การใช้สารต่อต้านอนุมูลอิสระเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมูสด

APPLICATION OF ANTIOXIDANT FOR FRESH PORK SHELF-LIFE PROLONGATION

มีนา ชูโชติ
MEENA CHUCHOTE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2546

ISBN 974-324-547-2

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การใช้สารต่อต้านอนุมูลอิสระเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมูสด

APPLICATION OF ANTIOXIDANT FOR FRESH PORK SHELF-LIFE PROLONGATION

T049624

มีนา ชูโชติ

MEENA CHUCHOTE

เลขหมู่....................................
เลขทะเบียน 49624
วัน, เดือน, ปี 25 ก.พ. 2547

.b....................................
.i....................................

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2546

ISBN 974-324-547-2

APPLICATION OF ANTIOXIDANT FOR FRESH PORK SHELF-LIFE PROLONGATION

MEENA CHUCHOTE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN BIOTECHNOLOGY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2003

ISBN 974-324-547-2

COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADEUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้สารต่อต้านอนุมูลอิสระเพื่อยืดอายุการเก็บเนื้อหมูสด

APPLICATION OF ANTIOXIDANT FOR FRESH PORK SHELF-LIFE PROLONGATION

ชื่อนักศึกษา นางสาวมีนา ชูโชติ

รหัสประจำตัว 41065212

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.เรียม เตชะโสภณมณี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		**ลายมือชื่อ**
รศ.ดร.พรรณี	ฐิตาภิชิต	
ผศ.ดร.เรียม	เตชะโสภณมณี	
รศ.ดร.ชัยณรงค์	คันธพนิต	
รศ.สุขใจ	ชูจันทร์	สุขใจ ชูจันทร์

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 7 พฤษภาคม 2546 เวลา 10.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ อาคารจุฬาภรณวลัยลักษณ์ 1 ชั้น 4 ห้อง 424

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....29.....เดือน.....พฤษภาคม.....พ.ศ.....2546.....

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้สารต่อต้านอนุมูลอิสระเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมูสด
นักศึกษา	นางสาวมีนา ชูโชติ
รหัสประจำตัว	41065212
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวภาพ
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.เรียม เตชะโสภณมณี

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการเก็บรักษาเนื้อหมูสดที่อุณหภูมิ 0-4 ^{0}C ให้ยังคงความสดและไม่เน่าเสีย เป็นเวลานานกว่าปกติ (3-6 วัน) ภายใต้สภาวะการทดลองคือใช้บรรจุภัณฑ์แบบใส่ในถาดโฟมปิดด้วยฟิล์ม ใช้สารต้านอนุมูลอิสระซึ่งได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร และทำการประเมินคุณภาพในด้านจุลชีววิทยาและทางด้านกายภาพในช่วงระยะเวลาที่เก็บ 7 วัน จากการวิจัยพบว่าเนื้อหมูสดสามารถเพิ่มอายุการเก็บรักษาได้สูงสุด คือ 11 วัน เมื่อใช้วิตามินอี 0.1%ผสมสารสกัดว่านหางจระเข้ 0.625% (น้ำหนักต่อปริมาตร) นอกจากนี้เนื้อหมูสามารถเก็บรักษาได้ 10, 9, 8 และ 7 วันเมื่อใช้วิตามินอี 0.1%ผสมสารสกัดพรุน 10% (น้ำหนักต่อปริมาตร) วิตามินอี 0.1%ผสมสารสกัดมังคุด 1.25% (น้ำหนักต่อปริมาตร) สารสกัดว่านหางจระเข้ 0.625% (น้ำหนักต่อปริมาตร) วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน 1% (น้ำหนักต่อปริมาตร) สารสกัดพรุน 10% (น้ำหนักต่อปริมาตร) วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate 0.1% (น้ำหนักต่อปริมาตร) สารสกัดมังคุด 1.25% (น้ำหนักต่อปริมาตร) ตามลำดับ

Thesis Title	Application of Antioxidant for Fresh Pork Shelf-Life Prolongation
Student	Miss Meena Chuchote
Student ID.	41065212
Degree	Master of Science
Program	Biotechnology
Year	2003
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Ream Techasoponmani

ABSTRACT

This research project aim to study the method of fresh pork preservetion in order to have a longer shelf-life than 3-6 days at 0-4^{0}C under experimental conditions. The studied condition were using packaging i.e., shrink over wrapping on packaging and using antioxidant i.e., tocopherol in form of sunflower oil and D-alpha-tocopheryl acetate,alone and in combination with mangosteen extract, prunes extract and aloe extract as control sample. The microbilogy and physiology were evaluated during the storage of 7 days. Addition of D-alpha-tocopheryl acetate 0.1% (W/V) to aloe extract 0.625% (W/V) were the most effective in extending the shelf-life of pork for 11 days, followed 10, 9, 8 and 7 days by using D-alpha-tocopheryl acetate 0.1% (W/V) and prunes extract 10% (W/V), D-alpha-tocopheryl acetate 0.1%(W/V) and mangosteen extract 1.25%(W/V), aloe extract 0.625% (W/V) alone, tocopherol in form of sunflower oil (1%) , alone prunes extract 10% (W/V), D-alpha-tocopheryl acetate 0.1% (W/V) and alone mangosteen extract 1.25%(W/V) respectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาในทุกด้านและเป็นผู้ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ รวมทั้งตรวจทานและแก้ไขจนกระทั่งเป็นวิทยานิพนธ์ที่ถูกต้องสมบูรณ์จากท่านอาจารย์ ผศ.ดร.เรียม เตชะโสภณมณี ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์รศ.ดร. พรรณี ฐิตาภิชิต, รศ.ดร. ชัยณรงค์ คันธพนิต และ รศ. สุขใจ ชูจันทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจทานและแก้ไขจนกระทั่งเป็นวิทยานิพนธ์ที่ถูกต้องสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อชูชีพและคุณแม่สุดารัตน์ ชูโชติ ที่ให้การสนับสนุนทางด้านกำลังทรัพย์ รวมทั้งเป็นกำลังใจอันยิ่งใหญ่แก่ลูกคนนี้

ขอขอบคุณ ภญ.ดาวจันทร์และดาวศุกร์ ชูโชติ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือทางด้านข้อมูลทางวิชาการ และช่วยเหลือในการทำวิจัย

ขอขอบคุณคุณชาญสิทธิ์ สุขชุ่ม ที่ให้การช่วยเหลือในการทำวิจัยทั้งแรงกายแรงใจซึ่งทำให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณความมีน้ำใจของพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ นักศึกษาที่ให้การช่วยเหลือในการทำวิจัยซึ่งทำให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไป

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านตลอดจนผู้ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

มีนา ชูโชติ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.. I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.. II

กิตติกรรมประกาศ.. III

สารบัญ.. IV

สารบัญตาราง.. VIII

สารบัญรูป.. XII

บทที่ 1 บทนำ.. 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.. 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.. 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..3

2.1 ส่วนประกอบทางโภชนาการของเนื้อสัตว์..3

2.1.1 โปรตีน..3

2.1.2 ไขมัน.. 4

2.1.3 วิตามิน.. 5

2.1.4 แร่ธาตุ.. 5

2.2 ขั้นตอนการฆ่าสัตว์.. 6

2.2.1 การฆ่าสัตว์ในโรงฆ่ามาตรฐานสากล 8

2.2.2 การฆ่าสัตว์ในโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานสากล 13

2.3 การตัดแต่งซาก.. 18

2.4 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อหมูหลังการชำแหละ.. 20

2.4.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายหลังสัตว์ตาย.. 20

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายหลังสัตว์ตาย.. 22

2.5 คุณภาพของเนื้อสัตว์..23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.1 คุณสมบัติต่างๆที่เป็นส่วนประกอบให้เนื้อมีคุณภาพเป็นที่พึงประสงค์………………………………………… 23

2.6 การบรรจุเนื้อหมูเพื่อจำหน่ายในปัจจุบัน……………………………28

2.6.1 การบรรจุเนื้อเพื่อการจำหน่าย ………………………………..28

2.7 การเสื่อมเสียของเนื้อหมู………………………………………31

2.7.1 การเสื่อมเสียทางกายภาพ……………………………………31

2.7.1 การเสื่อมเสียทางเคมี…………………………………………33

2.7.1 การเสื่อมเสียทางจุลชีววิทยา…………………………………33

2.8 การถนอมรักษาเนื้อสัตว์……………………………………..39

2.8.1 การใช้บรรจุภัณฑ์……………………………………………40

2.8.2 การแปรรูป…………………………………………………41

2.8.3 วัตถุกันหืน…………………………………………………42

2.3.4 สารสกัดสมุนไพร……………………………………………...46

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย………………………………………….56

3.1 แหล่งของเนื้อหมู…………………………………………………..56

3.2 แหล่งของสารต่อต้านอนุมูลอิสระเพื่อกันหืน………………………….. 56

3.3 สารสกัดสมุนไพร……………………………………………..…57

3.3.1 วิธีการเตรียมสารสกัดเปลือกมังคุด……………………………57

3.3.2 วิธีการเตรียมสารสกัดว่านหางจระเข้…………………………57

3.3.3 วิธีการเตรียมสารสกัดข่า……………………………………58

3.3.4 วิธีการเตรียมสารสกัดบัวบก…………………………………59

3.3.5 วิธีการเตรียมสารสกัดพรุน…………………………………59

3.4 อุปกรณ์ทั่วไปที่ใช้ในการวิจัย…………………………………….60

3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย……………………………………………61

บทที่ 4 ผลการวิจัย………………………………………………………..65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาความแตกต่างของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมู.. 65

4.1.1 ศึกษาความแตกต่างของของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูต่างๆที่ยังคงความสดและคงลักษณะที่พึงประสงค์ไว้ได้..65

4.2 ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูสด.. 71

4.2.1 แหล่งของหมูที่มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษา............................. 71

4.2.2 ลักษณะทางกายภาพและจำนวนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อหมูเน่าเสียจากเนื้อหมูที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองที่ 4.2.1.. 72

4.2.3 ศึกษาชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อหมูเน่าเสีย.................86

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดสมุนไพรเพื่อใช้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อเน่าเสีย...92

4.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาการใช้สารต้านอนุมูลอิสระร่วมกับสารสกัดสมุนไพรที่เหมาะสมโดยใช้ในระดับต่ำเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพ....................97

4.4.1 การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาจากเนื้อหมูที่ใช้สารเปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ใช้สาร...97

4.4.2 การศึกษาคะแนนเฉลี่ยด้านสี กลิ่น รสชาติ และเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูของเนื้อหมูที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระร่วมกับสารสกัดสมุนไพร..112

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการวิจัย…………………………………………………………...119

5.1 ศึกษาความแตกต่างของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมู...119

5.2 ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูสด...119

5.2.1 ระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูสด.. 119

5.2.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและจำนวนของจุลินทรีย์ที่

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ทำให้เนื้อหมูเน่าเสียจากเนื้อหมูที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองที่ 5.2.1......120

5.3 ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดสมุนไพรเพื่อใช้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อเน่าเสีย......121

5.4 ศึกษาการใช้สารต้านอนุมูลอิสระร่วมกับสารสกัดสมุนไพรที่เหมาะสมโดยใช้ในระดับต่ำเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพโดยเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมู......122

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ......124

6.1 สรุป......124

6.2 ข้อเสนอแนะ......124

เอกสารอ้างอิง......126

ภาคผนวก ก......136

ภาคผนวก ข......142

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงปริมาณวิตามินบี 1 บี 2 และไนอะซิน ที่พบในเนื้อสัตว์ 5

2.2 แสดงส่วนประกอบแร่ธาตุของเนื้อสัตว์...6

2.3 แสดงเปรียบเทียบการฆ่าในโรงฆ่ามาตราฐานสากลและโรงฆ่าไม่ได้
มาตราฐานสากล..18

2.4 แสดงชิ้นส่วนต่างๆ และปริมาณ คิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซาก....................19

2.5 แสดงเปรียบเทียบการชำแหละในโรงฆ่ามาตราฐานสากลและโรงฆ่าไม่ได้
มาตราฐานสากล..19

2.6 แสดงปริมาณสารน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อสัตว์ก่อน
และหลังการแข็งตัวของกล้ามเนื้อ..23

2.6 แสดงปริมาณ α-tocopherol ในอาหารบางชนิด..48

3.1 แสดงปริมาณสารสกัดที่ได้จากสมุนไพรแต่ละชนิด.. 63

4.1 แสดงเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูจากบรรจุภัณฑ์
ชนิดต่างๆที่ยังคงความสดและคงลักษณะที่พึงประสงค์ไว้ได้..66

4.2 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์
ชนิดต่างๆในวันที่ 0..67

4.3 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์
ชนิดต่างๆในวันที่ 1..67

4.4 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์
ชนิดต่างๆในวันที่ 2..68

4.5 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์
ชนิดต่างๆในวันที่ 3..68

4.6 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์
ชนิดต่างๆในวันที่ 4..69

4.7 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์
ชนิดต่างๆในวันที่ 5..69

4.8 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์
ชนิดต่างๆในวันที่ 6..70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.9 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆในวันที่ 7 70

4.10 แสดงเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูจากแหล่งต่างๆ 71

4.11 แสดงลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูธรรมดา หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ วันที่ 0 75

4.12 แสดงลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูธรรมดา หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ วันที่ 1 76

4.13 แสดงลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูธรรมดา หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ วันที่ 2 77

4.14 แสดงลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูธรรมดา หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ วันที่ 3 78

4.15 แสดงลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูธรรมดา หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ วันที่ 4 79

4.16 แสดงลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูธรรมดา หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ วันที่ 5 80

4.17 แสดงลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูธรรมดา หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ วันที่ 6 81

4.18 แสดงลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูธรรมดา หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ วันที่ 7 82

4.19 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ (ลอการิทึมต่อกรัม) จองเนื้อหมูธรรมดา หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา 87

4.20 แสดงชนิดและเปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์บนเนื้อหมูเฟรชมีทธรรมดา หมูเฟรชมีทปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 0 89

4.21 แสดงชนิดและเปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์บนเนื้อหมูเฟรชมีทธรรมดา หมูเฟรชมีทปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ในวันที่ 2 90

4.22 แสดงชนิดและเปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์บนเนื้อหมูเฟรชมีทธรรมดา หมูเฟรชมีทปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่เสีย 91

4.23 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดข่าที่สกัดด้วยเอทานอล 93

4.24 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดข่าที่สกัดด้วยน้ำ 93

4.25 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอล 94

4.26 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดบัวบกที่สกัดด้วยน้ำ 94

4.27 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดมังคุดที่สกัดด้วยเอทานอล 94

4.28 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดมังคุดที่สกัดด้วยน้ำ 95

4.29 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดมังคุดที่สกัดด้วยน้ำ อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส 95

4.30 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดว่านหางจระเข้ที่สกัดด้วยน้ำ 95

4.31 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดพรุนที่สกัดด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิห้อง 96

4.32 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดพรุนที่สกัดด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 96

4.33 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดพรุนที่สกัดด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส 96

4.34 แสดงเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพร ซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร 99

4.35 แสดงปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพร

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สารในวันที่ 0..................................... 101

4.36 แสดงปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพจากเนื้อหมูปลอดสาร ที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพร ซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สารในวันที่ 2.....................................102

4.37 แสดงปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพจากเนื้อหมูปลอดสาร ที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพร ซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สารในวันที่ 4.....................................103

4.38 แสดงปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพจากเนื้อหมูปลอดสาร ที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพร ซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สารในวันที่ 7.....................................104

4.39 แสดงเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพร ซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร 117

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า
2.1 แสดงการผลิตเนื้อสุกรจากโรงฆ่ามาตราฐาน.......7
2.2 แสดงการทำให้สัตว์สลบ.......8
2.3 แสดงการแทงคอเอาเลือดออก.......9
2.4 แสดงการลอกซากและขูดขน.......10
2.5 แสดงการเอาอวัยวะภายในออก.......11
2.6 แสดงการแบ่งซากออกเป็น 2 ซีก.......12
2.7 แสดงการชั่งน้ำหนักและลดอุณหภูมิ.......12
2.8 แสดงการจับสัตว์เพื่อฆ่า.......13
2.9 แสดงการแทงคอเอาเลือดออก.......14
2.10 แสดงการลวกซาก.......14
2.11 แสดงการขูดขน.......15
2.12 แสดงการล้างซาก.......15
2.13 แสดงการเอาอวัยวะภายในออก.......16
2.14 แสดงการแบ่งซากออกเป็น 2 ซีก.......17
2.15 แสดงเปรียบเทียบการชำแหละในโรงฆ่ามาตราฐานสากลกับโรงฆ่าไม่ได้มาตราฐานสากล.......20
2.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ.......25
2.17 แสดงโครงสร้างของ alpha-tocopherol.......44
2.18 แสดงว่านหางจระเข้.......47
2.19 แสดงข่า.......50
2.20 แสดงมังคุด.......52
2.21 แสดงบัวบก.......54

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การถนอมหรือการเก็บรักษาอาหารให้คงความสดใหม่ มีรสชาติไม่เปลี่ยนแปลง เก็บไว้บริโภคได้ในระยะเวลานานพอ นับเป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์มาก ไม่เพียงแต่เป็นการเอื้อประโยชน์ให้แก่ผู้บริโภคเท่านั้น แต่ยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตให้แก่ อุตสาหกรรมอาหารที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่ทรัพยากรธรรมชาติได้อีกทางหนึ่งด้วย

วิธีถนอมอาหารที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารส่วนมาก ได้แก่การใช้ความร้อน การลดอุณหภูมิให้ต่ำลง และการเติมสารกันบูดลงในอาหาร[1] ซึ่งบางครั้งจำเป็นต้องใช้สารเคมีร่วมกันหลายๆชนิด โดยมีจุดประสงค์ที่สำคัญคือ ต้องการลดปริมาณจุลินทรีย์ในอาหารลงให้มากที่สุด หรือชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรย์ที่ปนเปื้อนในอาหารนั้นให้มากที่สุด เพื่อที่อาหารนั้นจะได้เก็บไว้ได้นานขึ้น แต่ข้อเสียของวิธีดังกล่าวคือ อาหารอาจมีรสชาติเปลี่ยนไป และบางครั้งอาจเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีด้วยกัน [1] ทำให้อาหารนั้นมีคุณสมบัติผิดแผกจากธรรมชาติไปโดยสิ้นเชิง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารประเภทเนื้อสัตว์ไม่แปรรูป เช่นเนื้อหมูสดเป็นต้น การให้ความร้อนสูงๆไม่สามารถทำได้เพราะจะทำให้เนื้อหมูสุก การแช่แข็งอาจชะลออายุเนื้อหมูให้เสียหรือเน่าช้าลงในระดับหนึ่ง แต่การแช่แข็งทำให้เนื้อหมูสูญเสียความชื้น โปรตีนบางชนิดถูกทำลาย หรือมีการเปลี่ยนแปลง สีซีดลง ค่าพีเอชของเนื้อหมูต่ำลง และที่สำคัญที่สุดคือ ไม่สามารถนำไปแปรรูปให้ได้คุณภาพตามต้องการ วิธีการนำเสนอเนื้อหมูแช่แข็งไม่เหมาะสมในเชิงพานิชย์ การนำไปบริโภคไม่มีความไม่สะดวก นอกจากนั้นยังเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานเกินความจำเป็น ทำให้ทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ไม่เหมาะสมสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาและขาดแคลนพลังงาน เช่นประเทศไทย

อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีชีวภาพในปัจจุบันได้เจริญรุดหน้าไป เทคนิคทางพันธุวิศวกรรมทำให้ได้มีการคัดเลือกสายพันธุ์สัตว์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการได้ นอกจากนั้นการฝากครรภ์ตัวอ่อนในแม่โคที่คัดเลือกสายพันธุ์สามารถส่งผลให้ เทคโนโลยีการผลิตสัตว์รวดเร็วขึ้น และในอนาคตอาจทำให้เนื้อสัตว์ล้นตลาดได้ ถ้าขาดการค้นคว้าวิจัยด้านการแปรรูปที่มีประสิทธิภาพรองรับ ดังนั้นการเก็บรักษาเนื้อหมูสดให้ได้คงความสดในเวลายาวนานขึ้น จึงเป็นวิธีการที่สอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ให้ประสบผลสำเร็จอย่างสมบูรณ์ และเป็นแนวทางการพัฒนาเพื่อการส่งออกเนื้อหมูสดไปยังตลาดต่างประเทศได้อีกด้วย

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาสาเหตุของการเสื่อมสภาพของเนื้อหมูสด ที่เก็บภายใต้สภาวะปกติ ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

1.2.2 ศึกษาถึงอิทธิพลของการใช้สารต่อต้านอนุมูลอิสระ d-α-tocopherol และ สารสกัดสมุนไพรได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุน และสารสกัดว่านหางจระเข้ที่มีผลต่อการเก็บรักษาความสดของเนื้อหมู

1.2.3 เปรียบเทียบความแตกต่างคุณภาพเนื้อหมูที่ได้จากการทดลองทั้งทางกายภาพ เคมี ตลอดจนปริมาณจุลินทรีย์ที่พบกับเนื้อหมูสดที่ไม่ได้รับการทดลอง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

เป็นการวิจัยในคุณภาพของเนื้อหมูสดทั้งทางกายภาพ เคมี และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เปลี่ยนไป หลังจากได้รับการทดลองด้วยสารต่อต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติคือ d-α- tocopherol นอกจากนั้นยังทำการศึกษาประโยชน์ของการปรับปรุงวิธีบรรจุภัณฑ์ โดยมีจุดมุ่งหมายให้เนื้อหมูสดนั้นคงคุณภาพที่สด และสามารถนำไปแปรรูปได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส ได้นานกว่า 3 วัน โดยคงไว้ซึ่งรสชาติ คุณค่าทางโภชนาการ สี การสลายของโปรตีนและน้ำ ความยืดหยุ่นของเนื้อหมูที่มีต่อคุณภาพในการนำไปแปรรูป ตลอดจนปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อหมู

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการเก็บรักษาเนื้อหมูสดให้สอดคล้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

1.4.2 เป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่ทรัพยากรในประเทศ เพราะเป็นแนวทางเชิงพานิชย์ให้มีการส่งออกเนื้อสัตว์ไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้สะดวกขึ้น

1.4.3 ช่วยลดต้นทุนการผลิตในด้านอุตสาหกรรมอาหารที่มีการแปรรูปเนื้อหมู เพราะสามารถเก็บรักษาวัตถุดิบให้มีคุณภาพได้นานขึ้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ส่วนประกอบทางโภชนาการของเนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์ หมายความถึงกล้ามเนื้อโดยเฉพาะจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยเป็นส่วนของกล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal muscle) ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และชีวเคมีเกิดขึ้นภายหลังจากสัตว์ตายแล้ว คำว่ากล้ามเนื้อและเนื้อสัตว์สามารถใช้แทนที่ซึ่งกันและกันได้ โดยกรณีที่กล่าวถึงกล้ามเนื้อจะเป็นช่วงที่เนื้อสัตว์ยังมีชีวิต และมีบทบาทในการทำงานอยู่ในตัวสัตว์ แต่ถ้ากล่าวถึงเนื้อสัตว์จะหมายถึงกล้ามเนื้อที่ได้จากสัตว์ ภายหลังจากที่สัตว์ตายแล้ว เช่น เนื้อจากโค กระบือ สุกร แพะ แกะ ไก่ และอื่นๆ

2.1.1 โปรตีน

โปรตีนในเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่จะได้จากกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทั้งนี้โดยปริมาณมากที่สุดนั้นจะอยู่ในเส้นใยย่อย (Myofibril) ซึ่งเป็นเส้นใยขนาดเล็กมากที่อัดอยู่ในเซลล์ หรือที่เรียกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber) โปรตีนเหล่านี้จึงเรียกชื่อรวมว่า โปรตีนเส้นใยย่อย (Myofibrillar protein) กลุ่มของโปรตีนที่มีจำนวนมากถัดไปเรียกว่า โปรตีนซาร์โคปลาสมิก (Sarcoplasmic protein) ซึ่งก็หมายถึงโปรตีนที่ห่อหุ้มรอบๆเส้นใยย่อยภายในเส้นใยกล้ามเนื้อนั้นเอง โปรตีนในกลุ่มนี้จะประกอบไปด้วย สารย่อยต่างๆของกล้ามเนื้อและไมโอโกลบิน (Myoglobin) กลุ่มโปรตีนในปริมาณมากถัดไปอีกก็คือ กลุ่มโปรตีนจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันซึ่งก็จะประกอบไปด้วยคลอลาเจน (Collagen) เป็นส่วนใหญ่ โดยมีอิลาสติน (Elastin) รวมอยู่ด้วยในปริมาณต่ำ ถึงแม้ว่าในกล้ามเนื้อดิบนั้นจะมีโปรตีนอยู่ประมาณ 18-22 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณนี้อาจปรวนแปรได้ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ชนิดต่างๆ ทั้งนี้ก็เพราะปริมาณไขมันที่มีอยู่เป็นตัวแปรสำคัญ แต่อย่างไรก็ตาม นับได้ว่าเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์สามารถให้ปริมาณโปรตีนแก่มนุษย์ได้ตามปริมาณที่ต้องการค่อนข้างสูง ดังที่แนะนำไว้โดย US Food and Nutrition Board ของสภาการวิจัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา ซึ่งแนะนำไว้สำหรับคนที่กำลังอยู่ในวัยหนุ่มสาวว่าต้องการโปรตีนประมาณ 56 กรัมต่อวันนั้น เนื่องจากคนเราไม่สามารถเก็บรักษาโปรตีนไว้เป็นปริมาณมากๆแล้วจึงค่อยดึงออกมาใช้ทีละวันๆได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องบริโภคโปรตีนเข้าไปทุกวัน และในที่นี้ถ้าพิจารณาจากเนื้อสัตว์ที่บริโภคประมาณ 100 กรัมต่อวัน ซึ่งเท่ากับว่าได้รับโปรตีน 45-55 เปอร์เซ็นต์ของความต้องการต่อวันนั่นเอง อย่างไรก็ตาม ในอาหารของคนไทยนั้น นอกจากเนื้อสัตว์แล้ว

เรายังนิยมบริโภคกุ้ง หอย ปู ปลากันเป็นประจำอีกด้วย จึงน่าจะใกล้เคียงกับความต้องการของร่างกาย

นอกเหนือไปจากที่เนื้อ และผลิตภัณฑ์สามารถให้โปรตีนแก่มนุษย์แล้ว โปรตีนจากเนื้อสัตว์เหล่านี้ยังนับได้ว่าเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูงอีกด้วย โปรตีนคุณภาพสูงหมายถึง โปรตีนที่มีกรดอะมิโนจำเป็นครบถ้วนตามความต้องการของร่างกายมนุษย์ และยังมีคุณสมบัติที่ถูกย่อยได้สูงและร่างกายสามารถดูดซึมเอาไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายอีกด้วย กรดอะมิโนคือ หน่วยย่อยที่จำเป็นในการสร้างตัวไปเป็นโปรตีน และกรดอะมิโนจำเป็นก็หมายถึง กรดอะมิโน 8 กรด ซึ่งร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาเองได้ กรดเหล่านี้ได้แก่ Phenylalanine, Isoleucine, Leucine, Valine, Threonine, Methionine, Tryptophan และ Lysine ผลิตผลที่ได้จากสัตว์ส่วนใหญ่ได้แก่ เนื้อนม และไข่จะมีกรดอะมิโนเหล่านี้ครบถ้วนและจึงมีคุณค่าสูง แต่ในทางตรงกันข้ามโปรตีนจากพืชและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของสัตว์จะมีคุณค่าต่ำ ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์บางชนิดที่มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในอัตราส่วนที่สูงจึงมักจะมีคุณค่าต่ำ ทั้งนี้เพราะมีอัตราส่วนของกรดอะมิโนไม่จำเป็นสูง กรดอะมิโนเหล่านี้ได้แก่ Glycine, Proline และ Hydroxyproline นั่นเอง

นอกเหนือไปจากโปรตีน เนื้อสัตว์ยังมีพวก Nonprotein nitrogenous compound ได้แก่ กรดอะมิโนอิสระ Simple peptide, Amine, Amide และ Creatine ซึ่งถึงแม้ว่าสารเหล่านี้จะไม่ได้มีส่วนสำคัญต่อคุณค่าทางอาหารโดยตรงก็ตาม แต่สารเหล่านี้ก็ยังเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่ร่างกายสามารถจะนำมาประกอบในการสังเคราะห์กรดอะมิโนและโปรตีนได้เองด้วย

2.1.2 ไขมัน

ไขมันในเนื้อสัตว์โดยทั่วๆไปแล้วถือว่าเป็นพวกที่มีปริมาณปรวนแปรที่สุด ปริมาณของไขมันจะขึ้นอยู่กับเนื้อว่ามาจากส่วนไหนของซาก หรือมิเช่นนั้นก็จะขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันที่ห่อหุ้มหรือปะปนอยู่ในเนื้อมากน้อยเพียงใด ตัวอย่างเช่น เนื้อสันล้วนๆ เมื่อเปรียบเทียบกับสามชั้นก็ย่อมจะมีความแตกต่างในปริมาณไขมันอย่างเห็นได้ชัด สำหรับส่วนประกอบของไขมันที่เกี่ยวข้องได้แก่ ไตรกลีเซอรอล , Phospholipids และ Cholesterol และวิตามินละลายในไขมันอีกจำนวนหนึ่ง ทั้งนี้โดยคุณค่าทางพลังงานของไขมันในเนื้อสัตว์จะเนื่องมาจากการมีกรดไขมันในไตรกลีเซอรอล และ Phospholipids

กรดไขมันในไตรกลีเซอรอลของเนื้อสัตว์นั้นส่วนใหญ่จะเป็นประเภทอิ่มตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าจะเปรียบเทียบกับไขมันจากพืช ซึ่งก็ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของน้ำมัน ทั้งนี้เพราะมีอัตราส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในปริมาณที่สูงนั่นเอง ในไขมันของเนื้อสัตว์นั้นเฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีอยู่ในปริมาณสูงมากกว่านั้นก็จะเป็นพวกกรดไขมันอิ่มตัวซึ่งก็ได้แก่ กรด Palmitic และ Stearic ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าไขมันของเนื้อสัตว์และไขมันสัตว์นั้นเป็นประเภทไขมันอิ่มตัว ส่วนไขมันจากพืชซึ่งก็คือน้ำมันพืชเป็นประเภทไม่อิ่มตัวหรือประเภท Polyunsaturated fat (Double bond มากกว่า 1ต่อโมเลกุลกรดไขมัน)

ไขมันจากสัตว์นั้นจะมีปริมาณกรดไขมันจำเป็นอยู่อย่างพอเพียงในการบริโภคครั้งหนึ่งๆ ของมนุษย์ ทั้งนี้เพราะความต้องการของร่างกายจะมีอยู่เพียงจำนวนน้อยเท่านั้น และด้วยเหตุนี้ในการบริโภคเนื้อสัตว์ โดยตัดเลาะเอาไขมันหุ้มออก ร่างกายก็จะได้รับกรดไขมันจำเป็นอย่างพอเพียงจากไขมันที่มีปนอยู่ภายในเนื้อ หรือที่เรียกว่า Intramuscular fat และกรดไขมันจำเป็นเหล่านี้ได้แก่ Linoleic กับ Arachidonic ส่วนกรด Linolenic นั้นยังไม่ทราบแน่ชัดว่าจะจัดอยู่ในพวกนี้ด้วยได้หรือไม่อย่างไร

2.1.3 วิตามิน (vitamin)

เนื้อสัตว์เป็นแหล่งที่ดีของวิตามินบีคอมแพล็กซ์ (B-complex) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไทอะมีน (thiamine) ไรโบฟลาวิน (riboflavin) ไนอะซิน (niacin) วิตามินบิน 6 และไวตามินบี 12 ปริมาณวิตามินบีที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อสัตว์ มีปริมาณแตกต่างกันไป มีผลเนื่องมาจากชนิดสัตว์ และชนิดของกล้ามเนื้อในสัตว์ชนิดเดียวกัน และมีผลเนื่องมาจากสายพันธุ์ อายุ เพศ และสุขภาพของสัตว์ขณะมีชีวิต ปริมาณไวตามินที่มีอยู่ในเนื้อสุกรและเนื้อไก่ มีผลโดยตรงมาจากอาหารที่ใช้เลี้ยง ส่วนในเนื้อโคและแกะไม่มีผล ทั้งนี้เนื่องมาจากเป็นสัตว์มีกระเพาะเคี้ยวเอื้อง ซึ่งมีจุลินทรีย์ภายในที่สามารถสังเคราะห์ไวตามินบี และสารอื่นๆที่ไม่มีอยู่ในอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ได้ ปริมาณวิตามินที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ชนิดต่างๆแสดงดังตารางที่ 2.1 และปริมาณวิตามินที่พบในเนื้อสดเมื่อนำไปแปรรูป หรือปรุงอาหารปริมาณจะลดลง เพราะวิตามินสูญเสียไปเนื่องจากความร้อน

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณวิตามินบี 1 บี 2 และไนอะซิน ที่พบในเนื้อ (มิลลิกรัมในเนื้อสด 100 กรัม)

ชนิดของสัตว์	วิตามิน บี 1	วิตามิน บี 2	ไนอะซิน
เนื้อวัว	0.06	0.13	3.6
เนื้อหมู	0.76	0.18	4.1
เนื้อแกะ	0.15	0.20	4.7
เนื้อลูกวัว	0.14	0.25	6.4

ที่มา : [2]

2.1.4 แร่ธาตุ

เนื้อสัตว์ถือได้ว่าเป็นแหล่งที่ดีของแร่ธาตุทุกชนิด ยกเว้นแคลเซียมซึ่งมีอยู่ในปริมาณต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบแร่ธาตุของเนื้อสัตว์ (มิลลิกรัมในเนื้อสด 100 กรัม)

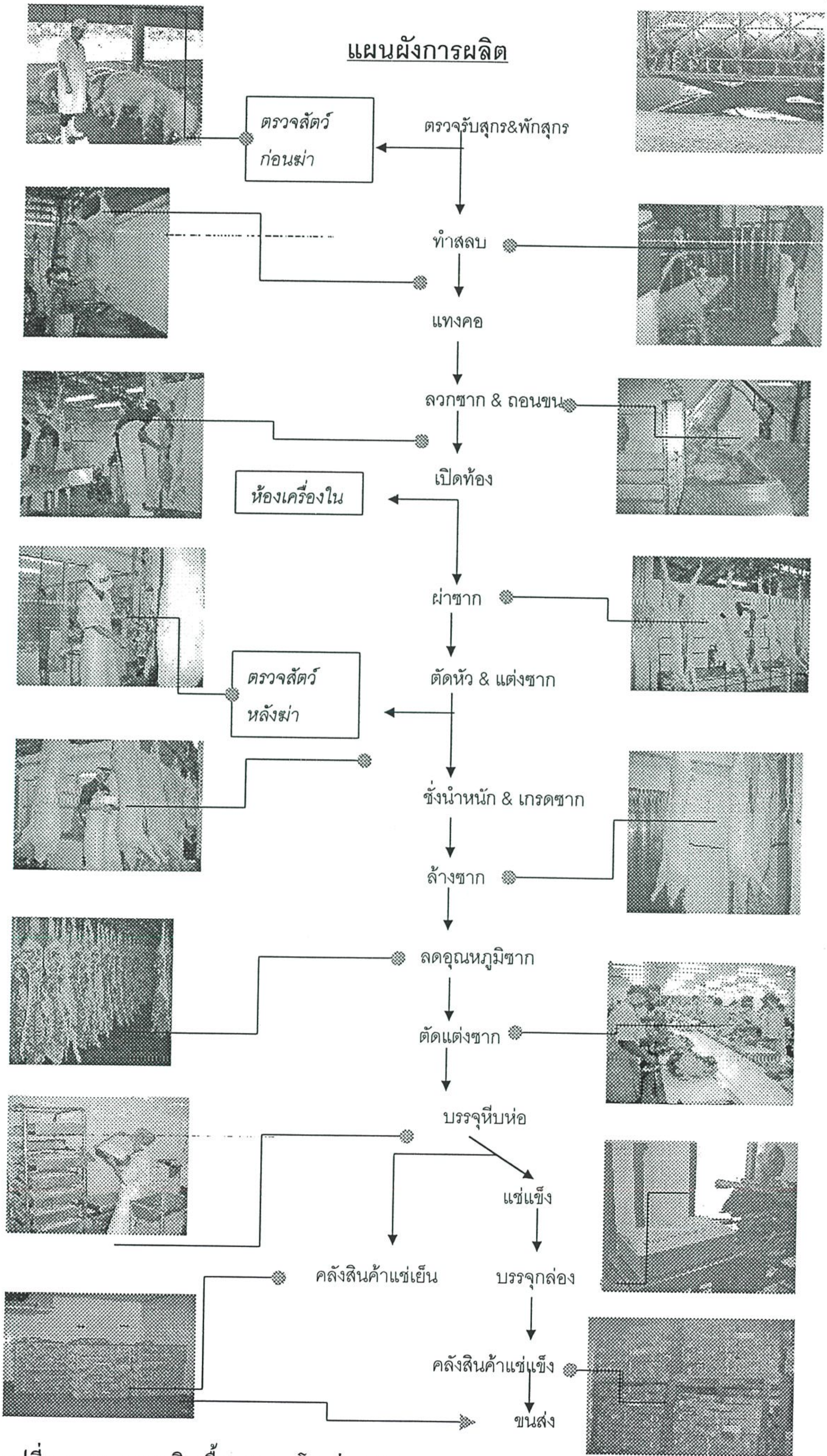
ชนิด	เถ้าถ่าน%	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส	เหล็ก	โซเดียม	โพแทสเซียม	แมกนีเซียม
เนื้อวัว	0.8	11	171	2.8	65	355	18
เนื้อหมู	1.2	9	175	2.3	70	285	18
เนื้อแกะ	1.2	10	147	1.2	75	295	15
เนื้อลูกวัว	1.0	11	193	2.9	90	320	15

ที่มา : ดัดแปลงจาก [3]

แร่ธาตุสำคัญที่พบในเนื้อสัตว์ ได้แก่ เหล็ก โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ส่วนแคลเซียม โซเดียม และแมกนีเซียม พบบ้างเล็กน้อย ซึ่งปริมาณแร่ธาตุที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์จะไม่สูญเสียไป ขณะนำไปแปรรูปหรือประกอบอาหาร นอกเสียจากนำไปต้มเพราะแร่ธาตุจะสามารถละลายออกมากับน้ำได้

2.2 ขั้นตอนการฆ่าสัตว์

การจัดการแปรสภาพสัตว์จากสัตว์ที่มีชีวิตมาเปลี่ยนเป็นเนื้อสัตว์เป็นเรื่องที่ดำเนินการในโรงฆ่าสัตว์ โดยการดำเนินการเพื่อให้ได้เนื้อที่ถูกสุขลักษณะมีขั้นตอนที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน นับตั้งแต่การนำสัตว์เข้าคอกพัก การตรวจสัตว์ก่อนฆ่า ขั้นตอนการฆ่าที่ไม่ทรมานสัตว์ และให้ความสะดวกแก่ผู้ปฏิบัติงานภายในโรงฆ่า การชำแหละซากที่คำนึงถึงความสะอาดปราศจากเชื้อโรค การจัดเกรดซาก ตลอดจนขั้นตอนการเก็บรักษาซากก่อนการตัดแต่งเพื่อจำหน่าย โดยหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการฆ่าสัตว์ในโรงฆ่ามาตรฐานสากลและในโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานสากล


แผนผังการผลิต
ตรวจสัตว์ก่อนฆ่า
ตรวจรับสุกร&พักสุกร
ทำสลบ
แทงคอ
ลวกซาก & ถอนขน
เปิดท้อง
ห้องเครื่องใน
ผ่าซาก
ตัดหัว & แต่งซาก
ตรวจสัตว์หลังฆ่า
ชั่งน้ำหนัก & เกรดซาก
ล้างซาก
ลดอุณหภูมิซาก
ตัดแต่งซาก
บรรจุหีบห่อ
แช่แข็ง
คลังสินค้าแช่เย็น
บรรจุกล่อง
คลังสินค้าแช่แข็ง
ขนส่ง

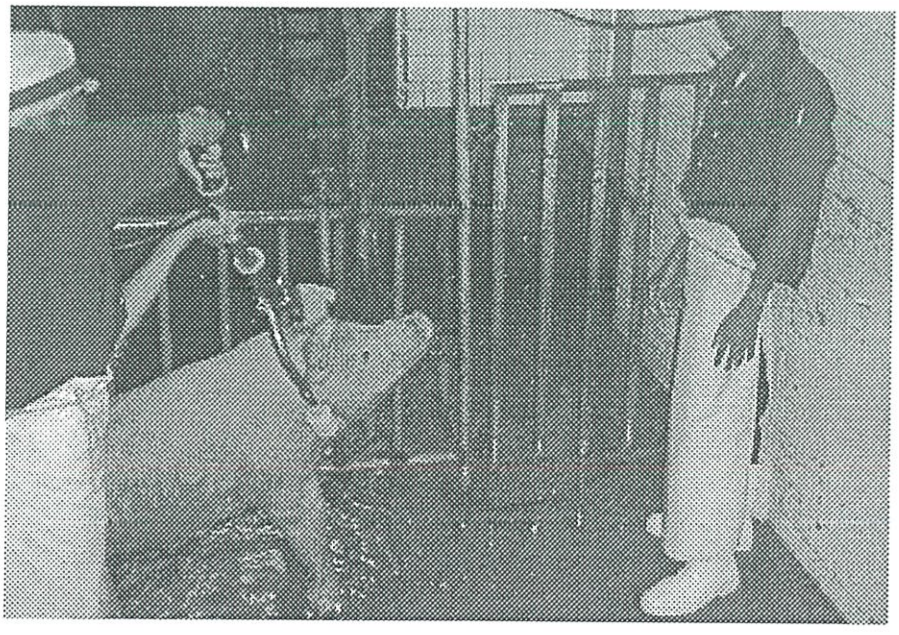
รูปที่ 2.1 แสดงการผลิตเนื้อสุกรจากโรงฆ่ามาตรฐาน

2.2.1 การฆ่าสัตว์ในโรงฆ่ามาตรฐานสากล

โรงฆ่าสัตว์ที่ได้มาตรฐานสากลต่างกับโรงฆ่าสัตว์ทั่ว ๆ ไปที่มีอยู่ในประเทศไทยเป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบันกล่าวคือ เป็นโรงฆ่าสัตว์ขนาดใหญ่ ซึ่งวัตถุประสงค์หลักในการตั้งโรงฆ่าสัตว์ที่ได้มาตรฐานสากล คือ การออกแบบโรงฆ่า อุปกรณ์ เครื่องจักรเครื่องมือ ตลอดจนกรรมวิธีในการฆ่าและชำแหละซาก จะต้องได้มาตรฐานถูกหลักเกณฑ์ของมาตรฐานสากล ซึ่งในประเทศไทยได้ยึดถือตามมาตรฐานของกระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Department of Agriculture, USDA) หรือตามมาตรฐานของคณะกรรมการประชาคมเศรษฐกิจยุโรป (European Economic Community, EEC) โดยมาตรฐานทั้ง 2 ระบบก็ต้องอยู่ในกฎเกณฑ์ที่องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAO) และองค์กรอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ได้กำหนดไว้ โดยขั้นตอนการฆ่าสัตว์ที่ถูกต้องตามมาตรฐานสากลมีดังนี้

2.2.1.1. การทำให้สัตว์สลบ (Stunning)

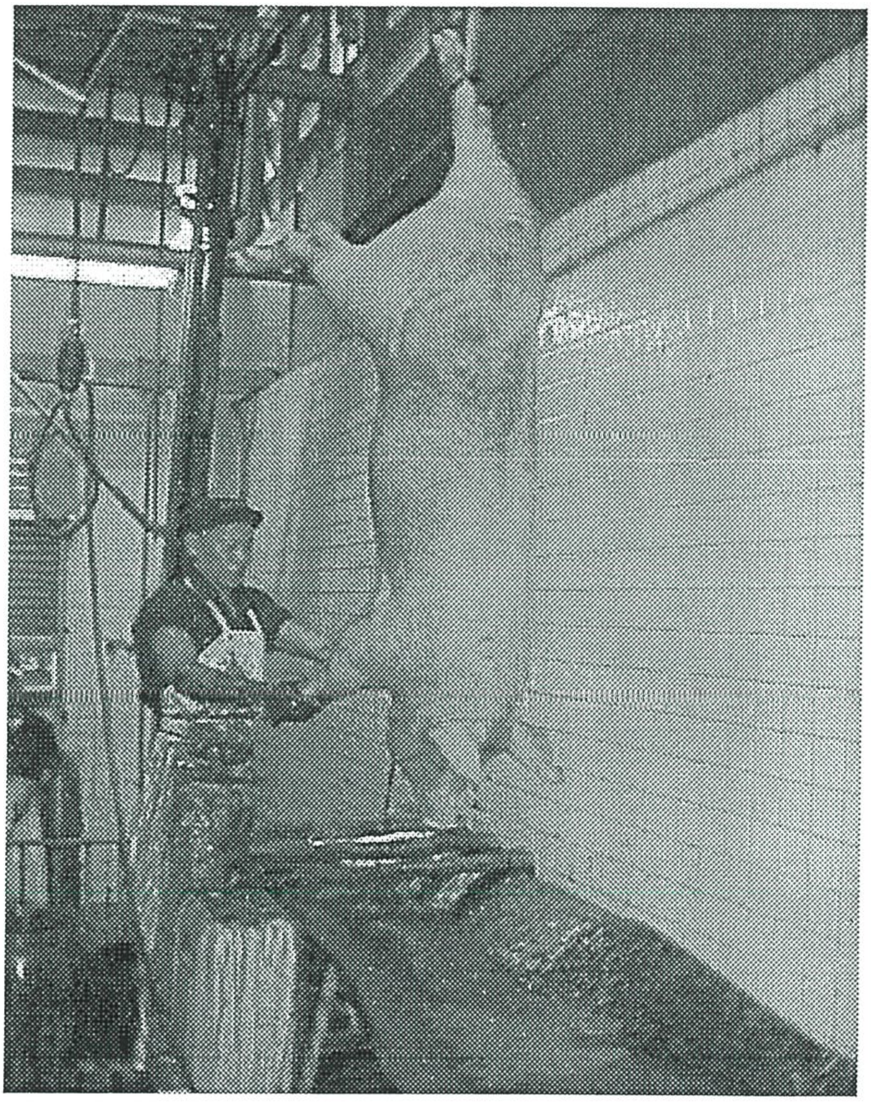
การทำให้สัตว์สลบเป็นการลดความเครียดที่จะเกิดแก่สุกรซึ่งจะมีผลเสียต่อคุณภาพของเนื้อ ทั้งนี้เพราะผลจากฮอร์โมน Adrenalin และ Noradrenalin ที่ถูกหลั่งออกมา จะมีผลในการเร่งกระบวนการไกโคไลซีสในกล้ามเนื้อ ทำให้ความเป็นกรดในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเร็วกว่าปกติ ซึ่งหลักการคือใช้วิธีการฆ่าสัตว์ที่ทำให้สัตว์ทรมานน้อยที่สุดและให้เลือดออกมากที่สุด โดยในโรงฆ่ามาตรฐานจะใช้วิธีการทำให้สลบโดยการใช้เครื่องช๊อตไฟฟ้า ซึ่งจะมีผลทำให้ศูนย์ประสาทของสมองหยุดทำงานได้ และยังช่วยลดการเกิดจุดเลือดในเนื้อ [4]



รูปที่ 2.2 การทำให้สัตว์สลบ

2.2.1.2 การแทงคอเอาเลือดออก (Bleeding)

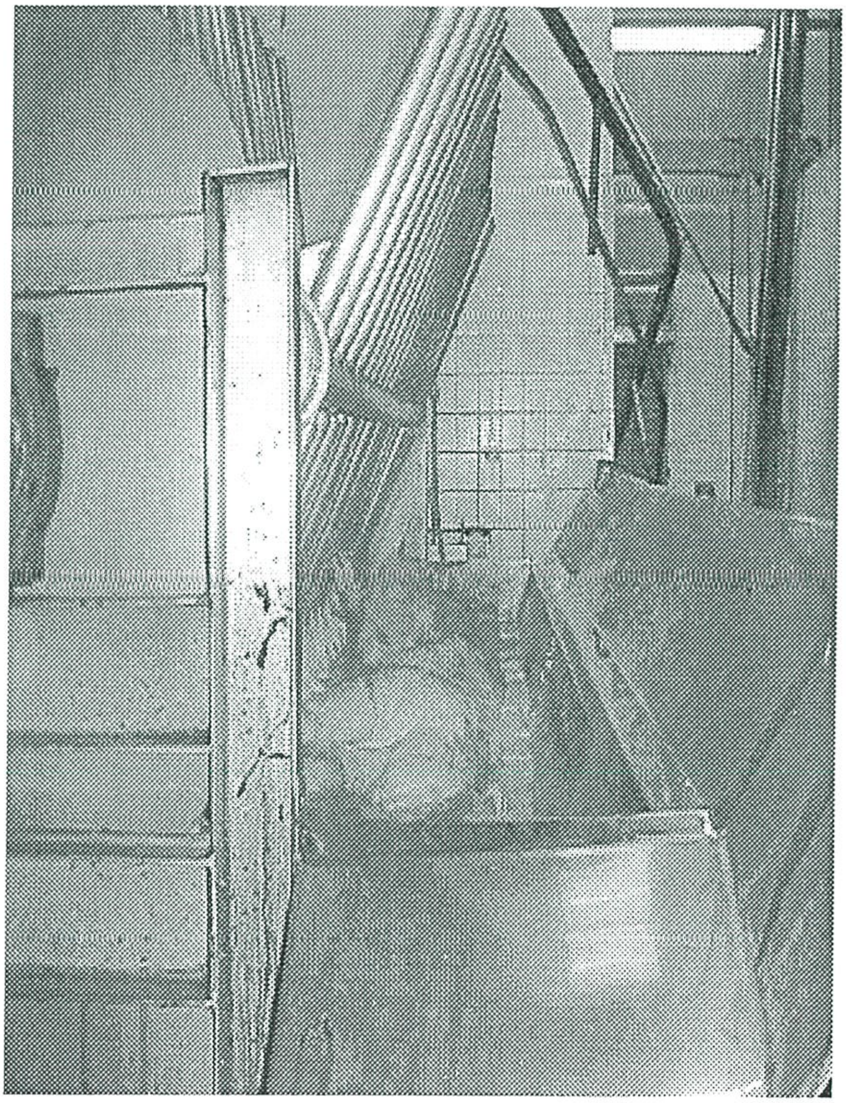
หลังจากที่สัตว์สลบแล้ว ข้อขาของตัวสัตว์จะถูกแขวนด้วยรอกที่ติดกับโซ่ ลักษณะของสัตว์คือถูกห้อยหัวลง จากนั้นจะมีการแทงคอเอาเลือดออก โดยตำแหน่งที่จะแทงจะอยู่เหนือ ยอดอกลงมาทางคอประมาณความกว้างหนึ่งฝ่ามือ และก่อนที่จะแทงจะใช้มีดกรีดเพื่อเปิดหนังออกยาวประมาณ 1 ฟุตแล้วจึงแทงเข้าไป ปล่อยให้เลือดออกให้ได้มากที่สุด



รูปที่ 2.3 การแทงคอเอาเลือดออก

2.2.1.3 การลวกซาก (Scalding) และการขูดขน

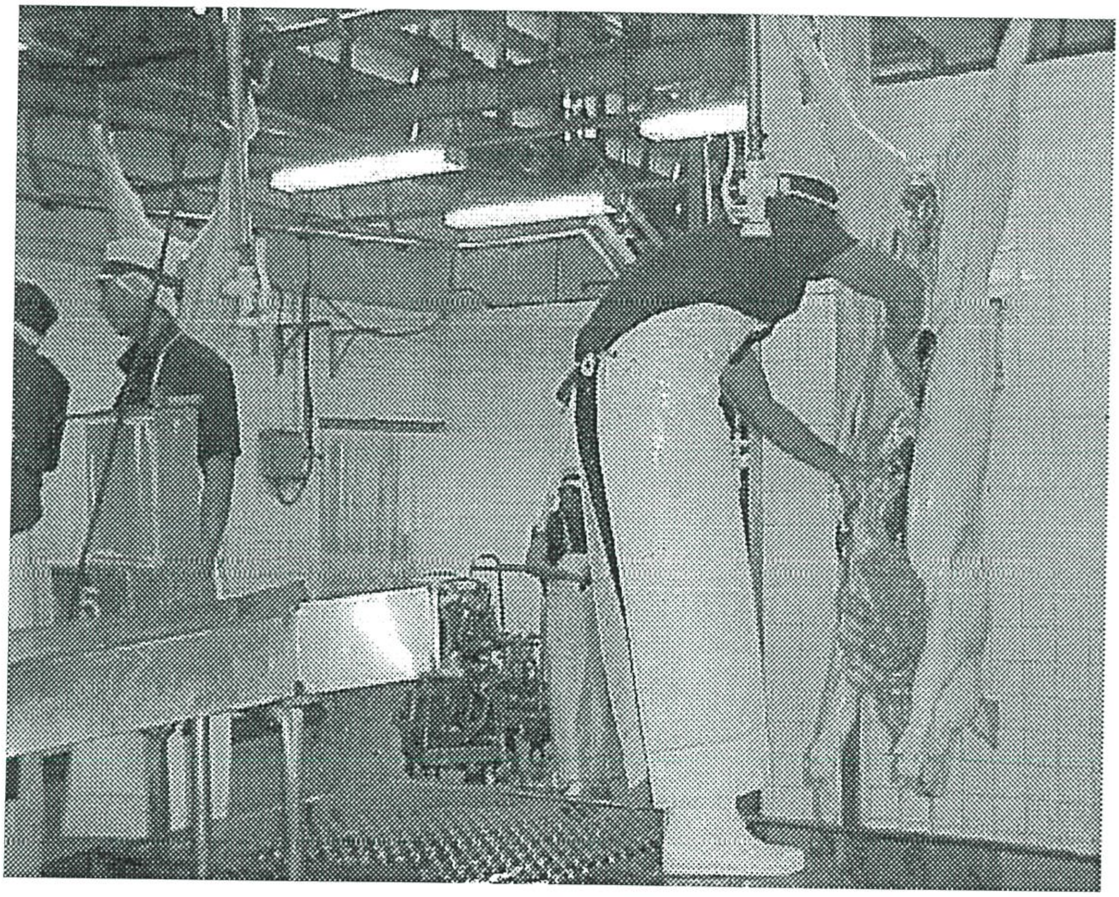
หลังจากเอาเลือดออกแล้ว ซากจะถูกเลื่อนมายังถังน้ำร้อนสำหรับลวกซากที่มีอุณหภูมิประมาณ 60-63 องศาเซลเซียส โดยจะแช่ประมาณ 5 นาที เพื่อให้น้ำซึมเข้ารูขุมขนเพื่อสะดวกในการขูดขน หลังจากซากถูกลวกแล้ว ซากจะถูกนำขึ้นจากถังเพื่อเข้าสู่เครื่องขูดขนด้วยไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าหมุนแกน ซึ่งแกนจะเป็นแผ่นขูดขนทำด้วยยาวค่อนข้างแข็ง แผ่นขูดขนจะขูดโดยใช้กำลังไฟฟ้า จากนั้นจะเปิดเอ็นร้อยหวายที่ด้านหลังข้อขาของขาหลังทั้งสอง เพื่อสอดเหล็กถ่างขา นำไปแขวนบนรอกแล้วดึงซากขึ้น



รูปที่ 2.4 การลวกซากและขูดขน

2.2.1.4 การเปิดท้องเอาอวัยวะภายในออก (Evisceration)

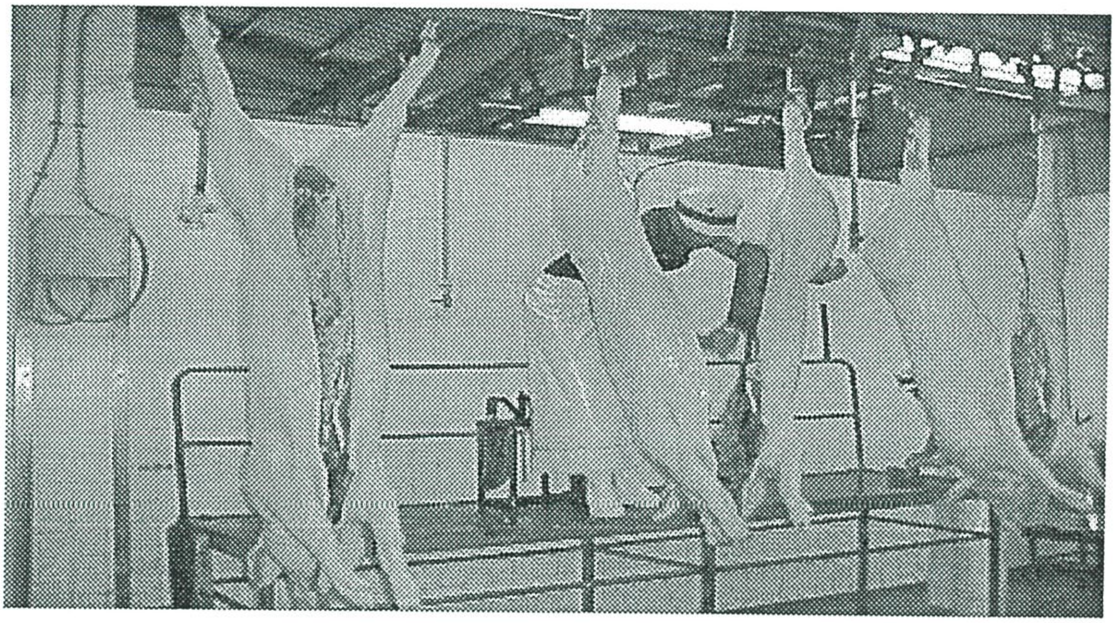
ขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการใช้มีดปาดปากทวารหนักของสัตว์ จากนั้นเปิดช่องกระดูกเชิงกรานและช่องท้อง แยกกระดูกสะโพกออกเป็น 2 ซีก หากเป็นตัวผู้ต้องค่อยๆเลาะท่อปัสสาวะออกก่อน ส่วนบริเวณอกให้ผ่ากลางโดยใช้เลื่อนมือผ่ากระดูกออก การผ่าเปิดท้องจะเริ่มจากโคนในของขาหลังมาจนถึงอก จากนั้นจะทำการเลาะตัดอวัยวะระบบย่อยอาหารออกจากช่องท้อง โดยให้ไตและมันเปลวติดอยู่กับซาก จากนั้นตัดพังผืดที่ยึดกล้ามเนื้อกระบังลมติดอยู่กับแผงกระดูกซี่โครงออก และเลาะตัดหัวใจ ปอด ขั้วปอด หลอดลมออกจากซาก



รูปที่ 2.5 การเอาอวัยวะภายในออก

2.2.1.5 การแบ่งซากออกเป็น 2 ซีก (Splitting)

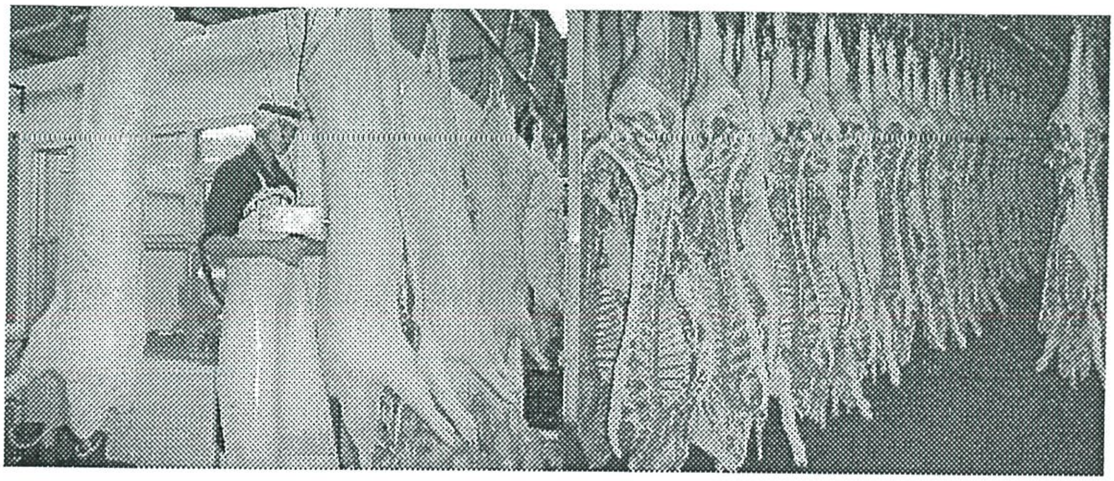
หลังจากเอาอวัยวะภายในออกแล้ว ควรใช้น้ำเย็นฉีดล้างซากให้สะอาด จากนั้นทำการผ่าซากตั้งแต่โคนหาง ไปตามแนวกึ่งกลางของกระดูกก้นกบ ไปยังกระดูกสันหลัง ช่องท้อง จนถึงสันหลังช่วงอก และลงมาถึงกระดูกอันแรก



รูปที่ 2.6 การแบ่งซากออกเป็น 2 ซีก

2.2.1.6 การชั่งน้ำหนักและลดอุณหภูมิ (Weighing and Chilling)

เมื่อแบ่งซากออกเป็น 2 ซีกแล้ว ควรล้างทำความสะอาดซากแล้วจึงนำเข้าเครื่องชั่ง และควรเก็บซากในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส โดยเก็บไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าอุณหภูมิของเนื้อจะลงถึง 7 องศาเซลเซียส



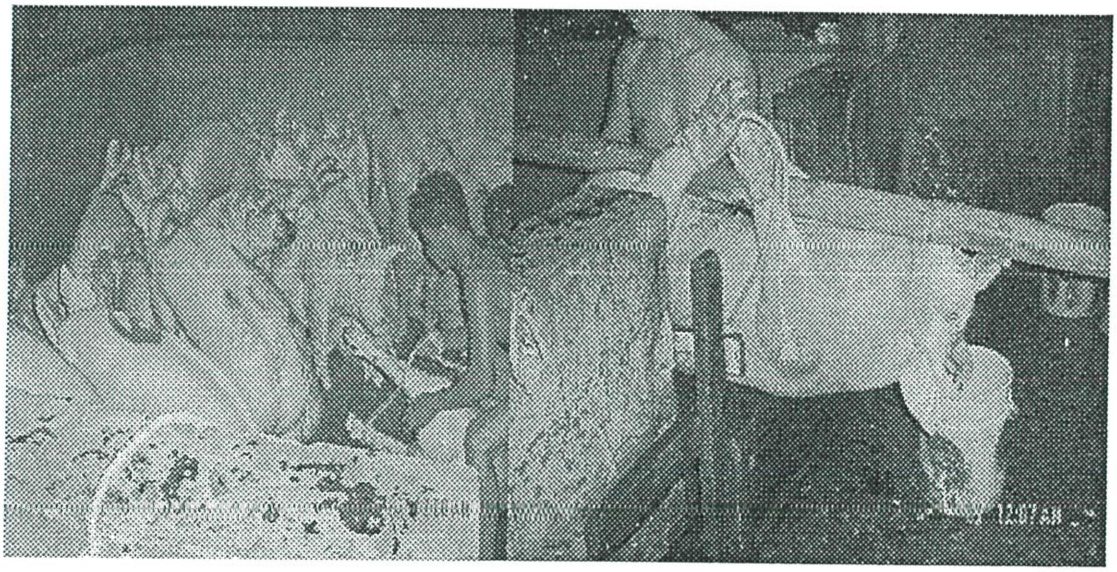
รูปที่ 2.7 การชั่งน้ำหนักและลดอุณหภูมิ

2.2.2 การฆ่าสัตว์ในโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานสากล

โรงฆ่าสัตว์ทั่ว ๆ ไปที่มีอยู่ในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานสากล นับตั้งแต่รูปแบบของของโรงฆ่า อุปกรณ์เครื่องมือ ตลอดจนกรรมวิธีในการฆ่า และชำแหละซาก อีกทั้งไม่มีการทำให้สัตว์สลบซึ่งจะเป็นการลดการทรมานสัตว์ และไม่มีการจัดการกับซากให้ถูกสุขลักษณะ โดยตัวอย่างขั้นตอนการฆ่าสุกรในโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานสากลมีดังนี้

2.2.2.1 การจับสัตว์เพื่อฆ่า

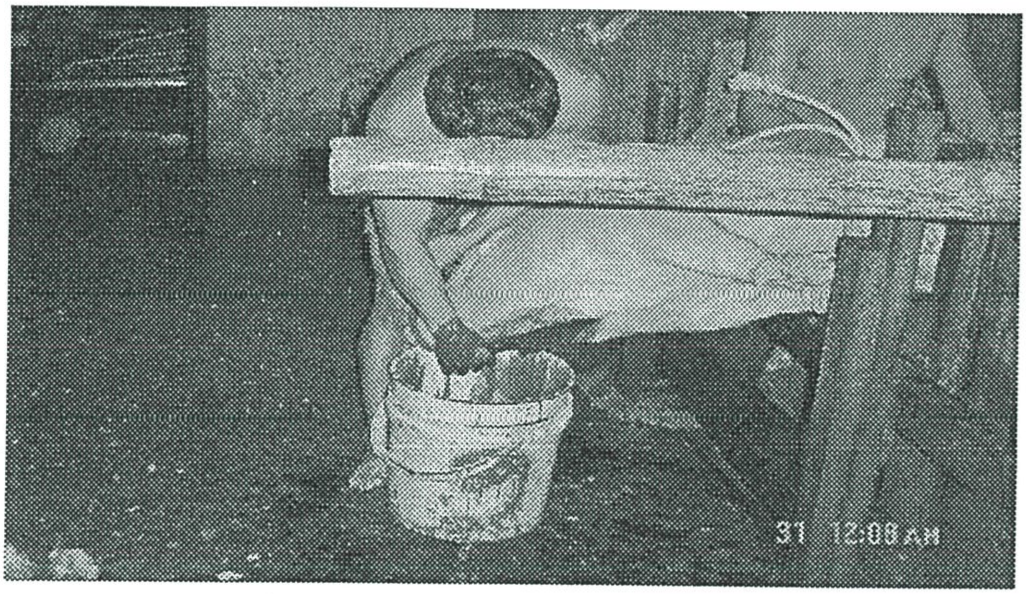
โดยใช้เชือกมัดขาทั้ง 4 ข้างของสุกร ใช้ไม้สอดระหว่างเชือก จากนั้นยกสุกรขึ้นพาดบนช่องเพื่อความสะดวกในการแทงคอ



รูปที่ 2.8 การจับสัตว์เพื่อฆ่า

2.2.2.2 การแทงคอเอาเลือดออก

หลังจากที่วางสัตว์ในช่องแล้ว จากนั้นจะมีการแทงคอเอาเลือดออก โดยตำแหน่งที่จะแทงจะอยู่เหนือ ยอดอกลงมาทางคอประมาณความกว้างหนึ่งฝ่ามือ และก่อนที่จะแทงจะใช้มีดกรีดเพื่อเปิดหนังออกยาวประมาณ 1 ฟุตแล้วจึงแทงเข้าไป ปล่อยให้เลือดออกให้ได้มากที่สุด โดยจะทำขณะที่สัตว์ยังรู้สึกตัวอยู่



รูปที่ 2.9 การแทงคอเอาเลือดออก

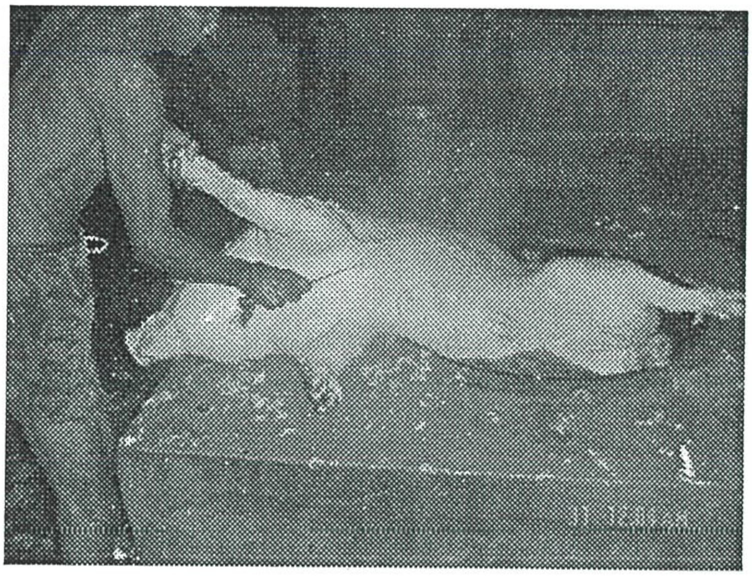
2.2.2.3 การลวกซาก

หลังจากเอาเลือดออกแล้ว ซากจะถูกนำมายังกระทะน้ำร้อนที่มีน้ำร้อนที่ตั้งไฟอยู่ จากนั้นจะนำน้ำร้อนมาราดที่ซาก เพื่อให้น้ำซึมเข้ารูขุมขนเพื่อสะดวกในการขูดขน

รูปที่ 2.10 การลวกซาก

2.2.2.4 การขูดขน

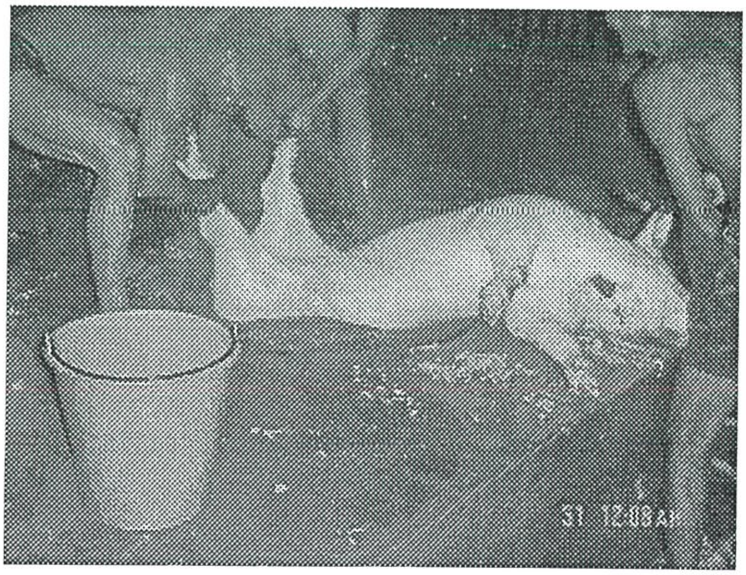
หลังจากที่ราดน้ำร้อนแล้ว จะทำการขูดขนโดยใช้มีดขูดขนออกให้หมดจากตัวสัตว์



รูปที่ 2.11 การขูดขน

2.2.2.5 การล้างซาก

หลังจากทำการขูดขนเรียบร้อยแล้วซากจะถูกล้างทำความสะอาด โดยใช้น้ำร้อนในกระทะนั่นเอง



รูปที่ 2.12 การล้างซาก

2.2.2.6 การเอาอวัยวะภายในออก (Evisceration)

ขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการใช้มีดปาดปากทวารหนักของสัตว์ จากนั้นเปิดช่องกระดูกเชิงกรานและช่องท้อง แยกกระดูกสะโพกออกเป็น 2 ซีก หากเป็นตัวผู้ต้องค่อยๆเลาะท่อปัสสาวะออกก่อน ส่วนบริเวณอกให้ผ่ากลางโดยใช้เลื่อนมือผ่ากระดูกออก การผ่าเปิดท้องจะเริ่มจากโคนในของขาหลังมาจนถึงอก จากนั้นจะทำการเลาะตัดอวัยวะระบบย่อยอาหารออกจากช่องท้อง โดยให้ไตและมันเปลวติดอยู่กับซาก จากนั้นตัดพังผืดที่ยึดกล้ามเนื้อกระบังลมติดอยู่กับแผงกระดูกซี่โครงออก และเลาะตัดหัวใจ ปอด ขั้วปอด หลอดลมออกจากซาก

31 12:13AM
31 12:13AM

รูปที่ 2.13 การเอาอวัยวะภายในออก

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2.2.7 การแบ่งซากออกเป็น 2 ซีก (Splitting)

หลังจากเอาอวัยวะภายในออกแล้ว ควรใช้น้ำเย็นฉีดล้างซากให้สะอาด จากนั้นทำการผ่าซากตั้งแต่โคนหาง ไปตามแนวกึ่งกลางของกระดูกก้นกบ ไปยังกระดูกสันหลัง ช่องท้องจนถึงสันหลังช่วงอก และลงมาถึงกระดูกอันแรก

รูปที่ **2.14** การแบ่งซากออกเป็น 2 ซีก

49624

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบการฆ่าในโรงฆ่ามาตรฐานสากล และโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานสากล

โรงฆ่ามาตรฐานสากล	โรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานสากล
1. การทำให้สัตว์สลบ	1. ไม่มีการทำให้สัตว์สลบ
2. การแทงคอเอาเลือดออก	2. การแทงคอเอาเลือดออก
3. การลวกซากในถัง	3. ไม่มีการลวกซาก แต่ใช้น้ำร้อนเทราดแทน
4. การขูดขนด้วยเครื่องจักรทันสมัย	4. การขูดขนด้วยมีด
5. การเผาขนและการล้างน้ำ	5. ไม่มีการเผาขนแต่ล้างซากด้วยน้ำร้อน
6. การเอาอวัยวะภายในออก โดยซากถูกแขวนด้วยรอก	6. การเอาอวัยวะภายในออกบนพื้น
7. การแบ่งซากออกเป็น 2 ซีก โดยซากถูกแขวนด้วยรอก	7. การแบ่งซากออกเป็น 2 ซีกบนพื้น

2.3 การตัดแต่งซาก

การตัดแต่งซากมีความสำคัญเนื่องจากเพื่อความสะดวกต่อการนำไปใช้ประโยชน์ และทำให้เกิดความยุติธรรมในการกำหนดราคาโดยคำนึงถึงคุณภาพเนื้อตามความเหมาะสมของการนำไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังสะดวกต่อการเก็บรักษา การขนส่ง และการจำหน่ายอีกด้วย การตัดแบ่งส่วนของซากสุกร สามารถตัดแบ่งตามระบบของ National Livestock and Meat Board ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นที่รู้จักแพร่หลายกันมากกว่าระบบของประเทศอื่นๆ ชิ้นส่วนต่างๆ มีชื่อเรียกและปริมาณเมื่อคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากมีดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงชิ้นส่วนต่างๆ และปริมาณ คิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซาก

ชื่อชิ้นส่วน	เปอร์เซ็นต์
สะโพก (ham)	21.0
สันนอก (loin)	18.0
ไหล่ตอนบน (boston shoulder)	6.6
ไหล่ตอนล่าง (picnic shoulder)	8.8
สามชั้น (belly)	17.3
ซี่โครง (spareribs)	3.8
คาง (jowl)	3.0
เท้า, คาง, กระดูกคอ (feet, tail, neck bone)	6.0
มันสันหลัง, มันหุ้มไหล่, เศษมัน (fat back, clear plate, fat trimmings)	11.2
เศษเนื้อ (meat trimmings)	4.3

ที่มา : ดัดแปลงจาก [5]

ชิ้นส่วนสำคัญที่มีปริมาณเนื้อแดงมากและมีราคาสูง ได้จากชิ้นส่วนใหญ่ 4 ส่วนคือ Ham, Loin, Boston shoulder และ Picnic shoulder รวมเรียกว่า 4 lean cuts

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบการชำแหละในโรงฆ่ามาตรฐานสากล และโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานสากล

โรงฆ่ามาตรฐานสากล	โรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานสากล
1. พนักงานตัดแต่งมีสุขลักษณะที่ดีโดยมีการใช้ หมวก ผ้ากันเปื้อน ผ้าปิดปาก ถุงมือ การฆ่าเชื้ออุปกรณ์ การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อก่อนเข้าทำงาน	1. พนักงานตัดแต่งไม่มีสุขลักษณะที่ดี โดยไม่มีการใช้หมวก ผ้ากันเปื้อน ผ้าปิดปาก ถุงมือ การฆ่าเชื้ออุปกรณ์ การใช้น้ำยาฆ่าเชื้อก่อนเข้าทำงาน
2. การชำแหละจะทำบนเขียงที่ผ่านการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ	2. การชำแหละจะทำบนเขียงไม่ที่ไม่มีการทำความสะอาดและฆ่าเชื้อ
3. จะทำการชำแหละในห้องเย็นเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ไม่ให้เพิ่มจำนวนในระหว่างการชำแหละ	3. จะทำการชำแหละในอุณหภูมิปกติ ดังนั้นเนื้อที่ผ่านการชำแหละส่วนใหญ่จะพบจุลินทรีย์ปนเปื้อนมาก

รูปที่ 2.15 เปรียบเทียบการชำแหละในโรงฆ่ามาตรฐานสากลและโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานสากล

2.4 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อหมูหลังการชำแหละ

2.4.1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพภายหลังสัตว์ตาย

2.4.1.1 ความแน่น

กล้ามเนื้อของสัตว์ขณะมีชีวิตอยู่นั้น จะมีลักษณะที่ค่อนข้างแน่นและสามารถคงรูปร่างที่แน่นอนได้ตลอดเวลา แต่เมื่อสัตว์ตายไปแล้วและกล้ามเนื้อกำลังเกิดการแข็งตัวนั้น (Rigor mortis) ลักษณะจะเปลี่ยนไปเป็นแน่นและแข็งทื่อ จนเมื่อเวลาล่วงเลยไปก็จะเกิดการย่อยสลายของสารย่อย และเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีน กล้ามเนื้อจะเริ่มอ่อนตัวลง แต่ถ้าเป็นกรณีที่โปรตีนเกิดการเสื่อมสภาพอย่างรุนแรงมากนั้น กล้ามเนื้อก็จะอ่อนตัวจนเข้าลักษณะเหลวไปเลย

2.4.1.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity, WHC)

ในกล้ามเนื้อจะมีน้ำอยู่ประมาณ 65-80 % ของน้ำหนักกล้ามเนื้อทั้งหมด น้ำเหล่านี้ทำหน้าที่สำคัญต่างๆในเซลล์มีชีวิต ได้แก่ การทำละลายและเคลื่อนย้ายสารภายในเซลล์ ทำหน้าที่หล่อลื่น คงรักษารูปร่างของเซลล์และเป็นปัจจัยที่สำคัญในปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ ที่จำเป็น น้ำเหล่านี้ส่วนนี้จะถูกจับไว้ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยเกาะตัวอยู่กับโปรตีน ถ้าหากโปรตีนเหล่านั้นไม่เสียสภาพธรรมชาติ ก็จะจับน้ำไว้ได้เกือบทั้งหมด แต่ในกรณีที่เกิดการเสียสภาพธรรมชาตินั้นอณูน้ำเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมาได้ ดังนั้นเมื่อพีเอชของเนื้อลดต่ำอย่างรวดเร็วใน 1 ชั่วโมงหลังฆ่า ก็จะทำให้น้ำไหลซึมออกนอกกล้ามเนื้อ และความสามารถในการจับน้ำก็ลดต่ำลงอย่างมาก แต่ในทางตรงข้าม ค่าพีเอชของเนื้อที่มีค่าสูง น้ำก็จะถูกเก็บไว้โดยโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ จึงเรียกว่ามีความสามารถในการจับน้ำสูงกว่า [6]

นอกจากนี้ยังมีอีกสภาวะที่สามารถเกิดขึ้นในเนื้อสัตว์จากลักษณะเฉพาะของเนื้อสัตว์ [7] คือ ดีเอฟดี (Dark firm dry , DFD) และ พีเอสอี (Pale soft exudative , PSE)

ดีเอฟดี คือ เนื้อที่มีลักษณะสีเข้ม เนื้อแข็ง และแห้ง สามารถเกิดกับสัตว์ทุกชนิดและเสียได้เร็วกว่าเนื้อปกติ พบในสัตว์ที่เครียดเกินไปหรือออกแรงมากเกินไป เนื้อของสัตว์ที่ได้นี้มีการใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมากไปก่อนตาย ทำให้เกิดกรดแลคติกไม่เพียงพอระหว่างกระบวนการแข็งตัวของกล้ามเนื้อมากไปก่อนตาย ทำให้เกิดกรดแลคติกไม่เพียงพอระหว่างกระบวนการแข็งตัวของกล้ามเนื้อที่จะลดค่าความเป็นกรดด่างลงให้เท่ากับเนื้อปกติคือ 5.5 นอกจากขาดกรดแลคติกแล้วยังขาดกลูโคส ความเข้มข้นกลูโคสลดลงเมื่อค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังมีความแตกต่างของความเข้มข้นกลูโคสในกล้ามเนื้อแต่ละชนิดที่ค่าความเป็นกรดด่างอย่างเดียว [8] ตัวอย่างเช่นเนื้อวัวจะไม่มีกลูโคสเมื่อค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่า 6.4 แต่ที่กล้ามเนื้อ อื่น ๆ ของวัวไม่มีกลูโคสที่ค่าความเป็นกรดด่าง 6.0 สภาวะดีเอฟดีเป็นสภาวะที่ปกติของเนื้อที่ขาไก่

เนื้อดีเอฟดีมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้น ซึ่งเป็นข้อดีสำหรับบางโรงงานและค่าความเป็นกรดด่าง 6.4 หรือสูงกว่าก็เป็นที่ต้องการบางกระบวนการ การเก็บเนื้อสดแช่เย็นการไม่มีกลูโคสหรือค่าความเป็นกรดด่างสูง เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ชี้ว่ามันเริ่มเสีย, และไม่มี glucose1 ที่ค่าความเป็นกรดด่าง 6.0 การเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุ เช่น *Alteromonas putrefaciens*, *Enterobacter liquefaciens* ซึ่งมีบทบาทอย่างมีนัยสำคัญในการทำให้เนื้อดีเอฟดี ที่เก็บไว้ในถุงสุญญากาศเสียนั้น ถูกยับยั้งที่ค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 6.0 ถ้าเช่นนั้นไม่ว่าการเก็บรักษาเนื้อแบบใดก็ตามถ้าเนื้อมีค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับหรือมากกว่า 6.0 จะเสียได้รวดเร็วกว่าเนื้อที่มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า

พีเอสอี คือเนื้อสีซีด ลักษณะนิ่ม และมีน้ำชุ่ม จะพบในเนื้อหมูและในเนื้อวัวแต่ในจำนวนที่น้อยกว่า สาเหตุเกิดจากพันธุกรรม เช่นสายพันธุ์หมูที่ให้เนื้อในลักษณะนี้ซึ่งเกิดจากการเร่งไกลโคไลซีส ขณะที่อุณหภูมิกล้ามเนื้อยังสูงทำให้โปรตีนในกล้ามเนื้อเสียสภาพ แม้ว่าค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.1 หรือต่ำกว่าแต่ก็ยังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเล็กน้อยของค่าความเป็นกรดด่างหรือลักษณะเคมีในเนื้อพีเอสอีกับเนื้อปกติ การเสียของเนื้อพีเอสอีก็มีลักษณะเหมือนกับเนื้อปกติ [4]

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายหลังสัตว์ตาย

กล้ามเนื้อในขณะที่สัตว์ยังมีชีวิตนั้นจะมีออกซิเจนเพียงพอ จึงทำให้มีสีแดงสดแต่ในกล้ามเนื้อของสัตว์ที่ตายแล้วนั้น ออกซิเจนก็จะหมดไป กล้ามเนื้อก็จะมีสีแดงคล้ำหรือสีออกม่วง แต่เมื่อเราใช้มีดตัดจะทำให้ผิวตัดของเนื้อได้รับออกซิเจนจึงค่อยๆเปลี่ยนมาเป็นสีแดงสด ทั้งนี้เพราะ ไมโอโกลบินเกิดการ Oxygenated กับออกซิเจนในบรรยากาศรอบๆ แต่ถ้ากล้ามเนื้อผ่านการเสียสภาพธรรมชาติอย่างหนักมาแล้วเช่นในกรณีที่ค่าพีเอชลดต่ำอย่างรวดเร็วใน 1 ชั่วโมงหลังฆ่านั้นเนื้อจะมีสีซีดมากกว่า การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อนี้เป็นปัญหาต่อการเก็บรักษาเนื้อที่ไม่รุนแรงมากนัก เนื่องจากสีของเนื้อหมูตามธรรมชาติมีสีซีดจางอยู่แล้ว การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสามารถจำแนกสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสีได้ดังนี้

ก. ปริมาณก๊าซออกซิเจนไม่เพียงพอที่จะรักษาสีแดงสดไว้ได้

ข. การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ชอบอากาศ ทำให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนลดลงไม่เพียงพอที่จะรักษาสีแดงสดไว้ได้

ค. การสูญเสียความชื้นที่ผิวหน้า

เนื้อมีความชื้นประมาณร้อยละ 75 และความชื้นสัมพัทธ์สมดุลประมาณร้อยละ 85-90 จึงมีแนวโน้มสูญเสียความชื้นไปในอากาศรอบๆที่ปกติมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าร้อยละ 85 ทำให้เนื้อมีผิวแห้งและเม็ดสีมีความเข้มมากขึ้น น้ำในเซลล์ที่อยู่ลึกจากผิวลงไปจะค่อยๆเคลื่อนมาที่ผิวและระเหยออกไป เนื้อจะมีสีคล้ำขึ้น และกระจายลึกลงไปมากขึ้นตามความชื้นที่สูญเสียไป นอกจากนี้เนื้อสัมผัสจะเหนียวขึ้นด้วยทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับองผู้บริโภค น้ำหนักของเนื้อที่ลดลงหมายถึงการสูญเสียกำไรของผู้ทำธุรกิจ

ลำดับปริมาณของสิ่งที่เปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการแข็งตัว ซึ่งเกิดขึ้นภายหลังจากสัตว์ตาย [6] ได้แสดงในตารางที่ 2.6 มีความหลากหลายของส่วนประกอบสุดท้ายในความแตกต่างของกล้ามเนื้อของสัตว์ และชนิดของสัตว์ โดยเฉพาะการแตกตัวของไกลโคเจนตัวอย่างเช่นความเข้มข้นกลูโคสจะแตกต่างในแต่ละชนิดของสัตว์ดังนี้ เนื้อวัว 100 ไมโครกรัมต่อกรัม เนื้อแกะ 400 ไมโครกรัมต่อกรัม เนื้อหมู 800 ไมโครกรัมต่อกรัม ค่าความเป็นกรดด่างในขาไก่สูงกว่าอกไก่ ค่าความเป็นกรดด่างและความเข้มข้นของกรดแลคติกสำหรับกล้ามเนื้อไก่ต่างกันดังนี้ ที่ขามีค่าความเป็นกรดด่าง 6.5 และปริมาณกรดแลคติก 5.0 มิลลิกรัมต่อกรัม ที่อกมีความความเป็นกรดด่าง 5.7 และปริมาณกรดแลคติก 10.8 มิลลิกรัมต่อกรัม

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณสารน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อสัตว์ก่อนและหลังการแข็งตัวของกล้ามเนื้อ

Substance	ความเข้มข้น (มิลลิกรัม/กรัม)	
	Pre-rigor	Post-rigor
Creatine phosphate	3.0	-
Creatine	4.5	6.5
Adenosine tirphosphate	3.0	-
Inosine monohphsphate	0.2	3.0
Glycogen	10.0	1.0
Glucose	0.5	0.1
Glucose 6 phosphate	1.0	0.2
Lactic acid	1.0	9.0
Amino acid	2.0	3.5
Dipeptides (Carnosine, Anserine)	3.0	3.3
PH	7.2	5.5

ที่มา : [6]

2.5 คุณภาพของเนื้อสัตว์

ผู้บริโภคหรือผู้ประกอบการเกี่ยวกับการใช้เนื้อ เพื่อนำไปแปรรูปทำผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ควรทราบถึงสิ่งต่างๆที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงสิ่งแรกคือ คุณภาพของวัตถุดิบที่จะใช้เพราะเป็นสิ่งที่แน่นอนอยู่แล้วว่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายจะดีไปไม่ได้ถ้าวัตถุดิบคุณภาพด้อย

2.5.1 คุณสมบัติต่างๆที่เป็นส่วนประกอบให้เนื้อมีคุณภาพเป็นที่พึงประสงค์

2.5.1.1 สี

เป็นคุณภาพประสาทสัมผัสแรกที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินคุณภาพของเนื้อที่วางจำหน่าย แม้ว่าบางครั้งสีแดงสดของเนื้อที่ผู้บริโภคต้องการนั้นจะมิได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับความสดหรือความนุ่มของเนื้อ สีแดงสดของเนื้อมีเสถียรต่ำเมื่อเก็บไว้ 2-3 วันในตู้เย็นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ำซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค [3]

เนื้อสัตว์มีสีตั้งแต่สีชมพูอมเทา จนถึงสีแดงเข้มออกม่วง สีของเนื้อแตกต่างกันไปตามประเภทของกล้ามเนื้อขณะสัตว์มีชีวิตอยู่ ชนิด เพศ และอายุของสัตว์ทั้งนี้มีสาเหตุจากปริมาณรงควัตถุของไมโอโกลบินที่มีอยู่นั่นเอง

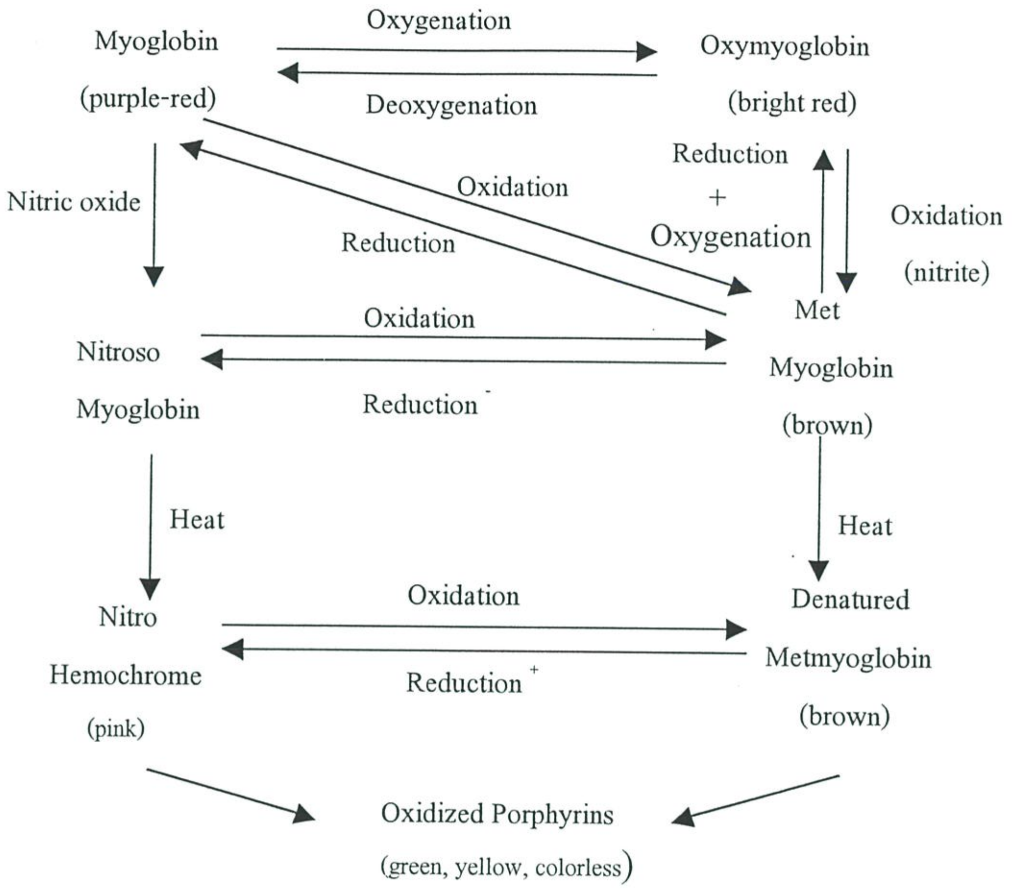
สัตว์ต่างชนิดกันมีปริมาณไมโอโกลบินในเนื้อแดงแตกต่างกัน เนื้อหมูมี 0.06 เปอร์เซ็นต์ เนื้อแกะมี 0.25 เปอร์เซ็นต์ เนื้อวัวมี 0.60 เปอร์เซ็นต์ดังนั้นทำให้เนื้อวัวมีสีเข้มกว่าเนื้อแกะ และเนื้อแกะมีสีเข้มกว่าเนื้อหมู ตามลำดับ [9]

ในสัตว์ชนิดเดียวกัน ถ้ามีอายุแตกต่างกันปริมาณไมโอโกลบินที่มีในเนื้อจะแตกต่างกัน [9] คือ ในเนื้อลูกวัวที่มีอายุ 3-6 เดือน มีไมโอโกลบินในเนื้อ 1-3 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม ขณะที่เนื้อวัวอายุ 8-12 เดือนมี 4-10 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม และเนื้อวัวแก่อายุ 24 เดือนมี 16-20 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม ดังนั้นเนื้อที่ได้จากสัตว์ที่มีอายุมากจะมีสีเข้มกว่าเนื้อจากสัตว์ที่มีอายุน้อย

เนื้อสัตว์ชนิดเดียวกันตัวผู้มีไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อมากกว่าตัวเมีย และกล้ามเนื้อของสัตว์บริเวณที่ต้องออกกำลังกายมากๆจะมีปริมาณไมโอโกลบินมากกว่า ทั้งนี้เพราะไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อทำหน้าที่เก็บสะสมออกซิเจนไว้ เพื่อให้กล้ามเนื้อนำออกมาใช้ในปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ เพื่อสร้างพลังงาน ดังนั้นเนื้อบริเวณขาหน้า ขาหลัง และเนื้อบริเวณไหล่จะมีสีเข้มกว่าเนื้อส่วนสันหลังและเนื้อพื้นท้อง

สีในเนื้อสดเกิดขึ้นจากปริมาณไมโอโกลบินและออกซิเจนในอากาศ ปกติกล้ามเนื้อจะมีสีแดงอมชมพู (Purple-red) แต่เมื่อถูกชำแหละและตัดเป็นชิ้นๆ เนื้อจะถูกอากาศทำให้เนื้อมีสีชมพูสด (Bright-pink) เนื่องจากออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินเกิดเป็นสารออกซิไมโอโกลบิน (Oxymyoglobin) ขึ้น แต่เนื้อบริเวณที่วางติดกับพื้นเขียงไม้ ซึ่งจะขาดหรือไม่มีออกซิเจนจะเกิดเป็นสารเมทไมโอโกลบิน (Metmyoglobin) ขึ้นทำให้เนื้อมีสีน้ำตาล ดังรูปที่ 2.16 จะอธิบายถึงสีของเนื้อเมื่อได้รับความร้อนในการนำไปทำให้สุกหรือนำไปใช้ประกอบอาหาร พบว่าเนื้อมีสีน้ำตาลอมเทา (Grey-brown) เนื่องจากสารเมทไมโอโกลบินถูกทำให้เสียสภาพไป และในที่สุดเมื่อเนื้อถูกวางไว้นานๆเนื้อจะขาดอ๊อกซิเจนทำให้สารให้สีเกิดเป็นสารออกซิไดส์โพรไพริน (Oxidixed prophyrins) มีสีเขียว เหลืองอ่อนๆ สีของเนื้อในช่วงนี้แสดงให้ทราบว่าคุณภาพของเนื้อไม่ดี และไม่เหมาะต่อการนำไปบริโภค

ส่วนทางด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ซึ่งต้องรักษาสีแดงของเนื้อไว้ เพื่อให้สะดุดตาผู้บริโภค พบว่า สามารถทำได้โดยใช้สารไนตริกอ๊อกไซด์จากสารประกอบพวกไนเตรทหรือไนไตรของเกลือโซเดียมหรือโพทัสเซียมช่วยทำให้เนื้อสัตว์มีสีแดงเข้ม ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสารที่มีสีชมพูเรื่อๆ (Light pink) เมื่อนำไปทำให้สุกโดยการใช้ความร้อนด้วย การต้ม อบ ทอด หรือรมควัน


Myoglobin
(purple-red)
Oxygenation
Deoxygenation
Oxymyoglobin
(bright red)
Nitric oxide
Oxidation
Reduction
Reduction
+
Oxygenation
Oxidation
(nitrite)
Nitroso
Myoglobin
Oxidation
Reduction -
Met
Myoglobin
(brown)
Heat
Heat
Nitro
Hemochrome
(pink)
Oxidation
Reduction +
Denatured
Metmyoglobin
(brown)
Oxidized Porphyrins
(green, yellow, colorless)

รูปที่ 2.16 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ
ที่มา : [5]

2.5.1.2 ความสามารถของการอุ้มน้ำ

เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกัน เห็นได้จากการตัดเส้นใยเนื้อตามยาวจะพบว่าเนื้อบางชนิดจะมีน้ำคงอยู่ เนื้อบางชนิดแห้งมีน้ำน้อย สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสามารถของการอุ้มน้ำของเนื้อคือสภาพความเป็นกรด-ด่าง ของเนื้อนั่นเอง

เนื้อในสภาพปกติจะมีค่าพีเอชประมาณ 6.8-7.0 ซึ่งในสภาพเช่นนี้ โมเลกุลของโปรตีนในเนื้อจะมีความเป็นประจุ (ขั้วบวก หรือขั้วลบ) สูง เนื่องจากมีกลุ่มของ Carboxyl, Amino, Carbonyl, Hydroxyl, Sulhydryl, Imidazole อยู่ภายใน ซึ่งกลุ่มเหล่านี้จะจับน้ำที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อไว้ได้ด้วยแรงดึงดูดไฮโดรเจน (Hydrogen bond) ทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง และน้ำไม่ซึมไหลออกจากเนื้อ เมื่อเซลล์ถูกตัด หั่น หรือบด

พบว่าเนื้อที่มีคุณภาพปกติ ประมาณหนึ่งในสามของการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นผลเนื่องมาจากการลงค่าต่ำลงของค่าพีเอชในเนื้อ ส่วนที่เหลือเป็นผลมาจากการเกิดการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะมีค่าไม่เท่ากัน ในระหว่างมัดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันหรือในสัตว์ต่างชนิดกัน นักวิจัยในยุโรปเชื่อกันว่าเนื้อสุกรมีความสามารถอุ้มน้ำได้สูงที่สุด รองลงมาคือเนื้อโคและเนื้อไก่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำสุด

2.5.1.3 ความแน่น (Firmness)

เนื้อที่มีคุณภาพสูงจะมีลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่ค่อนข้างแน่นและคงรูปร่างได้ดี ความแน่นของเนื้อมีความสำคัญต่อการตัด การหั่น การวางจำหน่าย ตลอดจนการนำไปแปรรูป ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่นของเนื้อได้แก่ สภาวะการหดตัว-เกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ไขมันแทรก (Marbling fat) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ขนาดของมัดกล้ามเนื้อและความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ การวัดค่าความแน่นของเนื้อสามารถกระทำได้ โดยการใช้สายตาคาดคะเนจากความชำนาญหรือเพื่อให้ได้ค่าแน่นอนควรใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Penetrometer

2.5.1.4 การกระจายของไขมันในเนื้อ (Marbling)

เนื้อที่มีคุณภาพดีควรมีไขมันกระจายในเนื้ออย่างสม่ำเสมอ ไขมันที่กระจายอยู่ในเนื้อเกิดจากการสะสมของไขมันที่พอกพูนแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นใน (Perimysium) ที่ห่อหุ้มระหว่างมัดกล้ามเนื้อแต่ละมัด สัตว์ที่ออกแรงน้อยและได้รับอาหารดีจะทำให้ปริมาณไขมันกระจายเพิ่มมากขึ้นในเนื้อ เซลล์ไขมันจะสะสมเพิ่มเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อโตขึ้นเพราะมีไขมันแทรกอยู่มาก ปริมาณไขมันที่กระจายแทรกในเนื้อทำให้เนื้อมีรสชาติ กลิ่นรสดี เมื่อนำไปทำให้สุก อุณหภูมิของชิ้นเนื้อจะไม่สูงเกินไป ขณะที่อุณหภูมิภายนอกสูง หรือเมื่อนำเนื้อมาบดและทำให้สุกจะไม่หดตัวมาก มีรสชาติ และความชุ่มฉ่ำดี

2.5.1.5 ความชุ่มน้ำ (Juiciness)

ความชุ่มน้ำของเนื้อสัตว์ จัดได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความน่ารับประทานของเนื้อ โดยที่ความชุ่มน้ำจะเป็นความรู้สึกที่ประสาทสัมผัสในปากำฯได้รับจาการที่ของเหลวถูกบีบ และกดดันออกมาจากก้อนเนื้อที่กำลังบดอยู่ในปาก ส่วนของเหลวที่ออกมาเป็นซีรัม (Serum) และไขมันจะไปทำให้เกิดการเร่งเร้าให้น้ำลายไหล เนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อยจะทำให้ความรู้สึกที่มีความชุ่มน้ำสูงกว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมาก แต่ถ้าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมากมีไขมันแทรกสูงก็จะมีผลทำให้ความชุ่มน้ำของเนื้อเพิ่มขึ้นได้

2.5.1.6 ลักษณะเนื้อและขนาดของเส้นใย (Texture and fiber size)

ลักษณะเนื้อเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของเส้นใยในเนื้อ เนื้อจากสัตว์ที่มีอายุมากจะมีลักษณะหยาบ ซึ่งถ้านำมัดกล้ามเนื้อมาตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นว่าเนื้อมีลักษณะหยาบ อาจเกิดจากการเพิ่มขนาดของเส้นใย ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน การหด-เกร็งตัวของกล้ามเนื้อ และตำแหน่งของกล้ามเนื้อ เนื้อที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะเนื้อละเอียด (Fine) เช่นเนื้อส่วนของเนื้อสัน เป็นต้น

2.5.1.7 ความนุ่ม (Tenderness) หรือความเหนียว (Toughness)

ความนุ่มของเนื้อเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความน่ารับประทานมากที่สุด สิ่งที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อคือ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน สัดส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีอยู่ในโครงสร้างของชิ้นเนื้อ เป็นผลให้เนื้อมีความนุ่มแตกต่างกัน เนื้อที่ตัดมาจากส่วนขาซึ่งเป็นอวัยวะที่ต้องออกแรงมากจะมีสัดส่วนของอีพิไมเซียมผสมกับเส้นเอ็นจำนวนมาก ทำให้เนื้อจากส่วนนี้มีความนุ่มน้อยกว่าเนื้อตำแหน่งอื่นๆเช่นเนื้อสัน

ปริมาณตัวเชื่อมระหว่างกันภายในโมเลกุล (Intermolecular crosslink) ของโปรตีนคอลลาเจน เนื้อจากสัตว์ที่มีอายุมากจะมีความเหนียวเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณตัวเชื่อมระหว่างกันภายในโมเลกุลของโปรตีนคอลลาเจนมีมากขึ้น

กล่าวกันว่าการเลี้ยงสัตว์ โดยการทำการจัดการให้ดี และให้อาหารสัตว์อย่างถูกต้องเหมาะสมกับชนิดของสัตว์ สามารถควบคุมความนุ่มของเนื้อได้และความนุ่มของเนื้อสัตว์นี้อาจถ่ายทอดสู่ลูกหลานได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้เนื้อสัตว์มีความนุ่มลดลง หรือการเกิดการหด-เกร็งตัวของกล้ามเนื้อ

2.5.1.8 กลิ่นและรสชาติ

กลิ่นเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งประการหนึ่งของรสชาติ เนื้อสัตว์สดๆมีกลิ่นบางเบามาก และ รสชาติจะออกไปทางเค็มๆ เกิดขึ้นจากน้ำและส่วนของเลือดที่มีอยู่ในเนื้อ แต่อย่างไรก็ตาม รสชาติที่แท้จริงของเนื้อสัตว์ ที่มนุษย์รู้จักนั้นจะปรากฏออกมาได้เมื่อนำเนื้อนั้นไปทำให้สุก ทั้งนี้เพราะความร้อนจะเป็นตัวทำให้สารประเภทให้กลิ่นบางอย่างระเหยออกมา และกลิ่นนี้เองเป็นตัวกลางในการกระตุ้นต่อมรับรสให้เกิดความรู้สึกอยากรับประทานขึ้นมา ในการต้มเนื้อและการปิ้งหรือย่างเนื้อให้สุกจะมีผลให้สารเคมีระเหยได้ส่งกลิ่นกระจายออกมาแตกต่างกัน พบว่าเนื้อสัตว์ที่สุกจะให้กลิ่นและรสชาติเฉพาะของเนื้อสุกมีผลสืบเนื่องมาจากสารตั้งต้นที่ละลายอยู่ในน้ำ และไขมันของเนื้อสัตว์ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนระดับหนึ่งก็จะปล่อยสารเคมีระเหยได้ให้กระจายกลิ่นฟุ้งออกมา

รสชาติของเนื้อสัตว์แต่ละชนิดหรือในสัตว์ชนิดเดียวกัน แต่เป็นส่วนของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันไป ซึ่งสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของรสชาติคือ กรดอะมิโนอิสระ (Free amino acid) และน้ำตาลรีดิวส์ซิ่ง (Reducing sugar) ส่วนที่ทำให้เกิดความแตกต่างกันไปได้แก่ พวกสารที่ละลายหรือคงอยู่ร่วมกับไขมันในเนื้อสัตว์ ซึ่งสารพวกนี้เมื่อถูกความร้อนในขณะที่กำลังทำให้เนื้อสุกก็จะปล่อยสารเคมีระเหยไป ซึ่งแตกต่างกันไปในระหว่างเนื้อสัตว์จากสัตว์ต่างชนิดกันออกมา

เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีต้องไม่มีกลิ่นผิดปกติในเนื้ออยู่ ได้แก่ กลิ่นของเพศ (Sex-odour) กลิ่นอาหาร กลิ่นอะซีโตน (Acetone flavour) ที่เกิดจากปฏิกิริยาการทำลายของไขมันสะสมในร่างกาย ที่มากเกินไปและกลิ่นที่เนื้อดูดกลิ่นมาจากสภาวะแวดล้อมภายนอก

2.6 การบรรจุเนื้อหมูเพื่อจำหน่ายในปัจจุบัน

เนื้อเป็นผลิตภัณฑ์ที่เน่าเสียได้ง่ายมากเนื่องจากการกระทำของเชื้อจุลินทรีย์ สามารถเก็บได้เพียง 2-3 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น (ประมาณ 10 องศาเซลเซียส) ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับการผลิตและจำหน่ายในระดับอุตสาหกรรม จึงมีการนำวิทยาการต่างๆ มาใช้เพื่อช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และเพิ่มอายุในการเก็บรักษา

การบรรจุเนื้อภายใต้สุญญากาศเพื่อการขายปลีกให้ผู้บริโภคโดยตรงได้รับความนิยมน้อย เนื่องจากผู้บริโภคไม่ยอมรับสีของเนื้อ แต่สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกา คานาดา และบางประเทศในยุโรป ผู้ค้าปลีกเริ่มบรรจุเนื้อภายใต้สุญญากาศมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากได้มีการให้ความรู้เรื่องสีของเนื้อกับผู้บริโภคไว้ก่อนหน้านี้แล้ว จึงไม่มีปัญหาเรื่องการยอมรับของผู้บริโภค ในอนาคตการบรรจุเนื้อเพื่อการขายปลีกจะใช้ระบบสุญญากาศมากขึ้น เพราะสามารถตัดขั้นตอนการบรรจุใหม่ที่ร้านค้าปลีกเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตทั้งค่าแรงงานและค่าวัสดุบรรจุ นอกจากนี้ยังช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ระหว่างการบรรจุใหม่ด้วย ส่งผลให้อายุการเก็บของเนื้อเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการบรรจุภายใต้สุญญากาศควรเลือกเนื้อที่มีค่าพีเอชน้อยกว่า 6.0 เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนสีเนื้อเป็นสีเขียวและกลิ่นเหม็นคล้ายไข่เน่า [10]

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาเชิงพาณิชย์ด้านการตลาดของเนื้อหมูสดทั่วโลกได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เทคโนโลยีการเก็บรักษาเนื้อหมูสดให้คงคุณภาพได้นานขึ้น โดยสิ้นเปลืองพลังงานและการบรรจุน้อยลง ทั้งนี้มีจุดประสงค์ที่สำคัญคือ ขยายตลาดผลิตภัณฑ์เนื้อหมูสดให้กว้างขวางมากที่สุด การมีเทคโนโลยีดังกล่าวทำให้หลายประเทศเช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ สามารถส่งผลิตภัณฑ์ประเภทเนื้อหมูสด ไปวางจำหน่ายในประเทศต่างๆได้ทั่วโลก รวมทั้งในประเทศไทยด้วย ในขณะที่ประเทศไทยมีทรัพยากรด้านเนื้อหมูไม่แตกต่างจากประเทศอื่นๆตามที่กล่าวข้างต้น แต่ขาดเทคโนโลยีในการเก็บรักษา จึงเป็นการเสียเปรียบไม่เฉพาะตลาดส่งออกเท่านั้น แต่ยังรวมถึงตลาดภายในประเทศด้วย

ด้วยเหตุนี้เองจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเร่งรัดการสร้างเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยงานวิจัย ทั้งนี้เพื่อพัฒนาให้อุตสาหกรรมเนื้อหมูสดได้มีโอกาสเจริญก้าวหน้า

2.6.1 การบรรจุเนื้อหมูเพื่อการจำหน่าย

2.6.1.1 การขายส่งให้ร้านค้า ภัตตาคาร หรือซุปเปอร์มาร์เก็ต

ในปัจจุบันพบว่าเนื้อชิ้นใหญ่สำหรับขายส่งจะบรรจุภายใต้สุญญากาศเนื่องจากสามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก รักษาเม็ดสีให้อยู่ในรูปของไมโอโกลบินซึ่งสามารถบีนออกซิไมโอโกลบินได้ง่ายเมื่อนำเนื้อไปบรรจุเพื่อการขายปลีกในสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนมาก ช่วยลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 2-4 องศาเซียล

เซียส ได้นานอย่างน้อย 3 สัปดาห์ แม้ต้นทุนการผลิตจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากต้องใช้วัสดุบรรจุที่ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี และมีความแข็งแรงสูงซึ่งวัสดุเหล่านี้มักจะมีราคาสูง แต่ประโยชน์ที่ได้รับนั้นมีมากกว่า ดังที่กล่าวมาแล้วว่าการบรรจุภายใต้สุญญากาศนิยมใช้กับชิ้นเนื้อสำหรับการขายส่ง แม้จะเริ่มมีการใช้วิธีนี้กับเนื้อชิ้นเล็กสำหรับการขายปลีกบ้างแล้วแต่ยังไม่แพร่หลายเท่าใดนัก ภาชนะบรรจุที่นิยมใช้มี 3 แบบคือ [11]

1) ถุงสุญญากาศ

ถุงเมื่อบรรจุเนื้อแล้วจะดึงอากาศออกแล้วปิดผนึกโดยความร้อน หรือใช้ลวดรัดปลายทั้งสองก็ได้ ถุงที่ใช้นี้ถ้าทำจากฟิล์มพลาสติกที่สามารถหดตัวได้ (Shrink film) ซึ่งนิยมใช้มากกว่าฟิล์มธรรมดา จะต้องนำไปจุ่มในน้ำร้อนแล้วรีบนำขึ้นมาทันที ฟิล์มจะหดตัวรัดแนบไปกับชิ้นเนื้อเป็นการป้องกันการมีช่องว่างอากาศภายในถุงได้เป็นอย่างดี ฟิล์มที่นิยมใช้มากเช่น Nylon/Surlyn/EVA และ Co-extruded, Biaxially Oriented PVDC ซึ่งมีค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนประมาณ 30 cc/m^2.24hr.atm (23 ^{0}ซ, 50% RH) ฟิล์มชนิดแรกนิยมใช้กับเนื้อที่มีกระดูกติดอยู่ด้วย เนื่องจาก Nylon สามารถยืดตัวได้ดีและทนแรงดึงขาดได้สูง

2) ถาดเทอร์โมฟอร์มกับฝาปิด

ฟิล์มที่ใช้ทำถาดและฝาปิดมักจะเป็นชนิดเดียวกัน การบรรจุจะใช้เครื่องบรรจุประเภทขึ้นรูป-บรรจุ-ปิดผนึก ในแนวนอน ฟิล์มชิ้นล่างจะถูกทำให้อ่อนตัวโดยความร้อนแล้วขึ้นรูปโดยมีเนื้อทำหน้าที่คล้ายแม่พิมพ์ ฟิล์มที่ขึ้นรูปแล้วจึงมีขนาดและรูปร่างพอดีกับเนื้อ หลังจากดึงอากาศออกฟิล์มชั้นบนจะถูกนำมาประกบติดกับฟิล์มชั้นล่าง โดยฟิล์มชั้นบนนี้จะถูกทำให้อ่อนตัวด้วยความร้อนก่อนแล้วขึ้นรูปตามชิ้นเนื้อ ขณะที่ถูกนำไปประกบติดกับฟิล์มชั้นล่าง วัสดุบรรจุที่นิยมใช้เช่น PET/PVDC/EVA, PET/PVDC/Surlyn, Nylon/PE/EVA, Nylon/ Surlyn และ Nylon/PVDC /Surlyn เป็นต้น

3) การบรรจุแบบสกิน (Skin packaging)

วิธีนี้จะใช้กับการบรรจุเนื้อเพื่อการขายปลีก เนื่องจากเนื้อจะมีสีคล้ำหรือแดงแกมม่วงจึงนิยมใช้ภาชนะทึบแสงเพื่อปิดบังสีของเนื้อ แต่ต้องให้ความรู้ต่อผู้บริโภคเรื่องสีนี้ด้วย ในประเทศฝรั่งเศสนิยมใช้ Hebdopack ซึ่งประกอบด้วยถาดเทอร์โมฟอร์ม PS/EVOH/PE ทึบแสงความหนา 300 ไมครอน ปิดด้วยฟิล์ม 7 ชั้นประกอบติดกันความหนา 100 ไมครอน ค่าอัตราการซึมผ่านของก๊าซของถาดและฟิล์มปิดประมาณ 1 cc/m^2.24hr.atm ฟิล์มปิดนี้สามารถลอกเปิดออกได้ง่าย ภาชนะบรรจุแบบนี้เหมาะกับชิ้นเนื้อที่ไม่มีกระดูกติดเท่านั้น เนื่องจากฟิล์มปิดจะรัดชิ้นเนื้อแน่นมาก (ตามระดับสุญญากาศที่ใช้) กระดูกจึงอาจทิ่มแทงฟิล์มให้ฉีกขาดได้ง่าย

ภายหลังการบรรจุภายใต้สุญญากาศ ยังตรวจพบก๊าซออกซิเจนหลงเหลืออยู่เสมอ ตั้งแต่ร้อยละ 1 ถึง 3 ขึ้นกับระบบการบรรจุและหรือเวลาที่ใช้ในการไล่อากาศออกไป ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) ในเนื้อจะใช้ก๊าซนี้ในการหายใจและให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา พบว่าการหายใจนี้เกิดต่อเนื่องตลอดเวลา 144 ชั่วโมงหลังจากสัตว์ตายหรือตราบเท่าที่ค่าความเป็นกรดเบสของเนื้อยังมากกว่า 5.5 นอกจากนี้แบคทีเรียที่ชอบอากาศซึ่งปนเปื้อนไปกับเนื้อจะใช้ก๊าซออกซิเจนและให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เช่นกัน ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุเพิ่มขึ้นได้ถึงร้อยละ 15-30 และก๊าซออกซิเจนถูกใช้หมดไป สภาพบรรยากาศเช่นนี้มีผลต่อคุณภาพของเนื้อดังนี้คือ

1) คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์

แบคทีเรียที่ชอบอากาศไม่สามารถเจริญเติบโตได้โดยเฉพาะ *Pseudomonas* และ *Achromobacter* เป็นการช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์รวม และชลอการเกิดกลิ่นรสผิดปกติซึ่งมีสาเหตุจากการเจริญเติบโตของแบคทีเรียประเภท Proteolytic strainLab สามารถเจริญได้ดี แม้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาณมาก แบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกที่พบมากคือ *Lactobacillus* และ *Leuconostoc* ทำให้ค่าเป็นกรด-เบสของเนื้อลดลง เนื้อที่บรรจุภายใต้สุญญากาศจึงมีกลิ่นเปรี้ยว แต่ไม่เหม็นหรือมีเมือก (Putrid Slimy) นอกจากนี้ *Lactobacillus* ยังสามารถสร้างสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิดได้ เช่น *Brochothrix thermosphacta* และพวกแบคทีเรียที่ทำให้อาหารเป็นพิษบางสายพันธุ์

2) คุณภาพทางด้านสี

เม็ดสีจะอยู่ในรูปไมโอโกลบิน ซึ่งมีเสถียรสูง และสามารถเปลี่ยนเป็นออกวิไมโอโกลบินได้ง่ายเมื่อเนื้อสัมผัสกับอากาศ เนื้อที่นำมาตัดแบ่งเพื่อการขายปลีกจะมีสีแดงสดขณะวางจำหน่าย ข้อควรระวัง เนื้อชิ้นใหญ่ก่อนนำมาบรรจุภายใต้สุญญากาศเพื่อการขายส่งให้ร้านค้า ภัตตาคาร หรือซุปเปอร์มาร์เกต จะต้องผ่านการชำแหละแล้วนำไปบรรจุภายใต้สุญญยกาศขั้นตอนนี้ต้องทำให้เสร็จเรียบร้อยภายในเวลาอันสั้นไม่ควรเกิน 30 นาที ออกซิไมโอโกลบินจะถูกเปลี่ยนไปเป็นเมตไมโอโกลบินและไมโอโกลบินตามลำดับ ภายใน 2-3 ชั่วโมงหลังการบรรจุ หากขั้นตอนดังกล่าวใช้เวลานานเกินควร เมทไมโอโกลบินจะมีเสถียรสูงขึ้นและการเปลี่ยนไปเป็นไมโอโกลบินจะลดลง เมื่อนำเนื้อประเภทนี้มาบรรจุใหม่ภายใต้อากาศ (Modified Atmosphere Packaging,MAP) ที่มีก๊าซออกซิเจนมากๆ เนื้อจะยังคงเป็นสีน้ำตาลคล้ำไม่มีสีแดงสดกลับมาอีกต่อไป

3) คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อจะเสื่อมเสียช้าลงโดยเฉพาะกลิ่นเนื่องจากแบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้ทำให้ไม่เกิดกลิ่นเหม็น นอกจากนี้การบรรจุภายใต้

สุญญากาศยังช่วยชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันซึ่งเป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็นหืน แต่อาจพบกลิ่นรสเปรี้ยว เนื่องจากกรดที่ Lab สร้างขึ้นมา

2.6.1.2 การขายปลีกในซุปเปอร์มาร์เก็ต

การบรรจุเนื้อเพื่อการขายปลีก ส่วนใหญ่จะบรรจุเนื้อในถาดโฟม แล้วปิดทับด้วยฟิล์ม PVC เนื่องจากมีความใสสามารถมองเห็นเนื้อได้ชัดเจน ทั้งยังมีความสามารถในการยืดตัวได้มากและสามารถเกาะติดกันได้ดี ทำให้ไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่นๆ ช่วยยึดติด

2.6.1.3 การขายปลีกตามเขียงในตลาดสด

ส่วนใหญ่บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการขายปลีกคือถุงพลาสติก เนื่องจากสะดวกในการใช้โดยส่วนใหญ่จะไม่คำนึงถึงระยะเวลาในการเก็บ เพราะใช้เพียงห่อหุ้มชั่วคราวเท่านั้น

2.6.1.4 การขายสุกรแปรรูปส่งตลาดต่างประเทศ

ปัจจุบันมีเพียงประเทศฮ่องกงประเทศเดียวที่โรงงานส่งออกไปจำหน่ายโดยจำหน่ายเป็นสินค้าแช่เย็น มีน้ำแข็งแห้ง 1 ก้อน (300 กรัม) ใส่เข้าไปในกล่องโฟม โดยจะห่อชิ้นส่วนเนื้อหมูด้วยผ้าด้ายดิบ

2.7 การเสื่อมเสียของเนื้อหมู

การเสื่อมเสียของเนื้อหมูเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแบบต่อเนื่อง เริ่มตั้งแต่การชำแหละและการตัดแต่งซาก การเติมสารหมัก (Curing agents) ตลอดจนการแปรรูป การเสื่อมเสียจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ดังนั้นเนื้อที่นำมาใช้แปรรูปเพื่อทำผลิตภัณฑ์จึงไม่ควรมีสิ่งแสดงให้เห็นถึงความเสื่อมเสียของรสชาติและลักษณะปรากฏต่าง ๆ เกิดขึ้น เพราะในการใช้สารเคมีเพื่อหมักเนื้อและการใช้ความร้อนในการแปรรูปไม่สามารถลบเกลื่อนความเสื่อมเสียที่เกิดขึ้นในวัตถุดิบที่ใช้ และเมื่อเนื้อผ่านการแปรรูปต้องพยายามลดขอบเขตของปริมาณการเสื่อมเสียให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด เมื่อนำไปผ่านขบวนการแปรรูปแล้วจะได้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีอายุการเก็บรักษานานเพิ่มขึ้น การเสื่อมสภาพของเนื้อหมูแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ การเสื่อมสภาพทางกายภาพ การเสื่อมสภาพทางเคมี และการเสื่อมสภาพทางจุลชีววิทยา

2.7.1 การเสื่อมเสียทางกายภาพ

หมายถึงการเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ที่สามารถเห็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงได้ด้วยตา แยกได้เป็น

2.7.1.1 การเหม็นหืน เกิดขึ้นได้เนื่องจากปฏิกิริยาของเอนไซม์จากแบคทีเรียและจากปฏิกิริยาของการออกซิไดซ์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัว เอนไซม์จากแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเหม็นหืน ได้แก่ เอนไซม์ไลเปส (Lipase) จะย่อยโมเลกุลของไขมันให้แตกออกเป็นกรด

ไขมันอิสระ และเอนไซม์ออกซิเดส (Oxidase) จะเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับกรดไขมันในองค์ประกอบที่เป็นไขมันในเนื้อสัตว์ทำให้เกิดสารที่มีกลิ่นและรสชาติผิดปกติไป

จุลินทรีย์เป็นสาเหตุใหญ่ประการหนึ่งที่ทำให้เกิดการเหม็นหืน ได้แก่ แบคทีเรียตระกูล *Pseudomonas* และ *Achromobacter* แต่ไม่ค่อยสำคัญมากนักในเนื้อเพราะพวกกรดไขมันอิสระที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดย Hydrolytic cleavage ของไขมันจะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์หลาย ๆ ชนิด โดยเฉพาะสารพวกเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการออกซิเดชั่นของกรดไขมันจะเป็นพิษอย่างยิ่งกับ จุลินทรีย์ แต่การเหม็นหืนที่เกิดขึ้นในเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่จะมีผลมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของไขมันที่มีผลเนื่องจากการที่อ๊อกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งมีสาเหตุเนื่องจากปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในภาชนะบรรจุ อุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษา แสงสว่างและสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ซึ่งได้แก่ เกลือ ก๊าซโอโซน สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

2.7.1.2 การเหม็นเน่า เกิดขึ้นเนื่องจากแบคทีเรียพวก *Proteus* และ *Clostridium perfringens* เจริญอยู่ในเนื้อสัตว์และสามารถสร้างเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายโปรตีน ทำให้เกิดสารที่ทำให้เนื้อมีกลิ่นเหม็นเน่าขึ้น ได้แก่ Hydrogen sulphide, Mercaptans indole, Ammonia, Maine และอื่น ๆ

2.7.1.3 การเกิดแก๊สและรสเปรี้ยว การย่อยสลายสารพวกคาร์โบไฮเดรตในเนื้อสัตว์ของพวกแบคทีเรียประเภทที่ไม่ต้องการอากาศ (Anaerobic bacteria) เช่น Lactic acid bacteria ชนิดต่าง ๆ เป็นผลใหเกิดกรดอินทรีย์ต่าง ๆ เกิดขึ้น ทำให้เนื้อมีค่าพีเอชลดลง และเกิดแก๊สขึ้นในเวลาเดียวกัน

2.7.1.4 ผิวหน้าเป็นเมือก มีสาเหตุเนื่องจากแบคทีเรีย *Pseudomonas* และ *Achromobacter* พบในเนื้อสัตว์ที่แขวนไว้ในห้องเย็นที่มีความชื้นสูง แต่ถ้ามีความชื้นต่ำในห้องเย็นจะพบพวก *Micrococcus* หรือยีสต์

เนื้อที่มีการปนเปื้อนด้วยแบคทีเรียหรือยีสต์หรือทั้ง 2 อย่างในปริมาณมากๆ จะปรากฏเห็นเป็นเมือกสีขาว ๆ หรือสีเหลืองเกิดขึ้นบนผิวหน้าของชิ้นเนื้อ เมือกดังกล่าวเป็นสารที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นในเซลล์ ไม่สามารถย่อยสลายได้เกิดสะสมขึ้นในเซลล์ แต่เมื่อปริมาณของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้นจนสามารถเห็นเป็นโคโลนีด้วยตาเปล่าได้ จะปรากฏให้เห็นเป็นเมือกเกิดขึ้น ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่บรรจุแบบสุญญากาศ มักจะไม่พบการเน่าเสียในลักษณะนี้เพราะการปนเปื้อนของแบคทีเรียประเภทที่ไม่ต้องการอากาศ ในธรรมชาติมีน้อยกว่าแบคทีเรียประเภทที่ต้องการอากาศ และแบคทีเรียประเภทที่ไม่ต้องการอากาศ โดยปกติจะผลิตกรดอินทรีย์ขึ้นระหว่างการเจริญเติบโต ปริมาณกรดที่เกิดขึ้นจากแบคทีเรียเหล่านี้ จะมีผลยับยั้งการเจริญของพวกแบคทีเรียประเภทที่ต้องการอากาศด้วย แต่ถ้าผลิตภัณฑ์ที่เก็บรักษาในสภาพสุญญากาศมีการปนเปื้อนจากแบคทีเรียประเภทที่ไม่ต้องการอากาศขึ้น และเก็บรักษาไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง ก็อาจเกิดการเน่าเสียที่สังเกตเห็นได้เป็นเมือกสีขาวคล้ายน้ำนม ในผลิตภัณฑ์ที่บรรจุแบบธรรมดา เมือกของแบคทีเรียจะปรากฏเห็น

เป็นในรูปของเม็ดลูกปัดเล็ก ๆ ละเอียด แตะดูจะเป็นยางเหนียวและมีกลิ่นเหม็น บางครั้งมองเห็นคล้ายกับยีสต์

2.7.1.5 การเกิดสีต่าง ๆ บนผิวหน้าของชิ้นเนื้อและผลิตภัณฑ์ เนื่องจากแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่สามารถสร้างรงควัตถุที่มีสีเกิดขึ้นในระหว่างการเจริญเติบโต ทำให้มองเห็นเป็นจุดสีต่าง ๆ เกิดขึ้นบนผิวหน้า เช่น จุดสีแดง อาจมีสาเหตุจาก *Serratia marcescens* จุดสีเหลืองจากแบคทีเรียพวก *Pseudomonas syncyanea* และจุดสีน้ำเงินแกมเขียวกับสีดำแกมน้ำตาลจากแบคทีเรียพวก *Chromobacterium livdum* [12]

2.7.2 การเสื่อมเสียทางเคมี

ตัวอย่างของการเสื่อมเสียทางเคมีคือการเสียของเนื้อที่เก็บในสภาวะไม่มีอากาศเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ หลังจากความหนาแน่นสูงสุดของแบคทีเรียเกิดขึ้น การเก็บรักษาเนื้อในถุงสุญญากาศที่อุณหภูมิ –1 องศาเซลเซียส มีอายุการเก็บ 12-14 สัปดาห์ แต่ในระหว่างช่วงเวลานี้ก็เกิดกลิ่นนมเนยนั้นทำให้เนื้อไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค กลิ่นรสนี้เกิดจากการสร้างตัวของกรดไขมันเป็นสายสั้น ๆ รวมถึงกรดอะซิติก โพรพิโอนิกและ ไอโซบิวทิริก นอกจานี้ยังพบการสะสมเอมีนในเนื้อที่อยู่ในถุงสุญญากาศ เนื่องจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียด้วย ซึ่งสารทั้งสองกลุ่มนี้ได้จากการแตกตัวของกรดอะมิโน จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพและเคมีของเนื้อสดแช่เย็นที่ [7] สรุปได้ว่า การเสียของเนื้อสดแช่เย็นเพิ่มขึ้นเมื่อความสามารถไฮเดรชั่นของโปรตีนในกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นและจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้นในผิวหน้าเนื้อประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตรเพิ่มเป็น 100 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตรเท่านั้นเมื่อเสียเนื่องจากมวลแบคทีเรียน้อยจึงมีปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อต่ำ ส่วนการเสียที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพและเมตาบอลิสม (Matabolism) ของแบคทีเรียนั้นคือองค์ประกอบของเนื้อสัตว์ที่เป็นสับสเตรท (Substrate) ที่ใช้ในการเจริญของแบคทีเรีย และผลกระทบจากการกระทำของแบคทีเรียซึ่งที่ชี้ได้ว่าการเสียที่เกิดขึ้นเป็นแบบใดและเกิดขึ้นช่วงใด

2.7.3 การเสื่อมเสียทางจุลชีววิทยา

กล้ามเนื้อสัตว์โดยปกติปราศจากเชื้อจุลินทรีย์แต่เมื่อสัตว์ถูกฆ่าเพื่อนำเนื้อมาใช้เป็นอาหาร โดยผ่านขั้นตอนการฆ่าและชำแหละ เช่น การใช้มีดเชือดคอ การถลกหนัง การใช้ใบเลื่อยแบ่งครึ่งซาก การใช้น้ำล้างเลือด การเคลื่อนย้ายซาก การแช่เย็นซาก และการตัดชิ้นเนื้อ ทำให้เนื้อมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เกิดขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการเสื่อมเสีย และการเน่าเสียของเนื้อสัตว์ในการเคลื่อนย้ายการตัดแต่งและการบรรจุเนื้อสดจะมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียพวก *Lactobacteriaceas sp.* จากวัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการตัดแต่งและจากมือของผู้ประกอบการ

เนื้อที่ชำแหละใหม่ๆ จะตรวจพบจุลินทรีย์เฉพาะที่ผิวนอกเท่านั้น ลึกลงไปเนื้อยังอยู่ในสภาพปลอดเชื้อ เมื่อจุลินทรีย์เจริญเติบโตมากขึ้นจะสร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีน (Proteolytic Enzymes) จุลินทรีย์จึงแทรกลงไปภายในเนื้อได้ซึ่งเป็นเวลาที่เนื้อเน่าเสียแล้วเช่นกัน เนื้อชำแหละเก็บภายใต้สภาพบรรยากาศปกติจะตรวจพบแบคทีเรียที่ชอบอากาศเช่น *Pseudomonas* ซึ่งทำให้

เนื้อมีกลิ่นผิดปกติ เช่น *Moraxella, Acinotobacter, Achromobacter* และ *Flavobacterium* เป็นต้น แบคทีเรียพวกนี้ยับยั้งได้ด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ประมาณร้อยละ 20-25) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส [12]

2.7.3.1 ชนิดของจุลินทรีย์ที่พบปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์มีจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่หลายชนิดแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1) แบคทีเรียที่สามารถหมักกรดแลคติกได้ (Lactic acid bacteria)

แบคทีเรียพวกนี้อยู่ตามผิวหน้าของเนื้อ ต้องการอากาศในการเจริญเติบโต สามารถใช้น้ำตาลได้โดยการออกซิไดซ์ ทำให้ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ แต่ถ้ามีปริมาณออกซิเจนจำกัดหรือถ้าการออกซิไดซ์ของน้ำตาลไม่สมบูรณ์ จะทำให้เกิดกรดอินทรีย์เกิดขึ้น แบคทีเรียพวกนี้มีบทบาทสำคัญต่อผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก ซึ่งแบ่งเป็น 4 ชนิด คือ

ก. Homofermentative lactic acid bacteria ได้แก่พวก *Streptococci* และ *Lactobacilli* บางชนิด แบคทีเรียพวกนี้ในการหมักจะให้กรดแลกติกเพียงอย่างเดียว

ข. Heterfermentative lactic acid bacteria ได้แก่พวก *Leuconostoc* และ *Lactobacilli* บางชนิดแบคทีเรียพวกนี้ในการหมักจะให้กรดแลกติก, เอ็ททิลแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ค. Bacillus species แบคทีเรียพวกนี้จะพบเฉพาะในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่เติมสารไนเตรตเท่านั้น จะทำให้เกิดกรดแลกติก กรดแอซิติต และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ง. Clostridium species แบคทีเรียพวกนี้จะหมักให้เกิดกรดแลกติก กรดแอซิติก กรดบิวทีริก อะซีโตน บิวทิวแอลกอฮอล์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจน

2) แบคทีเรียที่สร้างสารพิษขึ้นในอาหารพวกเนื้อสัตว์

แบคทีเรียพวกนี้ปนเปื้อนอยู่ในเนื้อ จากฝุ่นดิน และผู้ประกอบการ สามารถทนความร้อนสูงและเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนเซลล์มากขึ้นพร้อมกับผลิตสารพิษ แบคทีเรียเหล่านี้มีอยู่ 3 ชนิด คือ

ก. *Clostridium botulinum* เป็นแบคทีเรียผลิตสารพิษที่มีชื่อว่า Botulism สารพิษนี้ถูกสร้างขึ้นและขับออกจากเซลล์แบคทีเรียมาอยู่ในอาหาร เป็นพวก Exotoxin ที่ถูกทำลายเมื่อนำไปต้มในน้ำเดือด (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) 15-20 นาที ความเป็นพิษของ Boutlism พบว่าภายหลังจากบริโภคอาหารที่มีสารพิษนี้อยู่ 24-48 ชั่วโมง ผู้ป่วยจะมีอาการกล้ามเนื้ออ่อนเพลีย ไม่มีแรง สูญเสียความสามารถในการสั่งการของสมองส่วนกลางและถ้าบริโภคมากอาจถึงตายได้ *C. bolulinum* มี 3 แบบ คือ A B และ E เซลล์มีลักษณะเป็นแท่ง (rod)

เจริญเติบโตได้ดีในที่มีอากาศและทนความร้อนได้สูง พบอยู่ทั่วไปในดิน มักพบในอาหารประเภทโปรตีน อาหารกระป๋องที่มีความเป็นกรดต่ำ เช่น ผลิตภัณฑ์เนื้อ และผักบรรจุกระป๋อง แต่ไม่พบบ่อยนักในผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมสารไนเตรท เพราะสารเหล่านี้จะยับยั้งการเจริญเติบโตของ *C. bolulinum* ได้ [13] และ [14]

ข. *Staphylococcus aureus* สามารถผลิตสารพิษพวก enterotoxin ซึ่งสร้างขึ้นภายในเซลล์และเมื่อผู้บริโภครับประทานอาหารที่มีเซลล์ของแบคทีเรียอยู่จำนวนมากพอ พบว่าภายใน 2-6 ชั่วโมง ภายหลังจากได้รับสารพิษ ผู้ป่วยจะเกิดการบวมพองของผนังลำไส้และกระเพาะ สารพิษนี้สามารถทนความร้อนที่น้ำเดือดได้นานถึง 60 นาที แต่ถ้าใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที จะถูกทำลายได้ *S. aureus* มักพบในอาหารประเภทเนื้อสัตว์ที่ปิ้ง ย่าง รมควัน และเนื้อสด ซึ่งผ่านการให้ความร้อนในช่วงแรกไม่เพียงพอที่จะทำลายเซลล์แบคทีเรียได้ แต่ความร้อนที่ใช้จะเป็นตัวกระตุ้นให้แบคทีเรียที่เหลือรอดอยู่เจริญเติบโต และแบ่งเซลล์อย่างรวดเร็วในช่วงที่ทำให้เย็นลงช้า ๆ และตั้งรอเวลาไว้ 8-12 ชั่วโมงก่อนนำมารับประทาน

ค. ***Clostridium perfringens*** พบในเนื้อสัตว์หลายชนิดได้แก่ เนื้อโค สุกร แกะ และ ไก่ ทั้งในเนื้อสดและผลิตภัณฑ์ แต่ส่วนใหญ่จะพบในเนื้อที่ผ่านการทำให้สุก และทิ้งไว้ให้เย็นอย่างช้า ๆ ผู้บริโภคจะมีอาการปวดท้อง และท้องเสียภายหลังจากรับประทานอาหารที่มี *C. perfringens* ปนเปื้อนอยู่ในปริมาณมากเป็นเวลา 8-22 ชั่วโมง การหุงต้มโดยปกติจะสามารถทำลายเซลล์แบคทีเรียพวกนี้ได้ และถ้าต้องการทำลายสปอร์ต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้น

3) แบคทีเรียจากเนื้อสัตว์ที่ทำให้เกิดโรค

แบคทีเรียจากเนื้อสัตว์ที่ทำให้เกิดโรคได้แก่ *Salmonella* spp.ที่ปนเปื้อนอยู่ในเนื้อสัตว์เป็นปริมาณมาก แบคทีเรียนี้สามารถเจริญได้ในร่างกายของผู้บริโภคแล้วผลิตสารพิษ endotoxin ขึ้นภายในเซลล์ ทำให้ผู้ติดเชื้อมีอาการวิงเวียนศีรษะ อาเจียน และท้องเดิน ระยะเวลาของการฟักตัว หรือช่วงเวลาหลังรับเชื้อเข้าไปถึงปรากฏอาการออกมาจะกินเวลานานกว่า 6 ชั่วโมง

2.7.3.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์จัดได้ว่าเป็นอาหารที่ดีที่สุดต่อการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุคือ

ก. ความชื้น ความชื้นของเนื้อโดยทั่วไปมีประมาณร้อยละ 50-57 หรือ Aw ประมาณ 0.99 ขึ้นไป ซึ่งเป็นความชื้นที่จุลินทรีย์ทุกชนิดสามารถเจริญเติบโตได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เพราะแบคทีเรียสามารถเจริญได้ดีในที่ที่มีความชื้นร้อยละ 18 หรือมากกว่า หรือที่ Aw 0.75 หรือมากกว่า และเชื้อราสามารถเจริญได้ดีที่ความชื้นร้อยละ 0.3 หรือมากกว่า หรือที่ Aw 0.75 หรือมากกว่า [12]

ข. สารอาหารในเนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์เป็นแหล่งอาหารที่ให้ธาตุอาหารพวกไนโตรเจน แร่ธาตุ และวิตามินที่อุดมสมบูรณ์ จึงเหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และมีสารอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตที่จุลินทรีย์สามารถใช้ได้เช่น กลูโคสในน้ำเลือดที่เหลือค้างอยู่ตามเซลล์ต่าง ๆ ทำให้จุลินทรีย์ที่มีอยู่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วและเกิดการหมักได้ง่ายถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสม

ค. ค่าพีเอช เนื้อสัตว์มีค่าพีเอช ประมาณ 5 - 7 เหมาะแก่การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ง. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อสัตว์ ลักษณะโดยทั่วไปของเนื้อมีช่องว่างและโพรงอากาศมากมายที่ทำให้จุลินทรีย์สามารถอาศัยอยู่ได้

2.7.3.3 ลักษณะการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเนื้อหมู

แบคทีเรียมักเจริญบนผิวหน้าเนื้อ แต่ก็เป็นไปได้ที่มันจะเจริญอยู่ข้างในเนื้อ มีหลายกลไกบ่งถึงการเจริญของแบคทีเรียลึกลงไปในซากเนื้อ

1) ในเนื้อเยื่อที่แข็งแรงของสัตว์อาจมีแบคทีเรียอยู่บ้างถ้ามันยังคงเติบโตและแทรกลงไปในเนื้อเยื่อ มันจะถูกกำจัดโดยระบบภูมิคุ้มกันของสัตว์เอง

2) แบคทีเรียจากลำไส้อาจแพร่กระจายในเนื้อเยื่อของซากสัตว์ระหว่างการฆ่า หรือหลังจากตายแล้ว

3) แบคทีเรียอาจเข้าสู่เนื้อเยื่อตามบาดแผลก่อนหรือระหว่างการฆ่า

4) แบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากับผิวหน้าของซาก ซึ่งสามารถแทรกเข้าสู่เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อที่ลึกลงไปได้

การแพร่กระจายของแบคทีเรียจากลำไส้ระหว่างการฆ่าจะไม่เกิดขึ้นในสัตว์และคน ส่วนการแพร่กระจายของแบคทีเรียจากลำไส้หลังการฆ่าเกิดขึ้นหลังจากตายไปแล้วหลายชั่วโมง กลไกที่ชัดเจนที่สุดคือแบคทีเรียเข้าสู่เนื้อเยื่อทางบาดแผล อย่างไรก็ดี การปนเปื้อนแบคทีเรียระหว่างการฆ่านั้นมีจริง หลังช่วงทำให้สลบนั้นแบคทีเรียถูกนำเข้าสู่กระแสเลือดจากเครื่องมือที่ใช้ฆ่า ซึ่งแบคทีเรียแพร่กระจายไปทั่วเนื้อเยื่อของซากโดยอาศัยการไหลเวียนของเลือด แต่แบคทีเรียจำนวนเล็กน้อยนี้ถูกกำจัดโดยภูมิคุ้มกันที่เหลืออยู่หลังจากการตาย แบคทีเรียที่ปนเปื้อนได้ต้องมีเซลล์เริ่มต้นอย่างน้อยหลายร้อยเซลล์ต่อกรัม ถ้ากำจัดไม่หมดหลังจากที่สัตว์ตายไปแล้ว 1 ชั่วโมง แบคทีเรียที่รอดนั้นจะเจริญต่อไป แต่แบคทีเรียพวก *Salmonella sp.* และ *Clostridium perfringen* นั้นจะรอดและเจริญเติบโตต่อได้แม้ว่าจะมีเซลล์เริ่มต้นเพียง 20 เซลล์/กรัม [15] มีข้อขัดแย้งเกี่ยวกับความสามารถเจาะลงในเนื้อเยื่อของแบคทีเรีย ฝ่ายหนึ่งกล่าวว่าแบคทีเรียเจาะได้จำกัดเพียง 2 มิลลิเมตรต่ำจากผิวหน้าเนื้อสัตว์ และพร้อมที่จะแทรกซึมเข้าเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อในอัตราที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อชั่วโมง แต่จริง ๆ แล้วแบคทีเรียถูกกำจัดไว้ที่ผิวหน้าของเนื้อสัตว์เท่านั้น เนื้อเยื่อ

ภายในนั้นปลอดเชื้อ ดังนั้นการเสียจึงเกิดเฉพาะผิวหน้าและเนื้อสดมีลักษณะการเสียคล้ายกันไม่ว่าจะที่อุณหภูมิใด

แบคทีเรียหลักของการเน่าเสียคือแบคทีเรียสายพันธุ์ทั่วไปที่พบ และเจริญอย่างรวดเร็วภายใต้สภาวะที่เนื้อสัตว์ขณะนั้น ตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิแช่เย็นพวกสูโดโมแนสเจริญได้ดีกว่าคู่แข่งในสภาวะที่มีอากาศ ส่วนสภาวะที่ไม่มีอากาศนั้นพวก *Lactobacillus sp.* เจริญได้ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามแบคทีเรียเริ่มแรกบนเนื้อสัตว์ได้จากหนังสัตว์ซึ่งเป็นพวกมีโซฟลายส์ (Mesophiles) ภายใต้สภาวะมีอากาศพวกสูโดโมแนสชอบอุณหภูมิต่ำซึ่งเป็นสายพันธุ์หลักของการเน่าเสีย ในการเก็บที่อุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่าสายพันธุ์พวกมีโซฟลายส์ เช่น พวก *Acinetobacter sp.* และ *Enterobacteriaceae sp.* จะเจริญเติบโตแทน ส่วนในสภาวะไม่มีอากาศ Lactobacilli ที่ชอบอุณหภูมิต่ำจะถูกแทนที่ด้วย *Enterobacteriaceae sp.* ที่ชอบอุณหภูมิต่ำ แต่ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พวกแบคทีเรียหลักเป็น *Crostridium sp.* ที่เป็นพวกมีโซฟลายส์ การเจริญเติบโตของพวกแบคทีเรียหลักเป็นแบบกะ คือเมื่อถึงช่วงที่คงที่ (Stationary phase) แล้วจำนวนของแบคทีเรียลดลงเนื่องจากมีการตายและการแตกของเซลล์ แต่การเจริญของแบคทีเรียบนเนื้อนั้นแตกต่างกันออกไป เพราะเนื้อสัตว์นั้นเป็นอาหารที่สารอาหารข้างในซึมออกสู่ผิวหน้าอย่างต่อเนื่อง และการเจริญในสภาวะมีอากาศและไม่มีอากาศก็มีลักษณะต่าง ๆ กันดังหัวข้อต่อไปนี้

2.7.3.3.1 การเน่าเสียของเนื้อสัตว์ในภาวะมีอากาศ

การเสียในลักษณะนี้เริ่มเมื่อแบคทีเรียเจริญอยู่ในช่วงเพิ่มจำนวน (log phase) ก่อนมีการย่อยโมเลกุลที่ซับซ้อนในเนื้อ ดังนั้นปัจจัยวิกฤติคือจำนวนกลูโคสต่อแบคทีเรีย เนื่องจากสายพันธุ์ที่ทำให้เนื้อเสียส่วนใหญ่ (พวก *Pseudomonas sp.*) ต้องใช้กลูโคสในการเจริญเป็นสิ่งแรก แต่กลูโคสในเนื้อมีความเข้มข้นต่ำ เมื่อแบคทีเรียเจริญบนผิวหน้าเนื้อ กลูโคสก็แพร่กระจายออกมาจากก้อนเนื้อ เพราะความเข้มข้นกลูโคสที่ผิวหน้าลดลงเพราะถูกแบคทีเรียนำไปใช้ การเสียของเนื้อในสภาวะมีอากาศนั้นเราวัดได้จากความเข้มข้นกลูโคสในเนื้อและการเสียเกิดขึ้นเมื่อมีกลูโคสไม่เพียงพอต่อความต้องการของแบคทีเรีย จึงมีการย่อยสลายกรดอะมิโนทำให้เกิดแอมโมเนียและการเสียเกิดขึ้น

ส่วนการเสียเนื่องจากแบคทีเรียสายพันธุ์อื่นก็เหมือนกับพวก *Pseudomonas sp.* แต่จะแตกต่างกันในเรื่องการใช้สับสเตรทดังกล่าวในตอนต้น ตัวอย่างเช่น *Enterobacteriaceae sp.* ใช้กลูโคส-6-ฟอสเฟตเป็นลำดับต่อจากกลูโคสแล้วจึงใช้กรดอะมิโน ส่วน *Acinetobacter sp.*ใช้กรดอะมิโนเลยเพราะใช้น้ำตาล 6 โมเลกุลไม่ได้ แต่ว่ามันไม่ผลิตกลิ่นเสียที่แรงนักและถูกยับยั้งด้วยค่าความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 6.0 ดังนั้นจึงพบการเสลักษณะนี้เล็กน้อยเท่านั้น ในเนื้อดีเอฟดีเสียง่ายกว่าเนื้อปกติเพราะเนื้อดีเอฟดีมีกลูโคสน้อยหรือแทบไม่มี แบคทีเรียจึงต้องย่อยสลายกรดอะมิโนทันทีจึงทำให้เกิดการเสียเร็วกว่าเนื้อปกตินั่นเอง อย่างไรก็ตามการเติมกลูโคส

ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อดีเอฟดีได้ และการเสียจะไม่เกิดขึ้นจนกว่าจะมีเซลล์แบคทีเรียถึง 10^8 เซลล์ต่อตารางเซนติเมตร

2.7.3.3.2 การเน่าเสียของเนื้อสัตว์ในภาวะไม่มีอากาศ

เนื้อแช่เย็นสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้โดยบรรจุในถุงสุญญากาศ ซึ่งเป็นแผ่นพลาสติกที่สามารถให้ออกซิเจนผ่านได้ต่ำภายใต้สภาวะนี้ ออกซิเจนที่ดูดซึมในก้อนเนื้อจะปล่อยออกมาในรูปคาร์บอนไดออกไซด์ แต่สภาวะนี้เป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนอย่างสมบูรณ์เพราะออกซิเจนผ่านทะลุแผ่นพลาสติกได้และทำให้พวกชอบออกซิเจน เช่นพวก *Pseudomonas sp.* เจริญได้แต่ในอัตราเร็วที่ต่ำลง อย่างไรก็ตามออกซิเจนที่ผ่านแผ่นพลาสติกนี้ต่ำมาก และในอัตราที่ช้าเกินกว่าที่ทำให้เพวกที่เป็นสาเหตุการเสียแบบที่ใช้อากาศเจริญเติบโตได้อย่างมีนัยสำคัญแม้ว่าคาร์บอนไดออกไซด์จะยับยั้งการเจริญของพวก *Pseudomonas sp.* ก็ตามแต่มีบทบาทเพียงเล็กน้อยเท่านั้นภายในถึงสุญญากาศ

แบคทีเรียหลักภายในถุงสุญญากาศเป็นพวกแลคโตบาซิลลัส ภายใต้สภาวะไม่มีอากาศพวกแบคทีเรียเหล่านี้มีอัตราการเจริญดีกว่าพวกสายพันธุ์แฟคคัลเททีฟแอนแอโรบ (facultative anaerobes) นอกจากนี้แลคโตบาซิลลัสยังสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียอื่นเนื่องจากสับสเตรทที่มีอยู่อย่างจำกัด และลำดับการยับยั้งสายพันธุ์อื่นระหว่าการเจริญแบบไม่มีอากาศในเนื้อได้ แม้ว่าแลคโตบาซิลลัสสามารถสร้างกรดแลกติกและสารต่อต้านจุลินทรีย์ แต่กรดแลกติกที่สร้างขึ้นมีน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ กรดแลกติกที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์แล้ว สวนสารต่อต้านจุลินทรีย์ไม่สร้างขึ้นในสภาวะที่ไม่มีอากาศ อย่างไรก็ตามเชื่อว่าการยับยั้งสายพันธุ์อื่นได้ของแลคโตบาซิลลัสเกี่ยวข้องกับสารต่อต้าน จุลินทรีย์ แต่ยากในการกระตุ้นการสังเคราะห์สารนี้ในอาหารเหลวและ ธรรมชาติของสารนี้ยังคงไม่ทราบแน่ชัด

มีการใช้ถุงสุญญากาศเก็บเนื้อมากขึ้นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อวัวตัดที่ไม่ได้แช่แข็ง แต่โชคร้ายที่เนื้อดีเอฟดีที่เก็บในลักษณะนี้เสียอย่างรวดเร็วด้วยสีเขียวที่เกิดขึ้นเนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟต์ (H_2S) รวมกับเม็ดสีในกล้ามเนื้อจึงได้สีเขียวของซัลไมโอโกลบิน (Sulphmyoglobin) ไฮโดรเจนซัลไฟต์ และแอมโมเนีย เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของซีสเทอีน (Cysteine) ไปเป็นไพรูเวท (Pyruvate) โดยเอนไซม์ซิสเทอีนดีซัลไฮเดรต (Cystetine desulphydrase) ของแบคทีเรีย

$$HSCH_2CHNH_2COCH+H_2O \longrightarrow H_2S+NH_2+CH_3COCOOH$$

2.8 การถนอมรักษาเนื้อสัตว์

เมื่อทราบว่าการเสื่อมสภาพของเนื้อมีหลายสาเหตุ ดังนั้นจึงควรมีการถนอมรักษาเพื่อช่วยชะลอการเน่าเสีย โดยการถนอมรักษาเนื้อสัตว์ที่มีประสิทธิภาพควรเริ่มตั้งแต่การมีสุขาภิบาลที่ดี เพื่อช่วยลดปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์เป็นอาหารประเภทที่เสื่อมเสียได้ง่ายเพราะมีความชื้นสูง มี pH ปานกลาง และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารที่ดีของ จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ระหว่างการชำแหละ การขายปลีก และการแปรรูปเพื่อทำผลิตภัณฑ์ การแช่เย็นซากโดยทันทีและเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น ไม่สามารถหยุดยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิดที่ชอบความเย็นได้ การถนอมรักษาเนื้อสัตว์ที่มีประสิทธิภาพควรเริ่มตั้งแต่การมีสุขาภิบาลที่ดี เพื่อช่วยลดปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์ การควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเนื้อสด ทำได้โดยการทำความสะอาดวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการฆ่า การชำแหละและการตัดแต่งซาก ทุกครั้งที่ปฏิบัติการเสร็จต้องล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนหรือกรดแลกติก ล้างมือทุกครั้ง เสื้อผ้า ที่คลุมผมและรองเท้า ต้องทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ ในห้องเก็บเนื้อสดควรมีการรักษาให้มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 90-95% โดยเฉพาะต้องพยายามรักษาความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเก็บให้มีค่าสูงสุด เพื่อป้องกันน้ำหนักสูญหายเนื่องจากการแห้ง ดังนั้น จึงต้องควบคุมความเร็วลมหมุนเวียนในห้องเก็บให้เหมาะสมด้วย

ในห้องตัดแต่งเนื้อสด จะมีอุณหภูมิสูงกว่าห้องเก็บเล็กน้อยเพื่อให้ความชื้นภายในชิ้นเนื้อซึมผ่านออกมาที่ผิวนอกได้ เนื้อที่ชำแหละได้จะดูสดกว่าเมื่อนำออกจากห้องเก็บ อุณหภูมิห้องตัดแต่งควรใช้ประมาณ 10 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ในห้องตัดแต่งควรรักษาให้ต่ำ เพื่อป้องกันการกลั่นตัวของความชื้นจากอากาศบนชิ้นเนื้อ (Sweating) ซึ่งจะเป็นผลให้แบคทีเรียเจริญได้ดี ชิ้นเนื้อที่ตัดแต่งแล้วต้องเก็บรักษาให้อุณหภูมิต่ำสุดเท่าที่ทำได้ เพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อที่แช่เย็นถึงอุณหภูมิระหว่าง 28-30 องศาฟาเรนไฮต์เกิดการหลอมละลายของน้ำแข็งและเกิดเป็นน้ำแข็งขึ้นอีกสลับกัน ซึ่งจะทำให้คุณภาพของเนื้อสดเสียไป ดังนั้นในห้องเก็บในช่วงนี้จึงควรใช้อุณหภูมิระหว่าง 30-35 องศาฟาเรนไฮต์

นอกจากนี้ในห้องเย็นที่เก็บรักษาเนื้อผ่าครึ่งหรือผ่าสี่ อาจมีการใช้ตะเกียงลำแสงอัลตราไวโอเลตติดตั้ง เพื่อช่วยทำลายเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนบนผิวหน้าของซาก ทำให้สามารถเก็บรักษาซากได้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 15.6 องศาเซลเซียส เพื่อทำการบ่มเนื้อให้นุ่ม แต่การใช้ตะเกียงลำแสงอัลตราไวโอเลตจะผลิตก๊าซโอโซนเกิดขึ้น ซึ่งมีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์และยังอาจก่อให้เกิดการออกซิไดซ์ของกรดไขมันได้จึงต้องคำนึงถึงข้อเสียนี้ไว้ด้วย เนื้อสัตว์เป็นอาหารประเภทที่เสื่อมเสียได้ง่าย เพราะมีความชื้นสูง มีค่าพีเอชปานกลาง และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ซึ่งเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารที่ดีของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ระหว่างการชำแหละ การขายปลีกและการแปรรูปเพื่อทำผลิตภัณฑ์ การแช่เย็นซากโดยทันทีและเก็บรักษาไว้ในห้องเย็น ไม่สามารถ

หยุดยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิดที่ชอบความเย็นได้ โดยตัวอย่างของวิธีการถนอมรักษาเนื้อสัตว์ประกอบด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังจะกล่าวต่อไปนี้

2.8.1 การใช้บรรจุภัณฑ์

ในปีค.ศ. 1938 ได้มีการนำการบรรจุแบบ Controlled Atmosphere Packaging, CAP มาใช้เพื่อขนส่งเนื้อจากประเทศออสเตรเลียและประเทศนิวซีแลนด์ไปยังประเทศอังกฤษ นับเป็นการเริ่มต้นใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อถนอมรักษาคุณภาพเนื้อ ต่อมาได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ Modified Atmosphere Packaging, MAP เช่น สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ [10] และการบรรจุภายใต้สุญญากาศกับเนื้อชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้โดยทั่วๆไป เช่น เนื้อวัว เนื้อหมู เนื้อลูกแกะ เป็นต้น ซึ่งประสบความสำเร็จในระดับหนึ่ง โดยได้ประเมินไว้ว่าในช่วง 10 ปีที่ผ่านมามีผลงานวิจัยเกี่ยวกับ CAP และ MAP กว่า 4,000 ฉบับที่ออกมาเผยแพร่ หลายผลงานได้นำเสนอทฤษฎี หลักการพื้นฐาน การพัฒนานำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมทั้งในทวีปอเมริกา ยุโรปและประเทศญี่ปุ่น อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษาเนื้อยังคงเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก อาจกล่าวได้ว่าเป็นปัจจัยที่กำหนดอายุการเก็บรักษาของเนื้อ การใช้ MAP หรือ การบรรจุภายใต้สุญญากาศจะไม่บังเกิดประโยชน์ที่น่าพอใจถ้าไม่ควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำเพียงพอ (ไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส)

2.8.1.1 วัตถุประสงค์ของการบรรจุเนื้อในรูปแบบต่างๆ

1) ชะลอหรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหาร

ปฏิกิริยาเคมีในอาหารที่สำคัญคือปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ซึ่งเมื่อเกิดกับไขมันจะทำให้อาหารเหม็นหืน และเมื่อเกิดกับวิตามินจะทำให้คุณค่าทางอาหารลดลง หรือสีของอาหารซีดจางลง เป็นต้น การชะลอหรือป้องกันปฏิกิริยานี้จะต้องกำจัดก๊าซออกซิเจนในบรรยากาศล้อมรอบอาหารออกไป

2) ชะลอหรือป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียคุณภาพอาหาร

สภาพบรรยากาศที่ไร้ก๊าซออกซิเจนและมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากๆ จะช่วยชะลอหรือป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ โดยทั่วไปจะใช้ได้ผลดีกับแบคทีเรียที่ชอบอากาศ และเชื้อรา ส่วนยีสต์ นั้นผลไม่เด่นชัดนัก

3) การรักษาสีแดงของเนื้อ

เมื่อบรรจุเนื้อไว้ภายใต้บรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนมากๆ จะเกิดปฏิกิริยาออกซิจิเนชันของเม็ดสีในเนื้อที่เรียกว่าไมโอโกลบิน (Myoglobin) ได้สารชื่อออกซิไมโอโกลบิน (Oxymyoglobin) ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เนื้อมีสีแดงสดที่ผู้บริโภคต้องการ สารนี้จะเสถียรดีขึ้นเมื่ออยู่ในบรรยากาศที่มีความดันของก๊าซออกซิเจนสูงๆ สำหรับสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนน้อยๆ เนื้อจะมีสีคล้ำซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยทั่วไป.3202

2.8.2 การแปรรูป

การแปรรูปเป็นการถนอมอาหารโดยอาศัยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อให้มีอายุการเก็บที่ยาวนานกว่าเนื้อสด เช่น การทำเป็นเนื้อกระป๋อง เนื้อแห้ง เนื้อแช่เยือกแข็ง และมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น ไส้กรอก กุนเชียง หมูยอ แหนม ลูกชิ้น ซึ่งล้วนแต่จะมีอายุการเก็บได้นานหลายเดือนจนกระทั่งเป็นปี และช่วยเพิ่มมูลค่าของเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย การแปรรูปเนื้อสัตว์หมายถึง การดำเนินการใดๆ ก็ตาม ที่ทำให้เนื้อสดแปรเปลี่ยนไปจากเดิม ซึ่งได้แก่ขั้นตอน หลายๆ ขั้นตอนกระทำร่วมกัน เช่น การหมัก การรมควัน การอัดลงกระป๋อง การทำให้สุก การแช่แข็ง การไล่น้ำออก (Dehydration) การผลิต Intermediate moisture products และการใช้วัสดุเจือปน(Additives) ในอาหาร เพื่อเปลี่ยนเนื้อให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่พร้อมจะรับประทานได้

2.8.2.1 หลักการแปรรูปเนื้อสัตว์

1) เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยการเติมสารชะลอการเน่าเสีย

2) เพื่อเพิ่มมูลค่าของเนื้อสัตว์ โดยกระบวนการแปรสภาพจากเนื้อสดไปเป็นเนื้อที่พร้อมจะบริโภคได้

เนื้อแปรรูป หมายถึง เนื้อที่คุณสมบัติของเนื้อสดได้ถูกแปรเปลี่ยนไปโดยการใช้วิธีการใดวิธีหนึ่ง หรือหลาย ๆ วิธีร่วมกัน ได้แก่ การบด การสับละเอียด(Chopping) การเติมสารเพิ่มรส การเปลี่ยนแปลงสี และการใช้ความร้อน เป็นต้น สามารถจัดกลุ่มเนื้อแปรรูปได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ผลิตภัณฑ์ลดขนาด (Comminuted products) และผลิตภัณฑ์ขนาดเดิม (Noncomminuted products)

ตัวอย่างของผลิตภัณฑ์ขนาดเดิม ได้แก่ แฮม (Ham) เบคอน (Becon) แคนาเดียน-เบคอน (Canadian becon) และคอร์นบีฟ (Corn beef) ซึ่งจะเห็นได้ว่า โครงสร้างสุดท้ายของเนื้อจะยังคงรูป และมีโครงสร้างเหมือนเนื้อสดธรรมดา ส่วนที่แตกต่างกันคือการเติมส่วนประกอบอื่น ๆ แล้วทำให้สุกตามกรรมวิธีของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

การลดขนาด หมายถึง การที่ขนาดชิ้นส่วนของเนื้อสด ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักของการทำผลิตภัณฑ์เนื้อสดถูกลดขนาดให้เล็กย่อยลงกว่าเดิม เพื่อว่าผลิตภัณฑ์นั้น ๆ จะประกอบกันขึ้นมาจากเนื้อชิ้นเล็ก ๆ รวมตัวกันเป็นรูปร่างอีกแบบหนึ่งตามธรรมชาติของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ได้แก่ ไส้กรอกชนิดต่าง ๆ สามารถแบ่งออกได้อีกเป็น 2 กลุ่มย่อย ตามลักษณะโครงสร้างภายในและการลดขนาดชิ้นส่วนของเนื้อ ได้แก่ กลุ่มบดละเอียดอิมัลชัน และกลุ่มบดหยาบ

หน่วยผลิตภัณฑ์สัตว์ กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ ได้แบ่งชนิดของผลิตภัณฑ์เป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

ก. ผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนรูปร่าง ได้แก่ ผลิตภัณฑ์อิมัลชัน (Emulsion) เป็นการที่น้ำและไขมันรวมตัวเป็นอณูเล็ก (Fat droplet) โดยเติมสารลดแรงตึงผิว หรือที่เรียกว่า Emulsifying agent ได้แก่ ไส้กรอกชนิดต่าง ๆ เนื้อสดหรือวัตถุดิบในการทำ ต้องมีการสับละเอียดและปั่นนวดผสมเข้ากันกับน้ำและไขมันลักษณะของ ผลิตภัณฑ์อิมัลชันที่ดี ต้องมีเนื้อนุ่ม และเหนียว อุณหภูมิที่ดีในการสับผสม ประมาณ 14 องศาเซลเซียส + 1 ถ้าสูงกว่า 15 องศาเซลเซียส โปรตีนจะถูกทำลาย (protein denature) ไม่อุ้มรับไขมัน texture ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จะร่วน ยุ่ย

$$\text{โปรตีน} + \text{น้ำ} + \text{ไขมัน} \xrightarrow[\text{ต่ำกว่า } 15^{0}\text{C ยิ่งดี}]{14^{0}\text{C}+1} \text{Emulsion Products}$$

ข. ผลิตภัณฑ์ที่ไม่เปลี่ยนรูปร่าง ได้แก่ แฮม และ Cooked ham วัตถุดิบเนื้อจะใช้เนื้อทั้งก้อน โดยฉีดน้ำเกลือและเครื่องปรุงเข้าไป แล้วนวดก้อนเนื้ออัดบล็อก ต้มให้สุก การนวดจะทำให้โปรตีนที่ละลายออกมาในน้ำ แทรกในผิวก้อนเนื้อแต่ละก้อน

ค. เบคอน และ แบล็คเบคอน (Back bacon) เบคอนทำจากเนื้อสุกรบริเวณสามชั้นและ แบล็คเบคอนทำจากเนื้อสุกรล้วนบริเวณสันนอก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ฉีดน้ำเกลือและนำไปแช่เย็น 24 ชั่วโมง

ง. Fermented product ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แหนม หมักให้เกิดกรดแลคติก โดยเติมวัตถุดิบแหล่งคาร์โบไฮเดรตเพื่อเป็นอาหารให้จุลินทรีย์และเปลี่ยนจากน้ำตาลกลูโคสเป็นกรดแลคติก

2.8.3 วัตถุกันหืน

ใช้เพื่อการชะลอการเสียของอาหาร อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ทำให้อาหารเสื่อม คุณภาพลง เกิดการหืน อาหารมีสีผิดปกติ กลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารเปลี่ยนแปลงไป คุณค่าทางอาหารลดลง และบางครั้งอาจมีสารที่เป็นอันตรายต่อร่างกายเกิดขึ้น

2.8.3.1 กลไกในการทำงานของวัตถุกันหืน

เมื่อเติมวัตถุกันหืนลงไปในอาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย วัตถุกันหืนจะไปทำปฏิกิริยากับแรดดิคอลอิสระ (Free radical) ทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นแบบลูกโซ่หยุดชะงักไปด้วย ดังสมการ

$$RH \longrightarrow R^{\cdot} + H^{+}$$

$$R^{\cdot} + O_2 \longrightarrow ROO^{\cdot}$$

$ROO^{\cdot} + AH \longrightarrow ROOH + A^{\cdot}$ หรือ

$RO^{\cdot} + AH \longrightarrow ROH + A^{\cdot}$

เมื่อแรดดิคอลอิสระที่เกิดขึ้นเนื่องจาก ปฏิกิริยาออกซิเดชันทำปฏิกิริยากับวัตถุกันหืน ซึ่งเกิดปฏิกิริยาได้ช้ากว่าแรดดิคอลอิสระมาก และเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่คงตัวดังสมการ

$A^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow A_2$ หรือ

$ROO^{\cdot} + A^{\cdot} \longrightarrow ROOA$

จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นตามที่กล่าวข้างต้น จึงทำให้วัตถุกันหืนสามารถช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นในน้ำมันหรือไขมันหรืออาหารที่มีน้ำมันและไขมันเป็นองค์ประกอบได้ เหตุที่ต้องให้ความสำคัญต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เกิดขึ้นเนื่องจาก สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่พบในอาหารแม้ว่าจะมีปริมาณต่ำ แต่ก็ส่งผลให้เนื้อเกิดการเสื่อมเสีย นอกจากนี้ยังทำให้มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์แล้วยังทำให้ สี รสชาติ และเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป มีอายุการเก็บที่สั้นลงรวมทั้งทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง [17] และส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยพบว่ามีผลทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง (Antherosclerosis) นำไปสู่การเกิดโรคหัวใจขาดเลือด [18] มะเร็ง และความแก่ [19] จากการศึกษาได้ทำการทดลองให้หนูกินอาหารที่ถูกออกซิไดซ์และมีการเสื่อมสภาพ พบว่าหนูเกิดอาการพิษต่างๆ เช่น อาการเบื่ออาหาร น้ำหนักตัวลด ท้องเสีย ปัสสาวะมาก ปัสสาวะมีโปรตีน ไตอักเสบ และภาวะขาดน้ำ [20]

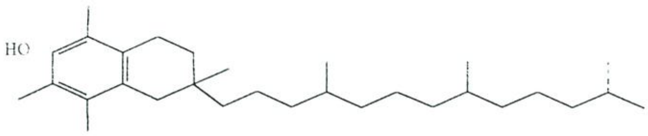
2.8.3.2 ชนิดของวัตถุกันหืนที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

1) กรดไอโซแอสคอร์บิก และโซเดียม ไอโซแอสคอร์เบต

กรดไอโซแอสคอร์บิก และเกลือของกรดนี้ เป็นวัตถุกันหืนป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของอาหารทั้งชนิดที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบและไม่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ โดยอาจจะใช้อย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับกรดแอสคอร์บิกก็ได้

2) โทโคฟีรอล (Tocopherol)

วิตามินอีที่แยกได้โดย Evan และคณะ ในปี ค.ศ. 1936 มีชื่อว่า โทโคฟีรอล [21] สารอื่นๆที่มีโครงสร้างสัมพันธ์ใกล้ชิด และได้จากแหล่งธรรมชาติและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติเหล่านี้จึงถูกตั้งชื่อว่า tocopherol ที่รู้จักกันมากได้แก่ α-tocopherol (วิตามินอี) ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพสูง β-tocopherol, γ- tocopherol และ δ-tocopherol วิตามินอีในรูปของ α-tocopherol มีหน้าที่จับอนุมูลอิสระของกรดไขมัน และช่วยยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของการรวมตัวระหว่างอนุมูลคาร์บอน กับโมเลกุลของออกซิเจน ซึ่งโมเลกุลของวิตามินอีที่รับอนุมูลอิสระจะไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์ และจะไม่รวมกับโมเลกุลของกรดไขมันตัวอื่นที่อยู่ข้างเคียง [22]



รูปที่ 2.17 โครงสร้างของ α-tocopherol

จากสูตรโครงสร้างข้างบนแสดงว่าโทโคฟีรอล คือ อนุพันธ์ของโทโคฟีรอลที่มีกลุ่มของเมธิล แทนที่หลายตำแหน่งเช่น β-tocopherol คือ 5,8-dimethytocol สาร γ ของมันคือ 7,8-dimethytocol ส่วน δ คือ 8-methytocol

โทโคฟีรอลเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติทางชีวภาพสังเคราะห์จาก Diterpenoid ได้จากการรวมของไอโซปรีน 4 หน่วย การเตรียมสารเหล่านี้จะต้องผ่านตัวกลางสำคัญ คือ Geranyl pyrophosphate ขณะเดียวกันความสัมพันธ์สูตรโครงสร้างเคมีต่อฤทธิ์ทางเภสัชวิทยายังพบว่า d-α-tocopherol มีฤทธิ์สูงกว่า dl-α-tocopherol 1.36 เท่า ในหนู ส่วน β-tocopherol มีฤทธิ์ครึ่งหนึ่งของ α-tocopherol ส่วนγ และ δ มีฤทธิ์เพียง 1/100 ของ ของมัน เช่น อะซิเตท โปรพิโอเนต และบิวทิเรท มีฤทธิ์สูงกว่าตัวเริ่มแรก ส่วนอีเธอร์ จะไม่มีฤทธิ์ โทโคฟีรอลถูกออกซิไดส์ได้ควิโนนซึ่งไม่มีฤทธิ์ การแทนที่กลุ่มเมธิลด้วยเอธิลจะลดการออกฤทธิ์ การเพิ่มพันธะคู่ที่ตำแหน่ง 3,4 ของ α-tocopherol จะลดการออกฤทธิ์ไป 2/3 การลดความยาวของอัลคีลที่เป็นลูกโซ่หรือการใส่พันธะคู่ที่ลูกโซ่ด้านข้างจะลดการออกฤทธิ์ [23] วิตามินอี จะถูกดูดซึมผ่านเนื้อเยื่อผนังลำไส้เข้าสู่ระบบหลอดน้ำเหลือง พบว่าน้ำดีมีส่วนสำคัญต่อการดูดซึมของโทโคฟีรอล ซึ่งในน้ำเหลืองมันจะรวมกับไขมันในเลือด และ Lipoproteins ที่มีความหนาแน่นต่ำ การหมุนเวียนของ โทโคฟีรอล ในกระแสเลือด มันจะรวมตัวกับ Lipoproteins นี้ หลังจากนั้น โทโคฟีรอล พร้อมที่จะเกาะกับเนื้อเยื่อต่างๆ รวมทั้งเนื้อเยื่อไขมัน แล้วถูกสะสมบริเวณนั้น

2.8.3.3 แหล่งที่พบโทโคฟีรอล

โทโคฟีรอลเป็นสารที่พบในนม ไข่ ปลา เนื้อสัตว์ เช่น เป็ด ไก่ น้ำมันพืชชนิดต่างๆ ผลไม้และผักกินใบ เช่น ผักกาดหอม ผักโขม ปริมาณที่พบแสดงไว้ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.7 ปริมาณโทโคฟีรอลในอาหารบางชนิด

อาหาร	mg/100 g	อาหาร	mg/100 g
เมล็ดพืช		ผักและผลไม้	
ข้าวบาร์เลย์	0.5	หน่อไม้ฝรั่ง	1.8
ข้าวโพด	0.6	แครอท	0.5
ข้าวโอ๊ต.....	0.5	มะม่วงสุก	1.0
ข้าวเจ้า (ขาว)	0.1	มันฝรั่ง	0.1
ข้าวสาลี	1.4	ผักใบเขียว	1 ถึง 10
ถั่วลิสง	10.0	ผลไม้สดส่วนใหญ่	0.1ถึง 1.0
น้ำมัน		**อาหารอื่นๆ**	
มะพร้าว	0.5	มันฝรั่งทอด	2.1
ปลาคอด	29.0	ไข่	1.0
ข้าวโพด	11.0	ตับ	2.0
เมล็ดฝ้าย	39.0	เนื้อวัว	1.0
มะกอก	5.0	กุ้ง	1.7
ปาล์ม	26.0	เนย	2.0
ถั่วลิสง	13.0	น้ำมันหมู	1.2
ดอกคำฝอย	39.0	มาร์การีน	10.0
ถั่วเหลือง	10.0	ชอร์เทนนิง (จากพืช)	10.0
ดอกทานตะวัน	49.0	นมวัว	0.1
ข้าวสาลีที่งอก	13.0	แป้งสาลี	0.2
		ขนมปัง (สีขาว)	0.2

ที่มา : [23]

2.8.3.4 หน้าที่ของโทโคฟีรอล

ก. เป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

โทโคฟีรอลเป็นสารป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของวิตามินเอ วิตามินซี กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว และเยื่อบุผิวของเซลล์ต่างๆ ดังนั้นจึงเชื่อกันว่าโทโค ฟีรอลป้องกันไม่ให้เนื้อเยื่อในปอดถูกทำลายโดยสารออกซิไดซ์ที่มีอยู่ในอากาศเสีย

ข. ช่วยบำบัดโรคโลหิตจาง

เพราะเด็กที่เป็นโรคนี้ปรากฏว่าจะมี α-tocopherol ในเลือดน้อย เมื่อให้โทโคฟีรอลเสริมปรากฏว่าอาการดีขึ้น ปัจจุบันเชื่อว่าโทโคฟีรอลจำเป็นต่อเมตาบอลิสมในทารก อย่างไรก็ตาม ทารกที่เลี้ยงด้วยนมมารดาหรือนมวัวไม่จำเป็นต้องให้โทโคฟีรอลเสริม

ค. การสูญเสียโทโคฟีรอลในอาหาร

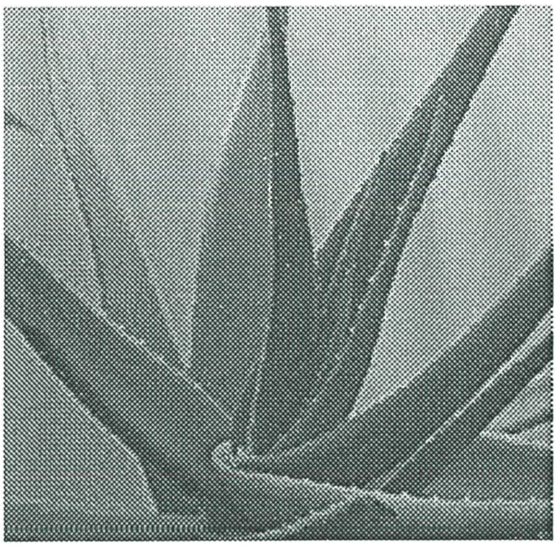
โทโคฟีรอลเป็นสารที่ทนต่อความร้อนและไม่ละลายน้ำ ดังนั้นการปรุงอาหารโดยการหุงต้มจึงไม่ทำลายโทโคฟีรอล แต่การทอดโทโคฟีรอลบางส่วนจะละลายในน้ำมันที่ใช้ทอด เนื่องจากโทโคฟีรอลจะสูญเสียไปเมื่อเกิดการเหม็นหืน ดังนั้นจึงควรระมัดระวังไม่ให้น้ำมันที่ใช้ในการปรุงอาหารหรืออาหารจำพวกเนยเกิดกลิ่นหืนได้

จากรายงานพบว่าการใช้ α-tocopherol เพื่อใช้ในหมูบดเพื่อป้องกันการออกซิไดส์ของเนื้อหมูบด จะสามารถยืดอายุการเก็บเนื้อหมูบดได้ถึง 12 วัน [24] และหลังจากนั้น ได้มีการทดลองใช้ α-tocopherol ควบคู่กับกรดแอสคอบิค (Ascobic acid) ในการยืดอายุการเก็บเนื้อวัว พบว่าเมื่อผ่านไป 13 วันในสภาพการเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ที่พบบนเนื้อมีปริมาณที่สามารถยอมรับได้ [25]

2.8.4 สารสกัดสมุนไพรเพื่อยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนายาจากพืชสมุนไพรต่างๆ เพื่อใช้เป็นยาต้านจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในอาหารแทนการใช้ยาปฏิชีวนะชนิดต่างๆ เพื่อลดปัญหาการขาดดุลการค้าต่างประเทศ เนื่องจากยาปฏิชีวนะส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศ การนำพืชมาใช้เป็นยานั้นต้องมีการควบคุมคุณภาพของพืชสมุนไพรก่อนที่จะนำไปใช้ พืชสมุนไพรมีสารหลายชนิดทั้งอินทรียสาร วิตามิน แร่ธาตุ เอนไซม์ และเกลือแร่ต่างๆ ที่จะแปรสภาพไปเป็นพลังงานเพื่อกระตุ้นและแสดงปฏิกิริยาต่อต้านการทำลายของเชื้อโรคต่างๆ โดยทำให้เชื้อโรคหยุดการเจริญเติบโต ตัวอย่างพืชสมุนไพรที่จะใช้ในการทดลองมีดังนี้

2.8.4.1 ว่านหางจระเข้



รูปที่ 2.18 ว่านหางจระเข้

ชื่อพฤกษศาสตร์ : *Aloe barbadensis* Mill.

ชื่อวงศ์ : Liliaceae

ชื่ออื่นๆ : *Aloe vera* Linn (Syn)

ชื่ออังกฤษ : Mediterranean Aloe, True Aloe, Star Cactus

หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ :

1) สารสำคัญในการออกฤทธิ์เป็นยาถ่าย สารที่พบจากยางที่เปลือก คือ anthraquinone มีฤทธิ์เป็นยาถ่าย [26] Aloin เป็นสารออกฤทธิ์ที่สำคัญ โดยไปกระตุ้นการบีบตัวของลำไส้ [27-31]

2) ฤทธิ์สมานแผล มีผู้ทดสอบพบฤทธิ์สมานแผลของ aloe gel [32-35] โดยมีฤทธิ์เร่งการจับตัวของเซลล์ [36] และเร่งการเจริญเติบโตของเซลล์ [37]

3) สารสำคัญในการออกฤทธิ์สมานแผล สารออกฤทธิ์สมานแผลคือ Aloctin A [38] และ Aloctin B [39]

4) ฤทธิ์ลดการอักเสบ aloe gel มีฤทธิ์ลดการอักเสบ [40]

5) สารสำคัญในการออกฤทธิ์ลดการอักเสบ

5.1) สารซึ่งออกฤทธิ์คือ Aloctin A [41-46] โดย Aloctin A ไปยับยั้งการสังเคราะห์ prostaglandin E_2 จาก arachidonic acid [46]

5.2) มี Bradykininase ซึ่งเป็น enzyme พวก carboxypeptidase ซึ่งจะไปทำลาย Bradykinin ซึ่งจะทำให้เกิดการอักเสบ [47,48]

6) ฤทธิ์ต้านฮีสตามีน

6.1) วุ้นว่านหางจระเข้มี aloe ulcin ซึ่งยับยั้งการสังเคราะห์ histamine จาก histidine [49]

6.2) วุ้นว่านหางจระเข้มี magnesium lactate ต้านการสังเคราะห์ histamine จาก histidine [50]

7) ฤทธิ์ขยายหลอดเลือด มีการทดลองฉีดสารสกัด aloe ให้กระต่ายแรกเกิด พบว่าไปขยายหลอดเลือดใน cortex [51]

8) ฤทธิ์รักษาแผลไฟไหม้, แผลน้ำร้อนลวก

8.1) ได้มีผู้ทดลองผลการรักษาแผลไฟไหม้เนื่องจากรังสี [52-54] และความร้อน [55-57]

8.2) มีผู้พบสารออกฤทธิ์คือ polysaccharide [56] และ methyl derivative ของ polysaccharide [58]

9) ฤทธิ์แก้ปวด aloe gel มีฤทธิ์ระงับปวด [58,59] มีผู้มาใช้แก้ปวดเนื่องจากพิษแมงกะพรุน [60]

10) การทดลองทางคลินิก ใช้รักษาแผลไฟไหม้, แผลน้ำร้อนลวก

10.1) มีการทดลองใช้น้ำเมือกจากว่านหางจระเข้ หรือขี้ผึ้งทาภายนอก รักษาแผลไฟไหม้ในคน พบว่าได้ผลดีในแผลไหม้ที่เกิดจากความร้อน X-ray และรังสีจากกัมมันตรังสีอื่นๆ [61-67]

10.2) Crew ได้รายงานผลการรักษาผู้ป่วยที่มีบาดแผลไหม้ที่ขาและลำตัวด้วยวุ้นสดและครีม พบว่าให้ผลการรักษาดี มีผลข้างเคียงในเรื่องท้องเสีย เนื่องจากสาร anthraquinones ในน้ำเมือก [65]

11) การทดลองทางคลินิก ใช้รักษาอาการบวม, ฟกช้ำ, อักเสบ

11.1) มีผู้ทดลองฉีดสารสกัดจากใบว่านหางจระเข้ให้คนไข้ 50 คน ซึ่งเป็นโรคเหงือกอักเสบระยะแรก และระยะที่ 2 พบว่าได้ผลลดการอักเสบ แต่ถ้าเป็นระยะที่ 3 จะไม่ได้ผล [66,67]

11.2) มีรายงานการทดลองทางคลินิก ใช้รักษาพิษของ ivy [68]

12) การทดสอบความเป็นพิษ

12.1) วุ้นว่านหางจระเข้

12.1.1) การทดลองพิษเฉียบพลัน และพิษเรื้อรัง โดยให้น้ำเมือกทางปากกับหนูในขนาด 1, 4, 16, 64 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม 2 วัน ไม่ทำให้ SGOT, SGPT, BUN หรือระดับ creatinine เปลี่ยน [69]

12.1.2) การทดลองพิษเฉียบพลัน โดยให้ว่านหางจระเข้กับหนูถีบจักรและหนูขาวกินจนถึงขนาด 20 กรัม/กิโลกรัม ไม่พบพิษ [70]

12.1.3) การทดลองพิษกึ่งเรื้อรัง โดยให้ว่านหางจระเข้กับหนูถีบจักร และหนูขาวจนถึงขนาด 5 กรัม/กิโลกรัม เป็นเวลา 45 วัน ไม่พบพิษ [71]

12.2) ยาง

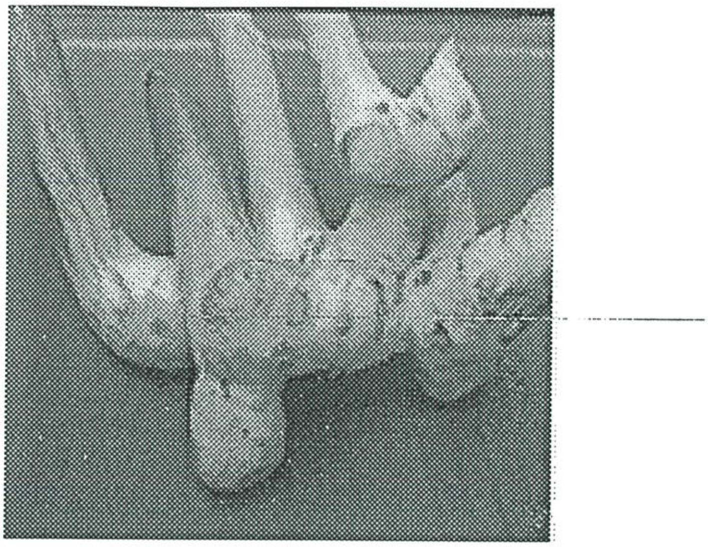
12.2.1) คนไข้ที่เป็นโรคดีซ่าน เมื่อได้รับการรักษาขนาด 1 กรัม ของยาที่ผสมว่านหางจระเข้ โกฐน้ำเต้า และชุมเห็ด เสียชีวิตเนื่องจากทำให้ตับถูกทำลาย รวมถึงไต ม้าม หัวใจ และปอด [71]

12.2.2) ว่านหางจระเข้อาจเป็นสาเหตุ hypersensitivity ในคน [72]

13) ไม่มีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์

anthraquinone มีฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ในการทดลองกับ *Salmonella typhimurium* สาย TA1535, TA100, TA1537, TA1538, TA98 [73] แต่มีผู้พบว่าไม่มีฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ [74]

2.8.4.2 ข่า



รูปที่ 2.19 ข่า

ชื่อพฤกษศาสตร์ : *Alpinia galanga* (Linn.) Swartz.
ชื่อวงศ์ : Zingiberaceae
ชื่ออื่นๆ : *Languas galanga* (Linn.) Stuntz.
ชื่ออังกฤษ : -
ชื่อท้องถิ่น : ข่าหยวก, ข่าหลวง
หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ :

1) ฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้

ข่ามีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ เนื่องจากพบว่าสารซึ่งออกฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้เล็ก คือ cineole [75,76] camphor [76,77] และ eugenol [78]

2) ฤทธิ์ขับน้ำดี

ข่ามี eugenol ซึ่งมีฤทธิ์ขับน้ำดี จึงช่วยย่อยได้ [79]

3) ฤทธิ์ขับลม

ข่ามีน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีฤทธิ์ขับลม [80]

4) ฤทธิ์ลดการอักเสบ

พบสารออกฤทธิ์ คือ 1'-acetoxychavicol acetate และ 1'-acetoxy eugenol acetate [81] และ eugenol [82] จึงอาจช่วยลดอาการแน่นจุกเสียดเนื่องจากแผลในกระเพาะอาหาร

5) ฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียสาเหตุอาการแน่นจุกเสียด

ข่ามีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรียในลำไส้ [83]

6) สารสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียสาเหตุอาการแน่นจุกเสียด

พบ eugenol ซึ่งเป็นสารสำคัญมีฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรียในลำไส้ [84]

7) ฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา

ได้มีการนำสารสกัดต่างๆ ไปทดสอบผลฆ่าเชื้อรา ที่เป็นสาเหตุของโรคกลาก คือ *Microsporum gypseum*, *Trichophyton rubrum* พบว่าสารสกัดต่อไปนี้ให้ผลดี สารสกัดแอลกอฮอล์ และคลอโรฟอร์ม [85,86] สารสกัดปิโตรเลียมอีเธอร์ [87] สารสกัดด้วยน้ำให้ผลเล็กน้อย ส่วนน้ำคั้นสดไม่ให้ผลกับเชื้อราเลย [85]

8) สารสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อรา

มีสารสำคัญในการออกฤทธิ์คือ 1'-acetoxychavicol acetate และ1'-acetoxyeugenol acetate [88]

9) การทดลองทางคลินิกใช้รักษากลากเกลื้อน

ได้มีการศึกษาการรักษากลากโดยเปรียบเทียบกับ tolnaftate พบว่าได้ผล [89]

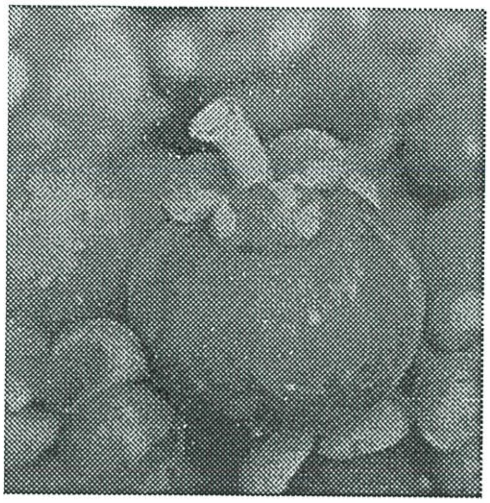
10) การทดสอบความเป็นพิษ

สารสกัดข่าด้วยแอลกอฮอล์ 50% ขนาด 10 กรัม/กิโลกรัม ในหนูถีบจักร โดยการกรอกปากและฉีดเข้าใต้ผิวหนัง พบว่าไม่เป็นพิษซึ่งขนาดที่ใช้เป็น 250 เท่าของที่ใช้ในตำรา [90]

11) ต้านการก่อกลายพันธุ์

ข่ามี eugenol ซึ่งมีฤทธิ์ต้านการก่อกลายพันธุ์ เมื่อผสมในอาหาร 0.4% ให้หนูเพศผู้ [91]

2.8.4.3 มังคุด



รูปที่ 2.20 มังคุด

ชื่อพฤกษศาสตร์ : *Garcinia mangostana* Linn.
ชื่อวงศ์ : Guttiferae
ชื่ออังกฤษ : Mangosteen
หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ :

1) ฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุทำให้ท้องเสีย

สารสกัดมังคุดมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียอันเป็นสาเหตุอาการท้องเสีย ซึ่งได้แก่ *Shegella dysenteriae, Sh. flexnesi, Sh. sonnei* และ *Sh. boydii* [92], *Escherichia coli* [93], *Streptrococcus faecalis, Vibryo cholerae* [94-97] เป็นต้น

2) สารสำคัญที่ออกฤทธิ์แก้อาการท้องเสีย

สารที่พบมากที่เปลือกคือ tannin [98] มีฤทธิ์ฝาดสมาน จึงช่วยแก้อาการท้องเสีย

3) ฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย สาเหตุการเกิดหนอง

สารสกัดเปลือกมังคุดมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียอันเป็นสาเหตุของการเกิดหนอง [99]

4) สารสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียสาเหตุการเกิดหนอง

สารผสมของ mangostin และอนุพันธ์ สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียอันเป็นสาเหตุของการเกิดหนอง คือ *Staphylococcus aureus* ทั้งสายพันธุ์ปกติ และสายพันธุ์ที่ดื้อต่อ penicillin [100] และพบว่า isomangostin มีฤทธิ์น้อยที่สุด [101] สำหรับสาร mangostin มีฤทธิ์

ต่อต้านเชื้อ *Staphylococcus aureus* ปกติ และ *Staphylococcus aureus* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อ penicillin โดยค่า MIC 7.8 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ส่วนสาร Gatanin, gamma-mangostin, 1-isomangostin และ 3-isomangostin ต้องใช้ความเข้มข้นสูงกว่า [102,103]

5) ฤทธิ์รักษาแผล

Mangostin จากผลมังคุดมีผลรักษาแผลในหนูขาวได้ [104]

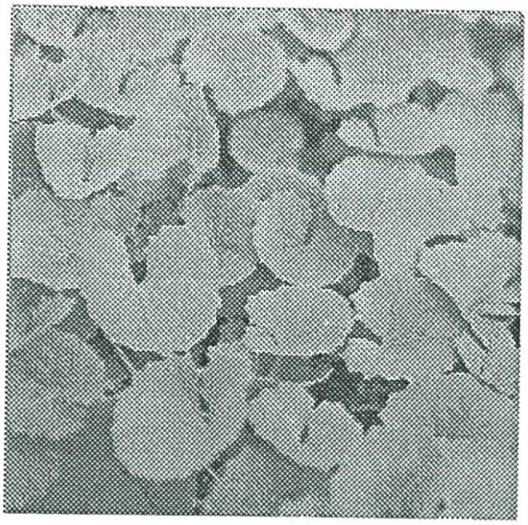
6) ฤทธิ์ลดการอักเสบ

Mangostin, 1-isomangostin และ mangostintriacetate เมื่อกรอกปากหรือฉีดเข้าช่องท้องหนูขาว มีผลระงับการอักเสบที่อุ้งเท้าหนูซึ่งใช้ carrageenin ทำให้อักเสบ และการอักเสบที่หลังเมื่อฝังก้อนสำลี (cotton pellet implantation) ในหนูที่ตัดต่อมหมวกไตออกทั้ง 2 ข้าง [105] สารทั้ง 3 ตัว ไม่มีผลต่อ stabilize mast cell membrane และไม่สามารถป้องกันการสลายตัวของ mast cells ของหนู เนื่องจากการใช้ polymyxin B, diazoxide, teiton X- 100 และไม่เปลี่ยนแปลง prothrombin time [104]

7) การทดสอบความเป็นพิษ

ฉีดสาร mangostin ในมังคุดเข้าหนูในขนาด 200 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม สารนี้จะไปลดปริมาณเอนไซม์ glutamic oxaloacetic transaminase (SGOT) และ glutamic pyruvic transaminase (SGPT) หลังการฉีดสาร 12 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับ paracetamol โดยป้อนอาหารที่มีสาร mangostin แก่หนูในขนาด 1.5 กรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่า paracetamol เพิ่ม SGOT และ SGPT มากกว่า mangostin โปรตีนในตับของหนูที่ทดสอบด้วย paracetamol ลดลง ในขณะที่หนูที่ทดสอบด้วย mangostin ค่าไม่เปลี่ยนแปลง [106]

2.8.4.4 บัวบก



รูปที่ 2.21 บัวบก

ชื่อพฤกษศาสตร์ : *Centella asiatica* (Linn.) Urban.

ชื่อวงศ์ : Umbelliferae

ชื่ออังกฤษ : Asiatic pennywort

ชื่อท้องถิ่น : ผักแว่น, ผักหนอก, ปะหนะ, เอขาเด๊าะ

หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ :

1) ฤทธิ์ลดการอักเสบ

บัวบกมีสาร triterpenes หลายชนิด ได้แก่ asiaticoside, madecassic acid, madecassosid, asiatic acid ซึ่งมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ [107]

2) ฤทธิ์ต้านฮีสตามีน

สารสกัดใบบัวบกด้วยแอลกอฮอล์ผสมน้ำ (1:1) สามารถต้านอาการแพ้ได้ จึงช่วยบรรเทาอาการเจ็บปวด หรืออักเสบเนื่องจากแมลงกัดต่อย [108]

3) ฤทธิ์แก้ปวด

สาร triterpenoids จากใบบัวบกมีฤทธิ์กล่อมประสาท [109,110] และสารสกัดใบบัวบกด้วย 70% alcohol มีฤทธิ์กดประสาทอย่างอ่อน [111]

4) การทดลองทางคลินิกใช้รักษาอาการอักเสบ

4.1) เมื่อให้ผู้ป่วยที่เป็นโรคไขข้ออักเสบรับประทานพบว่าได้ผล [112]

4.2) เป็นยาแผนปัจจุบัน

5) ฤทธิ์สมานแผล

ได้มีการทดลองนำสารสกัดของใบบัวบก ซึ่งเรียกว่า madecassol และสารที่สกัดได้จากบัวบก คือ madecassic acid, asiatic acid และ asiaticoside ซึ่งเป็นสารกลุ่ม triterpene ไปใช้ทาภายนอกเพื่อรักษาแผลในหนูขาว พบว่าทำให้แผลหายเร็ว เนื่องจากทำให้มีการกระจายตัวของหนองในแผล และทำให้แผลเป็นขนาดเล็กลง และยังพบว่าถ้าให้หนูกินไม่ได้ผล [113] แต่ Poizot พบว่าเมื่อให้หนูขาวกิน triterpene ขนาด 100 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จะมีผลในการรักษาแผล โดยการสร้างผิวชั้นนอกเร็วขึ้น และบาดแผลเล็กลง [114]

6) ฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียสาเหตุการเกิดหนอง

สารสกัดบัวบกด้วยน้ำร้อนสามารถฆ่าเชื้อ *Staphytococcus aureus* ที่เป็นสาเหตุของการเกิดหนอง ดังนั้นใบบัวบก จึงช่วยป้องกันการติดเชื้อของแผลได้ด้วย [115,116] และยังมีผู้พบว่าสารสกัดบัวบกด้วยน้ำ ยับยั้งเชื้อ *S. aureas*, *beta-streptococus* gr A และ *Pseudomonas aeruginosa* [117]

7) ทำให้เลือดหยุดเร็ว

สารสกัดบัวบกด้วยน้ำทำให้เลือดหยุดเร็ว activated partial thromboplastin time และ prothrombin time ลดลง [118,119]

8) การทดสอบความเป็นพิษ

8.1) ได้มีผู้ทดลองฉีดสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์และน้ำ (1:1) เข้าช่องท้องหนูถีบจักรพบว่าหนูถีบจักรทนยาได้ถึง 250 มิลลิกรัม/กิโลกรัม [111]

8.2) พบฤทธิ์คุมกำเนิดในหนูถีบจักร [120,121] จึงควรระวังไม่ให้หญิงมีครรภ์กินในขนาดที่สูงๆ

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 แหล่งของเนื้อหมู

ในการดำเนินงานวิจัยนี้ไม่สามารถใช้เนื้อหมูทุกส่วน เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านทุนวิจัยและเวลา ดังนั้นจึงคัดเลือกเฉพาะชิ้นส่วนสะโพก ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและนิยมนำไป แปรรูป โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ หมูไม่ปลอดสาร และ หมูปลอดสาร

หมูไม่ปลอดสารได้แก่

3.1.1 หมูจากเขียงตลาดขนส่งฉะเชิงเทรา (โรงฆ่าไม่มาตรฐาน,โรงฆ่าเอกชน)

3.1.2 หมูจากเขียงตลาดสุวินทวงศ์ (โรงฆ่าไม่มาตรฐาน,โรงฆ่าเทศบาล)

3.1.3 หมูจากเขียงตลาดลาดกระบัง (โรงฆ่าไม่มาตรฐาน,ไม่ระบุโรงฆ่า)

3.1.4 หมูจากเขียงตลาดบางกะปิ (โรงฆ่าไม่มาตรฐาน,ไม่ระบุโรงฆ่า)

3.1.5 หมูจากเขียงตลาดหัวตะเข้ (โรงฆ่าไม่มาตรฐาน,ไม่ระบุโรงฆ่า)

3.1.6 หมูจากเขียงตลาดสี่มุมเมือง (โรงฆ่าไม่มาตรฐาน,ไม่ระบุโรงฆ่า)

3.1.7 หมูจากเขียงตลาดหนองจอก (โรงฆ่าไม่มาตรฐาน,ผู้ขายฆ่าและชำแหละเอง)

3.1.8 หมูจากฟูดแลนด์ซุปเปอร์มาร์เก็ต (โรงฆ่ามาตรฐาน, บริษัท เฟรชมีท โพรเซสซิ่ง จำกัด จ. นครปฐม)

หมูปลอดสารได้แก่ หมูปลอดสารจากห้างคาร์ฟู มีนบุรี (โรงฆ่ามาตรฐาน, บริษัท เฟรช มีท โพรเซสซิ่ง จำกัด จ. นครปฐม)

3.2 แหล่งของสารต่อต้านอนุมูลอิสระเพื่อกันหืน

แหล่งของสารต่อต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่

3.2.1 วิตามินอีธรรมชาติ 400 I.U. (D-Alpha-tocopheryl acetate) ผลิตโดย บริษัท เมดิแคป จำกัด LOT : 109117

3.2.2 น้ำมันดอกทานตะวันผ่านกรรมวิธี ตรากุ๊ก ผลิตเมื่อ 23/08/45 03.18 ผลิตโดย บริษัทธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช

3.3 สารสกัดสมุนไพร

3.3.1 วิธีการเตรียมสารสกัดเปลือกมังคุด

หลักการ

สารสกัดมังคุดมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียอันเป็นสาเหตุอาการท้องเสีย ได้แก่ *Shegella dysenteriae, Sh. flexnesi, Sh. sonnei* และ *Sh. boydii* [92], *Escherichia coli* [93], *Streptrococcus faecalis, Vibryo cholerae* [94-97] โดยสารสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียคือ สาร mangostin มีฤทธิ์ต่อต้านเชื้อ *Staphylococcus aureus* ปกติ และ *Staphylococcus aureus* สายพันธุ์ที่ดื้อต่อ penicillin ดังนั้นเราจึงสนใจในการนำมายับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ในหมู

วัสดุอุปกรณ์

เครื่องชั่งน้ำหนัก เอทานอล 95 % น้ำกลั่น เครื่อง Rotary evaporator ชามระเหย (Evaporating dish) กระบอกตวง บีกเกอร์

วิธีการสกัด

ทำความสะอาดเปลือกมังคุด ชั่งน้ำหนักเปลือกมังคุด ให้ได้ 1000 กรัม จากนั้นนำไปหั่นย่อยขนาดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แช่ในเอทานอล 95 % ให้พอท่วมสมุนไพร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง (ถ้าแช่ในเอทานอล 95 % ต้องนำเปลือกมังคุด ไปตากให้แห้งก่อน) ถ้าใช้ตัวทำละลายน้ำ จะใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเป็นตัวทำละลาย ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 56 ชั่วโมง นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อเตรียมไประเหยให้มีความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น นำสารละลายสารสกัดที่ได้มาทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นโดยใช้เครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นแอลกอฮอล์ และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำ นำสารสกัดที่ได้ มาระเหยแห้งในหม้ออังไอน้ำ (Water bath) อุณหภูมิ 45 – 50 องศาเซลเซียส สารสกัดที่ได้จะนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลอง

3.3.2 วิธีการเตรียมสารสกัดว่านหางจระเข้

หลักการ

สารสกัดว่านหางจระเข้ มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์และรา เช่น *Pseudomonas aeruginosa,Klebsiella pneumoniae, Serratia marcescens, Citrobacter sp., Enterobacter cloacae, Streptococcus pyogenes, Streptococcus agalactiae, Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Candida albicans, Helicobacter pylori, Mycobacterium tuberculosis, Trichophyton tonsurans* and *Bacillus subtilis* [128]

วัสดุอุปกรณ์

เครื่องชั่งน้ำหนัก เอทานอล 95 % น้ำกลั่น เครื่อง Rotary evaporator ชามระเหย กระบอกตวง บีกเกอร์

วิธีการสกัด

ทำความสะอาดว่านหางจระเข้ ปลอกส่วนที่เป็นสีเขียวทิ้ง ชั่งน้ำหนักว่านหางจระเข้ให้ได้ 1000 กรัม จากนั้นนำส่วนที่เป็นวุ้นไปหั่นย่อยขนาดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แช่ในน้ำให้พอท่วมสมุนไพร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 56 ชั่วโมง นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อเตรียมไประเหยให้มีความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น นำสารละลายสารสกัดที่ได้มาทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นโดยใช้เครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นแอลกอฮอล์ และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำ นำสารสกัดที่ได้ มาระเหยแห้งในหม้ออังไอน้ำ อุณหภูมิ 45 – 50 องศาเซลเซียส สารสกัดที่ได้จะนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลอง

3.3.3 วิธีการเตรียมสารสกัดข่า

หลักการ

สารสกัดข่า มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ เช่น *Salmonella typhi, Pseudomonas aeruginosa* [129]

วัสดุอุปกรณ์

เครื่องชั่งน้ำหนัก เอทานอล 95 % น้ำกลั่น เครื่อง Rotary evaporator ชามระเหย กระบอกตวง บีกเกอร์

วิธีการสกัด

ทำความสะอาดข่า ปลอกเปลือก ชั่งน้ำหนักข่าให้ได้ 1000 กรัม จากนั้นนำไปหั่นย่อยขนาดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แช่ในเอทานอล 95 % ให้พอท่วมสมุนไพร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 72 ชั่วโมง (ถ้าแช่ในเอทานอล 95 % ต้องนำข่าไปตากให้แห้งก่อน) ถ้าใช้ตัวทำละลายน้ำจะใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเป็นตัวทำละลาย ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 56 ชั่วโมง นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อเตรียมไประเหยให้มีความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น นำสารละลายสารสกัดที่ได้มาทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นโดยใช้เครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นแอลกอฮอล์ และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำ นำสารสกัดที่ได้ มาระเหยแห้งในหม้ออังไอน้ำ อุณหภูมิ 45 – 50 องศาเซลเซียส สารสกัดที่ได้จะนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลอง

3.3.4 วิธีการเตรียมสารสกัดบัวบก

หลักการ

สารสกัดบัวบกที่สกัดด้วยน้ำร้อนสามารถฆ่าเชื้อ *Staphytococcus aureus* ที่เป็นสาเหตุของการเกิดหนอง ดังนั้นใบบัวบก จึงช่วยป้องกันการติดเชื้อของแผลได้ด้วย [115,116] และยังมีผู้พบว่าสารสกัดบัวบกด้วยน้ำ สามารถยับยั้งเชื้อ *S. aureas, beta-streptococus* gr A และ *Pseudomonas aeruginosa* [117]

วัสดุอุปกรณ์

เครื่องชั่งน้ำหนัก เอทานอล 98 % น้ำกลั่น เครื่อง Rotary evaporator ชามระเหย กระบอกตวง บีกเกอร์

วิธีการสกัด

ทำความสะอาดบัวบก ชั่งน้ำหนักบัวบกให้ได้ 1000 กรัม จากนั้นนำไปหั่นย่อยขนาดให้เป็นชิ้นเล็กๆ แช่ในเอทานอล 95 % ให้พอท่วมสมุนไพร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง (ถ้าแช่ในเอทานอล 95 % ต้องนำบัวบกไปตากให้แห้งก่อน) ถ้าใช้ตัวทำละลายน้ำ จะใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเป็นตัวทำละลาย ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 56 ชั่วโมง นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อเตรียมไประเหยให้มีความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น นำสารละลายสารสกัดที่ได้มาทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นโดยใช้เครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นแอลกอฮอล์ และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำ นำสารสกัดที่ได้ มาระเหยแห้งในหม้ออังไอน้ำ อุณหภูมิ 45 – 50 องศาเซลเซียส สารสกัดที่ได้จะนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลอง

3.3.5 วิธีการเตรียมสารสกัดพรุน

หลักการ

ในพรุนมีสารเคมีหลายชนิดที่สามารถต่อต่านเชื้อจุลินทรีย์ [130]

วัสดุอุปกรณ์

เครื่องชั่งน้ำหนัก เอทานอล 95 % น้ำกลั่น เครื่อง Rotary evaporator ชามระเหย กระบอกตวง บีกเกอร์

วิธีการสกัด

ชั่งน้ำหนักพรุนให้ได้ 1000 กรัม นำพรุนไปหั่นย่อยขนาดให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปแช่ในเอทานอล 95 % ให้พอท่วมสมุนไพร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 72 ชั่วโมง (ถ้าแช่ในเอทานอล 95 % ต้องนำพรุนไปตากให้แห้งก่อน) ถ้าใช้ตัวทำละลายน้ำ จะใช้น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเป็นตัวทำละลาย ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 56 ชั่วโมง นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อเตรียมไประเหยให้มีความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น นำสารละลายสารสกัดที่ได้มาทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นโดยใช้เครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 45-50 องศา

เซลเซียส ในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นแอลกอฮอล์ และที่อุณหภูมิ 50-55 องศาเซลเซียส ในกรณีที่ใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำ นำสารสกัดที่ได้ มาระเหยแห้งในหม้ออังไอน้ำ อุณหภูมิ 45 – 50 องศาเซลเซียส สารสกัดที่ได้จะนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.1 ปริมาณสารสกัดที่ได้จากสมุนไพรแต่ละชนิด

สมุนไพร	น้ำหนัก		ปริมาณสารสกัด	
	สด (กรัม)	แห้ง (กรัม)	กรัม	เปอร์เซ็นต์*
สกัดด้วยน้ำ				
ว่านหางจระเข้	1,000		3	0.3
ใบบัวบก	1,000		6	0.6
เปลือกมังคุด	1,000		25	2.5
ลูกพรุนแห้ง	1,000		110	11.0
ข่า	1,000		18	1.8
สกัดด้วยเอานอล 95%				
ว่านหางจระเข้	1,000	70	5	0.5
ใบบัวบก	1,000	95	13	1.3
เปลือกมังคุด	1,000	350	30	3.0
ลูกพรุนแห้ง	1,000	760	75	7.5
ข่า	1,000	560	58	5.8

* คิด % จากน้ำหนักสดของสมุนไพร

3.4 อุปกรณ์ทั่วไปที่ใช้ในงานวิจัย

3.4.1 เครื่องแก้วประกอบด้วย บีกเกอร์ขนาด 50, 150, 600 และ 1000 มิลลิลิตร, ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร, กระบอกตวงขนาด 10, 50 และ 100 มิลลิลิตร, ขวดดูแรน (Duran) ขนาด 250 มิลลิลิตร, ปิเปตขนาด 1, 5 และ 10 มิลลิลิตร, หลอดทดลอง, จานเพาะเชื้อ, แผ่นกระจกสไลด์, หลอดหยด, แท่งแก้วคน

3.4.2 อุปกรณ์อื่นๆ ประกอบด้วย กล้องจุลทรรศน์ และ อุปกรณ์ทดสอบ เช่น เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (Water activity) ยี่ห้อ Novasina thermoconstanter Model TH2000, เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง Denver Instrument Model 215, เครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR303, เครื่องชั่งน้ำหนัก, ตู้เขี่ยเชื้อ, ตู้บ่มเชื้อ, ตู้เย็น, หม้อนึ่งเชื้อ, เทอร์โมมิเตอร์, เข็มเขี่ยเชื้อ, ช้อนตักสาร

3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ดำเนินการวิจัยเป็น 5 ขั้นตอนดังนี้

3.5.1 ศึกษาความแตกต่างของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมู

นำเนื้อหมูน้ำหนักประมาณ 100-200 กรัม อย่างละ 20 ซ้ำ บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก. บรรจุในถาดโฟม
ข. บรรจุในถาดโฟมปิดทับด้วยฟิล์ม
ค. บรรจุในถุงพลาสติก
ง. บรรจุในห่อผ้าขาวบางที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว
จ. บรรจุในถุงสุญญากาศ

สังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเนื้อหมูทั้งทางด้านสี น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ กลิ่น แล้วบันทึกข้อมูลที่ได้

3.5.2 ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูสดจากแหล่งต่างๆ

ขั้นตอนในการศึกษามีดังต่อไปนี้

นำเนื้อหมูทั้งจากโรงฆ่ามาตรฐานและไม่ได้มาตรฐานทั้งหมด 9 แหล่ง น้ำหนักประมาณ 100-200 กรัม บรรจุในถาดโฟมปิดทับด้วยฟิล์มซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านการทดลองแล้วพบว่าช่วยให้เนื้อหมูมีอายุการเก็บยาวนานที่สุด โดยเนื้อหมูแต่ละชนิดจะทำซ้ำ 20 ถาด แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส สังเกตลักษณะภายนอกของเนื้อหมูและจดบันทึกจำนวนวันที่สามารถเก็บรักษาเนื้อหมูให้ยังคงความสดไว้ได้ จากนั้นคัดเลือกแหล่งหมูที่มีอายุการเก็บนานที่สุด จำนวน 4 แหล่ง น้ำหนักประมาณ 100-200 กรัม บรรจุในถาดโฟมปิดทับด้วยฟิล์ม โดยเนื้อหมูแต่ละชนิดจะทำซ้ำ 40 ถาด แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพซึ่งได้แก่ สี น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ กลิ่น และลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางเคมีซึ่งได้แก่ วัด ค่าความเป็นกรดด่าง, ค่า Water activity และลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยา ซึ่งได้แก่ ชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อหมูเน่าเสีย

3.5.3 ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดสมุนไพรเพื่อใช้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อเน่าเสีย

ในการศึกษานี้จะใช้แบคทีเรียที่พบบ่อยในเนื้อหมูคือ เชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมบวก, เชื้อ *Escherichis coli* ซึ่งเป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมลบและเชื้อ *Lactobacillus curvatus* ซึ่งเป็นตัวแทนของแบคทีเรียกลุ่มแลคติก โดยจะทดสอบฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดสมุนไพรโดยใช้เทคนิค MIC (minimal inhibitory concentration) หรือ ความเข้ม

ข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (มาลิน จุลศิริ, 2532) ซึ่งขั้นตอนในการทดลองมีดังนี้

นำเชื้อแบคทีเรีย 2 ชนิดคือ เชื้อ *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Escherichis coli* มาเลี้ยงในอาหาร TSB สำหรับ เชื้อ *Lactobacillus curvatus* จะนำมาเลี้ยงในอาหาร MRS โดยบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง แล้วนำมาปรับความขุ่นเป็น 0.5 McFarland โดยวัดที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร จะได้เชื้อที่มีความเข้มข้นประมาณ 10^8 CFU/ml. แล้วทำการเจือจางเชื้อโดยปิเปตเชื้อ 1 มิลลิลิตรเติมในอาหาร 199 มิลลิลิตร

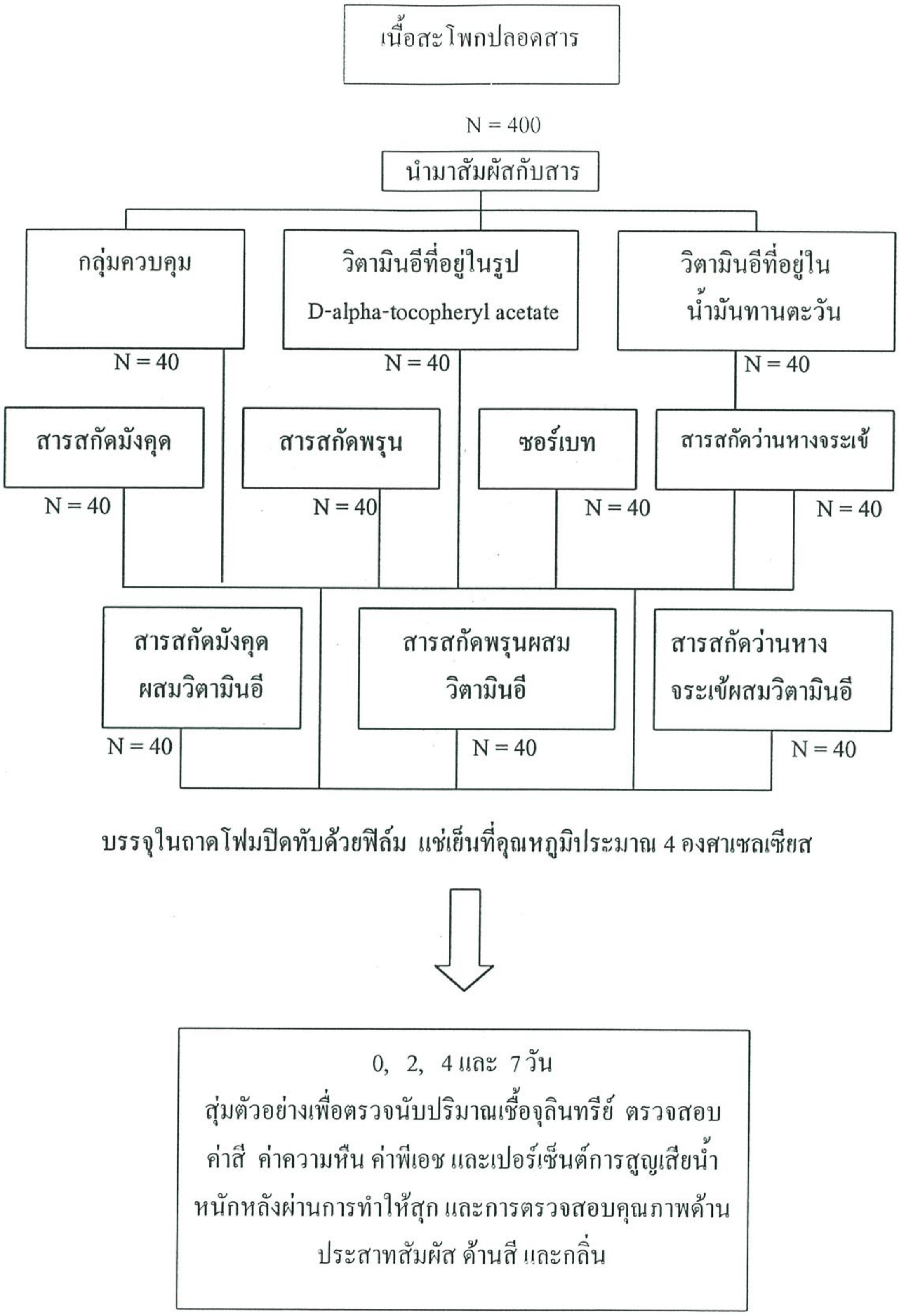
นำสารสกัดพืชสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดใบบัวบก สารสกัดข่า สารสกัดพรุน และสารสกัดว่านหางจระเข้ มาเจือจางกับเอทานอล 50% ให้ได้ความเข้มข้น 20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.312, 0.156, 0.078 และ 0.039% ปิเปตสารสกัดความเข้มข้น 20, 10, 5, 2.5, 1.25, 0.625, 0.312, 0.156, 0.078 และ 0.039% ลงในหลุมที่ 1-9 หลุมละ 100 ไมโครลิตร หลุมที่ 10 (Growth control) ปิเปตอาหารเลี้ยงเชื้อ 100 ไมโครลิตร หลุมที่ 11 (Solvent control) ปิเปตตัวทำละลาย 100 ไมโครลิตร ปิเปตเชื้อที่เตรียมไว้ 100 ไมโครลิตร ลงใน หลุมที่ 1-11 จะได้เชื้อ $5x10^4$ CFU/หลุม หลุมที่ 12 (Medium control) ปิเปตอาหาร 200 ไมโครลิตร จากนั้นนำมาบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง แล้วอ่านผลด้วยเครื่อง Microplate Reader ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร

3.5.4 ศึกษาการใช้สารต้านอนุมูลอิสระร่วมกับสารสกัดสมุนไพรที่เหมาะสมโดยใช้ในระดับต่ำเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพ

นำเนื้อหมูตัดแต่งบริเวณสะโพกจากโรงฆ่ามาตรฐานคือหมูปลอดสารที่ผ่านการทดลองแล้วว่ามีอายุในการเก็บรักษานานที่สุด โดยใช้เนื้อหมูน้ำหนักอยู่ในช่วง 100-200 กรัม สัมผัสกับสารต่อต้านอนุมูลอิสระที่ใช้ได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ควบคู่กับสารสกัดสมุนไพรที่ระดับความเข้มข้นที่คัดเลือกได้จากการทดลองในข้อ 3.5.3 ซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร (Control) และใช้ซอร์เบทเป็นกลุ่มควบคุม (Positive control) มาบรรจุในถาดโฟมปิดทับด้วยฟิล์ม นำเนื้อหมูทั้งหมดแช่เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพของเนื้อหมูสดในวันที่ 0, 2, 4, และ 7 โดยสังเกตลักษณะดังนี้ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ได้แก่ ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี Novasina thermoconstanter Model TH2000 ค่าความหืนของเนื้อหมูสดโดยตรวจค่า TBA Number ค่าพีเอชของแต่ละตัวอย่างเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% Cooking loss) และลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยา ซึ่งได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสด้านกลิ่น สี และรสชาติในแต่ละตัวอย่างเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมทุกวันจนกว่าเนื้อจะเสีย เฉพาะด้านรสชาติจะทำการทดสอบในวันที่ 0 เท่านั้น เพื่อความปลอดภัยของผู้ทดสอบทั้ง 20 คน

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ใช้การวางแผนแบบ 10*4 factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยแรก เนื้อหมูกลุ่มควบคุมและเนื้อหมูกลุ่มที่ใช้สารรวมทั้งหมด 10 กลุ่ม ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อวันที่ 0 2 4 และ 7 นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยโปรแกรม Statistical Analysis System (SAS) โดยปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อกรัม) จะนำมาแปลงเป็นค่าลอกาลิทึม (โคโลนีต่อกรัม) ก่อนนำไปวิเตาระห์ทางสถิติ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan Multiple Range Test


เนื้อสะโพกปลอดสาร
N = 400
นำมาสัมผัสกับสาร
กลุ่มควบคุม
N = 40
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate
N = 40
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน
N = 40
สารสกัดมังคุด
N = 40
สารสกัดพรุน
N = 40
ซอร์เบท
N = 40
สารสกัดว่านหางจระเข้
N = 40
สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี
N = 40
สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี
N = 40
สารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี
N = 40
บรรจุในถาดโฟมปิดทับด้วยฟิล์ม แช่เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส
0, 2, 4 และ 7 วัน
สุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจนับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ตรวจสอบค่าสี ค่าความหืน ค่าพีเอช และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก และการตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ด้านสี และกลิ่น

หมายเหตุ N – จำนวนชิ้นเนื้อหมูที่ใช้

รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาความแตกต่างของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมู

นำเนื้อหมูน้ำหนักประมาณ 100-200 กรัม บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ซึ่งได้แก่ ถาดโฟม ถาดโฟมปิดทับด้วยฟิล์ม ถุงพลาสติก ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ และถุงสุญญากาศ โดยเนื้อหมูแต่ละชนิดจะทำซ้ำ 20 ถาด ต่อไปนำไปเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเนื้อหมูทั้งทางด้านสี น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ กลิ่น แล้วบันทึกข้อมูลที่ได้ ผลการทดลองเป็นดังนี้

4.1.1 การศึกษาความแตกต่างของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมู ที่ยังคงความสด และคงลักษณะที่พึงประสงค์ไว้ได้

ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งพบว่า เนื้อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ มีอายุเก็บรักษาแตกต่างกัน โดยเนื้อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ถาดโฟมปิดทับด้วยฟิล์มมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด เฉลี่ย 6.05 วันโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ รองลงมาคือเนื้อที่บรรจุในห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อซึ่งมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 2.95 วัน รองลงมาคือเนื้อที่บรรจุในถุงพลาสติกมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 2.2 วัน และเนื้อที่บรรจุในถาดโฟมและถุงสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 1.25 และ 1.3 วัน

ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ลักษณะที่ปรากฏบนเนื้อหมูเป็นดังนี้ จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า ในวันที่ 0 เนื้อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้แก่ ถาดโฟม ถาดโฟมปิดทับด้วยฟิล์ม ถุงพลาสติก ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อและถุงสุญญากาศ ยังคงมีสีแดง ไม่มีน้ำซึมออกจากหมู และไม่มีกลิ่นเน่า

จากตารางที่ 4.3 ในวันที่1 เนื้อที่บรรจุในถาดโฟม ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม ถุงพลาสติก และห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ มีสีแดงและชมพูสด ยกเว้นหมูที่บรรจุในถุงสุญญากาศเริ่มมีสีชมพูซีด เนื้อในถุงพลาสติก ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อและถุงสุญญากาศเริ่มมีน้ำซึมออกจากหมูเล็กน้อย

จากตารางที่ 4.4 ในวันที่ 2 เนื้อที่บรรจุในถาดโฟมเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดคือเนื้อมีสีแดงคล้ำและผิวเนื้อแห้ง แม้ว่าไม่มีน้ำซึมออกจากหมูและไม่มีกลิ่นเน่า แต่จากลักษณะที่เนื้อมีสีแดงคล้ำและผิวเนื้อแห้งจึงจัดว่าเนื้อที่บรรจุในถาดโฟมมีอายุการเก็บรักษา 1 วัน

และเนื้อที่บรรจุในถุงสุญญากาศเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดคือ เนื้อมีสีเหลืองซีดซึ่งเป็นลักษณะที่ผู้บริโภคไม่นิยมจึงจัดว่าเนื้อที่บรรจุในถุงสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษา 1 วัน ในขณะที่เนื้อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นๆยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสี และพบว่าเนื้อในถุงพลาสติกห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อมีน้ำซึมออกจากหมูมากขึ้น

จากตารางที่ 4.5 ในวันที่ 3 เนื้อที่บรรจุในถุงพลาสติกเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีสีชมพูและเริ่มซีดเนื่องจากมีน้ำซึมจากเนื้อมาก เริ่มมีกลิ่นเน่าเสียจึงจัดได้ว่าเนื้อที่บรรจุในถุงพลาสติกมีอายุการเก็บรักษา 2 วัน ในขณะที่เนื้อที่บรรจุในถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์มยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก เนื้อที่บรรจุในห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อมีน้ำซึมติดห่อผ้ามากขึ้นทำให้ห่อผ้าแข็ง

จากตารางที่ 4.6 ในวันที่ 4 เนื้อที่บรรจุในห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนคือมีสีชมพูซีด มีน้ำซึมติดห่อผ้าทำให้ห่อผ้าแข็ง และเริ่มมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว จึงจัดได้ว่าเนื้อที่บรรจุในห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อมีอายุการเก็บรักษา 3 วัน ในขณะที่เนื้อที่บรรจุในถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม ยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักโดยมีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย

จากตารางที่ 4.7 - 4.9 พบว่า ในวันที่ 5 และ 6 เนื้อที่บรรจุในถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์มไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ในวันที่ 7 มีการเปลี่ยนแปลงโดยมีสีชมพูเริ่มซีดเนื่องจากมีน้ำซึมจากเนื้อมาก และมีกลิ่นหืน จึงจัดได้ว่าเนื้อที่บรรจุในถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์มมีอายุการเก็บรักษายาวนานที่สุดถึง 6 วัน

ตารางที่ 4.1 แสดงเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูจากบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ยังคงความสด และคงลักษณะที่พึงประสงค์ไว้ได้

บรรจุภัณฑ์	วันที่เริ่มมีลักษณะที่ไม่พึงประสงค์
ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม	6.05$^{\text{ก}}$
ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ	2.95$^{\text{ข}}$
ถุงพลาสติก	2.20$^{\text{ค}}$
ถุงสุญญากาศ	1.30$^{\text{ง}}$
ถาดโฟม	1.25$^{\text{ง}}$

$^{\text{ก-ง}}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในวันที่ 0

ลักษณะทางกายภาพ	ถาดโฟม	ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม	ถุงพลาสติก	ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ	ถุงสุญญากาศ
สีที่ปรากฏ	แดงสด	แดงสด	แดงสด	แดงสด	แดงสด
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	-	-	-	-
กลิ่นที่ปรากฏ	-	-	-	-	-

หมายเหตุ – หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ 4.3 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในวันที่ 1

ลักษณะทางกายภาพ	ถาดโฟม	ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม	ถุงพลาสติก	ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ	ถุงสุญญากาศ
สีที่ปรากฏ	แดงชมพู	แดงสด	ชมพู	ชมพู	มีสีชมพูซีด
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	-	มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย	มีน้ำซึมติดห่อผ้าเล็กน้อย	มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย
กลิ่นที่ปรากฏ	-	-	-	-	-

หมายเหตุ – หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ 4.4 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในวันที่ 2

ลักษณะทางกายภาพ	ถาดโฟม	ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม	ถุงพลาสติก	ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ	ถุงสุญญากาศ
สีที่ปรากฏ	แดงคล้ำ	แดงสด	ชมพู	ชมพู	มีสีเหลืองซีด
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	-	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น	มีน้ำซึมติดห่อผ้ามากขึ้น	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น
กลิ่นที่ปรากฏ	-	-	-	-	-

หมายเหตุ – หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ 4.5 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในวันที่ 3

ลักษณะทางกายภาพ	ถาดโฟม	ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม	ถุงพลาสติก	ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ	ถุงสุญญากาศ
สีที่ปรากฏ	แดงคล้ำ	แดงชมพู	ชมพูซีด	ชมพู	มีสีเหลืองซีดมาก
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	-	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น	น้ำซึมติดห่อผ้าทำให้ห่อผ้าแข็ง	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น
กลิ่นที่ปรากฏ	-	-	เริ่มมีกลิ่นเปรี้ยว	-	-

หมายเหตุ – หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ 4.6 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในวันที่ 4

ลักษณะทางกายภาพ	ถาดโฟม	ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม	ถุงพลาสติก	ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ	ถุงสุญญากาศ
สีที่ปรากฏ	แดงคล้ำเกือบดำ	แดงชมพู	ชมพูซีด	ชมพูซีด	มีสีเหลืองซีดมาก
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น	น้ำซึมติดห่อผ้าทำให้ห่อผ้าแข็ง	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น
กลิ่นที่ปรากฏ	เริ่มมีกลิ่นหืน	-	มีกลิ่นเปรี้ยว	เริ่มมีกลิ่นเปรี้ยว	-

หมายเหตุ – หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ 4.7 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในวันที่ 5

ลักษณะทางกายภาพ	ถาดโฟม	ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม	ถุงพลาสติก	ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ	ถุงสุญญากาศ
สีที่ปรากฏ	มีสีเขียวเหลืองตามขอบเนื้อ	แดงชมพู	มีสีเขียวเหลืองตามขอบเนื้อ	ชมพูซีด	มีสีเหลืองซีดมาก
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น	น้ำซึมติดห่อผ้าทำให้ห่อผ้าแข็ง	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น
กลิ่นที่ปรากฏ	มีกลิ่นหืนชัดเจน	-	มีกลิ่นเปรี้ยวชัดเจน	มีกลิ่นเปรี้ยว	-

หมายเหตุ – หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ **4.8** แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในวันที่ 6

ลักษณะทางกายภาพ	ถาดโฟม	ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม	ถุงพลาสติก	ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ	ถุงสุญญากาศ
สีที่ปรากฏ		ชมพู		มีเมือกและมีสีคล้ำ	มีสีเหลืองซีดมาก
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ		มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย		น้ำซึมติดห่อผ้าทำให้ห่อผ้าแข็ง เมื่อแกะด้านในเนื้อมีน้ำแฉะตรงกลางชิ้นเนื้อ	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น
กลิ่นที่ปรากฏ		-		มีกลิ่นเปรี้ยวชัดเจน	-

หมายเหตุ – หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ **4.9** แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ในวันที่ 7

ลักษณะทางกายภาพ	ถาดโฟม	ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม	ถุงพลาสติก	ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ	ถุงสุญญากาศ
สีที่ปรากฏ		แดงชมพูเริ่มซีด			มีสีเหลืองซีดมาก
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ		มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น			มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น
กลิ่นที่ปรากฏ		เริ่มมีกลิ่นเหม็นหืน			-

4.2 การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูสด

จากการทดลองโดยนำเนื้อหมูทั้งจากโรงฆ่ามาตรฐานและไม่ได้มาตรฐาน น้ำหนักประมาณ 100-200 กรัม บรรจุในถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูสดจากแหล่งต่างๆ ผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

4.2.1 แหล่งของหมูที่มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษา

ผลการศึกษาได้แสดงในตารางที่ 4.10 โดยพบว่า เนื้อหมูที่ได้จากโรงฆ่ามาตรฐานคือหมู ปลอดสารมีระยะเวลาในการเก็บรักษานานที่สุดเฉลี่ย 5.6 วัน โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากหมูทุกแหล่ง รองลงมาคือ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ตมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 4.08 วันใกล้เคียงกับหมูหมูโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐาน คือหมูจากเขียงตลาดสี่มุมเมืองมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 3.67 วัน หมูจากเขียงตลาดบางกะปิมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 3.14 วัน โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากหมูโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานในแหล่งที่เหลือ คือ หมูจากเขียงตลาดขนส่งฉะเชิงเทรา หมูจากเขียงตลาดสุวินทวงศ์ หมูเขียงตลาดลาดกระบัง หมูจากเขียงตลาดหัวตะเข้ และหมูจากเขียงตลาดหนองจอก ซึ่งมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 2.0 1.85 1.8 1.75 และ 1.7 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 แสดงเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูจากแหล่งต่างๆ

แหล่งของหมู		
โรงฆ่ามาตรฐาน	**โรงฆ่าไม่ได้มาตรฐาน**	**อายุการเก็บรักษา (วัน)**
หมูปลอดสาร		$5.60^{\text{ก}}$
หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต		$4.08^{\text{ข}}$
	หมูจากเขียงตลาดสี่มุมเมือง	$3.67^{\text{ค}}$
	หมูจากเขียงตลาดบางกะปิ	$3.14^{\text{ง}}$
	หมูจากเขียงตลาดขนส่งฉะเชิงเทรา	$2.00^{\text{ง}}$
	หมูจากเขียงตลาดสุวินทวงศ์	$1.85^{\text{ง}}$
	หมูจากเขียงตลาดลาดกระบัง	$1.80^{\text{ง}}$
	หมูจากเขียงตลาดหัวตะเข้	$1.75^{\text{ง}}$
	หมูจากเขียงตลาดหนองจอก	$1.70^{\text{ง}}$

$^{\text{ก-ง}}$ อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

4.2.2 ลักษณะทางกายภาพและจำนวนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อหมูเน่าเสียจากเนื้อหมูที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองที่ 4.2.1

จากการทดลองนำเนื้อหมูทั้งจากโรงฆ่ามาตรฐานและไม่ได้มาตรฐานที่ผ่านการคัดเลือก ซึ่งในการทดลองนี้ใช้หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ซึ่งทั้งหมดมีอายุการเก็บที่มากกว่า 3 วัน โดยใช้น้ำหนักประมาณ 100-200 กรัม บรรจุในถาดโฟม และปิดทับด้วยฟิล์ม โดยเนื้อหมูแต่ละชนิดจะทำซ้ำ 20 ถาด แล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะภายนอกของเนื้อหมู ค่าสี ค่าความเป็นกรดด่าง ค่า Water activity และวิเคราะห์ลักษณะทางชีววิทยา ได้แก่ ชนิดและจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้น วันที่ 2 และวันที่เสีย ผลการทดลองเป็นดังนี้

4.2.2.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

จากตารางที่ 4.11 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 0 พบว่าเนื้อทั้ง 4 แหล่ง มีสีแดง และชมพูเป็นปกติโดยไม่มีน้ำซึมออกจากเนื้อและไม่มีกลิ่น ค่าพีเอช อยู่ในช่วง 5.81 ถึง 6.15 และ มีค่า Water activity เท่ากับ 100 โดยค่าพีเอชและ ค่า Water activity ของหมูทั้ง 4 แหล่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าสี L ซึ่งเป็นค่าความสว่างของสีเนื้อพบว่า หมูปลอดสารมีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 45.13 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับหมูทั้ง 3 แหล่งคือ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูตลาดบางกะปิและหมูตลาดสี่มุมเมือง มีค่าเท่ากับ 43.17 42.35 และ 42.05 ตามลำดับ ค่าสี a ซึ่งแสดงสีแดงของเนื้อหมูพบว่า หมูปลอดสารมีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 13.42 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับหมูทั้ง 3 แหล่งคือ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูตลาดบางกะปิและหมูตลาดสี่มุมเมือง มีค่าเท่ากับ 12.59 9.29 และ 9.14 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.12 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 1 พบว่าเนื้อทั้ง 4 แหล่งยังคง มีสีแดง และชมพูเป็นปกติโดยไม่มีน้ำซึมออกจากเนื้อและไม่มีกลิ่นเน่า ยกเว้นหมูตลาดสี่มุมเมืองเริ่มมีกลิ่นเล้าหมู ค่าพีเอช อยู่ในช่วง 5.97 ถึง 6.11 และ มีค่า Water activity เท่ากับ 100 โดยค่าพีเอชและ ค่า Water activity ของหมูทั้ง 4 แหล่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าสี L พบว่า หมูปลอดสารมีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 46.89 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับหมูทั้ง 3 แหล่งคือ หมูตลาดบางกะปิ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต และหมูตลาดสี่มุมเมือง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 44.35 42.70 และ 42.66 ตามลำดับ ค่าสี a พบว่า หมูทั้ง 4 แหล่งมีค่าสี a แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยหมูปลอดสารมีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 13.20 รองลงมาคือ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูตลาดบางกะปิและหมูตลาดสี่มุมเมือง มีค่า 11.06 9.06 และ 8.84 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.13 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 2 พบว่าเนื้อทั้ง 4 แหล่งยังคง มีสีแดง และชมพู

เป็นปกติโดยไม่มีน้ำซึมออกจากเนื้อและไม่มีกลิ่นเน่า ยกเว้นหมูตลาดสี่มุมเมืองมีกลิ่นเล้าหมูชัดเจน ค่าพีเอช อยู่ในช่วง 5.68 ถึง 5.99 และ มีค่า Water activity เท่ากับ 100 โดยค่าพีเอชของหมูปลอดสารแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับหมูทั้ง 3 แหล่งคือหมูตลาดบางกะปิ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต และหมูตลาดสี่มุมเมืองและ ค่า Water activity ของหมูทั้ง 4 แหล่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าสี L พบว่า หมูตลาดบางกะปิ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 47.62 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับหมูทั้ง 3 แหล่ง คือ หมูปลอดสาร หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต และหมูตลาดสี่มุมเมือง มีค่า 45.65 44.25 และ 43.38 ตามลำดับ และพบว่าหมูทั้ง 4 แหล่งมีค่าสี a แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยหมูปลอดสารมีค่าสูงสุด รองลงมาคือ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ มีค่า 12.64 10.98 8.97 และ 8.16 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.14 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 3 พบว่าเนื้อทั้ง 4 แหล่งยังคง มีสีแดง และชมพู โดยไม่มีน้ำซึมออกจากเนื้อยกเว้นหมูตลาดบางกะปิที่มีน้ำออกจากเนื้อเล็กน้อยและไม่มีกลิ่นเน่า ยกเว้นหมูตลาดสี่มุมเมืองมีกลิ่นเล้าหมูชัดเจน ค่าพีเอช อยู่ในช่วง 5.72 ถึง 5.86 และ มีค่า Water activity เท่ากับ 100 โดยค่าพีเอชและ ค่า Water activity ของหมูทั้ง 4 แหล่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าสี L พบว่า หมูตลาดบางกะปิ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 48.52 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับหมูทั้ง 3 แหล่ง คือ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร และหมูตลาดสี่มุมเมือง มีค่าเท่ากับ 47.39 46.18 และ 45.20 ตามลำดับ ค่าสี a พบว่า หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต มีค่าสูงสุดสุดเท่ากับ 10.60 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับหมูทั้ง 3 แหล่ง คือ หมูปลอดสาร หมูตลาดบางกะปิ และ หมูตลาดสี่มุมเมือง มีค่า 10.20 8.29 และ 8.12 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.15 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 4 พบว่า หมูสี่มุมเมืองและหมูบางกะปิเริ่มมีบางส่วนออกสีเหลือง เริ่มมีกลิ่นเปรี้ยวและเริ่มมีกลิ่นเหม็นหืนมีน้ำออกจากหมูเล็กน้อยจึงจัดได้ว่าหมูสี่มุมเมืองและหมูบางกะปิมีอายุการเก็บที่ยังคงรักษาความสดได้ 3 วัน ส่วนหมูปลอดสารและหมูซุปเปอร์มาร์เก็ตนั้นหมูมียังมีสีชมพูแดงปรากฏอยู่ มีน้ำออกจากเนื้อเล็กน้อย แต่ยังไม่มีกลิ่นเน่าเสีย ค่าพีเอช อยู่ในช่วง 5.70 ถึง 5.85 และ มีค่า Water activity เท่ากับ 100 โดยค่าพีเอชและ ค่า Water activity ของหมูทั้ง 4 แหล่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าสี L พบว่า หมูตลาดบางกะปิ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 49.08 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) กับหมูตลาดสี่มุมเมืองและหมูปลอดสาร มีค่าเท่ากับ 48.28 และ 46.58 ตามลำดับ ขณะเดียวกันค่าสี L ของตลาดบางกะปิไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) กับหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต ค่าสี a พบว่า หมูปลอดสาร มี

ค่าสูงสุดเท่ากับ 9.18 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับหมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ มีค่าเท่ากับ 7.63 และ 8.41 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.16 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร ในวันที่ 5 พบว่า หมูปลอดสารยังมีสีชมพูแดงปรากฏอยู่ มีน้ำออกจากเนื้อเล็กน้อย แต่ยังไม่มีกลิ่นเน่าเสีย หมูซุปเปอร์มาร์เก็ตมีสีชมพูเริ่มซีด และเริ่มมีกลิ่นเปรี้ยว จึงจัดได้ว่าหมูซุปเปอร์มาร์เก็ตมีอายุการเก็บ 4 วัน ค่าพีเอช อยู่ในช่วง 5.51 ถึง 5.82 และ มีค่า Water activity เท่ากับ 100 ค่าสี L พบว่า หมูซุปเปอร์มาร์เก็ตและ หมูปลอดสาร มีค่าเท่ากับ 49.63 47.31 ค่าสี a ของหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต และหมูปลอดสารมีค่าเท่ากับ 8.63 และ 9.06 โดยค่าพีเอช ค่าสี L และค่าสี a แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$)และ ค่า Water activity ของหมูทั้ง 2 แหล่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$)

จากตารางที่ 4.17 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูปลอดสาร ในวันที่ 6 พบว่า หมูปลอดสารมีสีชมพู มีน้ำออกจากเนื้อเล็กน้อย แต่ยังไม่มีกลิ่นเน่าเสีย จึงจัดได้ว่าหมูซุปเปอร์มาร์เก็ตมีอายุการเก็บ6 วัน ค่าพีเอช มีค่า 5.48 และ มีค่า Water activity เท่ากับ 100 ค่าสี L มีค่าเท่ากับ 49.42 ค่าสี a มีค่าเท่ากับ 8.69

จากตารางที่ 4.18 ลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูปลอดสาร ในวันที่ 7 พบว่า หมูปลอดสารงมีสีชมพูเริ่มซีด มีน้ำออกจากเนื้อมากขึ้น มีกลิ่นหืนและเริ่มมีกลิ่นเปรี้ยว ค่าพีเอช มีค่า 5.26 และ มีค่า Water activity เท่ากับ 100 ค่าสี L มีค่าเท่ากับ 51.26 ค่าสี a มีค่าเท่ากับ 7.52

ตารางที่ 4.11 แสดงลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 0

ลักษณะทางกายภาพ	**หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต**	**หมูปลอดสาร**	**หมูตลาดสี่มุมเมือง**	**หมูตลาดบางกะปิ**
สีที่ปรากฏ	แดงสด	แดงสด	ชมพู	ชมพูแดง
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	-	-	-
กลิ่นที่ปรากฏ	-	-	-	-
ค่าพีเอช	6.15	5.97	6.01	5.81
ค่า Water activity	100	100	100	100
ค่าสี L	$43.17^{\text{ข}}$	$45.13^{\text{ก}}$	$42.05^{\text{ข}}$	$42.35^{\text{ข}}$
ค่าสี a	$12.59^{\text{ข}}$	$13.42^{\text{ก}}$	$9.14^{\text{ค}}$	$9.29^{\text{ค}}$

$^{\text{ก-ค}}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

– หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ 4.12 แสดงลักษณะทางกายภาพของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 1

ลักษณะทางกายภาพ	หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ
สีที่ปรากฏ	แดงสด	แดงสด	ชมพู	ชมพูแดง
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	-	-	-
กลิ่นที่ปรากฏ	-	-	ไม่มีกลิ่นเน่าแต่มีกลิ่นเล้าหมู	-
ค่าพีเอช	6.11	5.97	6.1	6.01
ค่า Water activity	100	100	100	100
ค่าสี L	$42.70^{\text{ค}}$	$46.89^{\text{ก}}$	$42.66^{\text{ค}}$	$44.35^{\text{ข}}$
ค่าสี a	$11.06^{\text{ข}}$	$13.20^{\text{ก}}$	$8.84^{\text{ง}}$	$9.06^{\text{ค}}$

$^{\text{ก-ง}}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

– หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ 4.13 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 2

ลักษณะทางกายภาพ	หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ
สีที่ปรากฏ	แดงสด	แดงสด	ชมพู	ชมพู
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	-	-	-
กลิ่นที่ปรากฏ	-	-	ไม่มีกลิ่นเน่าแต่มีกลิ่นเล้าหมู	-
ค่าพีเอช	5.99^ก	5.68^ข	5.98^ก	5.91^ก
ค่า Water activity	100	100	100	100
ค่าสี L	44.25^ค	45.65^ข	43.38^ค	47.62^ก
ค่าสี a	10.98^ข	12.64^ก	8.97^ค	8.16^ง

ก-ง อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

– หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ 4.14 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 3

ลักษณะทางกายภาพ	หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ
สีที่ปรากฏ	แดงชมพู	แดงชมพู	ชมพู	ชมพู
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	-	-	มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย
กลิ่นที่ปรากฏ	-	-	ไม่มีกลิ่นเน่าแต่มีกลิ่นเล้าหมู	ไม่มีกลิ่นเน่าแต่มีกลิ่นเล้าหมู
ค่าพีเอช	5.85	5.81	5.86	5.72
ค่า Water activity	100	100	100	100
ค่าสี L	$47.39^{\text{ข}}$	$46.18^{\text{ค}}$	$45.20^{\text{ค}}$	$48.52^{\text{ก}}$
ค่าสี a	$10.60^{\text{ก}}$	$10.20^{\text{ข}}$	$8.12^{\text{ค}}$	$8.29^{\text{ค}}$

$^{\text{ก-ค}}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01)

– หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ 4.15 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 4

ลักษณะทางกายภาพ	หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ
สีที่ปรากฏ	แดงชมพู	แดงชมพู	ชมพูเริ่มซีดบางส่วนมีสีเหลือง	ชมพูเริ่มซีดและมีสีเหลืองตามขอบ
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย	มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย	มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย
กลิ่นที่ปรากฏ	-	-	เริ่มมีกลิ่นเปรี้ยว	เริ่มมีกลิ่นเหม็นหืน
ค่าพีเอช	5.85	5.7	5.78	5.7
ค่า Water activity	100	100	100	100
ค่าสี L	48.36^{ก}	46.58^{ข}	45.28^{ค}	49.08^{ก}
ค่าสี a	8.99^{ก}	9.18^{ก}	7.63^{ค}	8.41^{ข}

$^{ก-ค}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

– หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ 4.16 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 5

ลักษณะทางกายภาพ	หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ
สีที่ปรากฏ	ชมพูเริ่มซีด	แดงชมพู	มีเมือกและมีสีคล้ำ	มีสีเขียวเหลือง ตามขอบ
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น
กลิ่นที่ปรากฏ	เริ่มมีกลิ่นเปรี้ยว	-	มีกลิ่นเปรี้ยวมาก	มีกลิ่นหืนและเริ่มมีกลิ่นเปรี้ยว
ค่าพีเอช	5.82^{ก}	5.51^{ข}	-	-
ค่า Water activity	100	100	-	-
ค่าสี L	49.63^{ก}	47.31^{ข}	-	-
ค่าสี a	8.63^{ข}	9.06^{ก}	-	-

$^{ก-ข}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

– หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

ตารางที่ 4.17 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 6

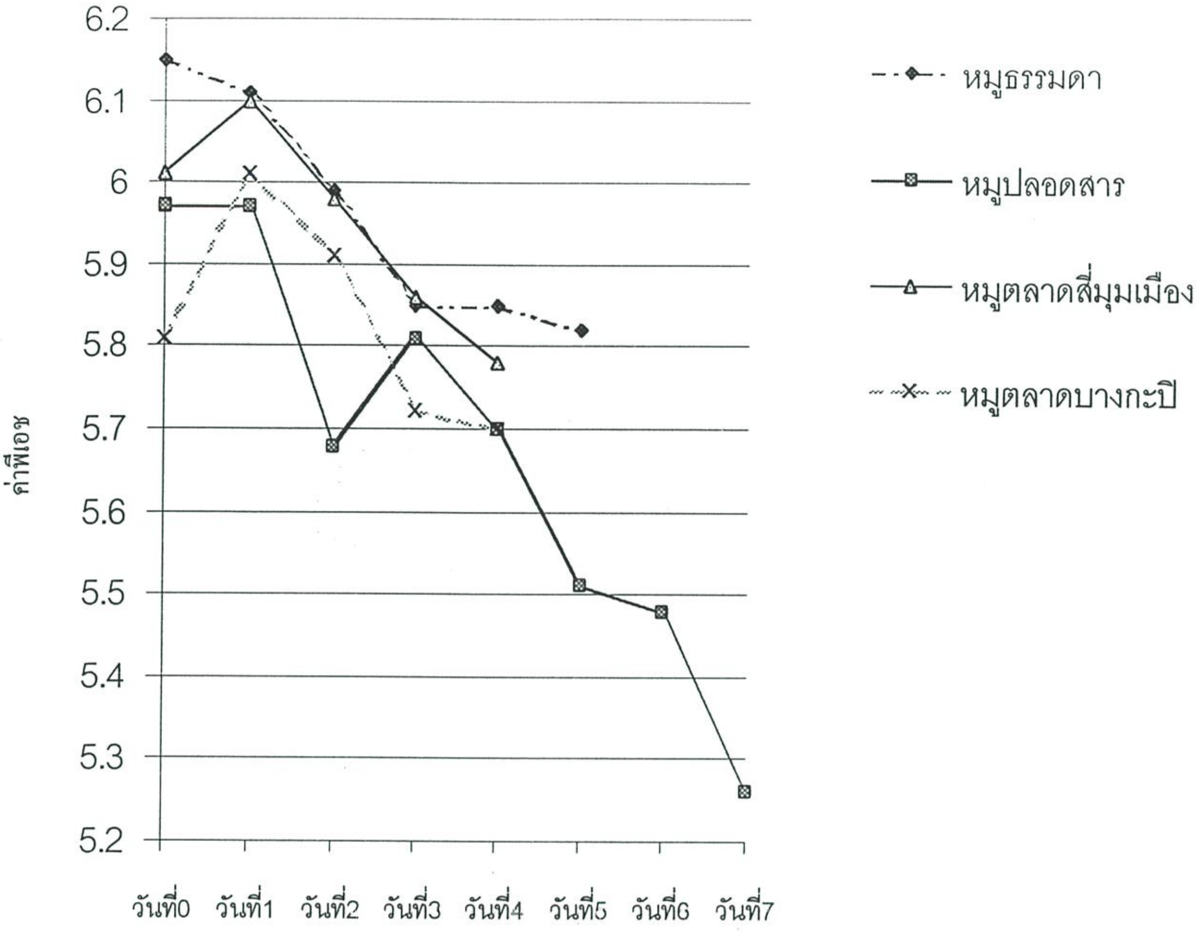
ลักษณะทางกายภาพ	**หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต**	**หมูปลอดสาร**	**หมูตลาดสี่มุมเมือง**	**หมูตลาดบางกะปิ**
สีที่ปรากฏ	มีสีเขียวเหลืองตามขอบเนื้อ	ชมพู	-	-
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย	มีน้ำออกจากหมูเล็กน้อย	-	-
กลิ่นที่ปรากฏ	มีกลิ่นเปรี้ยวมาก	-	-	-
ค่าพีเอช	-	5.48	-	-
ค่า Water activity	-	100	-	-
ค่าสี L	-	49.42	-	-
ค่าสี a	-	8.69	-	-

– หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ

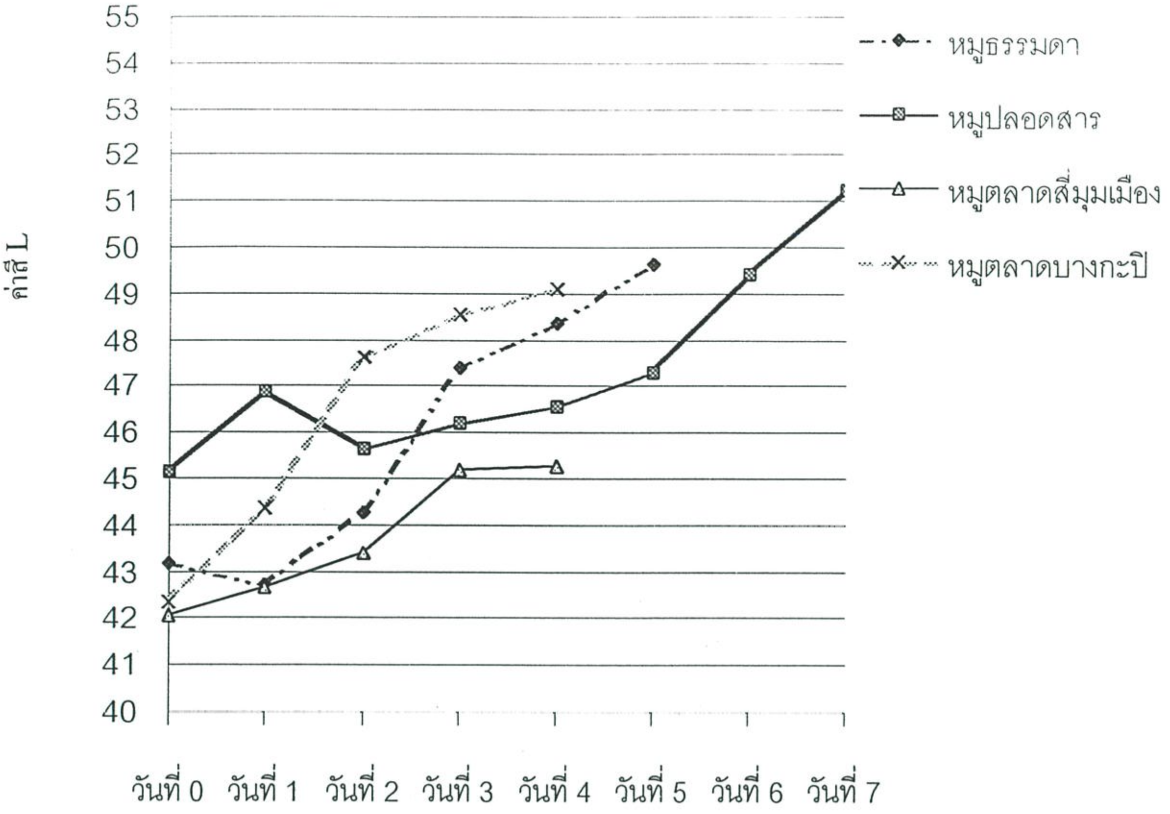
ตารางที่ 4.18 แสดงลักษณะทางกายภาพที่ปรากฏบนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 7

ลักษณะทางกายภาพ	หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ
สีที่ปรากฏ	-	ชมพูเริ่มซีด	-	-
น้ำที่ซึมออกจากเนื้อ	-	มีน้ำออกจากหมูมากขึ้น	-	-
กลิ่นที่ปรากฏ	-	มีกลิ่นหืนและเริ่มมีกลิ่นเปรี้ยว	-	-
ค่าพีเอช	-	5.26	-	-
ค่า Water activity	-	100	-	-
ค่าสี L	-	51.26	-	-
ค่าสี a	-	7.52	-	-

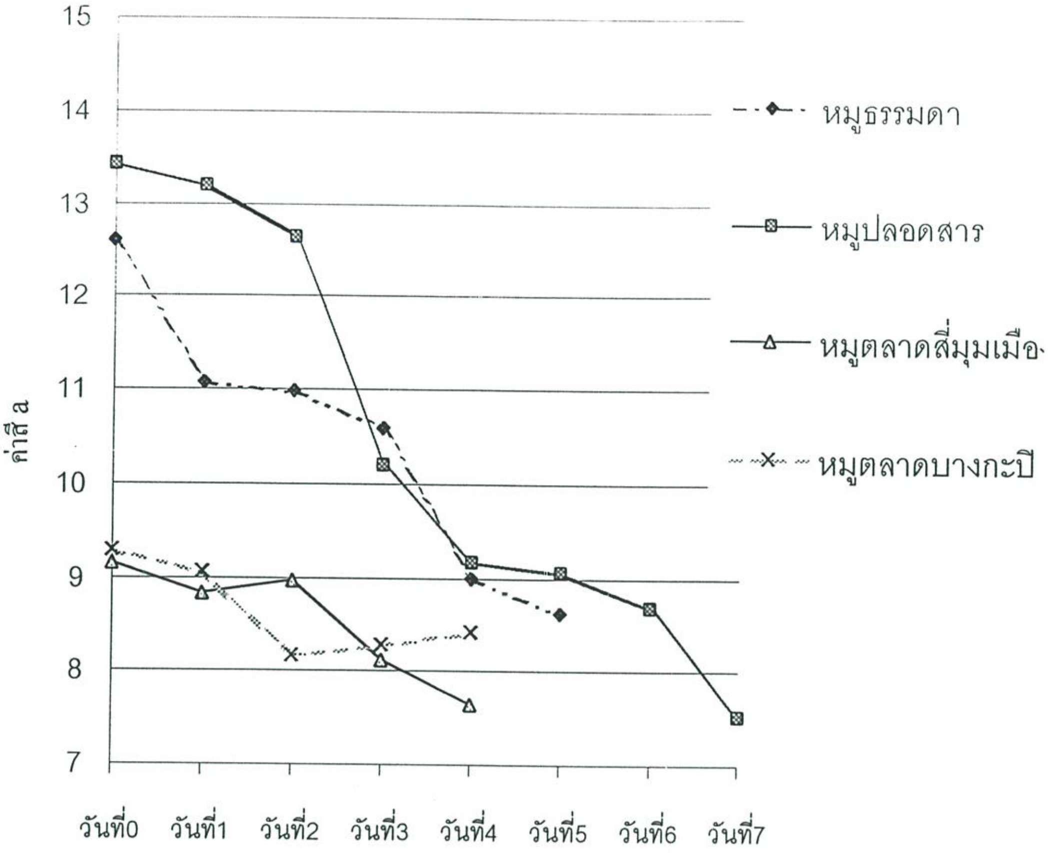
– หมายถึงไม่มีลักษณะนั้นปรากฏ



รูปที่ 4.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา



รูปที่ 4.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสี L ของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา



รูปที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าสี a ของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ

4.2.3 การศึกษาชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อหมูเน่าเสีย

ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.19 และ รูปที่ 4.4 พบว่า ในวันที่ 0 ค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อหมูตลาดบางกะปิมีค่าสูงสุดเท่ากับ 5 x 10^6 CFU/g ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) กับหมูทั้ง 3 แหล่งคือ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร และหมูตลาดสี่มุมเมือง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 x 10^5 CFU/g , 7 x 10^5 CFU/g และ 4 x 10^6 CFU/g ตามลำดับ ในวันที่ 2 ค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อหมูตลาดบางกะปิมีค่าสูงสุดเท่ากับ 8 x 10^7 CFU/g แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) กับหมูทั้ง 3 แหล่งคือ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร และหมูตลาดสี่มุมเมือง มีค่าเท่ากับ 7 x 10^6 CFU/g, 5.2 x 10^6 CFU/g และ 1.26 x 10^7 CFU/g ตามลำดับ ในวันที่เสีย ค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ตมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7 x 10^{11} CFU/g โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) หมูตลาดสี่มุมเมือง ที่มีค่าเท่ากับ 5 x 10^{11} CFU/g แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) กับหมูปลอดสารและหมูตลาดบางกะปิ มีค่าเท่ากับ 2 x 10^{11} CFU/g และ 6 x 10^9 CFU/g ตามลำดับ

จากตารางที่ 4.20 แสดงชนิดและเปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์บนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 0 มีรายละเอียดดังนี้ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ตพบ จุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus* 48 %, *Streptococcus* spp. 16 %, *Lactobacillus delbruecckii* 32 %, *Klebsiella pneumoniae* 3.2 % และ *E.coli* 0.8 % หมูปลอดสารพบจุลินทรีย์ *Streptococcus* spp. 46.48 %, *Micrococcus varians* 25.61%, *Pseudomonas* spp. 16.60 %, และ *E.coli* 11.31% หมูตลาดสี่มุมเมืองพบจุลินทรีย์ *Klebsiella pneumoniae* 87.72 % , *Corynebacterium xerosis* 8.77 %, *Bacillus megaterium* 0.88 %, *Staphylococcus aureus* 0.88 %, *Pseudomonas* spp. 0.88 % และ *E.coli* 0.88 % หมูตลาดบางกะปิพบจุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus* 48.48 %, *Klebsiella pneumoniae* 30.30 %, *Enterobacter aerogenase* 12.12 %, *Lactobacillus fermenti* 6.06 % และ *E.coli* 3.03 %

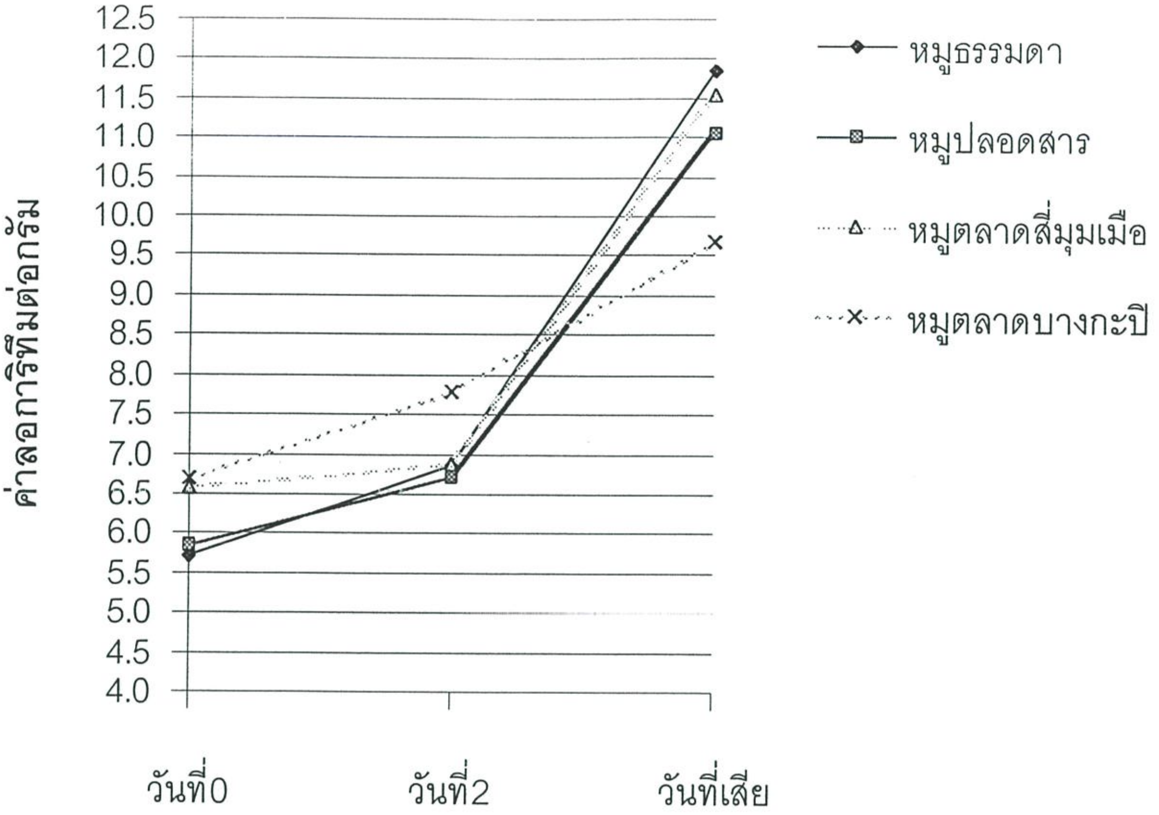
จากตารางที่ 4.21 แสดงชนิดและเปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์บนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต ปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 2 มีรายละเอียดดังนี้ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ตพบจุลินทรีย์ *Streptococcus* spp. 46.73 %, *Enterobacter aerogenase* 37.38 %, *Klebsiella pneumoniae* 9.35 %, *Bacillusmegaterium* 4.67 %, *Lactobacilus delbruecckii* 0.93 % และ *E.coli* 0. 93 % หมูปลอดสารพบจุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus* 66.14 %, *Streptococcus* spp. 33.07 %, *Lactobacillus fermenti* 0.66 %, *Enterobacter aerogenase* 0.07 %, *E.coli* 0.03 % และ *Klebsiella pneumoniae* 0.03 % หมูตลาดสี่มุมเมืองพบจุลินทรีย์ *Corynebacterium xerosis* 77.52 %, *Staphylococcus aureus* 8.53 %, *Streptococcus* spp. 6.98 %, *Klebsiellapne umoniae* 3.88 %, *Enterobcter aerogenase* 2.33 % และ *E.coli* 0.78 % หมูตลาดบางกะปิพบจุลินทรีย์

Klebsiella pneumoniae 45.05 %, *Bacillus megaterium* 45.00 %, *Bacillus cereus* 4.50 %, *Cornebacterium kutscheri* 4.50 %, *Staphylococcus aureus* 0.09 % และ *Lactobacillus fermenti* 0.05 %

จากตารางที่ 4.22 แสดงชนิดและเปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์บนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่เสีย มีรายละเอียดดังนี้ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ตพบจุลินทรีย์ *Enterobacter aerogenase* 81.63 %, *Bacillus cereus* 14.29 %, *Klebsiella pneumoniae* 4.08 % และ *Lactobacillus delbruecckii* 0.93 % หมูปลอดสารพบจุลินทรีย์ *Bacillus cereus* 99.82 %, *Staphylococcus aureus* 0.01 %, *Bacillus megaterium* 0.10 %, *Enterobacter aerogenase* 0.05 % และ *E.coli* 0.02 % หมูตลาดสี่มุมเมืองพบจุลินทรีย์ *Corynebacterium xerosis* 90.01 %, *Klebsiella pneumoniae* 9.00 %, *Enterobacter aerogenase* 0.90 % และ *Staphylococcus aureus* 0.09 % หมูตลาดบางกะปิพบจุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus* 65.19 %, *Enterobacter aerogenase* 17.38 %, *Bacillus megaterium* 4.35 %, *Pseudomonas* spp. 6.52 %, *Streptococcus* spp. 6.52 % และ *Corynebacterium xerosis* 0.04 %

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ (ค่าลอการิทึมต่อกรัม) ของเนื้อหมูจากซุปเปอร์มาร์เก็ต เนื้อหมูปลอดสาร เนื้อหมูตลาดสี่มุมเมือง และเนื้อหมูตลาดบางกะปิ ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา

	ค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ (ค่าลอการิทึมต่อกรัม)			
	หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ
วันที่	$\overline{X} \pm SD$	$\overline{X} \pm SD$	$\overline{X} \pm SD$	$\overline{X} \pm SD$
วันที่ 0	$5.69^{ก}$	$5.84^{ก}$	$6.58^{ข}$	$6.69^{ก}$
วันที่ 2	$6.84^{ข}$	$6.71^{ข}$	$6.89^{ข}$	$7.76^{ก}$
วันที่เสีย	$11.84^{ก}$	$11.06^{ข}$	$11.54^{ก}$	$9.68^{ข}$



รูปที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g) บนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมืองและหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 0, 2 และวันที่เสีย

ตารางที่ 4.20 แสดงชนิดและเปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์บนเนื้อหมูจากซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร ปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 0

ชนิดที่	หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ
1	*Staphylococcus aureus* 48 %	*Streptococcus* spp. 46.48 %	*Klebsiella pneumoniae* 87.72 %	*Staphylococcus aureus* 48.48 %
2	*Lactobacillus delbrueckii* 32 %	*Micrococcus varians* 25.61%	*Corynebacterium xerosis* 8.77 %	*Klebsiella pneumoniae* 30.30 %
3	*Streptococcus* spp. 16 %	*Pseudomonas* spp. 16.60 %	*Bacillus megaterium* 0.88 %	*Enterobacter aerogenase* 12.12 %
4	*Klebsiella pneumoniae* 3.2 %	*E.coli* 11.31%	*Staphylococcus aureus* 0.88 %	*Lactobacillus fermenti* 6.06 %
5	*E.coli* 0.8 %		*Pseudomonas* spp. 0.88 %	*E.coli* 3.03 %
6			*E.coli* 0.88 %	

ตารางที่ 4.21 แสดงชนิดและเปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์บนเนื้อหมูจากซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 2

ชนิดที่	หมูเฟรชมีท ซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูเฟรชมีท ปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ
1	*Streptococcus* spp. 46.73 %	*Staphylococcus aureus* 66.14 %	*Corynebacterium xerosis* 77.52 %	*Klebsiella pneumoniae* 45.05 %
2	*Enterobacter aerogenase* 37.38 %	*Streptococcus* spp. 33.07 %	*Staphylococcus aureus* 8.53 %	*Bacillus megaterium* 45.00 %
3	*Klebsiella pneumoniae* 9.35 %	*Lactobacillus fermenti* 0.66 %	*Streptococcus* spp. 6.98 %	*Bacillus cereus* 4.50 %
4	*Bacillusmegaterium* 4.67 %	*Enterobacter aerogenase* 0.07 %	*Klebsiellapneumoniae* 3.88 %	*Cornebacterium kutscheri* 4.50 %
5	*Lactobacilus delbruecckii* 0.93 %	*E.coli* 0.03 %	*Enterobcter aerogenase* 2.33 %	*Staphylococcus aureus* 0.09 %
6	*E.coli* 0.93 %	*Klebsiella pneumoniae* 0.03 %	*E.coli* 0.78 %	*Lactobacillus fermenti* 0.05 %

ตารางที่ 4.22 แสดงชนิดและเปอร์เซ็นต์ของจุลินทรีย์บนเนื้อหมูจากซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่เสีย

ชนิดที่	หมูเฟรชมีท ซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูเฟรชมีท ปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ
1	*Enterobacter aerogenase* 81.63 %	*Bacillus cereus* 99.82 %	*Corynebacterium xerosis* 90.01 %	*Staphylococcus aureus* 65.19 %
2	*Bacillus cereus* 14.29 %	*Staphylococcus aureus* 0.01 %	*Klebsiella pneumoniae* 9.00 %	*Enterobacter aerogenase* 17.38 %
3	*Klebsiella pneumoniae* 4.08 %	*Bacillus megaterium* 0.10 %	*Enterobacter aerogenase* 0.90 %	*Bacillus megaterium* 4.35 %
4	*Lactobacillus delbruecckii* 0.93 %	*Enterobacter aerogenase* 0.05 %	*Staphylococcus aureus* 0.09 %	*Pseudomonas* spp. 6.52 %
5		*E.coli* 0.02 %		*Streptococcus* spp. 6.52 %
6				*Corynebacterium xerosis* 0.04 %

4.3 การทดลองที่ 3 ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดสมุนไพรเพื่อใช้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อเน่าเสีย

จากการทดลองนำแบคทีเรียที่พบบ่อยในเนื้อหมูคือ เชื้อ *Staphylococcus aureus* ซึ่งเป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมบวก, เชื้อ *Escherichis coli* ซึ่งเป็นตัวแทนของแบคทีเรียแกรมลบและเชื้อ *Lactobacillus curvatus* ซึ่งเป็นตัวแทนของแบคทีเรียกลุ่มแลคติก โดยจะทดสอบฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดสมุนไพรโดยใช้สารสกัดมังคุด สารสกัดใบบัวบก สารสกัดข่า สารสกัดพรุน และสารสกัดว่านหางจระเข้โดยใช้เทคนิค MIC (Minimal inhibitory concentration) หรือ ความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ เพื่อคัดเลือกสารสกัดสมุนไพรที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพเพื่อนำมาใช้ยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมูร่วมกับการใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ผลการทดลองเป็นดังต่อไปนี้

ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดสมุนไพรเพื่อใช้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อเน่าเสีย

ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.23 และ 4.24 พบว่า สารสกัดข่าที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus curvatus* ที่ความเข้มข้น5 g/ml. และพบว่าสารสกัดข่าไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichis coli* ได้ ในขณะที่สารสกัดข่าที่สกัดด้วยน้ำ ไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* , *E. coli* และ *L. curvatus*

ในตารางที่ 4.25 และ 4.26 พบว่า สารสกัดบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอล สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* ที่ความเข้มข้น 2.5 g/ml. ตามลำดับ และ พบว่าสารสกัดบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอลไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *L. curvatus* ในขณะที่สารสกัดบัวบกที่สกัดด้วยน้ำไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* , *E. coli* และ *L. curvatus*

ในตารางที่ 4.27 4.28 และ 4.29 พบว่า สารสกัดมังคุดที่สกัดด้วยเอทานอลสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* , *E. coli* และ *L. curvatus* ที่ความเข้มข้น 1.25, 1.25 และ 0.31 g/ml. ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดมังคุดที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* , *E. coli* และ *L. curvatus* ที่ความเข้มข้น 5, 5 และ 0.15 g/ml. ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดมังคุดสกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 12 ^{0}C สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* , *E. coli* และ *L. curvatus* ที่ความเข้มข้น 0.04, 1.25 และ 10 g/ml. ตามลำดับ

ในตารางที่ 4.30 พบว่า สารสกัดว่านหางจระเข้สกัดด้วยน้ำ สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* , *E. coli* และ *L. curvatus* ที่ความเข้มข้น 0.31, 0.31 และ 0.04 g/ml. ตามลำดับ

ในตารางที่ 4.31 4.32 และ 4.33 พบว่า สารสกัดพรุนที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *L. curvatus* ที่ความเข้มข้น 1.25 g/ml. และพบว่าสารสกัดพรุนที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิห้องไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* และ *E. coli* ได้ ในขณะที่สารสกัดพรุนที่

สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 37 °C สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* , *E. coli* และ *L. curvatus* ที่ความเข้มข้น 10, 0.31 และ 0.04 g/ml. ตามลำดับ ขณะที่ค่า MIC ของสารสกัดพรุนที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 12 °C สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S. aureus* , *E. coli* และ *L. curvatus* ที่ความเข้มข้น 10, 10 และ 0.04 g/ml. ตามลำดับ

ตารางที่ 4.23 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัด *Alpinia galanga* Linn. Swartz (ข่า) ที่สกัดด้วยเอทานอล

	MIC (g/ml.)								
	10%	**5%**	**2.5%**	**1.25%**	**0.625%**	**0.312%**	**0.156%**	**0.078%**	**0.039%**
S. aureus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L. curvatus	/	/	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ **/ หมายถึง ปริมาณสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์**

- หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.24 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดข่าสกัดด้วยน้ำ

	MIC (g/ml.)								
	10%	**5%**	**2.5%**	**1.25%**	**0.625%**	**0.312%**	**0.156%**	**0.078%**	**0.039%**
S. aureus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L. curvatus	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ **/ หมายถึง ปริมาณสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์**

- หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.25 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัด *Centella asiatica* Linn. Urban (บัวบก) ที่สกัดด้วยเอทานอล

	MIC (g/ml.)								
	10%	**5%**	**2.5%**	**1.25%**	**0.625%**	**0.312%**	**0.156%**	**0.078%**	**0.039%**
S. aureus	/	/	/	-	-	-	-	-	-
E. coli	/	/	/	-	-	-	-	-	-
L. curvatus	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ / หมายถึง ปริมาณสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

- หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.26 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดบัวบกสกัดด้วยน้ำ

	MIC (g/ml.)								
	10%	**5%**	**2.5%**	**1.25%**	**0.625%**	**0.312%**	**0.156%**	**0.078%**	**0.039%**
S. aureus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L. curvatus	-	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ / หมายถึง ปริมาณสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

- หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.27 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัด *Garcinia mangostana* Linn. (มังคุด) ที่สกัดด้วยเอทานอล

	MIC (g/ml.)								
	10%	**5%**	**2.5%**	**1.25%**	**0.625%**	**0.312%**	**0.156%**	**0.078%**	**0.039%**
S. aureus	/	/	/	/	-	-	-	-	-
E. coli	/	/	/	/	-	-	-	-	-
L. curvatus	/	/	/	/	/	/	/	/	/

หมายเหตุ / หมายถึง ปริมาณสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

- หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ **4.28** แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดมังคุด สกัดด้วยน้ำ

	MIC (g/ml.)								
	10%	**5%**	**2.5%**	**1.25%**	**0.625%**	**0.312%**	**0.156%**	**0.078%**	**0.039%**
S. aureus	/	/	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	/	/	-	-	-	-	-	-	-
L. curvatus	/	/	/	/	/	/	/	-	-

หมายเหตุ / หมายถึง ปริมาณสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

- หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.29 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดมังคุด สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

	MIC (g/ml.)								
	10%	**5%**	**2.5%**	**1.25%**	**0.625%**	**0.312%**	**0.156%**	**0.078%**	**0.039%**
S. aureus	/	/	/	/	/	/	/	/	/
E. coli	/	/	/	/	-	-	-	-	-
L. curvatus	/	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ / หมายถึง ปริมาณสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

- หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.30 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัด *Aloe vera* Linn. Burm.f. (ว่านหางจระเข้) สกัดด้วยน้ำ

	MIC (g/ml.)								
	10%	**5%**	**2.5%**	**1.25%**	**0.625%**	**0.312%**	**0.156%**	**0.078%**	**0.039%**
S. aureus	/	/	/	/	/	/	-	-	-
E. coli	/	/	/	/	/	/	-	-	-
L. curvatus	/	/	/	/	/	/	/	/	/

หมายเหตุ / หมายถึง ปริมาณสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

- หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.31 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัด *Prunus domestica* Linn. (พรุน) สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง

	MIC (g/ml.)								
	10%	**5%**	**2.5%**	**1.25%**	**0.625%**	**0.312%**	**0.156%**	**0.078%**	**0.039%**
S. aureus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L. curvatus	/	/	/	/	-	-	-	-	-

หมายเหตุ **/ หมายถึง ปริมาณสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์**

- หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.32 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัด พรุน สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

	MIC (g/ml.)								
	10%	**5%**	**2.5%**	**1.25%**	**0.625%**	**0.312%**	**0.156%**	**0.078%**	**0.039%**
S. aureus	/	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	/	/	/	/	/	/	-	-	-
L. curvatus	/	/	/	/	/	/	/	/	/

หมายเหตุ **/ หมายถึง ปริมาณสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์**

- หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ตารางที่ 4.33 แสดงฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดพรุน สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส

	MIC (g/ml.)								
	10%	**5%**	**2.5%**	**1.25%**	**0.625%**	**0.312%**	**0.156%**	**0.078%**	**0.039%**
S. aureus	/	-	-	-	-	-	-	-	-
E. coli	/	-	-	-	-	-	-	-	-
L. curvatus	/	/	/	/	/	/	/	/	/

หมายเหตุ / หมายถึง ปริมาณสารสกัดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

- หมายถึง ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

4.4 การทดลองที่ 4 ศึกษาการใช้สารต้านอนุมูลอิสระร่วมกับสารสกัดสมุนไพรที่เหมาะสมโดยใช้ในระดับต่ำเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพ

การทดลองทำโดยนำเนื้อหมูตัดแต่งบริเวณสะโพกจากโรงฆ่ามาตรฐานคือ หมูปลอดสารที่มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 100-200 กรัม มาสัมผัสกับสารต่อต้านอนุมูลอิสระซึ่งได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน และ วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ที่ใช้ควบคู่กับสารสกัดที่คัดเลือกมา 3 ชนิดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหาง เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร และใช้สารซอร์เบทเป็นสารควบคุมสารสกัดพรุน บรรจุในถาดโฟมปิดทับด้วยฟิล์มแล้วนำไปเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความหืน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss) ตรวจสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น และวิเคราะห์ลักษณะทางชีววิทยา ได้แก่ ชนิดและจำนวนแบคทีเรียเริ่มต้น, วันที่ 2 วันที่ 4 และ วันที่ 7 ผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

4.4.1 การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูที่ใช้สารเปรียบเทียบกับหมูที่ไม่ใช้สาร

ผลการศึกษาปรากฏในตารางที่ 4.34 ซึ่งพบว่า เนื้อหมูที่ผ่านการใช้สกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี มีระยะเวลาในการเก็บรักษานานเฉลี่ย 10.8 วันยาวนานที่สุดโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากหมูทุกแหล่ง รองลงมาคือเนื้อหมูที่ผ่านการใช้สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี และเนื้อหมูที่ผ่านการใช้สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอีมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 9.8 และ 9.9 วัน รองลงมาคือเนื้อหมูที่ผ่านการใช้สารสกัดว่านหางจระเข้มีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 8.85 วัน รองลงมาคือเนื้อหมูที่ผ่านการใช้สารสกัดพรุนและเนื้อหมูที่ผ่านการใช้วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวันมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 8 และ 7.95 วัน ขณะที่เนื้อหมูที่ผ่านการใช้ซอร์เบทและเนื้อหมูที่ผ่านการใช้วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate มีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 7.15 และ 6.90 วัน ตามลำดับ เนื้อหมูที่ผ่านการใช้วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate และเนื้อหมูที่ผ่านการใช้สารสกัดมังคุดมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 6.90 และ 6.80 วัน และเนื้อหมูในกลุ่มควบคุมมีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุดมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 6.05 วัน

จากตารางที่ 4.35 แสดงปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ ซึ่งได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพร สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ในวันที่ 0 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์มีค่าระหว่าง 1.50×10^4 ถึง 3.14×10^5 โคโลนีต่อกรัม โดยพบว่าหมูในกลุ่มควบคุม และวิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากหมูทุกกลุ่ม ค่าพีเอชมีค่า

ระหว่าง 5.93 ถึง 6.21 โดยค่าพีเอชของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.05$) กับสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี ค่าความหืนมีค่าระหว่าง 0.09 ถึง 0.22 โดยค่าความหืนของกลุ่มควบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) กับสารสกัดพรุน วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate และสารสกัดพรุนผสมวิตามินอี เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกมีค่าระหว่าง 4.17 ถึง 15.93 โดยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม ค่าสี L มีค่าระหว่าง 43.80 ถึง 47.65 โดยกลุ่มที่ใช้สารสกัดพรุนและสารสกัดพรุนผสมวิตามินอีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม ค่าสี a มีค่าระหว่าง 8.00 ถึง 10.15 โดยกลุ่มที่ใช้สารสกัดพรุนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม

จากตารางที่ 4.36 ในวันที่ 2 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์มีค่าระหว่าง 1.19×10^5 ถึง 3.30×10^6 โคโลนีต่อกรัม โดยพบว่าหมูในกลุ่มควบคุมมีค่ามากที่สุดและ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \le 0.01$) จากหมูทุกกลุ่ม ค่าพีเอชมีค่าระหว่าง 5.83 ถึง 6.15 โดยค่าพีเอชของกลุ่มที่ใช้สารสกัดมังคุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) จากหมูทุกกลุ่ม ค่าความหืนมีค่าระหว่าง 0.11 ถึง 0.32 โดยค่าความหืนของกลุ่มที่ใช้สารสกัดมังคุดและกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) จากหมูทุกกลุ่ม เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกมีค่าระหว่าง 8.61 ถึง 18.25 โดยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกของวิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวันและวิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม ค่าสี L มีค่าระหว่าง 45.36 ถึง 48.12 โดยกลุ่มที่ใช้สารสกัดมังคุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม ค่าสี a มีค่าระหว่าง 7.61 ถึง 9.81 โดยกลุ่มที่ใช้สารสกัดพรุนผสมวิตามินอีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม

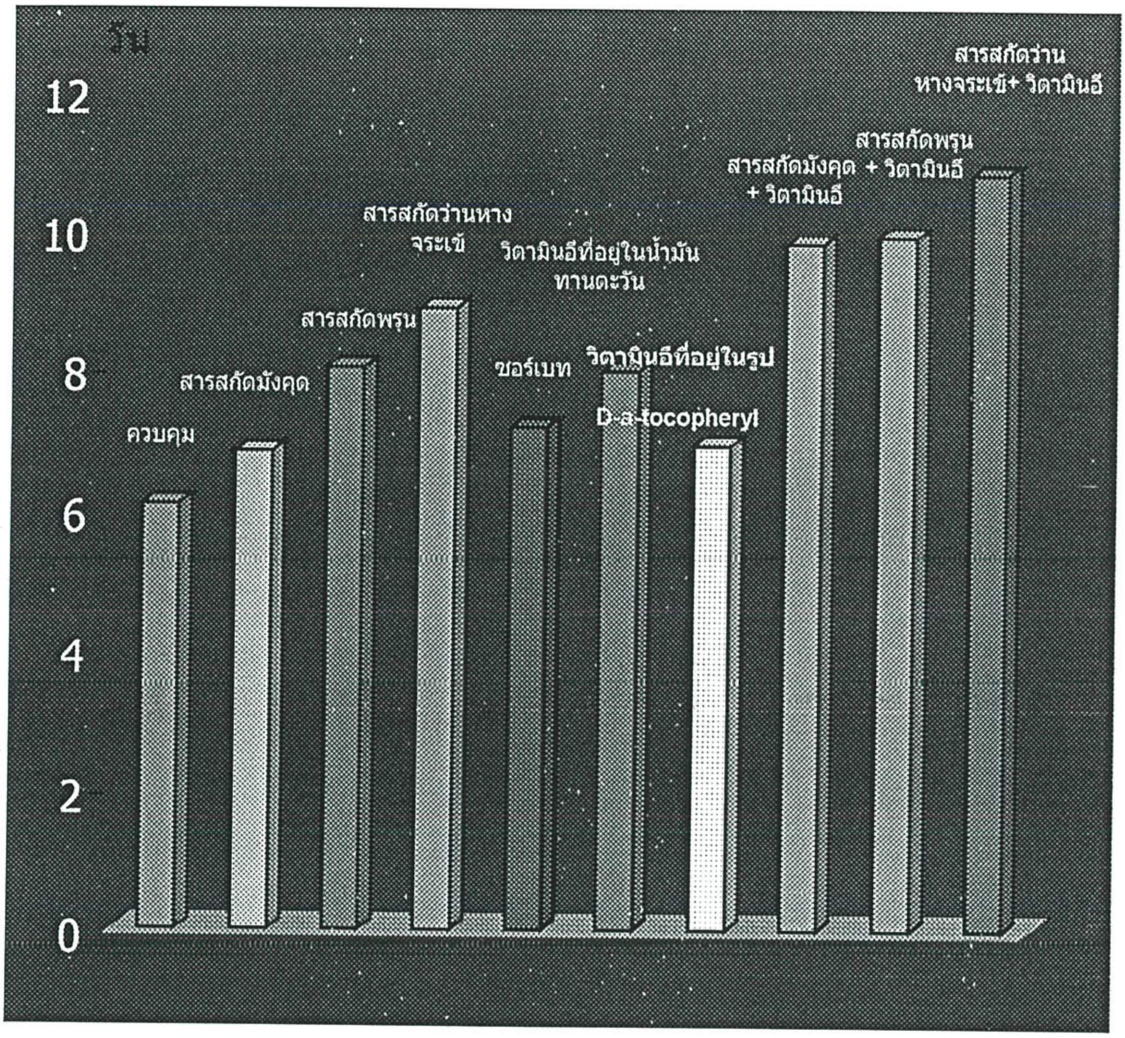
จากตารางที่ 4.37 ในวันที่ 4 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์มีค่าระหว่าง 2.56×10^6 ถึง 6.65×10^7โคโลนีต่อกรัม โดยพบว่าหมูในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ใช้วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \le 0.01$) จากหมูทุกกลุ่ม ค่าพีเอชมีค่าระหว่าง 5.54 ถึง 6.10 โดยค่าพีเอชของกลุ่มที่ใช้สารสกัดมังคุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) จากหมูทุกกลุ่ม ค่าความหืนมีค่าระหว่าง 0.22 ถึง 0.38 โดยค่าความหืนของกลุ่มที่ใช้วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวันและวิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) จากหมูทุกกลุ่ม เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกมีค่าระหว่าง 13.04 ถึง 23.57 โดยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม ค่าสี L มีค่าระหว่าง 46.12 ถึง 49.26 โดยกลุ่มที่ใช้สารสกัดมังคุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม ค่าสี a มีค่าระหว่าง 7.04 ถึง 9.52 โดยกลุ่มที่ใช้สารสกัดพรุนผสมวิตามินอีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \le 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม

จากตารางที่ 4.38 ในวันที่ 4 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์มีค่าระหว่าง 8.39×10^{6} ถึง 1.38×10^{9} โคโลนีต่อกรัม โดยพบว่าหมูในกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากหมูทุกกลุ่ม ค่าพีเอชมีค่าระหว่าง 5.29 ถึง 5.97 โดยค่าพีเอชของกลุ่มที่ใช้สารสกัดมังคุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากหมูทุกกลุ่ม ค่าความหืนมีค่าระหว่าง 0.52 ถึง 1.32 โดยค่าความหืนของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) จากหมูทุกกลุ่ม เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกมีค่าระหว่าง 14.29 ถึง 27.00 โดยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม ค่าสี L มีค่าระหว่าง 47.86 ถึง 52.31 โดยกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม ค่าสี a มีค่าระหว่าง 6.93 ถึง 9.22 โดยกลุ่มที่ใช้สารสกัดพรุนผสมวิตามินอีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับหมูทุกกลุ่ม

ตารางที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

	วันที่เริ่มเสีย
ควบคุม	$6.05^{\text{ช}}$
สารสกัดมังคุด	$6.80^{\text{ก}}$
สารสกัดพรุน	$8.00^{\text{ง}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้	$8.85^{\text{ค}}$
ซอร์เบท	$7.15^{\text{จ}}$
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	$7.95^{\text{ง}}$
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	$6.90^{\text{จฉ}}$
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	$9.80^{\text{ข}}$
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	$9.90^{\text{ข}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	$10.8^{\text{ก}}$

$^{\text{ก-ช}}$ อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)



รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารทั้ง 9 กลุ่ม เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

ตารางที่ 4.35 แสดงปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารทั้ง 9 กลุ่ม เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ในวันที่ 0

ปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพ	ควบคุม	สารสกัดมังคุด	สารสกัดพรุน	สารสกัดว่านหางจระเข้	ซอร์เบท	วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี	สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี	สารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี
ปริมาณจุลินทรีย์	$5.49^{\text{ก}}$	$4.87^{\text{ขค}}$	$4.39^{\text{คง}}$	$4.74^{\text{ขคง}}$	$4.09^{\text{ง}}$	$5.40^{\text{ก}}$	$5.02^{\text{ข}}$	$4.67^{\text{ขคง}}$	$4.40^{\text{คง}}$	$4.67^{\text{ขคง}}$
ค่าพีเอช	$6.17^{\text{กข}}$	$6.21^{\text{ก}}$	$6.16^{\text{กข}}$	$6.20^{\text{ก}}$	$6.01^{\text{ขค}}$	$6.19^{\text{ก}}$	$6.15^{\text{กข}}$	$6.19^{\text{ก}}$	$6.04^{\text{กขค}}$	$5.93^{\text{ค}}$
ค่าความหืน	$0.19^{\text{กขค}}$	$0.20^{\text{กข}}$	$0.12^{\text{ง}}$	$0.18^{\text{ค}}$	$0.22^{\text{ก}}$	$0.10^{\text{ง}}$	$0.09^{\text{ง}}$	$0.18^{\text{ขค}}$	$0.11^{\text{ง}}$	$0.16^{\text{ค}}$
เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss)	$15.93^{\text{กข}}$	$15.79^{\text{ข}}$	$15.00^{\text{ข}}$	$10.21^{\text{งจ}}$	$12.11^{\text{ค}}$	$9.25^{\text{จ}}$	$4.17^{\text{ฉ}}$	$10.00^{\text{งจ}}$	$9.09^{\text{จ}}$	$11.11^{\text{คง}}$
ค่าสี L	$45.07^{\text{จ}}$	$47.65^{\text{คง}}$	$50.10^{\text{ข}}$	$45.74^{\text{จ}}$	$44.98^{\text{จ}}$	$45.82^{\text{จ}}$	$45.53^{\text{จ}}$	$48.05^{\text{ค}}$	$53.80^{\text{ก}}$	$46.12^{\text{งจ}}$
ค่าสี a	$8.07^{\text{จ}}$	$8.64^{\text{ค}}$	$9.18^{\text{ข}}$	$8.22^{\text{งจ}}$	$8.00^{\text{จ}}$	$8.42^{\text{คง}}$	$8.24^{\text{งจ}}$	$9.02^{\text{ข}}$	$10.15^{\text{ก}}$	$8.52^{\text{คง}}$

ตารางที่ 4.36 แสดงปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารทั้ง 9 กลุ่ม เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ในวันที่ 2

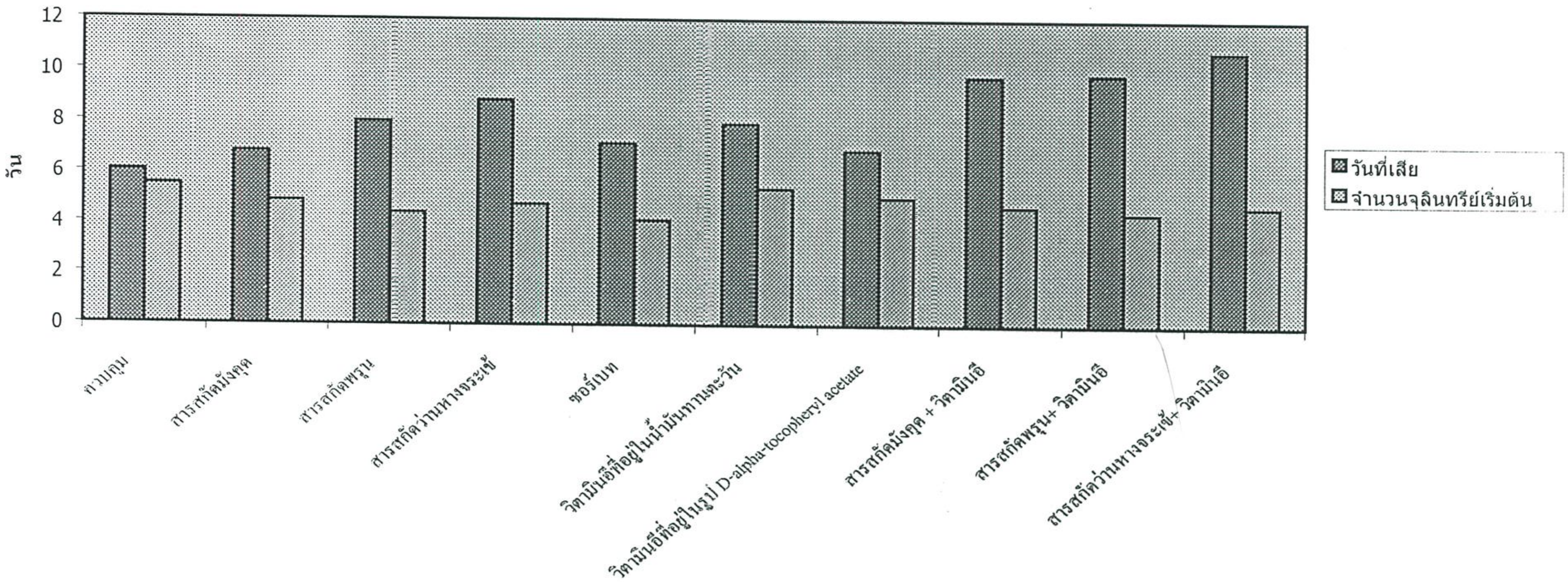
ปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพ	ควบคุม	สารสกัดมังคุด	สารสกัดพรุน	สารสกัดว่านหางจระเข้	ซอร์เบท	วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี	สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี	สารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี
ปริมาณจุลินทรีย์	$6.51^{\text{ก}}$	$5.38^{\text{ข}}$	$5.74^{\text{ข}}$	$5.34^{\text{ข}}$	$5.30^{\text{ค}}$	$5.73^{\text{ข}}$	$6.15^{\text{ก}}$	$5.13^{\text{ข}}$	$5.46^{\text{ข}}$	$5.05^{\text{ข}}$
ค่าพีเอช	$5.85^{\text{งจ}}$	$6.15^{\text{ก}}$	$5.94^{\text{ขคงจ}}$	$5.99^{\text{ขค}}$	$5.83^{\text{จ}}$	$5.97^{\text{ขคง}}$	$5.88^{\text{คงจ}}$	$6.02^{\text{ข}}$	$5.90^{\text{ขคงจ}}$	$5.89^{\text{ขคงจ}}$
ค่าความหืน	$0.28^{\text{กข}}$	$0.32^{\text{ก}}$	$0.24^{\text{ค}}$	$0.29^{\text{กข}}$	$0.29^{\text{กข}}$	$0.12^{\text{ง}}$	$0.11^{\text{ง}}$	$0.25^{\text{ขค}}$	$0.22^{\text{ค}}$	$0.24^{\text{ค}}$
เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss)	$18.25^{\text{กข}}$	$18.18^{\text{ข}}$	$17.65^{\text{ขค}}$	$10.64^{\text{จฉ}}$	$13.51^{\text{ง}}$	$9.52^{\text{ฉ}}$	$8.61^{\text{ฉ}}$	$15.20^{\text{คง}}$	$13.64^{\text{ง}}$	$12.82^{\text{งจ}}$
ค่าสี L	$47.43^{\text{งจ}}$	$48.12^{\text{คง}}$	$51.36^{\text{ข}}$	$46.58^{\text{งจ}}$	$45.91^{\text{จ}}$	$46.11^{\text{จ}}$	$46.23^{\text{จ}}$	$48.99^{\text{ค}}$	$53.98^{\text{ก}}$	$46.85^{\text{งจ}}$
ค่าสี a	$7.81^{\text{ฉช}}$	$8.26^{\text{ง}}$	$8.60^{\text{ค}}$	$8.40^{\text{คง}}$	$7.61^{\text{ช}}$	$8.22^{\text{งจ}}$	$8.01^{\text{จฉ}}$	$8.82^{\text{ข}}$	$9.81^{\text{ก}}$	$8.20^{\text{งจ}}$

ตารางที่ 4.37 แสดงปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารทั้ง 9 กลุ่ม เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ในวันที่ 4

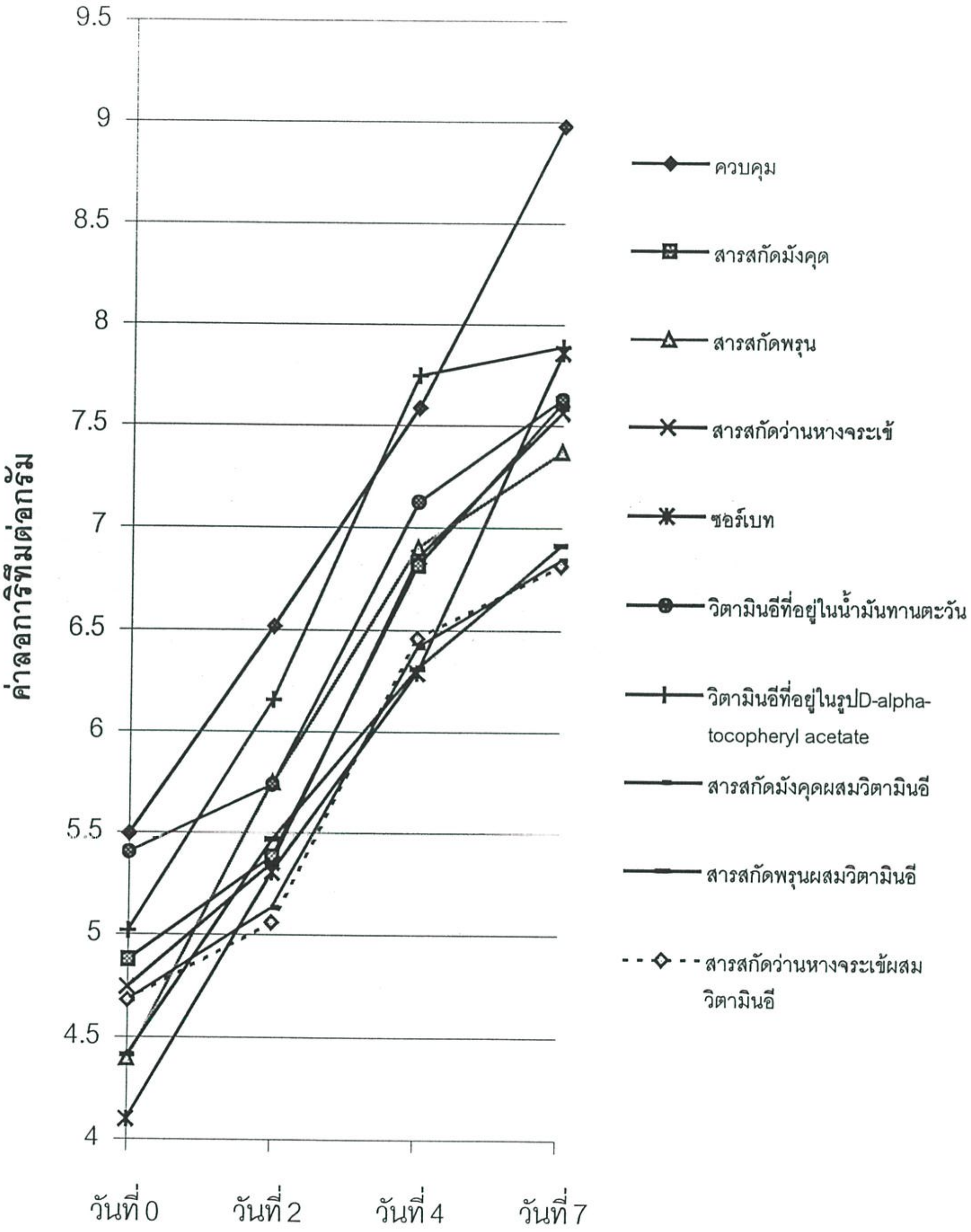
ปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพ	ควบคุม	**สารสกัดมังคุด**	**สารสกัดพรุน**	**สารสกัดว่านหางจระเข้**	**ซอร์เบท**	**วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน**	**วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate**	**สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี**	**สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี**	สารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี
ปริมาณจุลินทรีย์	$7.58^{\text{ก}}$	$6.81^{\text{ข}}$	$6.90^{\text{ข}}$	$6.85^{\text{ข}}$	$6.28^{\text{ข}}$	$7.12^{\text{ข}}$	$7.74^{\text{ก}}$	$6.41^{\text{ข}}$	$6.30^{\text{ข}}$	$6.45^{\text{ข}}$
ค่าพีเอช	$5.54^{\text{ง}}$	$6.10^{\text{ก}}$	$5.72^{\text{ขคง}}$	$5.78^{\text{ขค}}$	$5.66^{\text{ขคง}}$	$5.76^{\text{ขค}}$	$5.60^{\text{คง}}$	$5.85^{\text{ข}}$	$5.76^{\text{ขค}}$	$5.85^{\text{ข}}$
ค่าความหืน	$0.36^{\text{ขค}}$	$0.34^{\text{ขค}}$	$0.28^{\text{งจ}}$	$0.38^{\text{กข}}$	$0.41^{\text{ก}}$	$0.26^{\text{จฉ}}$	$0.22^{\text{ฉ}}$	$0.31^{\text{ง}}$	$0.26^{\text{จฉ}}$	$0.32^{\text{คง}}$
เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss)	$23.57^{\text{ก}}$	$18.67^{\text{คง}}$	$19.35^{\text{คง}}$	$15.74^{\text{จ}}$	$22.14^{\text{ข}}$	$13.10^{\text{ฉ}}$	$13.04^{\text{ฉ}}$	$20.41^{\text{ขค}}$	$18.18^{\text{ง}}$	$19.87^{\text{คง}}$
ค่าสี L	$48.12^{\text{ง}}$	$49.26^{\text{ค}}$	$52.02^{\text{ข}}$	$47.98^{\text{ง}}$	$46.63^{\text{จ}}$	$46.54^{\text{จ}}$	$47.81^{\text{ง}}$	$49.85^{\text{ค}}$	$54.12^{\text{ก}}$	$48.02^{\text{ง}}$
ค่าสี a	$7.21^{\text{ฉ}}$	$7.96^{\text{จ}}$	$8.42^{\text{ค}}$	$8.22^{\text{ง}}$	$7.04^{\text{ช}}$	$7.92^{\text{จ}}$	$7.91^{\text{จ}}$	$8.64^{\text{ข}}$	$9.52^{\text{ก}}$	$8.20^{\text{ง}}$

ตารางที่ 4.38 แสดงปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารทั้ง 9 กลุ่ม เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ในวันที่ 7

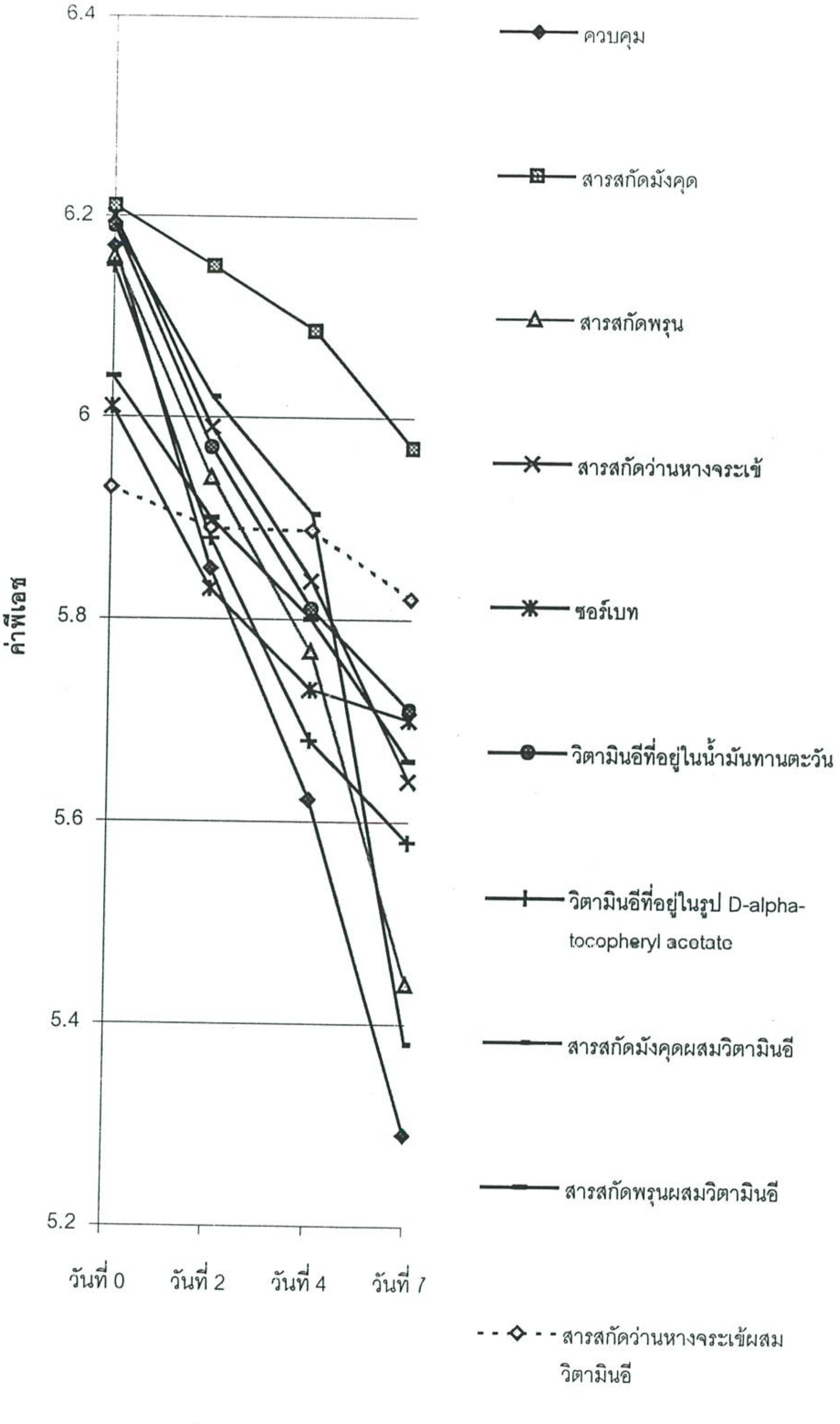
ปริมาณจุลินทรีย์และลักษณะทางกายภาพ	ควบคุม	สารสกัดมังคุด	สารสกัดพรุน	สารสกัดว่านหางจระเข้	ซอร์เบท	วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี	สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี	สารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี
ปริมาณจุลินทรีย์	8.97$^{\text{ก}}$	7.60$^{\text{ข}}$	7.37$^{\text{ข}}$	7.56$^{\text{ข}}$	7.85$^{\text{ข}}$	7.62$^{\text{ข}}$	7.88$^{\text{ข}}$	6.84$^{\text{ข}}$	6.91$^{\text{ข}}$	6.81$^{\text{ข}}$
ค่าพีเอช	5.29$^{\text{จ}}$	5.97$^{\text{ก}}$	5.44$^{\text{ง}}$	5.64$^{\text{ค}}$	5.70$^{\text{ขค}}$	5.71$^{\text{ขค}}$	5.58$^{\text{ค}}$	5.38$^{\text{งจ}}$	5.66$^{\text{ค}}$	5.82$^{\text{ข}}$
ค่าความหืน	1.32$^{\text{ก}}$	0.64$^{\text{ง}}$	0.56$^{\text{จฉ}}$	0.77$^{\text{ค}}$	0.89$^{\text{ข}}$	0.59$^{\text{งจฉ}}$	0.56$^{\text{จฉ}}$	0.60$^{\text{งจ}}$	0.52$^{\text{ฉ}}$	0.78$^{\text{ค}}$
เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss)	27.00$^{\text{ก}}$	19.15$^{\text{คง}}$	21.05$^{\text{คง}}$	20.83$^{\text{จ}}$	24.77$^{\text{ข}}$	16.67$^{\text{ฉ}}$	14.29$^{\text{ฉ}}$	21.43$^{\text{ขค}}$	20.31$^{\text{ง}}$	26.92$^{\text{กง}}$
ค่าสี L	52.31$^{\text{ข}}$	50.18$^{\text{ค}}$	52.81$^{\text{ข}}$	49.82$^{\text{ค}}$	48.02$^{\text{จ}}$	47.98$^{\text{จ}}$	48.24$^{\text{งจ}}$	50.21$^{\text{ค}}$	55.86$^{\text{ก}}$	49.12$^{\text{คง}}$
ค่าสี a	7.10$^{\text{ฉ}}$	7.86$^{\text{ง}}$	8.10$^{\text{ค}}$	7.80$^{\text{ง}}$	6.93$^{\text{ช}}$	7.51$^{\text{จ}}$	7.84$^{\text{ง}}$	8.44$^{\text{ข}}$	9.22$^{\text{ก}}$	8.04$^{\text{ค}}$



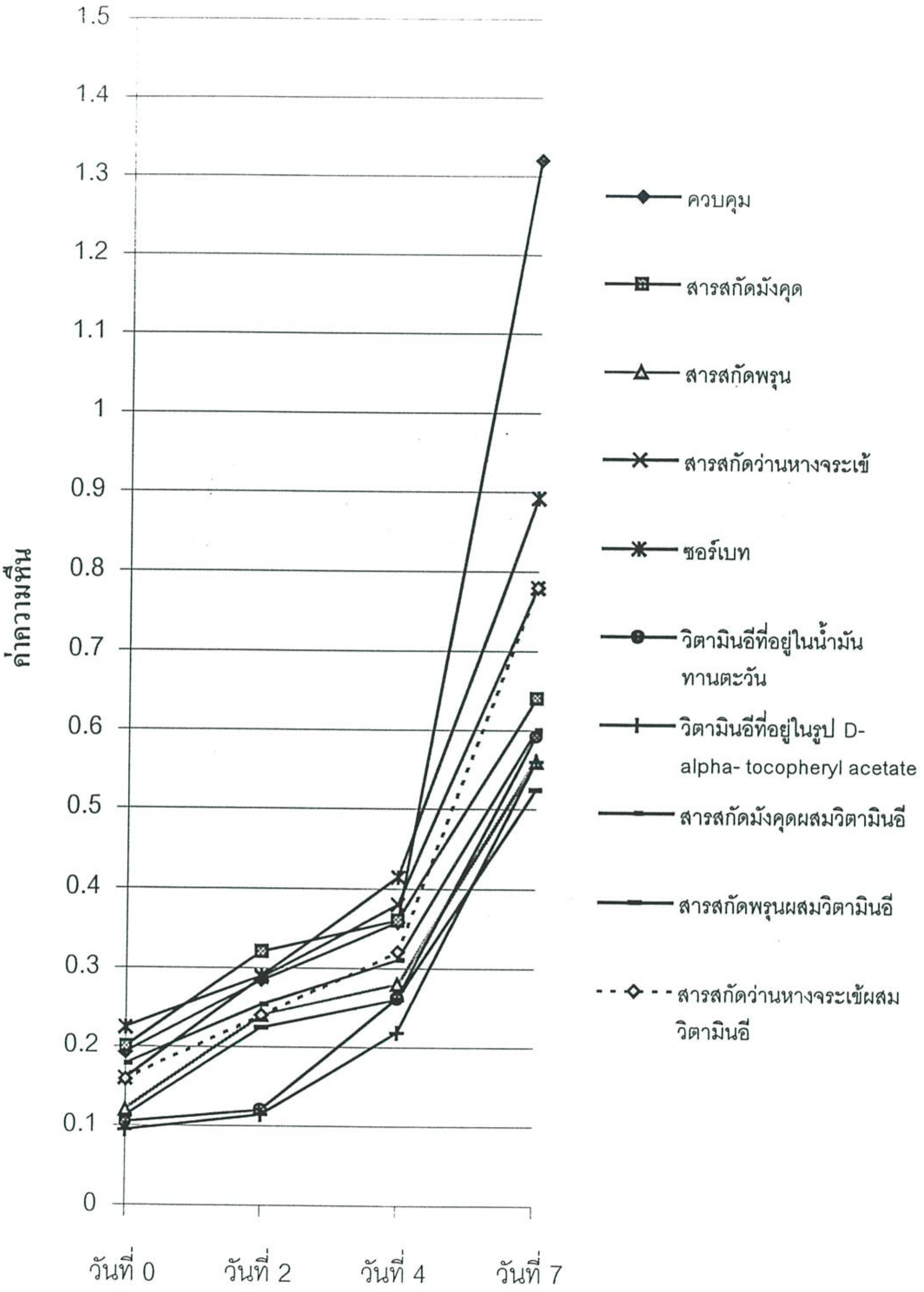
รูปที่ 4.6 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นและระยะเวลาในการเก็บรักษาจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ระหว่างการเก็บรักษา



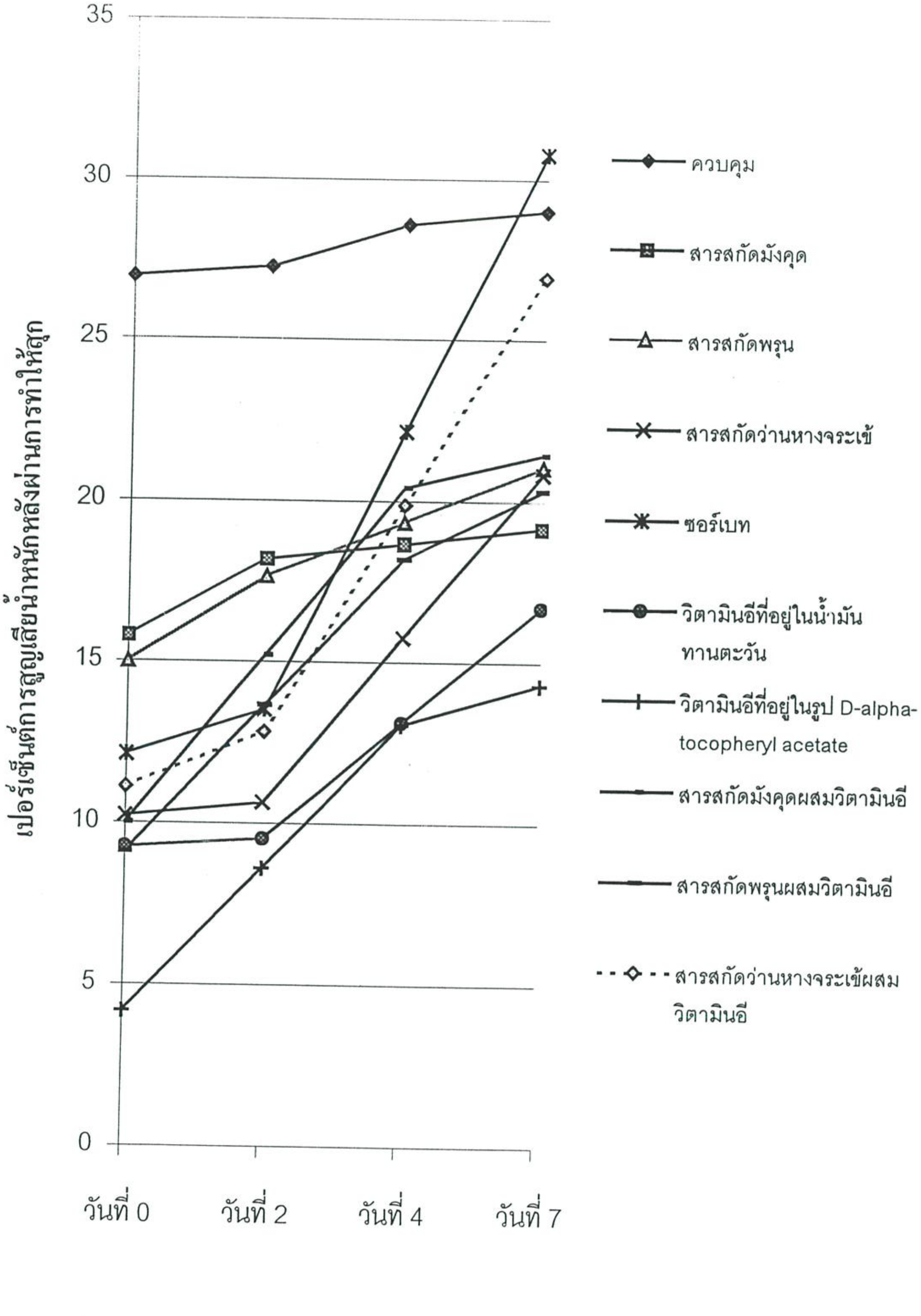
รูปที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ระหว่างการเก็บรักษา



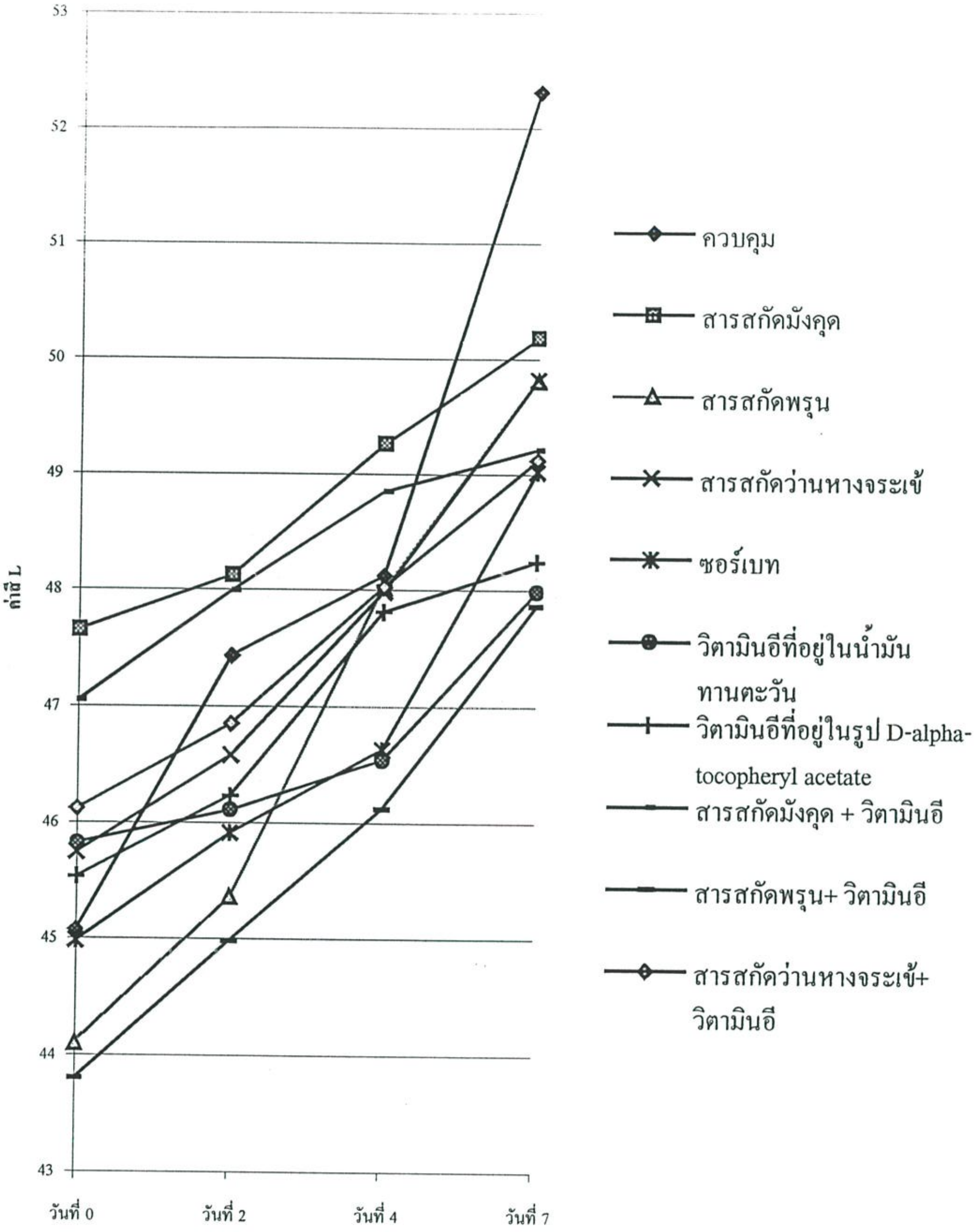
รูปที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยพีเอชจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร



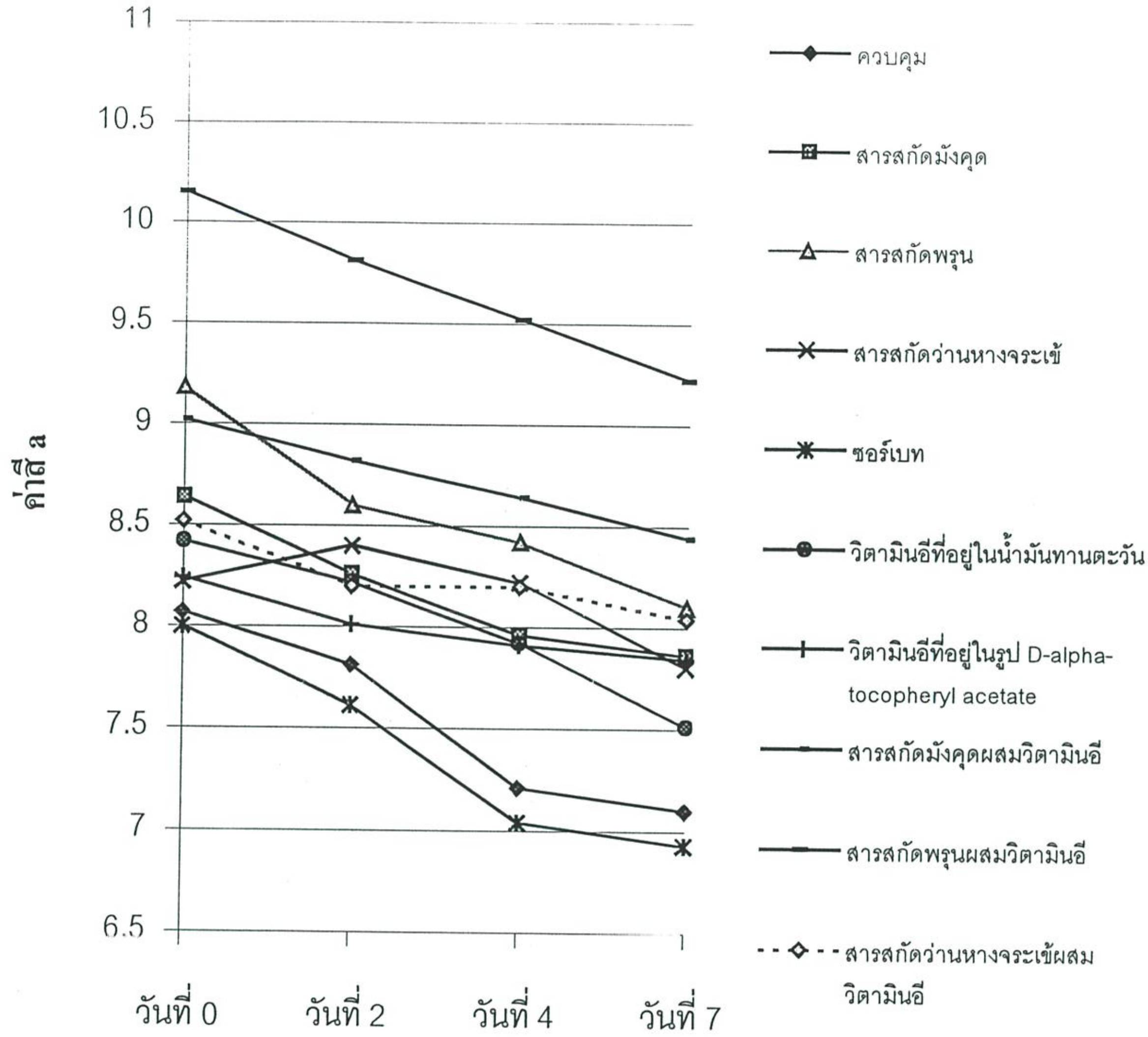
รูปที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยความหืนจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร



รูปที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss) จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร



รูปที่ 4.11 ค่าเฉลี่ยค่าสี L จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร



รูปที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยค่าสี a จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

4.5.1 ศึกษาคะแนนเฉลี่ยด้านสี กลิ่น รสชาติ และเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูของเนื้อหมูที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระร่วมกับสารสกัดสมุนไพร

ผลการศึกษาแสดงในรูปที่ 4.13 พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส คะแนนเฉลี่ยด้านสีของตัวอย่าง เป็นดังนี้

ในวันที่ 0 ค่าเฉลี่ยด้านสีของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุน และสารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี มีค่า 4.70 4.90 4.95 4.85 และ 5.00 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยด้านสีของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับ สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate และสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีมีค่า 4.75 4.70 4.75 4.80 และ 4.75 ในวันที่ 2 ค่าเฉลี่ยด้านสีของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน โดยมีค่า 4.25 และ 4.15 และค่าเฉลี่ยด้านสีของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุน สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี มีค่า 4.60 4.70 4.35 4.40 4.65 4.65 4.80 4.55 ตามลำดับ ในวันที่ 4 ค่าเฉลี่ยด้านสีของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)) กับสารสกัดมังคุด สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate และสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี มีค่า 3.65 3.75 3.80 3.55 3.65 3.75 และ 3.80 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยด้านสีของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสารสกัดพรุน สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี และสารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี มีค่า3.65 3.90 3.85 และ 4.00 ในวันที่ 7 ค่าเฉลี่ยด้านสีของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับทุกกลุ่มได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุน สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี มีค่า 1.85 3.05 3.40 3.10 2.70 3.30 2.90 3.35 3.55 และ 3.40 ตามลำดับ ในวันที่ 8 ค่าเฉลี่ยด้านสีของกลุ่มควบคุมไม่มีเนื่องจากเสียแล้วดังนั้นจึงใช้สารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีเป็นตัวเปรียบเทียบ โดยพบว่า สารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับสารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี และสารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี โดยมีค่า 3.23 3.28 และ 3.30 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยด้านสีของสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับสารสกัดมังคุด สารสกัดพรุน สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน และวิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate โดยมีค่า 3.23 2.05 2.95 2.95 1.95 2.85 และ 2.15 ตามลำดับ ในวันที่ 9 สารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามิน

อีแตกต่างอย่าง ไม่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01) กับสารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี และสารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี โดยมีค่า 3.05 3.03 และ 3.13 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยด้านสีของสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01) กับสารสกัดพรุน สารสกัดว่านหางจระเข้ และวิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน โดยมีค่า 3.05 2.35 2.85 และ2.35 ตามลำดับ (ในวันที่ 9 กลุ่มสารสกัดมังคุด ซอร์เบท และวิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetateไม่มีค่าเนื่องจากเนื้อเสียแล้ว) ในวันที่ 10 สารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) กับสารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี โดยมีค่า 2.85 และ 2.94 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยด้านสีของสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01) กับ สารสกัดว่านหางจระเข้ สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี โดยมีค่า 2.85 2.25 และ 3.02 ตามลำดับ (ในวันที่ 10 สารสกัดพรุน และวิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน ไม่มีค่าเนื่องจากเนื้อเสียแล้ว) ในวันที่ 11 ค่าเฉลี่ยด้านสีของสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01) กับสารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี และสารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี 2.65 1.68 และ 1.75 ตามลำดับ (ในวันที่ 11 สารสกัดว่านหางจระเข้ ไม่มีค่าเนื่องจากเนื้อเสียแล้ว)

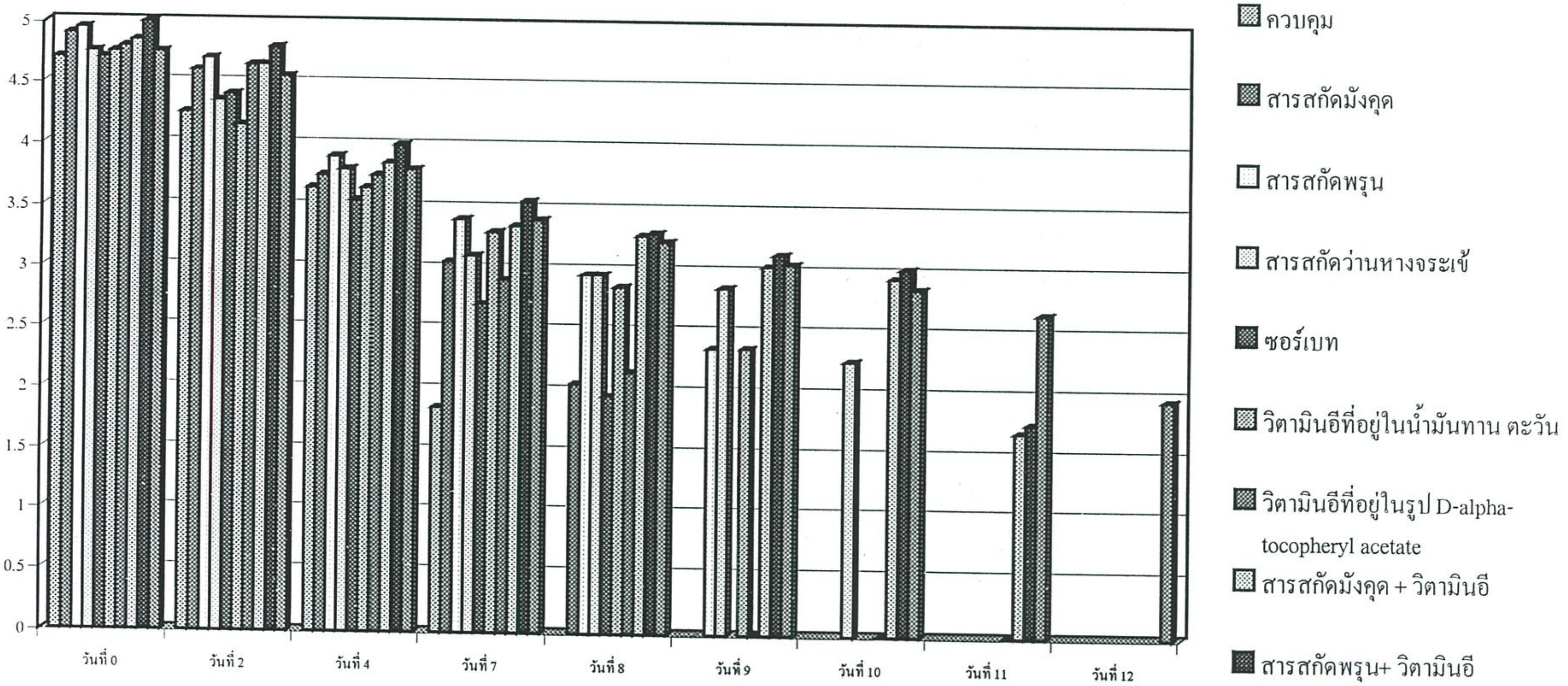
ผลการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส คะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นของตัวอย่าง เป็นดังนี้

ในวันที่ 0 ค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) กับทุกกลุ่มได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุน สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี มีค่า 3.00 ในวันที่ 2 วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีทุกกลุ่มได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุน สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี มีค่า 3.00 ในวันที่ 4 ค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01) กับวิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี โดยมีค่าเท่ากับ 2.96 และ 3.0 และค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) กับสารสกัดมังคุด สารสกัดพรุน สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท และสารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอีโดยมีค่าเท่ากับ 2.96 2.99 2.98 2.98 2.98 และ 2.99 ในวันที่ 7 ค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01) กับทุกกลุ่มได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุน สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท

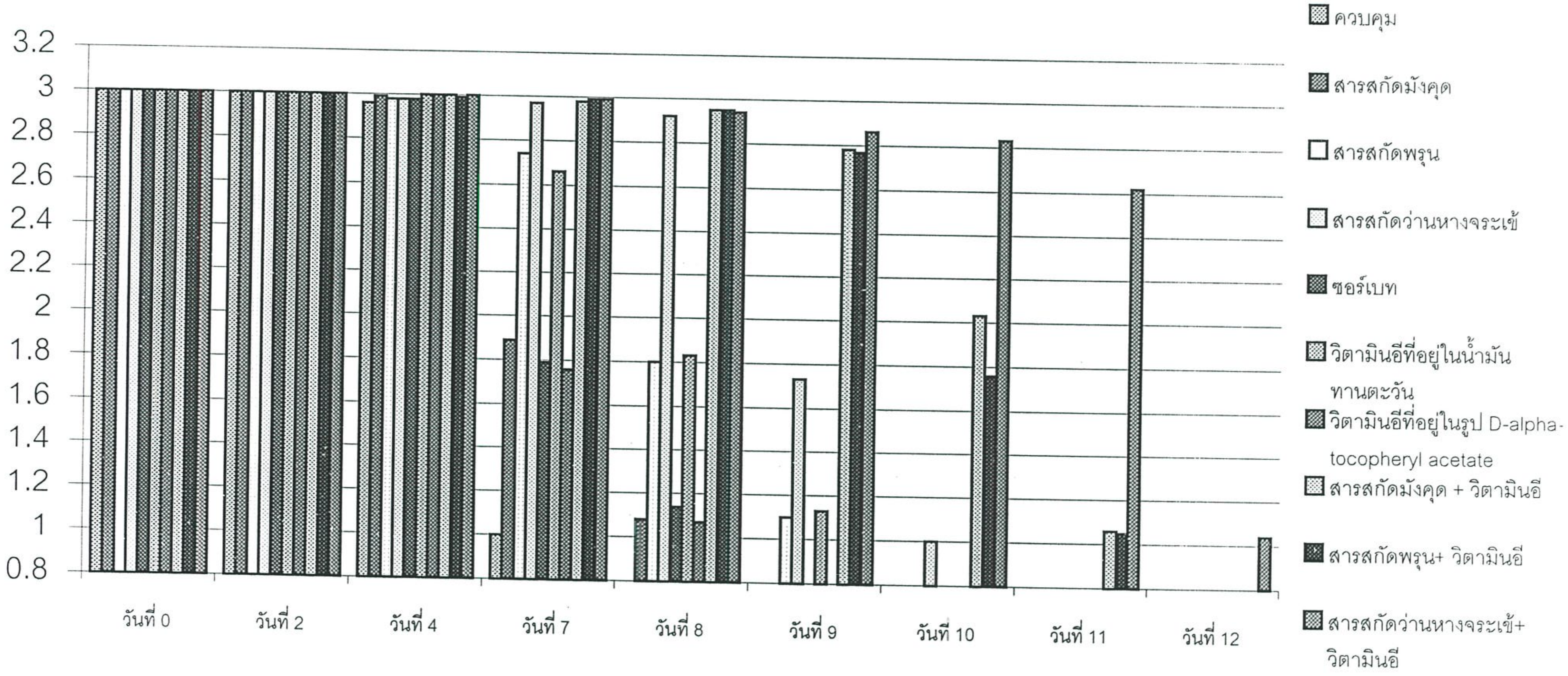
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี มีค่า 1.00 1.89 2.74 2.97 1.79 2.66 1.76 2.98 2.99 และ 2.99 ตามลำดับ ในวันที่ 8 ค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นของกลุ่มควบคุมไม่มีเนื่องจากเสียแล้วดังนั้นจึงใช้สารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีเป็นตัวเปรียบเทียบโดยพบว่าสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) กับสารสกัดว่านหางจระเข้ สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี และสารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี โดยมีค่า 2.94 2.92 2.94 และ 2.94 ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นของสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01) กับสารสกัดมังคุด สารสกัดพรุน ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน และวิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate โดยมีค่า 1.08 1.80 1.14 1.83 และ 1.07 ตามลำดับ ในวันที่ 9 ค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นของสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) กับสารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี และสารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี โดยมีค่าเท่ากับ 2.86 2.78 และ 2.77 และค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นของสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01) กับสารสกัดพรุน สารสกัดว่านหางจระเข้ และวิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน โดยมีค่า 1.10 1.73 และ 1.13 ตามลำดับ (ในวันที่ 9 กลุ่มสารสกัดมังคุด ซอร์เบท และวิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetateไม่มีค่าเนื่องจากเนื้อเสียแล้ว) ในวันที่ 10 ค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นของสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01) กับ สารสกัดว่านหางจระเข้ สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี และ สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี โดยมีค่า 2.83 1.00 2.03 และ 1.76 ตามลำดับ (ในวันที่ 10 สารสกัดพรุน และวิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน ไม่มีค่าเนื่องจากเนื้อเสียแล้ว) ในวันที่ 11 ค่าเฉลี่ยด้านกลิ่นของของสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01) กับสารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี และสารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี 2.62 1.06 และ 1.05 ตามลำดับ (ในวันที่ 11 สารสกัดว่านหางจระเข้ ไม่มีค่าเนื่องจากเนื้อเสียแล้ว)

ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.39 และรูปที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส คะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติของตัวอย่าง เป็นดังนี้

ค่าเฉลี่ยด้านรสชาติของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01) กับสารสกัดมังคุด และสารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี มีค่า 4.90 2.85 และ 3.50 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยด้านรสชาติของกลุ่มควบคุมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P > 0.05) กับ สารสกัดพรุน สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี โดยมีค่าเท่ากับ 4.90 4.70 4.80 4.75 4.55 4.95 4.55 และ 4.75 ตามลำดับ



รูปที่ 4.13 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านสี จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

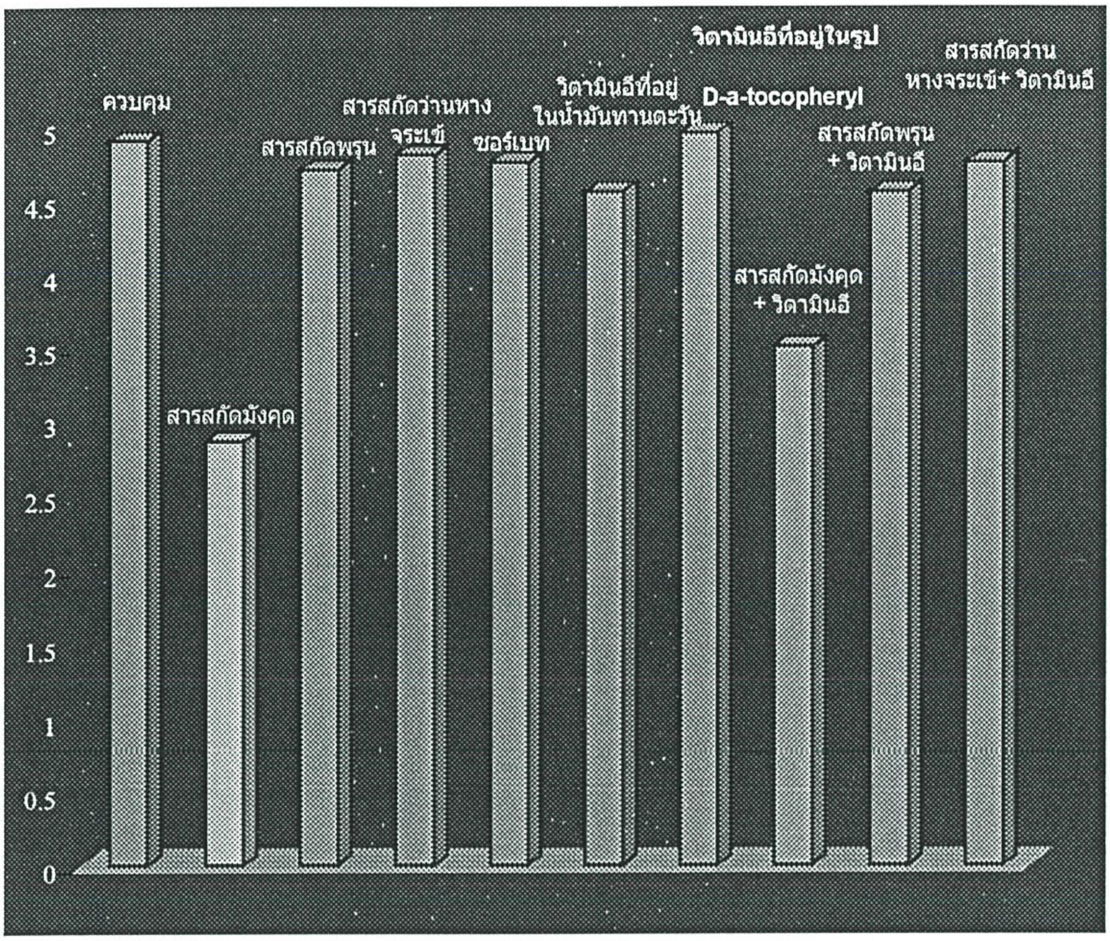


รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่น จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ในวันที่ 0

ชนิด	คะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ $\bar{X} \pm SD$	F Value	ค่าความเชื่อมั่น
ควบคุม	4.90[ก]	27.86	0.01
สารสกัดมังคุด	2.85[ค]		
สารสกัดพรุน	4.70[ก]		
สารสกัดว่านหางจระเข้	4.80[ก]		
ซอร์เบท	4.75[ก]		
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	4.55[ก]		
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	4.95[ก]		
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	3.50[ข]		
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	4.55[ก]		
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	4.75[ก]		

[ก-ค] อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ศึกษาความแตกต่างของบรรจุภัณฑ์ที่มีผลต่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมู

ผลการศึกษาความแตกต่างของบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆได้แก่ ถาดโฟม ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม ถุงพลาสติก ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อและถุงสุญญากาศต่ออายุเก็บรักษาเนื้อหมูสดที่ยังคงความสด และคงลักษณะที่พึงประสงค์ไว้ได้ พบว่าเนื้อที่บรรจุในบรรจุภัณฑ์ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์มมีอายุการเก็บรักษานานที่สุดนานเฉลี่ย 6.05 วัน สอดคล้องกับ [124] และ [125] ที่กล่าวว่าเนื้อหมูที่เก็บในสภาวะที่มีอัตราส่วนของก๊าซต่างๆ แตกต่างไปจากบรรยากาศปกติ ที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส โดยมีอายุการเก็บรักษา 6 - 9 วัน รองลงมาคือเนื้อที่บรรจุในห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 2.95 วัน รองลงมาคือเนื้อที่บรรจุในถุงพลาสติกมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 2.2 วัน และ เนื้อที่บรรจุในถาดโฟมและถุงสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 1.25 และ 1.3 วันทั้งนี้เนื่องจากเนื้อที่บรรจุในถุงสุญญากาศพบว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อภายในห่ออย่างเห็นได้ชัดโดยจะมีสีออกเหลือง ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคซึ่งต่างจากต่างประเทศที่มีความเข้าใจในเรื่องสีของเนื้อที่บรรจุในถุงสุญญากาศ [18]

5.2 ศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูสด

5.2.1 ระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูสด

ผลการศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูสดจากโรงฆ่ามาตรฐานและไม่ได้มาตรฐานทั้งหมด 9 แหล่ง ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อหมูที่ได้จากโรงฆ่ามาตรฐานคือหมู ปลอดสารมีระยะเวลาในการเก็บรักษานานเฉลี่ย 5.8 วันยาวนานที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับผลการทดลองของ [122] ที่ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อสุกรจากโรงฆ่าที่ส่งเนื้อไปขายที่ตลาดสด เปรียบเทียบกับเนื้อสุกรที่ตลาดสด และเนื้อสุกรจากโรงฆ่าสัตว์ที่ส่งเนื้อสุกรไปขายที่ซุปเปอร์มาร์เก็ตเปรียบเทียบกับเนื้อสุกรที่ซุปเปอร์มาร์เก็ต โดยทำการสุ่มตัวอย่างแห่งละ 100 ตัวอย่าง และทำการสุ่มตัวอย่างจาก ซุปเปอร์มาร์เก็ต เปรียบเทียบกับตัวอย่างจากตลาดสด โดยผลการทดลองพบว่าเนื้อที่ได้จากซุปเปอร์มาร์เก็ตมีอายุการเก็บรักษา 5.28 วัน รองลงมาได้แก่ หมูที่ได้จากโรงฆ่ามาตรฐานคือหมูซุปเปอร์มาร์เก็ตมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 4 วันใกล้เคียงหมูที่ได้จากโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานคือ หมูจากเขียงตลาดสี่มุมเมือง มีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 4.15 วัน

ในขณะที่หมูจากโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานคือ หมูจากเขียงตลาดบางกะปิมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 3.25 วัน รองลงมาคือหมูจากโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานในแหล่งที่เหลือ คือ หมูจากเขียงตลาดขนส่งฉะเชิงเทรา หมูจากเขียงตลาดสุวินทวงศ์ หมูเขียงตลาดลาดกระบัง หมูจากเขียงตลาดหัวตะเข้ และหมูจากเขียงตลาดหนองจอก ซึ่งมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 2 1.85 1.8 1.75 และ 1.7 วัน ตามลำดับ

5.2.2 ศึกษาลักษณะทางกายภาพและจำนวนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อหมูเน่าเสีย

ผลการศึกษาจำนวนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อหมูเน่าเสีย จากเนื้อหมูที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองที่ 1 พบว่า ในวันที่ 0 ค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต และหมูปลอดสาร มีค่าเท่ากับ 5×10^5 CFU/g , 7×10^5 CFU/g โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ $(P > 0.05)$ แต่จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $(P \leq 0.05)$ กับหมูตลาดสี่มุมเมืองและหมูตลาดบางกะปิมีค่าเท่ากับ 4×10^6 CFU/g และ 5×10^6 CFU/g ตามลำดับ และพบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ของหมูตลาดสี่มุมเมืองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $(P \leq 0.05)$ กับหมูตลาดบางกะปิ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ [123] ที่เปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทีรย์รวมที่อยู่บนผิวเนื้อของซากสุกรที่ผ่านกระบวนการฆ่าและชำแหละจากโรงฆ่าสัตว์มาตรฐาน ($n = 12$) และโรงฆ่าไม่มาตรฐาน ($n = 16$) พบว่ามีปริมาณเชื้อจุลินทีรย์รวมเท่ากับ 5.32×10^4 CFU/g และ 2.53×10^5 CFU/g ตามลำดับ และซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ [122] ที่ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อสุกรจากโรงฆ่าที่ส่งเนื้อไปขายที่ตลาดสด เปรียบเทียบกับเนื้อสุกรที่ตลาดสด และเนื้อสุกรจากโรงฆ่าสัตว์ที่ส่งเนื้อสุกรไปขายที่ซุปเปอร์มาร์เก็ต เปรียบเทียบกับเนื้อสุกรที่ซุปเปอร์มาร์เก็ต โดยทำการสุ่มตัวอย่างแห่งละ 100 ตัวอย่าง และทำการสุ่มตัวอย่างจากซุปเปอร์มาร์เก็ตเปรียบเทียบกับตัวอย่างจากตลาดสด โดยตรวจพบว่าเนื้อสุกรที่ได้จากซุปเปอร์มาร์เก็ตมีปริมาณการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์รวมน้อยกว่าเนื้อสุกรจากตลาดสดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $(P < 0.01)$ ในวันที่ 2 ค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อหมูตลาดบางกะปิมีค่าสูงสุดเท่ากับ 8×10^7 CFU/g ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $(P \leq 0.05)$ กับหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร และ หมูตลาดสี่มุมเมือง มีค่าเท่ากับ 7×10^6 CFU/g, 5.2×10^6 CFU/g และ 1.26×10^7 CFU/g และ ตามลำดับ ในขณะที่หมูทั้ง 3 แหล่งคือหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร และ หมูตลาดสี่มุมเมืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ $(P > 0.05)$ ในวันที่เสีย ค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ตมีค่าสูงสุดเท่ากับ 7×10^{11} CFU/g โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ $(P > 0.05)$ หมูปลอดสารที่มีค่าเท่ากับ 2×10^{11} CFU/g แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ $(P \leq 0.05)$ กับหมูตลาดสี่มุมเมืองและหมูตลาดบางกะปิ มีค่าเท่ากับ 5×10^{11} CFU/g และ 6×10^9 CFU/g ตามลำดับ โดยหมูตลาดสี่มุมเมืองและหมูตลาดบางกะปิไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ $(P > 0.05)$ ผลการศึกษาชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อหมูเน่าเสีย จากเนื้อหมูที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองที่ 1 พบว่ามีรายละเอียดดังนี้ หมูซุป

ตลาดบางกะปิไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P > 0.05) ผลการศึกษาชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อหมูเน่าเสีย จากเนื้อหมูที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองที่ 1 พบว่ามีรายละเอียดดังนี้ หมูซุปเปอร์มาร์เก็ตพบจุลินทรีย์ *Staphylococcus aureus* และ *E.coli* ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ [122] ที่ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อสุกรจากโรงฆ่าที่ส่งเนื้อไปขายที่ตลาดสด เปรียบเทียบกับเนื้อสุกรที่ตลาดสด และเนื้อสุกรจากโรงฆ่าสัตว์ที่ส่งเนื้อสุกรไปขายที่ซุปเปอร์มาร์เก็ต เปรียบเทียบกับเนื้อสุกรที่ซุปเปอร์มาร์เก็ต ที่สามารถตรวจพบเชื้อนี้จากเนื้อสุกรไปขายที่ซุปเปอร์มาร์เก็ต ทั้งนี้ส่วนใหญ่จุลินทรีย์ที่พบเป็นจุลินทรีย์ที่พบได้จากคน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในระหว่างช่วงการตัดแต่ง ส่วนจุลินทรีย์ที่พบในหมูจากโรงฆ่าไม่ได้มาตรฐานพบว่าส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่พบได้ในดิน แสดงให้เห็นว่าอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในระหว่างช่วงการฆ่าและการขนส่ง

5.3 ศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดสมุนไพรเพื่อใช้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อเน่าเสีย

ผลการศึกษาฤทธิ์ต้านจุลชีพของสารสกัดสมุนไพรเพื่อใช้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อเน่าเสีย พบว่า สารสกัดข่าสามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus curvatus* ที่ความเข้มข้น5 g/ml. และพบว่าสารสกัดข่าไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichis coli* ได้ ซึ่งขัดแย้งกับ [129] ที่พบว่าสารสกัดข่ามีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ เช่น *Salmonella typhi, Pseudomonas aeruginosa*

สารสกัดบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอล สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichis coli* ที่ความเข้มข้น 2.5 g/ml. ตามลำดับ และ พบว่าสารสกัดบัวบกที่สกัดด้วยเอทานอล ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *Lactobacillus curvatus* ในขณะที่ค่า MIC ของสารสกัดบัวบกที่สกัดด้วยน้ำ ไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* , *Escherichis coli* และ *Lactobacillus curvatus*

สารสกัดมังคุดที่สกัดด้วยเอทานอล สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* , *Escherichis coli* และ *Lactobacillus curvatus* ที่ความเข้มข้น 1.25, 1.25 และ 0.31 g/ml. ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดมังคุดที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* , *Escherichis coli* และ *Lactobacillus curvatus* ที่ความเข้มข้น 5, 5 และ 0.15 g/ml. ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดมังคุดสกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 12 ^{0}C สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* , *Escherichis coli* และ *Lactobacillus curvatus* ที่ความเข้มข้น 0.04, 1.25 และ 10 g/ml. ตามลำดับ

สารสกัดว่านหางจระเข้สกัดด้วยน้ำ สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* เช่นเดียวกับการศึกษาของ [128] , *Escherichis coli* และ *Lactobacillus curvatus* ที่ความเข้มข้น 0.31, 0.31 และ 0.04 g/ml. ตามลำดับ ซึ่งต่างจากผลการทดลองของ [126] ที่พบว่าสารสกัดว่านหางจระเข้สกัดเอทานอล 98 % สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* ที่ความเข้มข้น 0.0313 g/ml.

สารสกัดพรุนที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิห้อง สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus curvatus* ที่ความเข้มข้น 1.25 g/ml. และพบว่าสารสกัดพรุนที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิห้องไม่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichis coli* ได้ ในขณะที่สารสกัดพรุนที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 37 ^{0}C สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* , *Escherichis coli* และ *Lactobacillus curvatus* ที่ความเข้มข้น 10, 0.31 และ 0.04 g/ml. ตามลำดับ ขณะที่ค่า MIC ของสารสกัดพรุนที่สกัดด้วยน้ำอุณหภูมิ 12 ^{0}C สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* , *Escherichis coli* และ *Lactobacillus curvatus* ที่ความเข้มข้น 10, 10 และ 0.04 g/ml. ตามลำดับ

5.4 ศึกษาการใช้สารต้านอนุมูลอิสระร่วมกับสารสกัดสมุนไพรที่เหมาะสมโดยใช้ในระดับต่ำเพื่อความปลอดภัยต่อสุขภาพโดยเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมู

ผลการศึกษาการใช้สารต่อต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน และวิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ที่ใช้ควบคู่กับสารสกัดสมุนไพรที่คัดเลือกมา 3 ชนิดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส พบว่าเนื้อหมูที่ผ่านการใช้สกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี มีระยะเวลาในการเก็บรักษานานเฉลี่ย 10.8 วันยาวนานที่สุดโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากหมูทุกแหล่ง รองลงมาคือเนื้อหมูที่ผ่านการใช้สารสกัดมังคุดควบคู่วิตามินอี และเนื้อหมูที่ผ่านการใช้ สารสกัดพรุนควบคู่วิตามินอีมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 9.8 และ 9.9 วันโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากหมูทุกแหล่ง รองลงมาคือเนื้อหมูที่ผ่านการใช้สารสกัดว่านหางจระเข้มีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 8.85 วันโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากหมูทุกกลุ่ม รองลงมาคือเนื้อหมูที่ผ่านการใช้สารสกัดพรุนและเนื้อหมูที่ผ่านการใช้วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวันมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 8 และ 7.95 วัน โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากหมูทุกกลุ่ม ขณะที่เนื้อหมูที่ผ่านการใช้ซอร์เบทและเนื้อหมูที่ผ่านการใช้วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate มีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 7.15 และ 6.90 วันโดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) จากหมูทุกกลุ่ม เนื้อหมูที่ผ่านการใช้วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate และเนื้อหมูที่ผ่านการใช้สารสกัดมังคุดมีระยะเวลา

ในการเก็บรักษาเฉลี่ย 6.90 และ 6.80 วัน และเนื้อหมูในกลุ่มควบคุมมีอายุการเก็บรักษาสั้นที่สุดมีระยะเวลาในการเก็บรักษาเฉลี่ย 6.05 วัน ทั้งนี้เนื่องมาจากสารสกัดสมุนไพรที่นำมาใช้สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของเนื้อเน่าเสีย ทำให้เนื้อหมูที่ผ่านการใช้สารสกัดสมุนไพรมีอายุการเก็บนานกว่าเนื้อที่ไม่ผ่านการใช้สาร

ส่วนในด้านคุณภาพอื่นๆ ในการทดลองนี้ได้ทำการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช พบว่า ส่วนมากหมูที่ผ่านที่ใช้สารสกัดสมุนไพรมี ค่าพีเอชและ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss) ไม่แตกต่างกันกันนัก แต่มีแนวโน้มว่าหมูที่ผ่านที่ใช้สารสกัดสมุนไพรมี ค่า pH สูงกว่า และมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss) น้อยกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องมาจากสารสกัดที่อยู่ในรูปของเอทานอล 50% สามารถเพิ่มความเป็นกรด-ด่างของเนื้อให้สูงห่างจาก isoelectric range ที่มีอยู่ในช่วงพีเอช 5.2-5.3 ทำให้เพิ่มประจุไฟฟ้าบนโมเลกุลของโปรตีนสามารถดึงดูดกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น ทำให้เนื้อหมูมีความสามารถอุ้มน้ำดีขึ้น จึงสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกน้อย โดยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุกจะสัมพันธ์กับค่าพีเอช

นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของค่าความหืน ก็น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากการใช้วิตามินอีจะทำให้ค่าความหืนของเนื้อลดต่ำลงกว่ากลุ่มควบคุม โดยวิตามินอีจะไปทำปฏิกิริยากับแรดดิคอลอิสระทำให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นแบบลูกโซ่หยุดชะงัก แล้ววิตามินอีจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบที่คงตัว [127] จากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นตามที่กล่าวข้างต้น จึงทำให้วัตถุกันหืนสามารถช่วยป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นได้ เหตุที่ต้องให้ความสำคัญต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เกิดขึ้นเนื่องจาก สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่พบในอาหารแม้ว่าจะมีปริมาณต่ำ แต่ก็ส่งผลให้เนื้อเกิดการเสื่อมเสีย นอกจากนี้ยังทำให้มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์แล้วยังทำให้ สี รสชาติ และเนื้อสัมผัสเปลี่ยนแปลงไป มีอายุการเก็บที่สั้นลงรวมทั้งทำให้คุณค่าทางโภชนาการลดลง [17] จำนวนจุลินทรีย์ ก็น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื่องจากสารสกัดสมุนไพรที่นำมาใช้สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของเนื้อเน่าเสียได้

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

ในการศึกษาครั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบเนื้อหมูจากแหล่งต่างๆ พบว่า เนื้อหมูปลอดสารมีอายุการเก็บรักษานานที่สุด และลักษณะบรรจุภัณฑ์ที่ทำให้เนื้อเก็บรักรักษาได้นานที่สุดคือการใช้แบบใส่ถาดโฟมปิดทับด้วยฟิล์ม และเมื่อนำเนื้อหมูปลอดสารที่ใส่ถาดโฟมปิดทับด้วยฟิล์ม แล้วนำมาใช้สารต่อต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน และ วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ที่ใช้ควบคู่กับสารสกัดสมุนไพรที่คัดเลือกมา 3 ชนิดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหาง ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อหมูที่ผ่านการใช้สกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี มีระยะเวลาในการเก็บรักษานานเฉลี่ย 10.8 วันยาวนานที่สุด ทั้งยังเป็นที่ยอมรับของผู้ชิมทั้งในด้านสี กลิ่น และรสชาติ ส่วนในด้านคุณภาพอื่นๆ ในการทดลองนี้ได้ทำการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอช ค่าความหืน และ ค่าเฉลี่ยจำนวนแบคทีเรีย พบว่า ส่วนมากหมูที่ผ่านที่ใช้สารสกัดสมุนไพรมี ค่าพีเอชและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss) ไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของค่าความหืน จำนวนจุลินทรีย์ และ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก ก็น้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างเห็นได้ชัด

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่า เนื้อหมูที่ผ่านการชุบสารสกัดว่านหางจระเข้ควบคู่วิตามินอี ทำให้ยืดระยะในการเก็บรักษาได้ 10.8 วันโดยเฉลี่ย ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำสมุนไพรดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อสัตว์ได้ เมื่อเป็นเช่นนี้จึงเห็นสมควรเสนอแนะว่า

1) ควรจะมีการสกัดสารสำคัญในสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพในการหยุดยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เนื้อเกิดการเน่าเสีย โดยทำให้อยู่ในรูปสารบริสุทธิ์หรือกึ่งบริสุทธิ์
2) เมื่อได้ผลจากข้อ 1 ก็ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงปริมาณที่จะนำไปใช้ วิธีการใช้ที่สะดวกต่อการนำไปใช้ รวมถึงกลไกทางวิทยาศาสตร์ของสารที่มีอยู่ในสมุนไพรในการหยุดยั้งจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเนื้อหมู เพื่อจะได้ทราบแนวทางในการนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) นำมาทดลองประยุกต์ใช้กับในระดับโรงงาน เพื่อจะได้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Gould, G.W et al, Effects of sorbic acid on meat. **J. Food Protect**. 1983; 46 : 742

[2] ชัยณรงค์ คันธพนิต. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพฯ : บริษัท โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. 2529

[3] Salisbusy, G.W., and E.W. Crampton . **The science of meat and meat products**. London : Freeman. 1960

[4] จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ชั้นสูง. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารฯ ลาดกระบัง. 2539.

[5] Robert, C.H. **Meat, poultry and seafood technology**. New Jersey, U.S.A. : Prentice-Hall. 1978.

[6] Chrystall, B.B. and Devine, C.E. **Meat Science.** vol. 2. New York. 1978.

[7] Huxley, H.E. **Molecular basis of contraction in cross-striated muscle, In Structure and Function or Muscle**. Vol. 1. New York & London : Academic Press. 1972.

[8] Newton, K.E. and Gill, C.O. **Journal Appl. Bact.** 1978; 44 : 91-95.

[9] Lowrie, R. **Developments in meat science-3.** UK. : Elsevier Applied Science Publ. 1985.

[10] Jeremiah, L.E., Gibson, L.L. and Argnosa, G.C. “The influence of controlled atmosphere and vacuum packing upon chilled pork keeping quality.” **Meat Sci.** 1995; 40 : 79-82.

[11] งามทิพย์ ภู่วโรดม. ก๊าซกับการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหาร. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการบรรจุ.คณะ อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.2537

[12] เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. ครั้งที่2. กรุงเทพฯ : ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2536

[13] Ivey, F.J. and Robach., M.C. “Effect of sorbic acid and sodium nitrite on *Clostridium botulinum* outgrowth and toxin production in canned comminuted pork.” **J. Food Sci**. 1978; 43 :1782.

[14] Nelson, K.A. Busta, .F.F., and Wagner, M.K. “Effect of polyphosphates in combination with nitrite-sorbate or sorbate on *Clostridium botulinum* growth and toxin production in chickren frankfurter emulsion.” **J. Food Protect**. 1983; 46 : 846.

[15] Gill, C.O. and Penney, N. J. **Appl. Environ. Microbial**. 1979; 37 : 667-669.

[16] Gill, C.O. . **J. Appl. Bact**. 1976; 41: 401-410.

[17] Pearson AM, Tauber FW, editors. **Deterioration of procesed meat. In: Precessed meats. 2nd ed.** USA: The AVI publishing. P.408-413. 1984.

[18] Addis PB. “ Occurrence of lipid oxidation products in foods ” . **Food Chem. Toxicol.** 1968; 24 (10) : 1021-1030.

[19] Shamberger RJ, Shamberger BA, Willis CE. “ Malonaldehyde content of food ” . **J. Nutr.** 1977; 107: 1044-1049.

[20] Peter JM, Boyd EM. Toxic effects from a rancid diet containing large amounts of raw egg-white powder. **Food Cosmet. Toxicol.** 1960; 7: 197-207.

[21] Roman J. K. **Handbook of vitamins and hormones.** New York : Van Nostrand Reinhold Company. 1996.

[22] เอมอร วิสันตวิสุทธิ. อนุมูลอิสระ. การประชุมวิชาการโภชนาการ. 21-24 ธันวาคม 2536; สถาบันวิจัยโภชนาการและคณะแพทย์ศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล. หน้า 137-44. 2538.

[23] Jaime, N.D. and William, A.R.**Wilson and Gisvoid Textbook of organic medicinal and pharmaceutical chemistry**. New York : J.B. Lippincott company. 1991.

[24] Whang, K., Aberle, E.D., Judge, M.D. and Peng, I.C. “ Antioxidative activity of α-tocopherol in cooked and uncooked ground pork.” **Meat Sci.** 1986; 17 : 235-249.

[25] Takahide, O., Toshinori, I. and Minoru, Y. “ Effect of ascorbic acid and α-tocopherol on storage stability of beef steaks.” **Meat Sci.** 1987; 21 : 267-273.

[26] Mukerji B. The Indian pharmaceutical codex, Vol 1, Newdelhi, India 1953.

[27] Gruber CM, William TKB, Richardson LK. Response of intact small intestine in non-anesthetized dogs to cathartic agents, to morphine and atropine. Proc Soc Exp Biol & Med . 1931; 28(5): 470-2.

[28] Green MW. The irritant effect of aloin. Preliminary note. J Am Pharm Assoc 1941; 30: 186-7.

[29] Beccari E. The pharmacology of the anthraquinone drugs, studied on the intestine *in situ*. IV. The action of alo in the lumen of the intestine on the resporption and secretion of the large intestine. Arch Farmacol Sper. 1942; 74: 33-5.

[30] Ishii Y, Tanizawa H, Takino Y. Studies of aloe. I. Cathartic effects. Yakugaku Zasshi.1011.989; 3: 254-8. 191.

[31] Ishi Y, Tanizawa H, Takino Y. Studies of aloe. III. Mechanism of cathartic effect. Chem Pharm Bull. 1990; 38(1): 197-200.

[32] Zawahry Me, Hegazy MR, Helal M. Use of aloe in treating leg ulcers and dermatosis. Int J Dermatol. 1973; 12(1): 68-73.

[33] Bhanganada K, Kiettiphongthavorn V, Kaewchantr M, et al. The use of jel aloe as a wound dressing: a comparison between jel aloe and povidone iodine on the effect of wound healing. Mahidol Unv Annual Res Abstr. 1989; 16: 249.

[34] Lion Corp. Pharmaceuticals of wound healing. Jpn. Patent, Kokai Tokkyo Koho JP 58 15, 918(83 15, 918) (ClA61K35/ 78). 1983.

[35] Bilton G. Enzyme wound-healing ointment. PCT Patent Int. Appl. WO8482, 846(C1.A61K37/54). 1984.

[36] Winter WD, Benavides R, Clouse WJ. Effects of aloe extracts on human normal and tumor cells in vitro. Econ Bot. 1981; 35, 1: 98-95.

[37] Danhof IE, Mcanalley BH. Stabilized *Aloe vera*: effect on human skin cells. Drug Cosment Ind. 1983; 133(2): 52-4.

[38] Ajinnomoto Co., Inc. Aloctin A as an antiulcer agent. Jpn Patent, Kokai Tokkyo Koho JP 81, 110, 626 (C1.A61K37/02), 1981.

[39] Ajinnomoto Co., Inc. Aloctin B as an antiulcer agent. Jpn Patent, Kokai Tokkyo Koho JP 81, 110, 627 (C1.A61K37/02), 1981.

[40] Busciglio JA. Antiinflammatory topical compositions containing lidocaine and diphenhydramine. U.S. Patent 4,748,022(C1. 424-195.1; A61K35/78), 1988.

[41] Suzuki I. Alocutin B. Jpn. Patent, Kokai Tokkyo Koho 79 73,111 (C1.A61K35-78), 1979.

[42] Busing KH. Hyaluronidase inhibition of some naturally occurring substances used in therapy. Arzneimsllel-Forsch. 1995; 5: 320-2.

[43] Ajinomoto Co., Inc. Aloctin A. Jpn. Patent, Kokai Tokkyo Koho JP 81 87, 593(C1. C07/G7/00), 1981.

[44] Susuki I. Antiinflammatory agent. Eur Patent Appl 25,837C1.A61K35/78), 1981.

[45] Saito H, Ishiguro T, Imanishi K, Suzuki I. Pharmacological studies on a plant lectin Alocacin A II. Inhibitory effect of alocacin A on experimental models of inflammation in rats. Jpn J Pharmaco. 1982; 32(1): 139-42.

[46] Ohuchi K, Watanaba M, Takahashi E, et al. Lectins modulate prostaglandin E2 production by rat peritoneal macrophages. Agent Action. 15(3-4): 419-23.1984.

[47] Fujita K,Teradaira R, Nagatsu T. Bradykininase activity of aloe extract. Biochem Pharmacol. 1976; 25(2): 205.

[48] Fujita K, Ito S, Teradaira R, Beppu H. Properties of a carboxypeptidase from aloe. Biochem Pharmacol. 1979; 28(7): 126-2.

[49] Yamamoto I. New substance, aloe ulcin, its chemical properties and inhibition of histamine synthesizing enzyme Toho Igakkai Zasshi. 1970; 17, 3/4: 361-4.

[50] Hirata T, Suga T. Biologically active constituents of leaves and roots of *Aloe arborescens* var natalenses. Z. Naturforsch Sect C Biosci. 1977; 32 (9/10): 731-4.

[51] Bareshnev YI. Influence of drug therapy on brain compensation. Experimental study. Zh Neuropatol Psikhiot Im SS Korsakova. 1970; 70(12): 1815-9.

[52] Rowe TD. Effect of fresh *Aloe vera* gel in the treatment of third degree roentgen reactiopn on white rats. J Am Pharm Assoc, Sci Ed. 1940; 29: 348-50.

[53] Rowe TD, Lovell BK, Parks LM. Further observations on the use of *Aloe vera* leaf in the treatment of third degree X-ray reactions. Ibid. 1941; 30: 266-9.

[54] Lushbaugh CC, Hale DB. Experimental acute radiodermatitis following beta irradiation. Cancer. 1953; 6: 696-8.

[55] Rovatti B, Brennan RJ. Experimental thermal burns. Ind Med Surg. 1959; 28: 364-8.

[56] Farkas A. Topical medicament containing Aloe polyuronides for treatment of burns and wounds. U.S. Patent 3,103,466(C1. 167-58), 1963.

[57] Bunyapraphatsara N, Jirakulchiwong S, Thirawarapan S, Manonukul J. The efficacy of *Aloe vera* cream in the treatment of first, second and third degree burns in mice. Phytomedicine. 1966; 2(3): 247-251.

[58] Farkas A. Methylation of polysaccharides from aloe plants for use in treatment of wounds and burns. U.S. Patent 3,360,510(C1. 260-209), 1967.

[59] Gupta RA, Singh BN, Singh RN. Preliminary study on certain vedanasthapana (Algesic) drugs. J Sci Res Plants Med. 1981; 2(4): 110-20.

[60] Coutts BC. Stabilized *Aloe vera* gel. Jpn Patent, Kokai Tokkyo Koko 79,119,018 (Cl. A61 K35/78), 1979.

[61] Wright CS. *Aloe vera* in the treatment of roentgen ulcers and telangicetasis. JAMA. 1936; 106: 1363-4.

[62] Rattner H. Roentgen ray dermatitis with ulcers. Arch Dermatol Syphilol. 1936; 33: 593-4.

[63] Loveman AB. Leaf of *Aloe vera* in treatment of roentgen ray ulcers. Ibid. 1937; 36: 838-43.

[64] Mandeville FB. *Aloe vera* in the treatmint of radiation ulcers of mucous membranes. Radiology. 1939; 32: 598-9.

[65] Crewe JE. The external use of aloes. Minnesota Med. 1937; 20: 670-3.

[66] Noskov AD. Treatment of parodontosis by injections of aloe extract and their effect on phosphorus-calcium metabolism. Stomatologiya 1966; 45(4). 13-5.

[67] Timina VA, Faustova GM. Changes of blood serum properdin in patients with parodontosis during methyluracil (methycyl) treatment. Stomatologiya. 1971; 50(2): 77-79.

[68] Crewe JE. Aloes in the treatment of burns and scalds. Minnesota Med. 1939; 22: 538-9.

[69] Wattanasrisin J. Effect of *Aole vera* gel on serum transaminases, BUN and crestinine levels in wealing rats. M.Sc. thesis, Faculty of Science, Mahidol Univ, Thailand, 1988.

[70] Jirakulchaiwong S, Wongkrajang Y, Bunyapraphatsara N, Atisook K. Toxicological evaluation of fresh and preserved aloe gel. Proceeding of Farnsworth Symposium, U. Illinois, Chicago, 91-7. 1990.

[71] Hashimoto T. Experimental investigation of the effect of aloetica on the femle genitals of the normal rabbit. Japanese J Obstetr Gynecol. 1930; 13(1): 54-8.

[72] Morrow DM, Rapaport MJ, Strick RA. Hypersensitivity to aloe. Arch Dermatol. 1980; 116(9): 1064-5.

[73] Brown JP, Dietrich PS. Mutagenicity of anthraquinone and benzanthrone derivatives in the *Salmonella/* microsome test: Activation of anthraquinone glycosides by enzymic extracts of rat cecal bacteria. Mutat Res. 1979; 66(1): 9-24.

[74] Yamamoto H, Mitzutani T, Nomura H. Studies on the mutagenicity of crude drug extracts. Yagugaku Zasshi. 1982; 102, 6: 596-601.

[75] Haginiwa J, Harada M, Morishita I. Properties of essential oil components of aromatics and their pharmacological effect on mouse intestine. Pharmacological studies on crud drugs. VII. Yakugaku Zasshi. 1963; 83: 624.

[76] Evans BK, James KC, Luscombe DK. Quantitative structure-activity relationships and carminative activity. J Pharm Sci. 1978; 6: 227.

[77] Cabo J, Crespo ME, Jimenez J, Zarzvelo A. The activity of the major components of their essential oils. The spasmolytic activity of various aromatic plants from the province of granada. I. Plant Med Phytother. 1986; 203: 213-218.

[78] Bennett A, Stamford IF, Tavares IA, Jacobs S, et al. Studies on prostagglandins, the intestine and other tissues. The Biological activity of eugenol, a major constituent of nutmeg (*Myristica Fragrans*). Phytother Res 23. 1988; 23: 124-130.

[79] Yamahara J, Kobayashi M, Saiki Y, Sawada T, Fujimura H. Biologically active principles of crud drugs: Pharmacological evaluation of cholagogue substances in clove and its properties. J Pharmacobio-Dyn. 1983; 6(5): 281-6.

[80] Ross MSF, Brain KR. An introduction to phytopharmacy. London: Pitman Publishing Ltd., 158-176. 1977.

[81] Yu J, Fang H, Chen Y, Yao Z. Identification of the chemical components of two *Alpinia* species. Zhongyao Tongbao. 1988; 13(6): 354-6.

[82] Dewhirst FE. Eugenol, a prototype phenolic prostaglandin synthetase inhibitor, it's anti-inframmatory activity, it's effects on sheep vestebular. Univ Rochester. 191. 1979.

[83] Iamthammachard S. Study on the effects some medicinal plants in the family Zingiberaceae on the growth of some bacteria. M. Sc. Thesis. Chiangmai University, Thailand 1982.

[84] Okazaki K, Oshima S. Antibacterial activity of higher plants. XX. Antimicrobial effect of essential oils. (1). Clove oil and eugenol. J Pharm Soc Japan. 1952; 72: 558-60.

[85] Archararit C, Panyayong W, Ruchatakomut E. Antifungal activity of some Thai medicinals plants. Special project for the degree of B. Sc. (Pharm.), Faculty of Pharmacy, Mahidol Univ. 1984.

[86] Limsrimanee S, Siriratana S. Antifungal activity of some Thai medicinals plants. Special project for the degree of B. Sc. (Pharm.), Faculty of Pharmacy, Mahidol Univ. 1984.

[87] Chinsiriwong Y, Hirankarn S. Chemical study and fungi inhibitory action of *Languas galanga* Swartz, Family Zingiberaceae. Special project for the degree of B. Sc. (Pharm.), Faculty of Pharmacy, Mahidol Univ. 1984.

[88] Jassen AM and Scheffer JJC. Acetoxyhydroxychavicol acetate, an antifungal component of *Alpinia galanga*. Planta Med. 1985; 6: 507-11.

[89] Shaiphanich C, Wuthiudomlert M, Sawasdimongkol O, Saowakhont R. *Languas galanga* cream for treatment of ringworm. Report of medicinal plants for the primary health care project, 1984.

[90] Mokkhasmit M, Sawasdimongkol K, Satravaha P. Toxicity study of Thai medicinal plants. Bull Dept Med Sci, Thailand. 1971; 12, 2-4: 36-66.

[91] Rompelberg CJM, Stenhvis WH, De Vogel N, et al. Antimutagenicity of eugenol in the rodent bone narrow micronucleus test. Mutat Res. 1995; 3462: 69-75.

[92] Praserdsook S, Sukchotiratana M. Effect of some medicinal plant extracts on the growth of dysenteric bacteria. Symposium on Sciences and Technology of Thailand,12th, Bangkok, Thailand, Oct. 20-22,1986.

[93] Chaiyasothi T, Reksopha W. Effect of some medicinal plants. Special project for the degree of B. Sc. (Pharm), Faculty of Pharmacy, Mahidol University, Thailand 1975.

[94] Garnett M, Sturton SD. *G. mangostana* in the treatment of amoebic dysentery. Chiness Med J. 1932; 46, 10: 969-73.

[95] Sindermsuk J, Deekijsermphong S. The antibacterial activities of crude extract from the fruit hull of *Garcinia mangostana* on enteric pathogens and intestinal commensal. Bull Dept Med Serv. 1989; 14, 6: 421-6.

[96] Sindermsuk J, Deekijsermphong S, Jaruprechachan V. Comparison of the effeciency in diarrhoeal treatment between the leaf of guava (*Psidium guajava* L.), and the fruit hull of mangosteen (*Garcinia mangostana* L.). Mahidol Univ J Pharm Sci. 1989; 16, 2: 32-5

[97] Gritsanapan W, Chulasiri M. A preliminary study of antidiarrheal plants: I. Antibacterial activity. Ibid. 1983; 10, 4: 119-22.

[98] Heim F, Maheu J, Matrod L. The value of the pericarps of *Garcinia mangostana* L. in the tanning industry. Bull Arg Intelligence. 1919; 10: 1256-7.

[99] Martindale: The extra pharmacopocia. Reynolds JEF; ed. London: The Pharmaceutical Press. P.779. 1989.

[100] Mahabussarakum W, Jansakul C, Chaiyot W, et al. Chemical constituents of *Garcinia mangostana* and their antibacteral activities. Symposium on Sciences and Technology of Thailand, 8th. Bangkok, Thailand 1982.

[101] Mahabusarakum W, Wiriyachitra P, Phongpaichit S. Antibacterial activity of chemical constituents from *Garcinia mangostana* and their derivatives. Symposium on Sciences and Technology of Thailand, 10th, Chiangmai, Thailand, Oct. 25-27, 1984.

[102] Mahabusarakam W, Wiriyachitra P, Phongpaichit S. Antimicrobial activities of chemical constituents from *Garcinia mangostana* Linn. J Sci Soc Thailand. 1986; 12(4): 239-43.

[103] Mahabusrakum W, Phongpaichit S, Jansakul C, Wiriyachitra P. Screening of antibacterial activity of chemicals from *Garcinia mangostana*. Warasan Songkhla Nakkharin. 1983; 5(4): 337-9.

[104] Shankaranarayan D, Gopalakrishnan C, Kameswaran L. Pharmacological profile of mangostin and its derivative. Int Pharmacodyn Ther 1979; 239(2): 257-69.

[105] Nazeemunissa B, Nazimuddin SK, Gopalakrishnan C. Shankaranarayan F, Kameswaran L. Antiulcer and antimicrobial activities of gartaninxanthone from *Garcinia mangostana*. Bull Islamic Med 1982; 2: 518-21.

[106] Sornprasit A, et al. Preliminary toxicological study of mangostin. Songklanakarin Tech 1987; 9(1): 51-57.

[107] Vogel HG, De Souza N.J., D' Sa A. Effect of terpenoids isolated from *Centella asiatica* on granuloma tissue. Hoechst A.-G., Frankfurt/Main, Fed Rep Ger. Acta Ther 1990; 16(4): 285-98.

[108] Mokkhasmit M, Ngarmwathana W, Sawasdimongkol K, Permphiphat U. Pharmacological evaluation of Thai medicinal plants. (continued). J Med Assoc Thailand 1971; 54(7): 490-504.

[109] Ramaswamy AS, Periasamy SM, Basu NK. Pharmacological studies on *Centella asiatica*. J Res Indian Med 1970; 4: 160.

[110] Rastogi RP, Dhar ML. Chamical examination of *Centella asiatica*. II. Brahmoside and brahminoside. Indian J Chem 1963; 1: 267-9.

[111] Adesina SK. Studies on some plants used as anticonvulsants in American and African traditional medicine. Fitoterapia 1982; 53: 147-62.

[112] Dabral PK, Sharma RK. Evaluation to the role of Rumalaya and Geriforte in chronic arthritis, a preliminary study. Probe 1983; 22(2): 120-7.

[113] Tsurumi K, Haramatsu Y, Hayashi M, Fujimura H. Effect of medecassol on wound healing. Oyo Yakuri 1973; 7(6): 833-43.

[114] Poizot A, Dumez D. Modification of the healing kinetics after iterative expresis in the rat. Action of titrated extract of *Centella asiatica* (TECA) on duration of healing. CR Hebd Seances Acad Sci D 1978; 286(10): 789-92.

[115] Ray PG, Maijumdar SK. Antimicrobial activity of some Indian plants. Econ Bot 1976; 30: 317-20.

[116] Yang HC, Chang HH, Weng TC. Influence of several Chinese drugs on the growth of some pathologic organisims: preliminary report. J Formosan Med Assoc 1953; 52: 109-12.

[117] Leungsakul S. Antipyogenic bacterial activities of extracts from species of medicinal plants. Symposium on Science and Technology of Thailand, 13 th, Songkhla, Thailand, Oct 20-22, 1987.

[118] Songsriphiphat K, Saengngam C, Saiwichian C, et al. Effect of some medicinal plants on human blood-clotting in vitro. Special project for the degree of B. Sc. (Pharm.), Faculty of Pharmacy, Mahidol Univ., 1968.

[119] Ravivongse R, Triratana T, Thebtaranonth Y, Chiewsilp P. The testing of herb's extraction in intrinsic pathway of hemostatic mechanism. Report submitted to Mahidol University, Thailand, 1988.

[120] Dutta T, Busa UP. Crude extracts of *Centella asiatica* and products derived from its glycosides as oral antifertility agents. India J Exp Biol 1968; 6: 182.

[121] Matsu ADS, Hoskin S, Kashiwagi M, et al. A survey of natural products from Hawaii and other areas of the Pacific for an antifertility effect in mice. Int S Klin Pharmakol Ther Toxikol 1971; 5

[122] Sasitorn, K. et al. 1993. Microbial ecology of pork in Bangkok. 254-262. in Proceeding 11th International Symposium. WAVFH. Bangkok : Triranasar press.

[123] จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2540ก. การลดปริมาณการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์บนผิวซากสุกรที่ผ่านกระบวนการฆ่ามาตรฐานและมามาตรฐานโดยใช้สารละลายกรดแลกติกและคลอรีน. หน้า 94-95. ในการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35 สาขาสัตว์. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[124] Louis, P.J. and J.P. De Leiris. 1991. Active packaging. (in French). International Packaging Club, Paris. 210 p.

[125] Stiles, M.E. 1991. Modified Atmosphere Packaging of Meat, Poultry and Their Products, pp. 118-147. *In* B. Ooraikul and M.E. Stiles (eds.) Modified Atmosphere Packaging of Foods. Ellis Horwoods Limited, England.

[126] พาชื่น เกิดสิริวุฒิธรรม และคณะ. 2544. การศึกษาฤทธิ์เบื้องต้นของสารสกัดจากสมุนไพรบางชนิด (2). หน้า 37. ปัญหาพิเศษคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.

[127] สมทรง เลขะกุล. 2543. ชีวเคมีของวิตามิน. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. ศุภวนิชการพิมพ์. หน้า 96.

[128] Kathi J. Kemper, MD, MPH. 1999. Aloe Vera. http.//www.mcp.edu/herbal/default.htm

[129] S. Siripongvutikorn, Y.-W. Huang, and P. Thummaratwasik.2001. Galangal. . http.//www.mcp.edu/herbal/default.htm

[130] **El Halouat A. and Debevere J. 1997.** Effect of water activity, modified atmosphere packaging and storage on spore germination of moulds isolated from prunes. *International Journal of Food Microbiology* 35 : 41-48.

ภาคผนวก ก.

วิธีการตรวจสอบทางเคมี จุลินทรีย์ และฟิสิกส์

1. ตรวจนับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

1.1. การเตรียมตัวอย่างเนื้อหมู

1.1.1 ทำความสะอาดบรรจุภัณฑ์ ด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์

1.1.2 ตัดบรรจุภัณฑ์ ด้วยกรรไกรที่ผ่านการฆ่าเชื้อ แล้วตัดเนื้อหมูออกเป็นชิ้นเล็กโดยทำในตู้ปลอดเชื้อ

1.1.3 นำเนื้อหมูที่ตัดเป็นชิ้นแล้วประมาณ 20 กรัม ใส่ลงถุงพลาสติกฆ่าเชื้อที่มีสารละลายเปปโตน ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ บรรจุอยู่ปริมาตร 180 มิลลิลิตร บดส่วนผสมให้ละเอียดโดยเครื่องตีผสมอาหาร (Stomacher) อาหารนาน 2 นาที

1.1.4 ทำการเจือจางตัวอย่าง โดยใช้ปิเปตขนาด 1 มิลลิลิตรดูดในฟราส์กสารละลายเปปโตน ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ถ่ายลงในหลอดสารละลายเปปโตน ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจะได้ตัวอย่างที่มีระดับความเจือจางเป็น 1:100 ทำเช่นเดียวกันจนได้ตัวอย่างที่มีความเจือจางเป็น 1:1,000, 1:10,000, 1:100,000 , 1:1,000,000 และ 1:10,000,000 คัดเลือกตัวอย่างที่เจือจางที่เหมาะสมเพื่อมาใช้ในการทดลองข้อต่อไป

1.2 การตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

1.2.1 ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจางเหมาะสม จากข้อ 1.4 จำนวน 1 มิลลิลิตรใส่ในจานเพาะเชื้อตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

1.2.2 เทอาหาร TSA ที่หลอมเหลว และมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ปริมาตร 15 มิลลิลิตร

1.2.3 หมุนจานเพาะเชื้อเพื่อให้อาหารกระจายตัว รวมกับเชื้อ โดยหมุนวนเป็นลักษณะคล้ายเลข 8 วนประมาณ 5 รอบ ทิ้งให้เย็นจนอาหารแข็งตัว คว่ำจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48±2 ชั่วโมง

1.2.4 นับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยคัดเลือกจากจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีประมาณ 25 – 250 โคโลนี นับค่าเฉลี่ยที่ได้จากตัวอย่างทั้ง 3 ซ้ำ เพื่อนำมาคิดหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่อกรัมของตัวอย่าง(โคโลนีต่อกรัม) จากสูตร

$$CFU/g = \frac{\sum c}{\{(1 * n1)(0.1 * n2)\} * (d)}$$

$\sum C$ = ปริมาณรวมของโคโลนีที่นับได้ทั้งหมดทุกจานเพาะเชื้อ
n1 = จำนวนจานเพาะเชื้อ ที่นับจำนวนของความเจือจางแรก
n2 = จำนวนจานเพาะเชื้อ ที่นับจำนวนของความเจือจางที่สอง
d = ความเจือจางแรกที่นับจำนวนเชื้อ

1.2.5 เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์โดยการสุ่มจากจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีประมาณ 25-250 โคโลนี เพื่อนำมาศึกษาทางสัณฐานวิทยา

1.3 การตรวจนับปริมาณยีสต์

1.3.1 ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจางเหมาะสม จากข้อ 1.4 จำนวน 1 มิลลิลิตรใส่ในจานเพาะเชื้อ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

1.3.2 เทอาหาร PDA ที่หลอมเหลว และมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ปริมาตร 15 มิลลิลิตร

1.3.3 หมุนจานเพาะเชื้อเพื่อให้อาหารกระจายตัว รวมกับเชื้อ โดยหมุนวนเป็นลักษณะคล้ายเลข 8 วนประมาณ 5 รอบ ทิ้งให้เย็นจนอาหารแข็งตัว นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน

1.3.4 นับปริมาณยีสต์ทั้งหมด โดยคัดเลือกจากจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีประมาณ 25 – 250 โคโลนี นับค่าเฉลี่ยที่ได้จากตัวอย่างทั้ง 3 ซ้ำ เพื่อนำมาคิดหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่อกรัมของตัวอย่าง(โคโลนีต่อกรัม)

1.3.5 เก็บตัวอย่างเชื้อยีสต์โดยการสุ่มจากจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีประมาณ 10-150 โคโลนี เพื่อนำมาศึกษาทางสัณฐานวิทยา

1.4 การตรวจนับปริมาณแบคทีเรียแกรมลบกลุ่ม Enterobacteriaceae

1.4.1 ใช้ไมโครปิเปตดูดตัวอย่างที่เจือจางเหมาะสม จากข้อ 1.4 จำนวน 10 ไมโครลิตรลงบนผิวหน้าของอาหาร MA ในจานเพาะเชื้อตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ใช้ลูปเขี่ยเชื้อให้กระจายให้ทั่ว

1.4.2 คว่ำจานเพาะเชื้อแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง

1.4.3 นับปริมาณแบคทีเรียแกรมลบกลุ่ม Enterobacteriaceae โดยคัดเลือกจากจานเพาะเชื้อที่มีโคโลนีประมาณ 25 – 250 โคโลนี นับค่าเฉลี่ยที่ได้จากตัวอย่างทั้ง 3 ซ้ำ เพื่อนำมาคิดหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต่อกรัมของตัวอย่าง (โคโลนีต่อกรัม)

2. การพิสูจน์เอกลักษณ์ของเชื้อแบคทีเรีย

2.1 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และชีวเคมี

นำเชื้อที่ได้จากการคัดเลือกที่ได้จากข้อ 1.5.5 ถ่ายลงในอาหารเหลว และอาหารแข็ง TSA บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วัน ทำการตรวจสอบ และบันทึกลักษณะรูปร่าง ขนาด และการเรียงตัวของเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ การย้อมติดสีแกรม และลักษณะของโคโลนีบนอาหารแข็ง

2.1.1 การย้อมสีแกรม

นำสไลด์ที่เสมียร์เชื้อ ทำให้แห้ง และลนไฟ ย้อมด้วยสารละลาย Crystal violet นาน 1 นาที ล้างสีออกด้วยน้ำแล้วหยดสารละลาย Lygol’s solution ลงไป ปล่อยไว้นาน 1 นาที ล้างด้วยน้ำแล้วซับน้ำออก Decolorize ด้วย ethyl alcohol 95 เปอร์เซ็นต์ ซับให้แห้งแล้วย้อมทับด้วยสารละลาย counterstain solution นาน 1 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำ และทำให้แห้ง นำไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ ถ้าติดสีของ Crystal violet แสดงว่าเป็นแกรมบวก ถ้าติดสีของ safranin แสดงว่าเป็น แกรมลบ

2.2 การศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยา และชีวเคมี

2.2.1 ทดสอบการสร้างเอนไซม์คาตาเลส

ทำการ streak เชื้อลงบนอาหารแข็ง TSA นำไปบ่มที่ อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 วันแล้วทดสอบการสร้างเอนไซม์คาตาเลสด้วยการหยดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ลงบนโคโลนีของเชื้อ ถ้ามีฟองแก๊สเกิดขึ้นแสดงว่าเชื้อสามารถสร้างเอนไซม์คาตาเลสได้

2.2.2 ทดสอบการสร้างแก๊สและการใช้น้ำตาลจากน้ำตาลกลูโคส

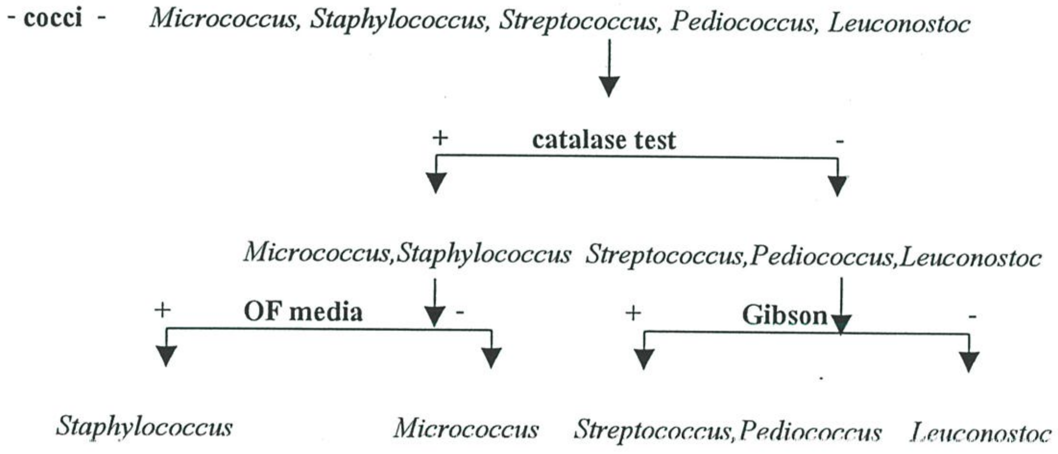
เลี้ยงเชื้อในหลอดที่มีอาหาร TSB ใช้วุ้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เทพาราฟินเหลวที่ผ่านการฆ่าเชื้อปิดทับแล้วบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ถ้าอาหารเปลี่ยนสีจากแดงเป็นสีเหลือง ให้บันทึกผลเป็นบวก แสดงว่าแบคทีเรียสามารถใช้น้ำตาลชนิดนั้นได้ ถ้าเกิดฟองอากาศในเนื้อวุ้นให้

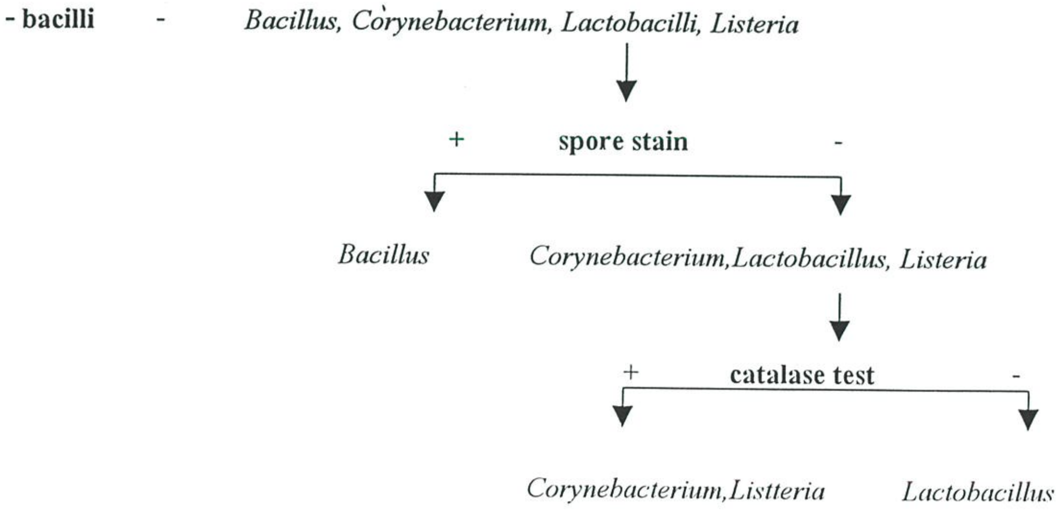
บันทึกผลเป็นบวกแสดงว่าเป็นแบคทีเรียชนิดเฮทเทอโรเฟอร์เมนเทีฟ(Heterofermentative) ถ้าไม่มีฟองอากาศให้บันทึกผลเป็นลบ แสดงว่าเป็นแบคทีเรียชนิดโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ (Homofermentative)

2.2.3 ทดสอบการรีดิวซ์ไนเทรต

เลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวไนเทรต บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ดูดสารละลายเชื้อใส่หลอดทดลองปริมาณ 1 มิลลิลิตร แล้วหยดสารละลาย Nitrate test solution โดยหยดสารละลาย A จำนวน 3 หยด และสารละลาย B จำนวน 2 หยด เขย่าให้เข้ากันแล้วสังเกตผล ถ้ามีการรีดิวซ์ไนเทรตสารละลายจะเป็นสีแดงแสดงว่าไนเทรตถูกรีดิวซ์ แต่ถ้าไม่เกิดผลดังกล่าว ทดสอบยืนยันโดยใส่ผงสังกะสี ซึ่งสามารถ รีดิวซ์ไนเทรตไปเป็นไนไทรต เกิดเป็นสีแดงผลการทดสอบการรีดิวซีไนเทรตนั้นเป็นผลลบจริง

กรณีได้ gram +


- cocci -
Micrococcus, Staphylococcus, Streptococcus, Pediococcus, Leuconostoc
+
catalase test
-
Micrococcus,Staphylococcus
Streptococcus,Pediococcus,Leuconostoc
+
OF media
-
+
Gibson
-
Staphylococcus
Micrococcus
Streptococcus,Pediococcus
Leuconostoc


- bacilli -
Bacillus, Corynebacterium, Lactobacilli, Listeria
+
spore stain
-
Bacillus
Corynebacterium,Lactobacillus, Listeria
+
catalase test
-
Corynebacterium,Listteria
Lactobacillus

3. การวัดค่า พีเอช ของเนื้อหมู

นำเนื้อหมูที่ได้จากแต่ละตัวอย่างโดยใช้ตัวอย่างละ 5 กรัม เจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 45 มิลลิลิตรใส่ลงถุงพลาสติกฆ่าเชื้อ บดส่วนผสมให้ละเอียดโดยเครื่องผสม นาน 2 นาที วัดค่า พีเอช ด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช

4. การวัดสีเนื้อหมู

นำเนื้อหมูที่ได้จากแต่ละตัวอย่างมาตัดในแนวเฉียงเพื่อให้ได้พื้นที่หน้าตัดมาก ในการตัดตัวอย่างเนื้อหมูต้องระวังมิให้มือสัมผัสกับผิวหน้าที่ตัด วางไว้ในภาชนะที่สะอาดทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 10 นาทีเพื่อให้สัมผัสกับอากาศ จากนั้นใช้เครื่องวัดสียี่ห้อ Minolta รุ่น CR303 ทำการวัดสีตัวอย่างเนื้อหมู โดยวัดสีผิวหน้าเนื้อหมูตัวอย่างละ 3 ซ้ำ จึงนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาทำการวิเคราะห์เมื่อเทียบกับตัวอย่างกลุ่มควบคุม

5. การวัดค่าปริมาณน้ำอิสระของเนื้อหมู

ทำการตั้งสภาวะของเครื่อง โดยให้อุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเนื้อหมูที่ได้จากตัวอย่างเพื่อนำมาใส่ในภาชนะที่จะทำการวัดโดยใส่ตัวอย่างเนื้อหมูให้ได้ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของภาชนะที่จะทำการวัด จากนั้นเครื่องจะทำการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ และแสดงค่าที่ได้ออกมาทางจอภาพแสดงผล ใช้ตัวอย่างละ 3 ซ้ำในการวัดค่าปริมาณน้ำอิสระ

6. การทดสอบความผิดปกติ, กลิ่น และรสชาติเนื้อหมูในการเก็บรักษา

ใช้วิธีการประเมินแบบ Ranking ใช้ตัวเลขสุ่ม 3 หลัก นำเนื้อหมูที่บรรจุถุงมาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 2 นาที และตัดเป็นชิ้นขนาดประมาณ 2.5 เซนติเมตร

6.1 ใช้ผู้ทดสอบ 20 คนในการทดสอบสี โดยใช้ระดับคะแนน 1 ถึง 5 ในการให้คะแนน และการทดสอบกลิ่น ใช้ระดับคะแนน 1 ถึง 3 และ จะกำหนดว่า

ระดับคะแนน 5 คือ เนื้อหมูมีสี และลักษณะปกติยอมรับได้มากที่สุด
ระดับคะแนน 4 คือ เนื้อหมูมีสี และลักษณะปกติยอมรับได้
ระดับคะแนน 3 คือ เนื้อหมูมีสี และลักษณะผิดไประดับที่ยอมรับได้
ระดับคะแนน 2 คือ เนื้อหมูมีสี และลักษณะผิดไปมากจนยอมรับไม่ได้
ระดับคะแนน 1 คือ เนื้อหมูมีสี และลักษณะที่ผิดไปมากที่สุดรับไม่ได้
ระดับคะแนน 3 คือ เนื้อหมูมีกลิ่น ยอมรับได้มากที่สุด
ระดับคะแนน 2 คือ เนื้อหมูมีกลิ่น ปกติยอมรับได้
ระดับคะแนน 1 คือเนื้อหมูมีกลิ่น ผิดไปมากที่สุดรับไม่ได้

6.2 ใช้ผู้ทดสอบ 20 คนในการทดสอบรสชาติ กำหนดว่า
ระดับคะแนน 5 คือเนื้อหมูมีรสชาติที่ปกติ ชอบมากที่สุด
ระดับคะแนน 4 คือเนื้อหมูมีรสชาติที่ปกติ ชอบรองลงมา
ระดับคะแนน 3 คือเนื้อหมูมีรสชาติผิดไปยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้
ระดับคะแนน 2 คือเนื้อหมูมีรสชาติผิดไปมากจนยอมรับไม่ได้
ระดับคะแนน 1 คือเนื้อหมูมีรสชาติที่ผิดไปมากที่สุดจนยอมรับไม่ได้

ภาคผนวก ข

ตารางผนวกที่ 1 แสดงเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูจากบรรจุภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ยังคงความสด และคงลักษณะที่พึงประสงค์ไว้ได้

บรรจุภัณฑ์	วันที่เริ่มมีลักษณะที่ไม่พึงประสงค์
ถาดโฟม	$1.25 \pm 0.44^{\text{ง}}$
ถาดโฟมและปิดทับด้วยฟิล์ม	$6.05 \pm 0.51^{\text{ก}}$
ถุงพลาสติก	$2.2 \pm 0.52^{\text{ค}}$
ห่อผ้าขาวบางผ่านการฆ่าเชื้อ	$2.95 \pm 0.51^{\text{ข}}$
ถุงสุญญากาศ	$1.3 \pm 0.47^{\text{ง}}$

$^{\text{ก-ง}}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $(P \leq 0.01)$

ตารางผนวกที่ 2 แสดงเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูจากแหล่งต่างๆ

แหล่งของหมู	วันที่เริ่มเสีย
1. โรงฆ่ามาตรฐาน	
1.1 หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	$4.08 \pm 0.73^{\text{ข}}$
1.2 หมูปลอดสาร	$5.60 \pm 0.41^{\text{ก}}$
2. โรงฆ่าไม่ได้มาตรฐาน	
2.1 หมูจากเขียงตลาดขนส่งฉะเชิงเทรา	$2.0 \pm 0.46^{\text{ง}}$
2.2 หมูจากเขียงตลาดสุวินทวงศ์	$1.85 \pm 0.59^{\text{ง}}$
2.3 หมูจากเขียงตลาดลาดกระบัง	$1.8 \pm 0.41^{\text{ง}}$
2.4 หมูจากเขียงตลาดบางกะปิ	$3.14 \pm 0.44^{\text{ค}}$
2.5 หมูจากเขียงตลาดหัวตะเข้	$1.75 \pm 0.55^{\text{ง}}$
2.6 หมูจากเขียงตลาดสี่มุมเมือง	$3.67 \pm 0.59^{\text{ข}}$
2.7 หมูจากเขียงตลาดหนองจอก	$1.70 \pm 0.57^{\text{ง}}$

$^{\text{ก-ง}}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $(P \leq 0.01)$

ตารางผนวกที่ 3 แสดงเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพีเอชจากเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ

วันที่	ค่าเฉลี่ยพีเอช				ค่าเฉลี่ย	ค่าความเชื่อมั่น
	หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ		
วันที่ 0	6.15^{A}	5.97^{A}	6.01^{A}	$^{B}5.81$	5.99^{A}	NS
วันที่ 1	6.11^{A}	5.97^{A}	6.10^{A}	$^{A}6.01$	6.05^{A}	NS
วันที่ 2	$5.99^{\text{ก}\,AB}$	$5.68^{\text{ข}\,B}$	$5.98^{\text{ก}\,A}$	$^{AB}5.91^{\text{ก}}$	5.89^{B}	**
วันที่ 3	$5.85^{\text{ก}\,B}$	$5.81^{\text{กข}\,B}$	$5.86^{\text{ก}\,AB}$	$^{C}5.72^{\text{ข}}$	5.81^{BC}	*
วันที่ 4	5.85^{B}	5.70^{B}	5.78^{B}	$^{C}5.70$	5.76^{C}	NS
วันที่ 5	$5.82^{\text{ก}\,B}$	$5.51^{\text{ข}\,B}$	-	-	5.67^{D}	**
วันที่ 6	-	5.48^{B}	-	-	-	
วันที่ 7	-	5.26^{C}	-	-	-	
ค่าเฉลี่ย	$5.96^{\text{ก}}$	$5.67^{\text{ข}}$	$5.94^{\text{ก}}$	$5.83^{\text{ข}}$		**

หมายเหตุ : เมื่อเนื้อหมูเริ่มปรากฏลักษณะที่ไม่เป็นที่ยอมรับ จะทำการยุติการวัดค่าในวันถัดไป

$^{\text{ก-ค}}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

$^{A\text{-}D}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$, NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยสี L ของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และ หมูตลาดบางกะปิ

วันที่	ค่าเฉลี่ยสี L				ค่าเฉลี่ย
	หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูปลอดสาร	หมูตลาดสี่มุมเมือง	หมูตลาดบางกะปิ	
วันที่ 0	${}^{CD}43.17 \pm 2.61^{\text{ข}}$	${}^{E}45.13 \pm 1.37^{\text{ก}}$	${}^{C}42.05 \pm 0.88^{\text{ข}}$	${}^{D}42.35 \pm 1.15^{\text{ข}}$	43.17^{E}
วันที่ 1	${}^{D}42.70 \pm 1.18^{\text{ค}}$	${}^{BC}46.89 \pm 1.29^{\text{ก}}$	${}^{BC}42.66 \pm 0.70^{\text{ค}}$	${}^{C}44.35 \pm 1.02^{\text{ข}}$	44.15^{D}
วันที่ 2	${}^{C}44.25 \pm 1.22^{\text{ค}}$	${}^{DE}45.65 \pm 0.70^{\text{ข}}$	${}^{B}43.38 \pm 1.10^{\text{ค}}$	${}^{B}47.62 \pm 1.07^{\text{ก}}$	45.23^{C}
วันที่ 3	${}^{B}47.39 \pm 1.44^{\text{ข}}$	${}^{CD}46.18 \pm 0.62^{\text{ค}}$	${}^{A}45.20 \pm 1.26^{\text{ค}}$	${}^{A}48.52 \pm 0.99^{\text{ก}}$	46.82^{B}
วันที่ 4	${}^{AB}48.36 \pm 1.52^{\text{ก}}$	${}^{BC}46.58 \pm 0.81^{\text{ข}}$	${}^{A}45.28 \pm 1.13^{\text{ค}}$	${}^{A}49.08 \pm 0.94^{\text{ก}}$	47.33^{B}
วันที่ 5	${}^{A}49.63 \pm 1.17^{\text{ก}}$	${}^{B}47.31 \pm 0.74^{\text{ข}}$	-	-	48.47^{A}
วันที่ 6	-	${}^{B}49.42 \pm 0.62^{\text{ก}}$	-	-	-
วันที่ 7	-	${}^{A}51.26 \pm 1.03^{\text{ก}}$	-	-	-
ค่าเฉลี่ย	$45.92^{\text{ก}}$	$46.29^{\text{ก}}$	$43.71^{\text{ข}}$	$46.38^{\text{ก}}$	

หมายเหตุ : เมื่อเนื้อหมูเริ่มปรากฏลักษณะที่ไม่เป็นที่ยอมรับ จะทำการยุติการวัดค่าในวันถัดไป

${}^{\text{ก-ค}}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

${}^{A\text{-}E}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

ตารางผนวกที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยสี a ของเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ

วันที่	ค่าเฉลี่ยสี a				ค่าเฉลี่ย
	หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต	หมูปลอดสาร	หมูตลาดบางกะปิ	หมูตลาดสี่มุมเมือง	
วันที่ 0	$^{\text{A}}$12.59± 0.21$^{\text{ข}}$	$^{\text{A}}$13.42 ± 0.13$^{\text{ก}}$	$^{\text{A}}$9.14 ± 0.24$^{\text{ค}}$	$^{\text{A}}$9.29 ± 0.10$^{\text{ค}}$	11.11$^{\text{A}}$
วันที่ 1	$^{\text{B}}$11.06 ± 0.15$^{\text{ข}}$	$^{\text{A}}$13.20 ± 0.12$^{\text{ก}}$	$^{\text{B}}$8.84 ± 0.22$^{\text{ง}}$	$^{\text{B}}$9.06 ± 0.19$^{\text{ค}}$	10.54$^{\text{B}}$
วันที่ 2	$^{\text{E}}$10.98 ± 0.17$^{\text{ข}}$	$^{\text{B}}$12.64 ± 0.39$^{\text{ก}}$	$^{\text{AB}}$8.97 ± 0.21$^{\text{ค}}$	$^{\text{D}}$8.16 ± 0.33$^{\text{ง}}$	10.19$^{\text{C}}$
วันที่ 3	$^{\text{C}}$10.60 ± 0.24$^{\text{ก}}$	$^{\text{C}}$10.20 ± 0.31$^{\text{ข}}$	$^{\text{C}}$8.12 ± 0.13$^{\text{ค}}$	$^{\text{CD}}$8.29 ± 0.22$^{\text{ค}}$	9.30$^{\text{D}}$
วันที่ 4	$^{\text{D}}$8.99 ± 0.22$^{\text{ก}}$	$^{\text{D}}$9.18 ± 0.33$^{\text{ค}}$	$^{\text{D}}$7.63 ± 0.29$^{\text{ค}}$	$^{\text{C}}$8.41 ± 0.19$^{\text{ข}}$	8.84$^{\text{E}}$
วันที่ 5	$^{\text{E}}$8.63 ± 0.25$^{\text{ข}}$	$^{\text{D}}$9.06 ± 0.21$^{\text{ก}}$	-	-	8.55$^{\text{F}}$
วันที่ 6	-	$^{\text{E}}$8.69 ± 0.26$^{\text{ก}}$	-	-	-
วันที่ 7	-	$^{\text{F}}$7.52 ± 0.12$^{\text{ก}}$	-	-	-
ค่าเฉลี่ย	10.47$^{\text{ข}}$	11.28$^{\text{ก}}$	8.54$^{\text{ง}}$	8.64$^{\text{ค}}$	

หมายเหตุ : เมื่อเนื้อหมูเริ่มปรากฏลักษณะที่ไม่เป็นที่ยอมรับ จะทำการยุติการวัดค่าในวันถัดไป

$^{\text{ก-ง}}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

$^{\text{A-F}}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

ตารางผนวกที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์บนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมืองและหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 0 2 และวันที่เสีย

	ค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์				
วันที่	**หมูซุปเปอร์มาร์เก็ต**	**หมูปลอดสาร**	**หมูตลาดสี่มุมเมือง**	**หมูตลาดบางกะปิ**	**ค่าเฉลี่ย**
วันที่ 0	${}^{B}5 \times 10^{5} \pm 3.16 \times 10^{4\text{ค}}$	${}^{B}7 \times 10^{5} \pm 1.07 \times 10^{5\text{ค}}$	${}^{B}4 \times 10^{6} \pm 1.28 \times 10^{6\text{ข}}$	${}^{B}5 \times 10^{6} \pm 7.51 \times 10^{5\text{ก}}$	${}^{B}2.55 \times 10^{6}$
วันที่ 2	${}^{B}7 \times 10^{6} \pm 6.44 \times 10^{5\text{ข}}$	${}^{B}5.2 \times 10^{6} \pm 6.28 \times 10^{5\text{ข}}$	${}^{B}1.26 \times 10^{7} \pm 1.50 \times 10^{7\text{ข}}$	${}^{B}8 \times 10^{7} \pm 7.96 \times 10^{7\text{ก}}$	${}^{B}2.62 \times 10^{7}$
วันที่เสีย	${}^{A}7.04 \times 10^{11} \pm 4.50 \times 10^{10\text{ก}}$	${}^{B}2 \times 10^{11} \pm 1.42 \times 10^{11\text{ข}}$	${}^{A}5 \times 10^{11} \pm 2.80 \times 10^{11\text{ก}}$	${}^{A}6 \times 10^{9} \pm 4.24 \times 10^{9\text{ข}}$	${}^{A}3.52 \times 10^{11}$
ค่าเฉลี่ย	$2.34 \times 10^{11\text{ก}}$	$6.65 \times 10^{10\text{ค}}$	$1.66 \times 10^{11\text{ข}}$	$2.02 \times 10^{9\text{ค}}$	

${}^{\text{ก-ค}}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

${}^{A\text{-}E}$ อักษรที่แตกต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

ตารางผนวกที่ 7 แสดงเปรียบเทียบระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

	วันที่เริ่มเสีย **$\bar{X} \pm SD$**
ควบคุม	$6.05 \pm 0.51^{\text{ช}}$
สารสกัดมังคุด	$6.80 \pm 0.62^{\text{ฉ}}$
สารสกัดพรุน	$8.00 \pm 0.46^{\text{ง}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้	$8.85 \pm 0.59^{\text{ค}}$
ซอร์เบท	$7.15 \pm 0.49^{\text{จ}}$
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	$7.95 \pm 0.51^{\text{ง}}$
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	$6.90 \pm 0.31^{\text{จฉ}}$
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	$9.80 \pm 0.41^{\text{ข}}$
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	$9.90 \pm 0.45^{\text{ข}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	$10.8 \pm 0.52^{\text{ก}}$

$^{\text{ก-ช}}$ อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq$ 0.01

ตารางผนวกที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยสี ค่า L ที่ปรากฏบนเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ในรูปค่า L

	ค่าเฉลี่ยของค่าสี L			
ชนิด	**วันที่ 0**	**วันที่ 2**	**วันที่ 4**	**วันที่ 7**
	$\bar{X} \pm SD$	**$\bar{X} \pm SD$**	**$\bar{X} \pm SD$**	**$\bar{X} \pm SD$**
ควบคุม	45.07 ± 2.09^{ง}	47.43 ± 1.68^{ข}	48.12 ± 1.44^{ข}	52.31 ± 1.29^{ก}
สารสกัดมังคุด	47.65 ± 1.88^{ก}	48.12 ± 1.58^{ก}	49.26 ± 0.91^{ก}	50.18 ± 0.65^{ข}
สารสกัดพรุน	44.10 ± 1.53^{จ}	45.36 ± 1.03^{ง}	48.02 ± 1.33^{ขค}	49.81 ± 1.31^{ค}
สารสกัดว่านหางจระเข้	45.74 ± 1.69^{ค}	46.58 ± 1.40^{ค}	47.98 ± 1.01^{ค}	49.82 ± 1.04^{ค}
ซอร์เบท	44.98 ± 1.62^{ง}	45.91 ± 1.55^{ง}	46.63 ± 1.09^{ง}	49.02 ± 1.35^{ง}
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	45.82 ± 3.03^{ค}	46.11 ± 2.49^{ค}	46.54 ± 1.84^{ง}	47.98 ± 1.53^{งจ}
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	45.53 ± 1.65^{ค}	46.23 ± 1.81^{ค}	47.81 ± 1.26^{ค}	48.24 ± 0.87^{ง}
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	47.05 ± 2.11^{ข}	47.99 ± 1.63^{กข}	48.85 ± 1.23^{ข}	49.21 ± 0.91^{ค}
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	43.80 ± 1.05^{จ}	44.98 ± 0.95^{จ}	46.12 ± 1.10^{ง}	47.86 ± 0.98^{จ}
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	46.12 ± 1.10^{ขค}	46.85 ± 1.50^{ค}	48.02 ± 1.19^{ขค}	49.12 ± 1.34^{คง}

[ก-จ] อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

ตารางผนวกที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยสี ค่า a ที่ปรากฏบนเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ในรูปค่า a

ค่าเฉลี่ยของค่าสี a				
ชนิด	**วันที่ 0**	**วันที่ 2**	**วันที่ 4**	**วันที่ 7**
	$\bar{X} \pm$ SD	$\bar{X} \pm$ SD	$\bar{X} \pm$ SD	$\bar{X} \pm$ SD
ควบคุม	$8.07 \pm 0.34^{\text{จ}}$	$7.81 \pm 0.13^{\text{ฉช}}$	$7.21 \pm 0.19^{\text{ฉ}}$	$7.10 \pm 0.12^{\text{ฉ}}$
สารสกัดมังคุด	$8.64 \pm 0.25^{\text{ค}}$	$8.26 \pm 0.20^{\text{ง}}$	$7.96 \pm 0.16^{\text{จ}}$	$7.86 \pm 0.14^{\text{ง}}$
สารสกัดพรุน	$9.18 \pm 0.37^{\text{ข}}$	$8.60 \pm 0.46^{\text{ค}}$	$8.42 \pm 0.25^{\text{ค}}$	$8.10 \pm 0.10^{\text{ค}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้	$8.22 \pm 0.28^{\text{งจ}}$	$8.40 \pm 0.17^{\text{คง}}$	$8.22 \pm 0.12^{\text{ง}}$	$7.80 \pm 0.10^{\text{ง}}$
ซอร์เบท	$8.00 \pm 0.14^{\text{จ}}$	$7.61 \pm 0.12^{\text{ช}}$	$7.04 \pm 0.12^{\text{ช}}$	$6.93 \pm 0.08^{\text{ช}}$
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	$8.42 \pm 0.28^{\text{คง}}$	$8.22 \pm 0.12^{\text{งจ}}$	$7.92 \pm 0.13^{\text{จ}}$	$7.51 \pm 0.23^{\text{จ}}$
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	$8.24 \pm 0.24^{\text{งจ}}$	$8.01 \pm 0.12^{\text{จฉ}}$	$7.91 \pm 0.10^{\text{จ}}$	$7.84 \pm 0.15^{\text{ง}}$
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	$9.02 \pm 0.37^{\text{ข}}$	$8.82 \pm 0.29^{\text{ข}}$	$8.64 \pm 0.18^{\text{ข}}$	$8.44 \pm 0.12^{\text{ข}}$
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	$10.15 \pm 0.47^{\text{ก}}$	$9.81 \pm 0.32^{\text{ก}}$	$9.52 \pm 0.13^{\text{ก}}$	$9.22 \pm 0.13^{\text{ก}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	$8.52 \pm 0.28^{\text{คง}}$	$8.20 \pm 0.19^{\text{งจ}}$	$8.20 \pm 0.19^{\text{ง}}$	$8.04 \pm 0.09^{\text{ค}}$

$^{\text{ก-ข}}$ อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P ≤ 0.01)

ตารางที่ 10 แสดงค่าความหืน จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

ชนิด	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7	ค่าเฉลี่ย
ควบคุม	$^{D}0.19^{\text{กขค}}$	$^{C}0.28^{\text{กข}}$	$^{B}0.36^{\text{ขค}}$	$^{A}1.32^{\text{ก}}$	$0.53^{\text{ก}}$
สารสกัดมังคุด	$^{C}0.20^{\text{กข}}$	$^{B}0.32^{\text{ก}}$	$^{B}0.34^{\text{ขค}}$	$^{A}0.64^{\text{ง}}$	$0.38^{\text{คง}}$
สารสกัดพรุน	$^{C}0.12^{\text{ง}}$	$^{B}0.24^{\text{ค}}$	$^{B}0.28^{\text{งจ}}$	$^{A}0.56^{\text{จฉ}}$	$0.30^{\text{ฉ}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้	$^{D}0.18^{\text{ค}}$	$^{C}0.29^{\text{กข}}$	$^{B}0.38^{\text{กข}}$	$^{A}0.77^{\text{ค}}$	$0.40^{\text{ค}}$
ซอร์เบท	$^{D}0.22^{\text{ก}}$	$^{C}0.29^{\text{กข}}$	$^{B}0.41^{\text{ก}}$	$^{A}0.89^{\text{ข}}$	$0.45^{\text{ข}}$
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	$^{C}0.10^{\text{ง}}$	$^{C}0.12^{\text{ง}}$	$^{B}0.26^{\text{จฉ}}$	$^{A}0.59^{\text{งจฉ}}$	$0.26^{\text{ช}}$
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	$^{C}0.09^{\text{ง}}$	$^{C}0.11^{\text{ง}}$	$^{B}0.22^{\text{ฉ}}$	$^{A}0.56^{\text{จฉ}}$	$0.24^{\text{ช}}$
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	$^{D}0.18^{\text{ขค}}$	$^{C}0.25^{\text{ขค}}$	$^{B}0.31^{\text{ง}}$	$^{A}0.60^{\text{งจ}}$	$0.33^{\text{จ}}$
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	$^{C}0.11^{\text{ง}}$	$^{B}0.22^{\text{ค}}$	$^{B}0.26^{\text{จฉ}}$	$^{A}0.52^{\text{ฉ}}$	$0.28^{\text{จฉ}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	$^{D}0.16^{\text{ค}}$	$^{C}0.24^{\text{ค}}$	$^{B}0.32^{\text{คง}}$	$^{A}0.78^{\text{ค}}$	$0.37^{\text{ง}}$
ค่าเฉลี่ย	^{D} 0.15	^{C} 0.23	^{B} 0.31	^{A} 0.72	

$^{\text{ก-ช}}$ อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

$^{A\text{-}D}$ อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

ตารางที่ 11 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss) จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

ชนิด	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7	ค่าเฉลี่ย
ควบคุม	$^{D}15.93^{\text{กข}}$	$^{C}18.25^{\text{กข}}$	$^{B}23.57^{\text{ก}}$	$^{A}27.00^{\text{ก}}$	$27.94^{\text{ก}}$
สารสกัดมังคุด	$^{B}15.79^{\text{ข}}$	$^{A}18.18^{\text{ข}}$	$^{A}18.67^{\text{คง}}$	$^{A}19.15^{\text{คง}}$	$17.94^{\text{ค}}$
สารสกัดพรุน	$^{C}15.00^{\text{ข}}$	$^{B}17.65^{\text{ขค}}$	$^{AB}19.35^{\text{คง}}$	$^{A}21.05^{\text{คง}}$	$18.26^{\text{ค}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้	$^{C}10.21^{\text{งจ}}$	$^{C}10.64^{\text{จฉ}}$	$^{B}15.74^{\text{จ}}$	$^{A}20.83^{\text{จ}}$	$14.35^{\text{จ}}$
ซอร์เบท	$^{C}12.11^{\text{ค}}$	$^{C}13.51^{\text{ง}}$	$^{B}22.14^{\text{ข}}$	$^{A}24.77^{\text{ข}}$	$19.63^{\text{ข}}$
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	$^{C}9.25^{\text{จ}}$	$^{C}9.52^{\text{ฉ}}$	$^{B}13.10^{\text{ฉ}}$	$^{A}16.67^{\text{ฉ}}$	$12.13^{\text{ฉ}}$
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	$^{D}4.17^{\text{ฉ}}$	$^{C}8.61^{\text{ฉ}}$	$^{B}13.04^{\text{ฉ}}$	$^{A}14.29^{\text{ฉ}}$	$10.02^{\text{ช}}$
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	$^{C}10.00^{\text{งจ}}$	$^{B}15.20^{\text{คง}}$	$^{A}20.41^{\text{ขค}}$	$^{A}21.43^{\text{ขค}}$	$16.76^{\text{ง}}$
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	$^{D}9.09^{\text{จ}}$	$^{C}13.64^{\text{ง}}$	$^{B}18.18^{\text{ง}}$	$^{A}20.31^{\text{ง}}$	$15.30^{\text{จ}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	$^{D}11.11^{\text{คง}}$	$^{C}12.82^{\text{งจ}}$	$^{B}19.87^{\text{คง}}$	$^{A}26.92^{\text{คง}}$	$17.68^{\text{คง}}$
ค่าเฉลี่ย	$^{D}12.36$	$^{C}14.70$	$^{B}18.90$	$^{A}22.04$	

$^{\text{ก-ช}}$ อักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

$^{A\text{-}D}$ อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

ตารางผนวกที่ 12 แสดงค่าเฉลี่ยพีเอชจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ใน น้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

ชนิด	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$
ควบคุม	$6.17 \pm 0.20^{\text{กข}}$	$5.85 \pm 0.08^{\text{งจ}}$	$5.54 \pm 0.18^{\text{ง}}$	$5.29 \pm 0.10^{\text{จ}}$
สารสกัดมังคุด	$6.21 \pm 0.09^{\text{ก}}$	$6.15 \pm 0.16^{\text{ก}}$	$6.10 \pm 0.15^{\text{ก}}$	$5.97 \pm 0.13^{\text{ก}}$
สารสกัดพรุน	$6.16 \pm 0.17^{\text{กข}}$	$5.94 \pm 0.14^{\text{ขคงจ}}$	$5.72 \pm 0.09^{\text{ขคง}}$	$5.44 \pm 0.15^{\text{ง}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้	$6.20 \pm 0.09^{\text{ก}}$	$5.99 \pm 0.04^{\text{ขค}}$	$5.78 \pm 0.17^{\text{ขค}}$	$5.64 \pm 0.09^{\text{ค}}$
ซอร์เบท	$6.01 \pm 0.08^{\text{ขค}}$	$5.83 \pm 0.05^{\text{จ}}$	$5.66 \pm 0.17^{\text{ขคง}}$	$5.70 \pm 0.05^{\text{ขค}}$
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	$6.19 \pm 0.10^{\text{ก}}$	$5.97 \pm 0.05^{\text{ขคง}}$	$5.76 \pm 0.09^{\text{ขค}}$	$5.71 \pm 0.05^{\text{ขค}}$
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	$6.15 \pm 0.17^{\text{กข}}$	$5.88 \pm 0.08^{\text{คงจ}}$	$5.60 \pm 0.12^{\text{คง}}$	$5.58 \pm 0.10^{\text{ค}}$
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	$6.19 \pm 0.06^{\text{ก}}$	$6.02 \pm 0.06^{\text{ข}}$	$5.85 \pm 0.12^{\text{ข}}$	$5.38 \pm 0.08^{\text{งจ}}$
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	$6.04 \pm 0.05^{\text{กขค}}$	$5.90 \pm 0.06^{\text{ขคงจ}}$	$5.76 \pm 0.05^{\text{ขค}}$	$5.66 \pm 0.10^{\text{ก}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	$5.93 \pm 0.06^{\text{ค}}$	$5.89 \pm 0.11^{\text{ขคงจ}}$	$5.85 \pm 0.13^{\text{ข}}$	$5.82 \pm 0.13^{\text{ข}}$

ตารางผนวกที่ 13 แสดงค่าความหืน จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ใน น้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

ชนิด	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$
ควบคุม	0.19 ± 0.22$^{\text{กขค}}$	0.28 ± 0.02$^{\text{กข}}$	0.36 ± 0.03$^{\text{ขค}}$	1.32 ± 0.08$^{\text{ก}}$
สารสกัดมังคุด	0.20 ± 0.03$^{\text{กข}}$	0.32 ± 0.03$^{\text{ก}}$	0.34 ± 0.04$^{\text{ขค}}$	0.64 ± 0.05$^{\text{ง}}$
สารสกัดพรุน	0.12± 0.02$^{\text{ง}}$	0.24 ± 0.03$^{\text{ค}}$	0.28 ± 0.01$^{\text{งจ}}$	0.56 ± 0.08$^{\text{จฉ}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้	0.18± 0.03$^{\text{ค}}$	0.29 ± 0.02$^{\text{กข}}$	0.38 ± 0.02$^{\text{กข}}$	0.77 ± 0.03$^{\text{ค}}$
ซอร์เบท	0.22 ± 0.03$^{\text{ก}}$	0.29 ± 0.01$^{\text{กข}}$	0.41 ± 0.03$^{\text{ก}}$	0.89 ± 0.04$^{\text{ข}}$
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	0.10 ± 0.03$^{\text{ง}}$	0.12 ± 0.03$^{\text{ง}}$	0.26 ± 0.02$^{\text{จฉ}}$	0.59 ± 0.06$^{\text{งจฉ}}$
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	0.09 ± 0.02$^{\text{ง}}$	0.11 ± 0.02$^{\text{ง}}$	0.22 ± 0.04$^{\text{จ}}$	0.56 ± 0.05$^{\text{จฉ}}$
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	0.18 ± 0.02$^{\text{ขค}}$	0.25 ± 0.04$^{\text{ขค}}$	0.31 ± 0.02$^{\text{ง}}$	0.60 ± 0.02$^{\text{งจ}}$
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	0.11 ± 0.02$^{\text{ง}}$	0.22 ± 0.03$^{\text{ค}}$	0.26 ± 0.06$^{\text{จฉ}}$	0.52 ± 0.04$^{\text{ฉ}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	0.16 ± 0.03$^{\text{ค}}$	0.24 ± 0.02$^{\text{ค}}$	0.32 ± 0.02$^{\text{คง}}$	0.78 ± 0.03$^{\text{ค}}$

ตารางผนวกที่ 14 แสดงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss) จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

ชนิด	**วันที่ 0**	**วันที่ 2**	**วันที่ 4**	**วันที่ 7**
	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$
ควบคุม	$15.93 \pm 1.60^{\text{กข}}$	$18.25 \pm 5.39^{\text{กข}}$	$23.57 \pm 3.15^{\text{ก}}$	$27.00 \pm 2.26^{\text{ก}}$
สารสกัดมังคุด	$15.79 \pm 2.17^{\text{ข}}$	$18.18 \pm 1.24^{\text{ข}}$	$18.67 \pm 1.34^{\text{คง}}$	$19.15 \pm 1.75^{\text{คง}}$
สารสกัดพรุน	$15.00 \pm 1.86^{\text{ข}}$	$17.65 \pm 1.30^{\text{ขค}}$	$19.35 \pm 1.37^{\text{คง}}$	$21.05 \pm 1.28^{\text{คง}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้	$10.21 \pm 1.01^{\text{งจ}}$	$10.64 \pm 0.96^{\text{จฉ}}$	$15.74 \pm 1.61^{\text{จ}}$	$20.83 \pm 1.02^{\text{จ}}$
ซอร์เบท	$12.11 \pm 0.71^{\text{ค}}$	$13.51 \pm 1.00^{\text{ง}}$	$22.14 \pm 1.05^{\text{ข}}$	$24.77 \pm 1.34^{\text{ข}}$
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	$9.25 \pm 0.88^{\text{จ}}$	$9.52 \pm 0.51^{\text{ฉ}}$	$13.10 \pm 0.86^{\text{ฉ}}$	$16.67 \pm 1.26^{\text{ฉ}}$
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	$4.17 \pm 0.26^{\text{ฉ}}$	$8.61 \pm 0.80^{\text{ฉ}}$	$13.04 \pm 0.89^{\text{ฉ}}$	$14.29 \pm 1.06^{\text{ฉ}}$
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	$10.00 \pm 1.23^{\text{งจ}}$	$15.20 \pm 1.52^{\text{คง}}$	$20.41 \pm 0.91^{\text{ขค}}$	$21.43 \pm 1.67^{\text{ขค}}$
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	$9.09 \pm 0.49^{\text{จ}}$	$13.64 \pm 0.79^{\text{ง}}$	$18.18 \pm 0.92^{\text{ง}}$	$20.31 \pm 1.23^{\text{ง}}$
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	$11.11 \pm 0.60^{\text{คง}}$	$12.82 \pm 0.84^{\text{งจ}}$	$19.87 \pm 1.12^{\text{คง}}$	$26.92 \pm 0.85^{\text{คง}}$

ตารางผนวกที่ 16 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านสีจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ($\bar{X} \pm \mathrm{SD}$)

ชนิด	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10	วันที่ 11	วันที่ 12
ควบคุม	4.70 ± 0.18 $^{\text{จ}}$	4.25 ± 0.09 $^{\text{ฉ}}$	3.65 ± 0.22 $^{\text{คง}}$	1.85 ± 0.16 $^{\text{ฉ}}$	-	-	-	-	-
สารสกัดมังคุด	4.90 ± 0.17 $^{\text{ขค}}$	4.60 ± 0.11 $^{\text{คง}}$	3.75 ± 0.25 $^{\text{ขค}}$	3.05 ± 0.31 $^{\text{ค}}$	2.05 ± 0.27 $^{\text{คง}}$	-	-	-	-
สารสกัดพรุน	4.95 ± 0.09 $^{\text{กข}}$	4.70 ± 0.10 $^{\text{กขค}}$	3.90 ± 0.35 $^{\text{กข}}$	3.40 ± 0.06 $^{\text{กข}}$	2.95 ± 0.18 $^{\text{ข}}$	2.35 ± 0.16 $^{\text{ค}}$	-	-	-
สารสกัดว่านหางจระเข้	4.75 ± 0.17 $^{\text{งจ}}$	4.35 ± 0.17 $^{\text{กข}}$	3.80 ± 0.23 $^{\text{ขค}}$	3.10 ± 0.35 $^{\text{ค}}$	2.95 ± 0.24 $^{\text{ข}}$	2.85 ± 0.34 $^{\text{ข}}$	2.25 ± 0.22 $^{\text{ค}}$	-	-
ซอร์เบท	4.70 ± 0.10 $^{\text{จ}}$	4.40 ± 0.13 $^{\text{จ}}$	3.55 ± 0.11 $^{\text{ง}}$	2.70 ± 0.33 $^{\text{จ}}$	1.95 ± 0.14 $^{\text{ง}}$	-	-	-	-
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทาน ตะวัน	4.75 ± 0.09 $^{\text{งจ}}$	4.15 ± 0.27 $^{\text{ฉ}}$	3.65 ± 0.27 $^{\text{คง}}$	3.30 ± 0.12 $^{\text{ข}}$	2.85 ± 0.34 $^{\text{ข}}$	2.35 ± 0.16 $^{\text{ค}}$	-	-	-
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	4.80 ± 0.18 $^{\text{งจ}}$	4.65 ± 0.16 $^{\text{ขคง}}$	3.75 ± 0.19 $^{\text{ขค}}$	2.90 ± 0.32 $^{\text{ง}}$	2.15 ± 0.20 $^{\text{ค}}$	-	-	-	-
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	4.85 ± 0.18 $^{\text{คง}}$	4.65 ± 0.20 $^{\text{ขคง}}$	3.85 ± 0.29 $^{\text{กข}}$	3.35 ± 0.18 $^{\text{ข}}$	3.28 ± 0.25 $^{\text{ก}}$	3.03 ± 0.20 $^{\text{ก}}$	2.94 ± 0.18 $^{\text{ข}}$	1.68 ± 0.19 $^{\text{ข}}$	-
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	5.00 ± 0.00 $^{\text{ก}}$	4.80 ± 0.21 $^{\text{ก}}$	4.00 ± 0.16 $^{\text{ก}}$	3.55 ± 0.11 $^{\text{ก}}$	3.30 ± 0.14 $^{\text{ก}}$	3.13 ± 0.19 $^{\text{ก}}$	3.02 ± 0.20 $^{\text{ก}}$	1.75 ± 0.24 $^{\text{ข}}$	-
สารสกัดว่านหางจระเข้ + วิตามินอี	4.75 ± 0.20 $^{\text{งจ}}$	4.55 ± 0.16 $^{\text{ง}}$	3.80 ± 0.23 $^{\text{ขค}}$	3.40 ± 0.06 $^{\text{กข}}$	3.23 ± 0.13 $^{\text{ก}}$	3.05 ± 0.09 $^{\text{ก}}$	2.85 ± 0.14 $^{\text{ข}}$	2.65 ± 0.14 $^{\text{ก}}$	1.95 ± 0.14 $^{\text{ก}}$

ตารางผนวกที่ 17 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ($\overline{X} \pm SD$)

ชนิด	วันที่ 0	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 7	วันที่ 8	วันที่ 9	วันที่ 10	วันที่ 11	วันที่ 12
ควบคุม	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	2.96 ± 0.10$^{\text{ข}}$	1.00 ± 0.0$^{\text{ค}}$	-	-	-	-	-
สารสกัดมังคุด	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	2.99 ± 0.04$^{\text{กข}}$	1.89 ± 0.20$^{\text{ค}}$	1.08 ± 0.12$^{\text{ค}}$	-	-	-	-
สารสกัดพรุน	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	2.98 ± 0.06$^{\text{กข}}$	2.74 ± 0.21$^{\text{ข}}$	1.80 ± 0.28$^{\text{ข}}$	1.10 ± 0.12$^{\text{ค}}$	-	-	-
สารสกัดว่านหางจระเข้	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	2.98 ± 0.06$^{\text{กข}}$	2.97 ± 0.07$^{\text{ก}}$	2.92 ± 0.10$^{\text{ก}}$	1.73 ± 0.28$^{\text{ข}}$	1.00 ± 0.0$^{\text{ค}}$	-	-
ซอร์เบท	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	2.98 ± 0.06$^{\text{กข}}$	1.79 ± 0.25$^{\text{คง}}$	1.14 ± 0.13$^{\text{ค}}$	-	-	-	-
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	2.66 ± 0.16$^{\text{ข}}$	1.83 ± 0.24$^{\text{ข}}$	1.133 ± 0.12$^{\text{ค}}$	-	-	-
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	1.76 ± 0.28$^{\text{ง}}$	1.07 ± 0.10$^{\text{ค}}$	-	-	-	-
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	2.98 ± 0.06$^{\text{ก}}$	2.95 ± 0.11$^{\text{ก}}$	2.78 ± 0.18$^{\text{ก}}$	2.03 ± 0.46$^{\text{ข}}$	1.06 ± 0.09$^{\text{ข}}$	-
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	2.99 ± 0.04$^{\text{กข}}$	2.99 ± 0.04$^{\text{ก}}$	2.95 ± 0.13$^{\text{ก}}$	2.77 ± 0.21$^{\text{ก}}$	1.76 ± 0.29$^{\text{ข}}$	1.05 ± 0.09$^{\text{ข}}$	-
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	3 ± 0.0$^{\text{ก}}$	2.99 ± 0.04$^{\text{ก}}$	2.94 ± 0.09$^{\text{ก}}$	2.86 ± 0.16$^{\text{ก}}$	2.83 ± 0.15$^{\text{ก}}$	2.62 ± 0.13$^{\text{ก}}$	1.04 ± 0.08$^{\text{ก}}$

ตารางผนวกที่ 18 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ในวันที่ 0

ชนิด	**คะแนนเฉลี่ยด้านรสชาติ** $\bar{X} \pm SD$	**F Value**	**ค่าความเชื่อมั่น**
ควบคุม	4.90 ± 0.31$^{\text{ก}}$	27.86	0.0001
สารสกัดมังคุด	2.85 ± 0.49$^{\text{ค}}$		
สารสกัดพรุน	4.70 ± 0.57$^{\text{ก}}$		
สารสกัดว่านหางจระเข้	4.80 ± 0.41$^{\text{ก}}$		
ซอร์เบท	4.75 ± 0.55$^{\text{ก}}$		
วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน	4.55 ± 0.76$^{\text{ก}}$		
วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate	4.95 ± 0.22$^{\text{ก}}$		
สารสกัดมังคุด + วิตามินอี	3.50 ± 1.00$^{\text{ข}}$		
สารสกัดพรุน+ วิตามินอี	4.55 ± 0.69$^{\text{ก}}$		
สารสกัดว่านหางจระเข้+ วิตามินอี	4.75 ± 0.44$^{\text{ก}}$		

ตารางผนวกที่ 19 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า pH จากเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 0 1 2 3 4 และ 5

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	21	2.70957545	0.1290274	8.95	0.0001
GROUP	3	0.70895879	0.2363196	16.4	0.0001
DATE	5	1.70061545	0.34012309	23.6	0.0001
GROUP*DATE	13	0.30000121	0.02307702	1.6	0.0999
Error	88	1.26828	0.01441227		
Corrected Total	109	3.97785545			

C.V.= 2.041465 R-Square = 0.681165 Root MSE = 0.120051

หมายเหตุ Group หมายถึง กลุ่มของเนื้อหมูมี 4 ระดับ คือเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ

Date หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมูมี 6 ระดับ คือ 0 1 2 3 4 และ 5 วัน

ตารางผนวกที่ 20 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี L จากเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 0 1 2 3 4และ 5

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	21	1125.431846	53.591993	37.1	0.0001
GROUP	3	243.1311509	81.043717	56.11	0.0001
DATE	5	668.2837934	133.6567587	92.53	0.0001
GROUP*DATE	13	214.0169016	16.4628386	11.4	0.0001
Error	198	286.00525	1.444471		
Corrected Total	219	1411.437096			

C.V.= 2.634225 R-Square = 0.797366 Root MSE = 1.201861

หมายเหตุ Group หมายถึง กลุ่มของเนื้อหมูมี 4 ระดับ คือเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ

Date หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมูมี 6 ระดับ คือ 0 1 2 3 4 และ 5 วัน

ตารางผนวกที่ 21 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี ค่า a จากเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 0 1 2 3 4และ 5

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	21	644.8184532	30.7056406	568.34	0.0001
GROUP	3	305.2566235	101.7522078	1883.35	0.0001
DATE	5	186.5551707	37.3110341	690.6	0.0001
GROUP*DATE	13	153.006659	11.769743	217.85	0.0001
Error	198	10.69741	0.0540273		
Corrected Total	219	655.5158632			

C.V.= 2.362074 R-Square = 0.983681 Root MSE = 0.232438

หมายเหตุ Group หมายถึง กลุ่มของเนื้อหมูมี 4 ระดับ คือเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ

Date หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมูมี 6 ระดับ คือ 0 1 2 3 4 และ 5 วัน

ตารางผนวกที่ 22 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยของจำนวนจุลินทรีย์ (CFU/g) บนเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ ในวันที่ 0

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	11	1.389015292	1.370144751	33.55	0.0001
GROUP	3	1.374427012	1.365588133	19.1	0.0001
DATE	2	1.384160157	1.378728336	98.58	0.0001
GROUP*DATE	6	1.379914644	1.365590261	19.1	0.0001
Error	48	1.373015939	1.340927855		
Corrected Total	59	1.389955916			

C.V.= 7.80639 R-Square = 0.884907 Root MSE = 10.96237

หมายเหตุ Group หมายถึง กลุ่มของเนื้อหมูมี 4 ระดับ คือเนื้อหมูซุปเปอร์มาร์เก็ต หมูปลอดสาร หมูตลาดสี่มุมเมือง และหมูตลาดบางกะปิ

Date หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมูมี 3 ระดับ คือ 0 2 และ วันที่เสีย

ตารางผนวกที่ 25 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าความหืน จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สารในวันที่ 0 2 4 และ 7

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	39	12.7167355	0.32607014	245.3	0.0001
GROUP	9	1.4980005	0.1664445	125.22	0.0001
DATE	3	9.6184095	3.2061365	2411.99	0.0001
GROUP*DATE	27	1.6003255	0.05927131	44.59	0.0001
Error	160	0.21268	0.00132925		
Corrected Total	199	12.9294155			

C.V.= 10.17978 R-Square = 0.983551 Root MSE = 0.036459

หมายเหตุ Group หมายถึง กลุ่มของเนื้อหมูมี 10 ระดับ คือ กลุ่มควบคุมสารสกัดมังคุด สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดพรุน สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี

Date หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมูมี 4 ระดับ คือ 0 2 4 และ 7 วัน

ตารางผนวกที่ 26 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังผ่านการทำให้สุก (% cooking loss) จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ในวันที่ 0 2 4 และ 7

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	39	7956.753102	204.01931	84.87	0.0001
GROUP	9	4235.506872	470.611875	195.78	0.0001
DATE	3	2791.504618	930.501539	387.1	0.0001
GROUP*DATE	27	929.741612	34.434875	14.33	0.0001
Error	160	384.60488	2.403781		
Corrected Total	199	8341.357982			

C.V.= 9.117234　　R-Square = 0.953892　　Root MSE = 1.550413

หมายเหตุ　Group หมายถึง กลุ่มของเนื้อหมูมี 10 ระดับ คือ กลุ่มควบคุมสารสกัดมังคุด สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D alpha tocopheryl acetate สารสกัดพรุน สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี

Date หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมูมี 4 ระดับ คือ 0 2 4 และ 7 วัน

ตารางผนวกที่ 27 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยจำนวนแบคทีเรีย (CFU/g) จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร ในวันที่ 0 2 4 และ 7 วัน

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	39	18.96641255	17.37534715	7.02	0.0001
GROUP	9	18.33797013	17.38372742	7.16	0.0001
DATE	3	18.03061186	17.55349223	10.59	0.0001
GROUP*DATE	27	18.77852603	17.34716212	6.58	0.0001
Error	160	18.73290094	16.52878177		
Corrected Total	199	19.16619618			

C.V.= 2.581959 R-Square = 0.631273 Root MSE = 8.264817

หมายเหตุ Group หมายถึง กลุ่มของเนื้อหมูมี 10 ระดับ คือ กลุ่มควบคุมสารสกัดมังคุด สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดพรุน สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี

Date หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมูมี 4 ระดับ คือ 0 2 4 และ 7 วัน

ตารางผนวกที่ 28 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี a จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	39	186.6356	4.785529	88.15	0.0001
GROUP	9	146.8926	16.3214	300.66	0.0001
DATE	3	32.65827	10.88609	200.53	0.0001
GROUP*DATE	27	7.084747	0.262398	4.83	0.0001
Error	360	19.5428	0.054286		
Corrected Total	399	206.1784			

C.V.= 2.823118 R-Square = 0.905214 Root MSE = 0.232993

หมายเหตุ Group หมายถึง กลุ่มของเนื้อหมูมี 10 ระดับ คือ กลุ่มควบคุมสารสกัดมังคุด สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดพรุน สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี

Date หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมูมี 4 ระดับ คือ 0 2 4 และ 7 วัน

ตารางผนวกที่ 29 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าสี L จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	39	2931.619	75.16971	31.96	0.0001
GROUP	9	2261.724	251.3027	106.84	0.0001
DATE	3	548.1686	182.7229	77.68	0.0001
GROUP*DATE	27	121.7258	4.508362	1.92	0.0045
Error	360	846.7883	2.35219		
Corrected Total	399	3778.407			

C.V.= 3.147032 R-Square = 0.775887 Root MSE = 1.533685

หมายเหตุ Group หมายถึง กลุ่มของเนื้อหมูมี 10 ระดับ คือ กลุ่มควบคุมสารสกัดมังคุด สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดพรุน สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี

Date หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมูมี 4 ระดับ คือ 0 2 4 และ 7 วัน

ตารางผนวกที่ 30 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยด้านสีจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	62	1326.934	21.40216	542.23	0.0001
GROUP	9	24.87652	2.764058	70.03	0.0001
DATE	8	1168.207	146.0258	3699.63	0.0001
GROUP*DATE	45	133.8509	2.974465	75.36	0.0045
Error	1197	47.246	0.03947		
Corrected Total	1259	1374.18			

C.V.= 5.68277 R-Square = 0.965619 Root MSE = 0.198671

หมายเหตุ Group หมายถึง กลุ่มของเนื้อหมูมี 10 ระดับ คือ กลุ่มควบคุมสารสกัดมังคุด สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดพรุน สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี

Date หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมูมี 9 ระดับ คือ 0 2 4 7 8 9 10 11 และ 12 วัน

ตารางผนวกที่ 31 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนเฉลี่ยด้านกลิ่นจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	62	677.0195	10.91967	634.82	0.0001
GROUP	9	14.53427	1.614919	93.88	0.0001
DATE	8	328.1346	41.01683	2384.51	0.0001
GROUP*DATE	45	334.3506	7.430013	431.94	0.0045
Error	1197	20.59	0.017201		
Corrected Total	1259	697.6095			

C.V.= 5.226576 R-Square = 0.970485 Root MSE = 0.131154

หมายเหตุ Group หมายถึง กลุ่มของเนื้อหมูมี 10 ระดับ คือ กลุ่มควบคุมสารสกัดมังคุด สารสกัดว่านหางจระเข้ ซอร์เบท วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate สารสกัดพรุน สารสกัดมังคุดผสมวิตามินอี สารสกัดพรุนผสมวิตามินอี และสารสกัดว่านหางจระเข้ผสมวิตามินอี

Date หมายถึง ระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อหมูมี 9 ระดับ คือ 0 2 4 7 8 9 10 11 และ 12 วัน

ตารางผนวกที่ 32 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนคะแนนด้านรสชาติ จากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สารในวันที่ 0

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	9	85.92	77.925	27.86	0.0001
Error	190	65.1	0.342632		
Corrected Total	199	151.02			

C.V.= 13.21326 R-Square = 0.568931 Root MSE = 0.585347

ตารางผนวกที่ 33 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อหมูจากเนื้อหมูปลอดสารที่ใช้สารต้านอนุมูลอิสระได้แก่ วิตามินอีที่อยู่ในน้ำมันทานตะวัน วิตามินอีที่อยู่ในรูป D-alpha-tocopheryl acetate ร่วมกับการใช้สารสกัดสมุนไพรซึ่งได้แก่ สารสกัดมังคุด สารสกัดพรุนและสารสกัดว่านหางจระเข้ เปรียบเทียบกับเนื้อหมูที่ไม่ผ่านการใช้สาร

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Treatment	9	442.12	49.12444	202.03	0.0001
Error	190	46.2	0.243158		
Corrected Total	199	488.32			

C.V.= 5.998910 R-Square = 0.905390 Root MSE = 0.493110

ประวัติผู้เขียน

นางสาวมีนา ชูโชติ เกิดเมื่อวันจันทร์ที่ 21 มีนาคม 2520. ที่จังหวัดจันทบุรี เป็นบุตรสาวคนที่ 3 ของอาจารย์ชูชีพ ชูโชติ และ อาจารย์สุดารัตน์ ชูโชติ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2540.