
7	3.52^{bc}_{ns}ns	3.27^{c}_{ns}b	3.63^{ab}_{ns}ns	3.72^{bc}_{ns}ns	3.57^{bc}_{ns}a	3.85^{bc}_{ns}ns	4.69^{bc}_{ns}ns	4.60^{b}_{ns}ns	4.49^{bc}_{ns}ns	4.39^{b}_{ns}ns	4.44^{bc}_{ns}ns	4.32^{bc}_{ns}ns
14	4.16^{b}_{ns}ns	4.12^{b}_{ns}ns	4.23^{a}_{ns}ns	4.12^{b}_{ns}ns	4.09^{b}_{ns}ns	4.35^{b}_{ns}ns	5.34^{b}_{ns}ns	4.88^{b}_{ns}ns	5.09^{ab}_{ns}ns	4.75^{b}_{ns}ns	5.09^{b}_{ns}ns	4.99^{b}_{ns}ns
21	4.94^{a}_{ns}ns	4.48^{a}_{ns}ns	4.47^{a}_{ns}ns	4.91^{a}_{ns}ns	5.24^{a}_{ns}ns	5.20^{a}_{ns}ns	6.29^{a}_{ns}ns	6.32^{a}_{ns}ns	5.49^{a}_{ns}ns	5.91^{a}_{ns}ns	6.07^{a}_{ns}ns	6.06^{a}_{ns}ns

อักษร $^{a\text{-}f}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{ns}$ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร a และ b แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

1% AA หมายถึง สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1%

ตารางที่ 13 ค่าการสูญเสียน้ำ (%) ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติก 1% นาน 2 วินาทีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและน้ำกลั่นที่สภาวะการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 21 วัน

ระยะเวลาการเก็บ (วัน)	4 องศาเซลเซียส						อุณหภูมิห้อง					
	บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ			บรรยากาศปกติ			สุญญากาศ		
	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA	ควบคุม	น้ำกลั่น	1% AA
0	$0.00^{g}{}_{b}$ns	$0.15^{g}{}_{b}$ns	$0.55^{g}{}_{a}$ns	$0.00^{g}{}_{b}$ns	$0.18^{g}{}_{b}$ns	$0.55^{g}{}_{a}$ns	$0.00^{g}{}_{b}$ns	$0.14^{g}{}_{b}$ns	$0.55^{g}{}_{a}$ns	$0.00^{g}{}_{b}$ns	$0.14^{g}{}_{b}$ns	$0.57^{g}{}_{a}$ns
1	$3.57^{f}{}_{c}$b	$3.27^{f}{}_{b}$ns	$3.90^{f}{}_{a}$ns	$3.88^{f}{}_{b}$a	$3.81^{f}{}_{b}$ns	$4.37^{f}{}_{a}$ns	$3.84^{f}{}_{b}$ns	$3.68^{f}{}_{b}$b	$4.15^{f}{}_{a}$b	$4.02^{f}{}_{b}$ns	$3.97^{f}{}_{b}$a	$4.60^{f}{}_{a}$a
3	$4.70^{e}{}_{b}$b	$4.79^{e}{}_{ab}$ns	$5.43^{e}{}_{a}$b	$4.97^{e}{}_{b}$a	$4.98^{e}{}_{b}$ns	$5.70^{e}{}_{a}$a	$5.34^{e}{}_{ns}$ns	$5.36^{e}{}_{ns}$ns	$5.80^{e}{}_{ns}$ns	$5.46^{e}{}_{ns}$ns	$5.44^{e}{}_{ns}$ns	$5.93^{c}{}_{ns}$ns
5	$6.50^{d}{}_{ns}$ns	$6.38^{d}{}_{ns}$ns	$6.86^{d}{}_{ns}$ns	$6.68^{d}{}_{ns}$ns	$6.71^{d}{}_{ns}$ns	$6.96^{d}{}_{ns}$ns	$7.27^{d}{}_{ns}$ns	$7.26^{d}{}_{ns}$ns	$7.49^{d}{}_{ns}$ns	$7.32^{d}{}_{ns}$ns	$7.62^{d}{}_{ns}$ns	$7.64^{d}{}_{ns}$ns
7	$8.60^{c}{}_{ns}$ns	$8.65^{c}{}_{ns}$ns	$8.72^{c}{}_{ns}$ns	$8.72^{c}{}_{ns}$ns	$8.78^{c}{}_{ns}$ns	$8.91^{c}{}_{ns}$ns	$9.60^{c}{}_{ns}$ns	$9.59^{c}{}_{ns}$ns	$9.71^{c}{}_{ns}$ns	$9.70^{c}{}_{ns}$ns	$9.71^{c}{}_{ns}$ns	$9.86^{c}{}_{ns}$ns
14	$11.20^{b}{}_{ns}$b	$11.12^{b}{}_{ns}$ns	$11.41^{b}{}_{ns}$ns	$11.91^{b}{}_{ns}$a	$11.88^{b}{}_{ns}$ns	$12.02^{b}{}_{ns}$ns	$11.82^{b}{}_{ns}$b	$11.85^{b}{}_{ns}$ns	$12.07^{b}{}_{ns}$ns	$12.07^{b}{}_{ns}$a	$12.01^{b}{}_{ns}$ns	$12.84^{b}{}_{ns}$ns
21	$13.99^{a}{}_{ns}$b	$14.10^{a}{}_{ns}$ns	$14.26^{a}{}_{ns}$ns	$14.74^{a}{}_{ns}$a	$14.16^{a}{}_{ns}$ns	$14.67^{a}{}_{ns}$ns	$15.29^{a}{}_{ns}$ns	$15.28^{a}{}_{ns}$ns	$15.47^{a}{}_{ns}$ns	$15.87^{a}{}_{ns}$ns	$15.80^{a}{}_{ns}$ns	$15.91^{a}{}_{ns}$ns

อักษร $^{a-g}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในคอลัมน์เดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{a-b}$ แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร $_{ns}$ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแถวเดียวกันของการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร a และ b แสดงความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

อักษร ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการบรรจุแบบปกติและสุญญากาศในระยะเวลาการเก็บเดียวกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P > 0.05$)เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

1% AA หมายถึง สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1%

ตารางที่ 14 คะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเทคนิค QDA ของเนื้อสุกรสดที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกเป็นเวลา 2 วินาที เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มทดลอง	สี	กลิ่นเนื้อสุกร	กลิ่นกรดอะซิติก	ความฉ่ำน้ำ	การยอมรับโดยรวม
ควบคุม	5.29^{ns}	5.97^{ns}	0.51^{ns}	5.96^{ns}	7.03^{ns}
2 วินาที	4.87^{ns}	5.61^{ns}	0.98^{ns}	6.04^{ns}	6.81^{ns}

อักษร ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

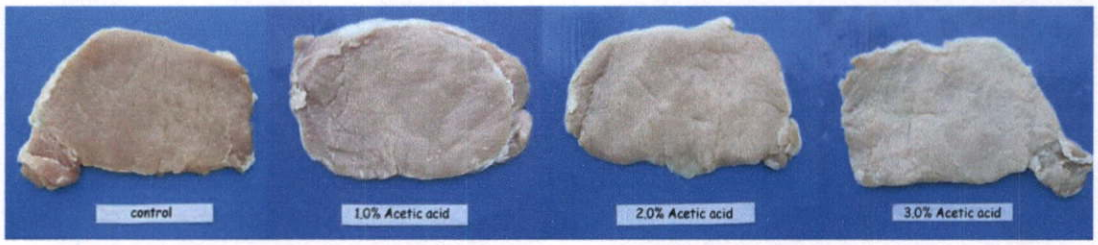
ตารางที่ 15 คะแนนการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยเทคนิค QDA ของเนื้อสุกรต้มสุก จากที่ผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกเป็นเวลา 2 วินาที เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มทดลอง	สี	กลิ่นเนื้อสุกร	กลิ่นกรดอะซิติก	ความเหนียว	รสเปรี้ยว	การยอมรับโดยรวม
ควบคุม	3.04^{ns}	6.32^{ns}	0.15^{ns}	5.16^{ns}	0.60^{ns}	6.78^{ns}
2 วินาที	2.86^{ns}	6.15^{ns}	0.32^{ns}	5.37^{ns}	0.66^{ns}	6.59^{ns}

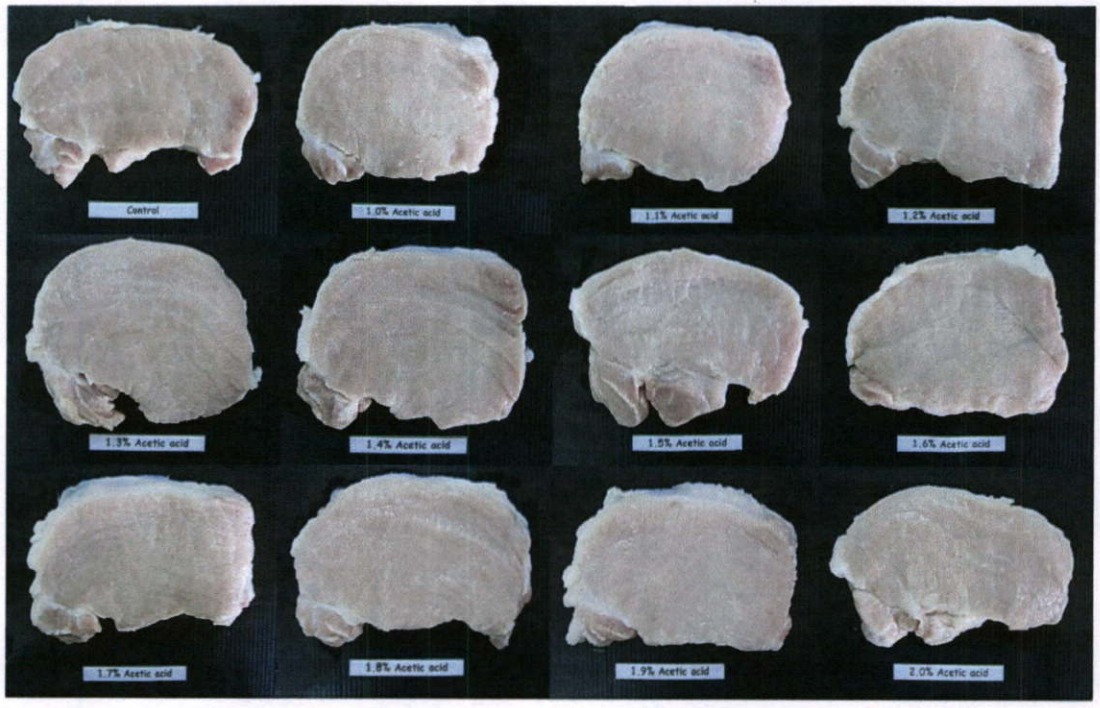
อักษร ^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบโดย DMRT

ภาคผนวก จ

ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสุกรสด



ภาพที่ จ.1 เนื้อสุกรสดหลังผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้น 1% 2% และ 3% เป็นเวลา 2 นาที เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม



ภาพที่ จ.2 เนื้อสุกรสดหลังผ่านการจุ่มในสารละลายกรดอะซิติกที่ความเข้มข้น 1%-2% เป็นเวลา 1 นาที

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาวนุชนภางค์ กุดแก้ว

วันเกิด วันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดสระบุรี

ประวัติการศึกษา

2547- 2551 เข้าศึกษาและสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2542-2545 เข้าศึกษาและสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี