การเปรียบเทียบการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นที่มีต่อคุณภาพเนื้อสุกร

COMPARSON OF HOT AND COLD BONING ON PORK QUALITY

เกษ คงรักษ์
KEN KONGRAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AG-M-031-136

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การเปรียบเทียบการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นที่มีต่อคุณภาพเนื้อสุกร

COMPARISON OF HOT AND COLD BONING ON PORK QUALITY

เคน คงรักษ์

KEN KONGRAK

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 81375
วัน,เดือน,ปี 11 มิ.ย. 2551

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-AG-M-031-136

COMPARISON OF HOT AND COLD BONING ON PORK QUALITY

KEN KONGRAK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADGRABANG

2008

KMITL-2008-AG-M-031-136

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADGRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นที่มีต่อคุณภาพเนื้อสุกร
นักศึกษา	นายเคน คงรักษ์
รหัสประจำตัว	46062408
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. จุฑารัตน์ เศรษฐกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร. กันยา ตันติวิสุทธิกุล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นต่อคุณภาพเนื้อสุกร ได้แก่ การลดลงของอุณหภูมิในเนื้อ การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างในเนื้อ สีของเนื้อ ปริมาณชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง ประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานตัดแต่ง และปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเนื้อ โดยการทดลองที่ 1 ใช้ซากสุกรขุนลูกผสม (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์ x ดูร็อค) จำนวน 456 ตัว น้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ย 90 กิโลกรัม ผ่านกระบวนการฆ่าจากโรงฆ่าสุกรขนาดเล็กที่ได้มาตรฐาน ซากสุกรจำนวน 335 ตัว ถูกนำมาตัดแต่งซากอุ่นทันทีหลังกระบวนการฆ่า นำเอากล้ามเนื้อสันนอก (*M. longissimus dorsi*) ที่ได้จากการตัดแต่ง ผึ่งไว้ในห้องตัดแต่งที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส นาน 4 ช.ม. แล้วจึงนำไปเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ -4 ถึง 4 องศาเซลเซียส ส่วนซากสุกรจำนวน 121 ตัว ทำการตัดแต่งซากเย็น หลังจากลดอุณหภูมิซากในห้องเย็นแล้วเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิ และค่า pH ในกล้ามเนื้อสันนอกที่เวลา 45 นาที และ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย จากการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ที่เวลา 12 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย อุณหภูมิของเนื้อจากการตัดแต่งซากอุ่นต่ำกว่าซากเย็น (3.66 และ 5.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ขณะที่ค่า pH ของเนื้อจากการตัดแต่งซากอุ่นสูงกว่าการตัดแต่งซากเย็น(6.43 และ 6.34) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าความสว่างของสีเนื้อ (L*) และเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนต่าง ๆ จากการตัดแต่งซากอุ่น และจากการตัดแต่งซากเย็นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นชิ้นส่วนสามชั้นจากการตัดแต่งซากอุ่นต่ำกว่าการตัดแต่งซากเย็น (12.57 และ 13.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และปริมาณไขมันรวมจากการตัดซากอุ่นสูงกว่าการตัดแต่งซากเย็น (17.09 และ 15.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่พนักงานตัดแต่ง 1 คนใช้ในการตัดแต่งซากสุกร 1 ตัวโดยวิธีการตัดแต่งซากอุ่นจะน้อยกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการตัดแต่งซากเย็น (24.14 และ 30.80 นาที ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

การทดลองที่ 2 ใช้ซากสุกรขุนสามสายพันธุ์ (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์ x ดูร็อค) จำนวน 40 ตัว น้ำหนักเข้าฆ่า 100 ถึง 120 กิโลกรัม ผ่านกระบวนการฆ่าจากโรงฆ่าสุกรเดียวกันกับการทดลองที่ 1 ซากซีกขวาทำการตัดแต่งซากอุ่น ส่วนซากซีกซ้ายทำการตัดแต่งซากเย็น พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Arobic Count) จากการตัดแต่งซากอุ่นมากกว่าการตัดแต่งซากเย็น อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ทั้งช่วงก่อน และหลังการตัดแต่ง โดยช่วงก่อนการตัดแต่งซากอุ่นมีค่าเท่ากับ 5.28 log cfu/g ส่วนก่อนการตัดแต่งซากเย็นมีค่าเท่ากับ 4.66 log cfu/g และหลังการตัดแต่งซากอุ่นมีค่าเท่ากับ 5.57 log cfu/g และหลังการตัดแต่งซากเย็นมีค่าเท่ากับ 4.91 log cfu/g ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า ในกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ทั้งก่อนและหลังการตัดแต่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) อย่างไรก็ตาม หลังจากเก็บเนื้อไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ปริมาณจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) จาก 5.57 log cfu/g เป็น 6.65 log cfu/g ขณะที่ในกระบวนการตัดแต่งซากเย็น ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดบนซากหลังจากการลดอุณหภูมิลดลงจาก 5.58 log cfu/g เป็น 4.66 log cfu/g (P<0.01) แต่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ก่อนและหลังการตัดแต่งซากเย็น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ(P>0.05)

Thesis Titel	Comparison of Hot and Cold Boning on Pork Quality
Student	Mr. Ken Kongrak
Student ID.	46062408
Degree	Master of Science
Program	Animal Science
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Jutarat Sethakul
Thesis Co-advisor	Assoc.Prof.Dr. Kunya Tuntivisoottikul

ABSTRACT

This research was aimed to study the effect of hot and cold boning on pork quality consisting of meat temperature decreasing, pH value changing, meat color, percentage of wholesale cuts, working efficiency and microbial contamination. The study was divided into two experiments. In experiment I, four hundred fifty-six crossbreds fattening pigs (Landrace x Large White x Duroc), 90 kg live weight, were slaughtered in a small scale standard abattoir. Three hundred thirty-five carcasses were cut under hot boning condition. After boning, *M. longissimus dorsi* were kept at 20 °C in cutting room for 4 hour, and then they were kept in chilling room at -4 to 4 °C. The one hundred twenty-one carcasses were kept at -4 to 4 °C in chilling room for 12 hour, after that the carcasses were cut in cold boning method. The result showed that it had no significant difference ($P>0.05$) between the temperature and the pH at 45 min. and 24 hour post mortem of the two cutting methods. However, it was found that at 12 hour post mortem, the temperature of the hot boning was significantly lower ($P<0.01$) than that of the cold boning method (3.66 and 5.00 °C, respectively), meanwhile the pH value of the hot boning was higher ($P<0.01$) than that of the cold boning (6.43 and 6.34, respectively). No significant difference ($P>0.05$) in the color (L*) and the percentage of cuts from the two methods were detected, except the belly percentage and the total fat percentage. The percentage of belly of the hot boning was significantly lower ($P<0.01$) than that of the cold boning (12.57 and 13.55 %) whereas the total fat percentage of the hot boning was higher than that of the cold boning (17.09 and 15.33 %). For the man working efficiency, average time of the cutting per carcass in the hot boning process was shorter ($P<0.01$) than that in the cold boning process (24.14 and 30.80 minutes).

In the experiment II, forty crossbreds fattening pigs (Landrace x Large White x Duroc), 100-120 kg live weight were also slaughtered in the same abattoir in experiment I. The right side of the carcass was used for hot boning, while the left side was used for the cold boning. It had showed that the cutting methods

had significantly effected ($P<0.05$) on the average numbers of Total Aerobic Count (TAC) both before and after the cut, thereby the average numbers of TAC before cutting was 5.28 log cfu/g for the hot and 4.66 log cfu/g for the cold cutting and after cutting, it was 5.57 log cfu/g for the hot and 4.91 log cfu/g for the cold cutting, respectively. Furthermore in the hot boning method, the process of the cutting both before and after cutting, showed no significant difference on the average numbers of TAC. However, after the cuts were kept at 20 °C for 4 hour, the average numbers of TAC was significantly increased ($P<0.01$) from 5.57 log cfu/g to 6.65 log cfu/g. Whereas, in the cold boning process, the average numbers of TAC of the carcass after chilling was significantly decreased ($P<0.01$) from 5.58 log cfu/g to 4.66 log cfu/g. However, the average numbers of TAC between before and after cold cutting were not significantly difference ($P>0.05$).

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง X

สารบัญภาพ XII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 2

1.3 สถานที่ดำเนินการ 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2

1.5 ระยะเวลาในการศึกษา 2

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย 4

2.2 การลดลงของค่า pH ภายในกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย 5

2.3 กระบวนการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย 7

2.4 การเสื่อมสภาพของโปรตีนในเนื้อสัตว์ 8

2.5 การจัดการซากภายหลังสัตว์ตายที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพเนื้อ 9

2.5.1 การลดอุณหภูมิซาก 9

2.5.1.1 การลดอุณหภูมิซากโดยวิธีปกติ 10

2.5.1.2 การลดอุณหภูมิซากโดยใช้น้ำเย็นพ่นซาก 10

2.5.1.3 การลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็วโดยการเป่าด้วยลมเย็น 10

2.5.1.4 การลดอุณหภูมิซากโดยใช้ก๊าซเฉื่อย 11

2.5.2. การกระตุ้นซากด้วยกระแสไฟฟ้า 11

2.5.3 การบ่มซาก 12

2.5.4 การตัดแต่งซากสุกร 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ 14

2.6.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเมแทบอลิซึมในกล้ามเนื้อ 14

2.6.2 การหดตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากความเย็น 15

2.6.3 การหดตัวของเนื้อระหว่างการละลาย 15

2.6.4 การหดตัวเนื่องจากความร้อน 16

2.6.5 การเกิดเนื้อซีดแฉะและฉ่ำ 16

2.7 การตัดแต่งซากอุ่น 17

2.7.1 ความเป็นมาของการตัดแต่งซากอุ่น 17

2.7.2 ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบในการตัดแต่งซากอุ่น 18

2.7.3 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อปริมาณผลผลิตเนื้อ 19

2.7.4 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อการลดลงของอุณหภูมิ และค่า pH ในเนื้อ 20

2.7.5 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อความนุ่มของเนื้อ 22

2.7.6 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อการอุ้มน้ำของเนื้อ 23

2.7.7 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อสีของเนื้อ 25

2.7.8 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ 27

2.7.9 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อการนำเนื้อไปแปรรูป 29

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 30

3.1 ซากสุกรทดลอง 30

3.2 อุปกรณ์ 30

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดคุณภาพเนื้อทางกายภาพ และประสิทธิภาพในการทำงาน 30

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ 31

3.3 วิธีการ 31

3.3.1 การทดลองที่ 1 31

3.3.2 การทดลองที่ 2 35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 35

บทที่ 4 ผลการทดลอง 36

4.1 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อคุณภาพเนื้อสุกร 36

4.1.1 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่ออุณหภูมิในเนื้อ 36

4.1.2 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อค่า pH ภายในเนื้อ 36

4.1.3 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อค่าสีของเนื้อ 37

4.2 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อปริมาณชิ้นส่วนจากการตัดแต่ง 37

4.3 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อประสิทธิภาพการทำงาน ของพนักงานตัดแต่ง 38

4.4 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็น ต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อ 39

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 41

5.1 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่ออุณหภูมิในเนื้อ 41

5.2 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อค่า pH ภายในเนื้อ 42

5.3 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อค่าสีของเนื้อ 43

5.4 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อปริมาณชิ้นส่วนจากการตัดแต่ง 44

5.5 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็น ต่อประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานตัดแต่ง 45

5.6 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็น ต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อ 46

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ 48

6.1 สรุป 48

6.2 ข้อเสนอแนะ 49

หน้า

บรรณานุกรม 50

ภาคผนวก ก 57

ภาคผนวก ข 63

ประวัติผู้เขียน 75

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 เปรียบเทียบผลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อคุณภาพเนื้อสุกร 37

4.2 เปรียบเทียบปริมาณชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็น 38

4.3 เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจากการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็น 39

4.4 เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจากการตัดแต่งซากอุ่น ณ แต่ละช่วงเวลา 40

4.5 เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจากการตัดแต่งซากเย็น ณ แต่ละช่วงเวลา 40

ก.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย 58

ก.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 12 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย 58

ก.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย 58

ก.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่า pH ภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย 58

ก.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่า pH ภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 12 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย 59

ก.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่า pH ภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย 59

ก.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าความสว่างของสีเนื้อ (L) บนหน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย 59

ก.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ซากของสุกร 59

ก.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจากการตัดแต่งของสุกร 60

ก.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนสามชั้นจากการตัดแต่งของสุกร 60

ก.11 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ขาจากการตัดแต่งของสุกร 60

ก.12 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์กระดูกซี่โครงจากการตัดแต่งของสุกร 60

ก.13 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เนื้อติดกระดูกจากการตัดแต่งของสุกร 60

ก.14 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมจากการตัดแต่งของสุกร 61

ก.15 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์กระดูกรวมจากการตัดแต่งของสุกร 61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ก.16 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเวลาที่ใช้ในการตัดแต่งซากสุกร 61

ก.17 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณจุลินทรีย์ก่อนการตัดแต่งซากสุกร 61

ก.18 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณจุลินทรีย์หลังการตัดแต่งซากสุกร 61

ก.19 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์
ในแต่ละช่วงเวลาของการตัดแต่งซากอุ่น 62

ก.20 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์
ในแต่ละช่วงเวลาของการตัดแต่งซากเย็น 62

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 กราฟแสดงการลดลงของค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอก ของสุกร และโค ในแต่ละชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย 7

3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานการทดลองที่ 1 34

4.6 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็น 39

ข.1 แสดงการลดลงของอุณหภูมิกล้ามเนื้อสันนอกในการตัดแต่งซากอุ่น ที่เวลา 20 นาที 45 นาที 4 ชั่วโมง 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ 66

ข.2 แสดงการลดลงของอุณหภูมิกล้ามเนื้อสันนอกในการตัดแต่งซากเย็น ที่เวลา 20 นาที 45 นาที 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ 66

ข.3 แสดงการลดลงของค่า pH กล้ามเนื้อสันนอกในการตัดแต่งซากอุ่น ที่ เวลา 45 นาที 4 ชั่วโมง 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย 67

ข.4 แสดงการลดลงของค่า pH กล้ามเนื้อสันนอกในการตัดแต่งซากเย็น ที่ เวลา 45 นาที 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย 67

ข.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงสี L* (Lightness) ของกล้ามเนื้อสันนอก 68

ข.6 ภาพชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการตัดแต่งซากสุกร 69

ข.7 การเก็บตัวอย่างเนื้อเพื่อนำไปตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด ที่ซากก่อนการตัดแต่งซากอุ่น 72

ข.8 การเก็บตัวอย่างเนื้อเพื่อนำไปตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด ที่ชิ้นเนื้อหลังการตัดแต่งซากอุ่น 73

ข.9 การเก็บตัวอย่างเนื้อเพื่อนำไปตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด ที่ชิ้นเนื้อก่อนและหลังการตัดแต่งซากเย็น 74

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ระบบการตัดแต่งซากสุกรโดยทั่วไปจะทำการลดอุณหภูมิซากให้อุณหภูมิภายในเนื้อลดลงที่ 4 องศาเซลเซียส แล้วจึงทำการตัดแต่งตัดแต่งซาก การตัดแต่งด้วยวิธีนี้เรียกว่า การตัดแต่งซากเย็น (cold boning) วิธีนี้จะทำให้ใช้พื้นที่มากในการเก็บรักษาซาก และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลดอุณหภูมิซากเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความแตกต่างของน้ำหนักซาก และความหนาไขมันหุ้มซากเป็นปัจจัยผันแปรต่ออัตราการลดลงของอุณหภูมิในเนื้อ การแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้สามารถทำได้โดยการตัดแต่งซากทันทีภายหลังจากกระบวนการฆ่าในขณะที่ซากยังอุ่นอยู่ จากนั้นจึงนำชิ้นส่วนของกล้ามเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งไปลดอุณหภูมิในห้องเย็น กระบวนการตัดแต่งเช่นนี้เรียกว่า การตัดแต่งซากอุ่น (hot boning) วิธีการตัดแต่งซากอย่างรวดเร็วภายหลังกระบวนการฆ่าในขณะที่ซากยังอุ่นอยู่ สามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิตลงได้ เนื่องจากการใช้พื้นที่ในการเก็บ และแรงงานลดลง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการลดอุณหภูมิซากลดลง นอกจากนี้ยังเป็นการเร่งกระบวนการผลิตให้เนื้อตัดแต่งออกสู่ตลาดได้เร็วขึ้น และน้ำหนักรวมของผลผลิต (yield) สูงขึ้นประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ (Taylor *et al.* 1981) เนื่องมาจากการลดลงของการสูญเสียจากการระเหยของน้ำ (evapolative loss) และเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นยังมีแนวโน้มที่จะมีค่าการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity) ดีขึ้น ลดการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บเนื้อ และสีของเนื้อจะมีความสม่ำเสมอมากขึ้น นอกจากนี้ผู้บริโภคในประเทศไทยยังมีความเชื่อว่า เนื้อสุกรที่เป็นเนื้ออุ่นเป็นเนื้อสุกรที่มีความสดกว่า และใหม่กว่าเนื้อสุกรแช่เย็น เนื่องจากได้จากการผลิตวันต่อวัน จึงมีความนิยมในการบริโภคเนื้อสุกรที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นมากกว่า

ในประเทศไทยโรงฆ่าสุกรโดยทั่วไปเป็นโรงฆ่าสุกรขนาดเล็กที่มีกำลังการผลิตต่อวันต่ำ กระบวนการฆ่าสุกร และตัดแต่งซากจะมีความแตกต่างกับโรงฆ่ามาตรฐานขนาดใหญ่เป็นอย่างมาก โดยในโรงฆ่าขนาดเล็กขั้นตอนบางอย่างจะถูกตัดทอนลงเพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิต เนื่องจากโรงฆ่าสัตว์ขนาดเล็กส่วนใหญ่ในประเทศไทยจะไม่มีห้องเย็นขนาดใหญ่เพื่อใช้ในการลดอุณหภูมิซาก ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดต้นทุน และทำให้ผลผลิตเนื้อสุกรออกสู่ตลาดได้อย่างรวดเร็ว จึงทำการตัดแต่งซากอุ่นภายหลังกระบวนการฆ่าแล้วส่งขายเป็นเนื้อที่ยังไม่ได้ทำการลดอุณหภูมิ หรือส่งไปตัดแต่งที่จุดจำหน่ายในตลาดซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ถูกหลักสุขอนามัย โดยการตัดแต่งซากอุ่นที่ดีควรทำทันทีภายหลังกระบวนการแบ่งซาก (splitting) จากนั้นนำชิ้นส่วนเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งไปลดอุณหภูมิในห้องเย็นทันที ซึ่งจะเป็นวิธีการที่ถูกต้อง ประหยัด เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการจัดการในโรงฆ่าสุกรขนาดเล็ก

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาคุณภาพเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นในโรงฆ่าสุกรยังไม่มีผู้รายงาน ทั้ง ๆ ที่ประเทศไทยคุ้นเคยกับวิธีการนี้มาอย่างยาวนาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นที่มีต่อคุณภาพเนื้อสุกรทางด้านต่าง ๆ ซึ่งเป็นเรื่องที่ควรได้มีการศึกษาวิจัยและทำการเปรียบเทียบกับการตัดแต่งซากเย็น

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1) เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพเนื้อทางด้านกายภาพที่มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดเนื้อ ซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ ของเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และตัดแต่งซากเย็น

2) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณชิ้นส่วนเนื้อ กระดูก และไขมันที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และตัดแต่งซากเย็น

3) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานที่ตัดแต่งซากอุ่น และตัดแต่งซากเย็น

4) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และตัดแต่งซากเย็น

1.3 สถานที่ดำเนินการ

สถานที่ดำเนินการศึกษาคือ โรงฆ่า และตัดแต่งสุกรมาตรฐาน บริษัท MT 9999 จำกัด บ้านห้วยสามพาด อำเภอประจักษ์ศิลปาคม จังหวัดอุดรธานี

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1) การทดลองที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อคุณภาพเนื้อทางกายภาพ ได้แก่ การลดลงของอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง และการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อสุกร เปรียบเทียบผลของวิธีการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อปริมาณผลผลิตเนื้อสุกร และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงานตัดแต่งที่ตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็น

2) การทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อสุกร

1.5 ระยะเวลาในการศึกษา

1) ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล และศึกษาคุณภาพเนื้อทางกายภาพ ปริมาณผลผลิตที่ได้จากการตัดแต่ง และประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานตัดแต่ง รวมระยะเวลา 12 เดือน

2) ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล และตรวจนับการปนเปื้อนของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อสุกรที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็น รวมระยะเวลา 12 เดือน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนารูปแบบการจัดการในกระบวนการตัดแต่งซากที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงคุณภาพเนื้อ ผลผลิตเนื้อสุกรที่ได้จากการตัดแต่งและประสิทธิภาพของการทำงานที่ได้จากการตัดแต่งทั้ง 2 รูปแบบ

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของกล้ามเนื้อภายหลังจากสัตว์ตาย

การเปลี่ยนแปลงภายในกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย (post-mortem change) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นภายหลังสิ้นสุดขั้นตอนการทำให้สัตว์ตาย (sticking) ซึ่งมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในกล้ามเนื้อ ความสามารถในการทำหน้าที่ต่าง ๆ ของกล้ามเนื้อจะสูญเสียไปทีละน้อย และเมื่อเวลาผ่านไปกล้ามเนื้อจะถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อสัตว์โดยสมบูรณ์ โดยการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ภายหลังสัตว์ตายนี้จะมีผลอย่างมากต่อลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในขั้นสุดท้าย (Lonergan. 2001)

สัญชัย จตุรสิทธา (2543) อธิบายว่า หลังจากสัตว์ถูกฆ่าแล้วกล้ามเนื้อสัตว์ไม่ได้หยุดการทำงานทันที แต่ในทางตรงกันข้ามการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านชีวเคมีและกายภาพได้เกิดขึ้นและดำเนินอยู่ในช่วงเวลาหนึ่งจนกระทั่งกล้ามเนื้ออยู่ในสภาพที่เกิดการเกร็งตัว จึงถือได้ว่ากล้ามเนื้อได้กลายเป็นเนื้อสัตว์ (meat) การพยายามรักษาสมดุลความมีชีวิตของกล้ามเนื้อจะดำเนินขึ้นทันทีหลังจากกระบวนการเอาเลือดออกจากร่างกายสัตว์ เพื่อที่จะพยายามรักษาสภาพต่าง ๆ ในขณะมีชีวิตให้เหมือนเดิมจำเป็นต้องอาศัยพลังงานจำนวนมากพลังงานเหล่านี้ได้จากการสลายสารประกอบ adenosine triphosphate (ATP) โดยเอนไซม์ ATPase ซึ่งมีอยู่ในไซโตพลาสซึม (cytoplasm)

$$ATP \xrightarrow{ATPase} ADP + Pi + Energy$$

เมื่อสัตว์ตายแล้ว กระบวนการสร้าง ATP ในสภาพปกติจะหยุดชะงัก ดังนั้นปริมาณ adenosine triphosphate (ATP) ที่สะสมไว้จึงถูกใช้หมดไปอย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องหาพลังงานอื่นมาทดแทนส่วนที่ถูกใช้ไป แหล่งแรกที่นำมาใช้คือ การแลกเปลี่ยนกลุ่มฟอสเฟตระหว่าง creatine phosphate กับ adenosine diphosphate (ADP) โดยเอนไซม์ creatine kinase

$$\text{Creatine phosphate} + ADP \xrightleftharpoons{\text{creatine kinase}} ATP + \text{Creatine}$$

กระบวนการนี้เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เพราะว่า creatine phosphate มีปริมาณจำกัด จึงถูกใช้อย่างรวดเร็ว ไกลโคเจน (glycogen) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรทที่สะสมในกล้ามเนื้อจะถูก

นำมาใช้ย่อยสลายโดยมีเอนไซม์เข้ามาเกี่ยวข้องหลายขั้นตอน เพื่อให้ได้พลังงานในรูป ATP ออกมาทดแทนส่วนที่ถูกใช้ กระบวนการนี้เรียกว่า ไกลโคไลซิส (glycolysis) ซึ่งถ้ายังมีออกซิเจนเพียงพอในกล้ามเนื้อก็จะเกิดกระบวนการไกลโคไลซิสโดยใช้ออกซิเจน (aerobic glycolysis)

$$O_2 + \text{Glycogen} \xrightarrow{\text{aerobic glycolysis}} CO_2 + H_2O + 37\ ATP$$

เนื่องจากมีการขจัดเลือดออกจากร่างกายในการฆ่าสัตว์ ปริมาณออกซิเจนที่เข้าไปในเซลล์กล้ามเนื้อจะลดลงอย่างรวดเร็ว ยังผลให้เกิดกระบวนการย่อยสลาย glycogen แบบไม่ใช้ออกซิเจน เรียกว่ากระบวนการไกลโคไลซิสโดยไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic glycolysis) เกิดขึ้นทดแทน

$$\text{Glycogen} \xrightarrow{\text{anaerobic glycolysis}} 3\ ATP + \text{Lactic acid}$$

กระบวนการสุดท้ายนี้เรียกว่า กระบวนการไกลโคไลซิสภายหลังสัตว์ตาย (post-mortem glycolysis) ซึ่งเมื่อมีการสลาย glycogen จะได้พลังงานออกมานั่นคือ ATP รวมทั้งกรดแลคติค (lactic) ซึ่งจะเกิดการสะสมอยู่ในกล้ามเนื้อ

2.2 การลดลงของค่า pH ภายในกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย

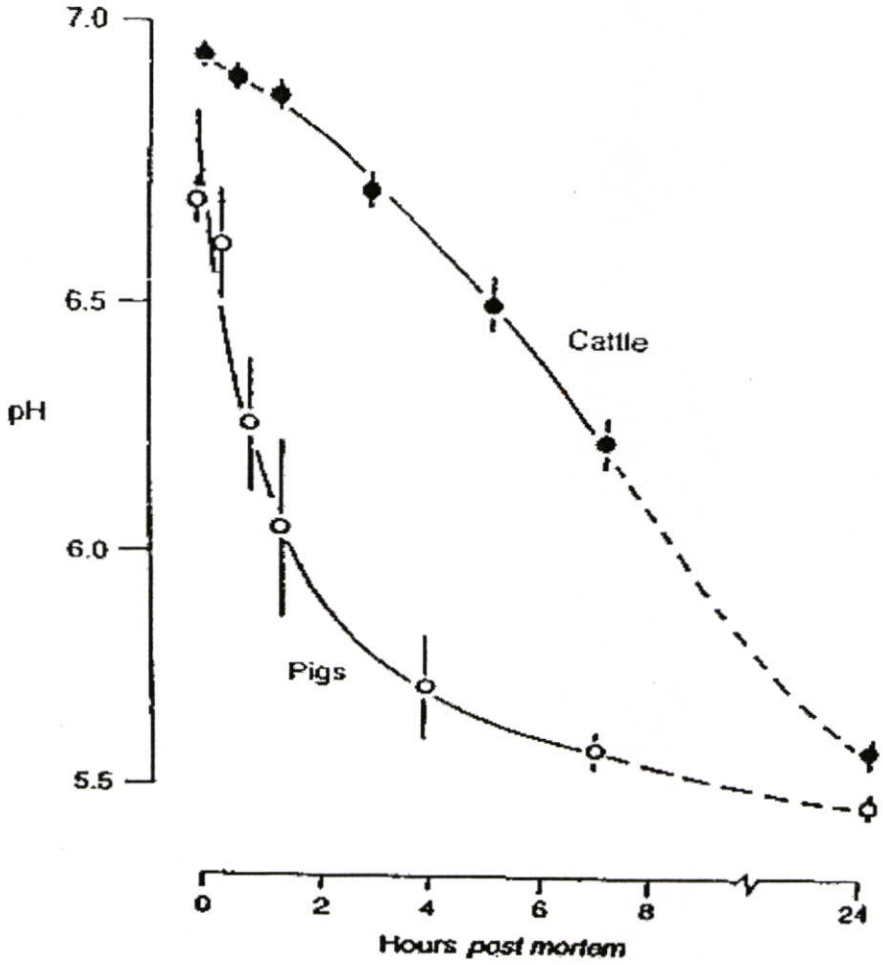
หลังจากกระบวนการเอาเลือดออก ระบบการหมุนเวียนโลหิตจะไม่สามารถขนส่งสารอาหาร และออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อได้ นอกจากนั้นของเสีย และความร้อนก็ไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกจากกล้ามเนื้อได้ แต่ภายหลังสัตว์ตาย กล้ามเนื้อยังไม่หยุดการทำงานโดยทันที จึงยังต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการยืดหดตัวต่อไป แต่ปริมาณออกซิเจนภายในกล้ามเนื้อลดลงอย่างมาก ทำให้กระบวนการในการสลาย glycogen เพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อเปลี่ยนจาก aerobic pathways ซึ่งต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการสลาย glycogen ไปเป็น anaerobic pathways ซึ่งไม่ต้องใช้ออกซิเจน ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสลาย glycogen โดยไม่ใช้ออกซิเจนนอกจากพลังงานแล้วก็คือ กรดแลคติค หากสัตว์ยังมีชีวิตอยู่ กรดแลคติคที่ผลิตขึ้นจากกระบวนการสลาย glycogen โดยไม่ใช้ออกซิเจนนี้จะถูกลำเลียงออกจากกล้ามเนื้อโดยทางระบบหมุนเวียนโลหิต แต่เมื่อสัตว์ถูกฆ่าระบบหมุนเวียนโลหิตจะถูกตัดทำให้กรดแลคติคไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกไปจากกล้ามเนื้อได้ ดังนั้นจะเกิดการสะสมของกรดแลคติคภายในกล้ามเนื้อ และปริมาณกรดแลคติคจะเพิ่มขึ้นทีละน้อย และเป็นสาเหตุให้ค่า pH ภายในกล้ามเนื้อค่อย ๆ ลดลง กรดแลคติค

จะถูกสร้างขึ้นอย่างต่อเนื่องภายในกล้ามเนื้อจนกระทั่งปริมาณ glycogen ที่สะสมภายในกล้ามเนื้อลดน้อยลงหรือจนกระทั่งค่า pH ต่ำมากพอที่จะทำให้ glycolytic enzyme สามารถทำงานได้ การสะสมของกรดแลคติคจะทำให้ค่า pH ของกล้ามเนื้อลดลงจากในกล้ามเนื้อของสัตว์ที่ยังมีชีวิตค่า pH จะอยู่ที่ประมาณ 7.4 และจะค่อยลดลงเป็น 5.6 ถึง 5.7 ภายในเวลา 6 ถึง 8 ชั่วโมงหลังจากสัตว์ตาย และเป็น 5.3 ถึง 5.7 ภายใน 24 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตาย (Lonergan. 2001)

ปริมาณของ glycogen ในกล้ามเนื้อขณะมีชีวิตมี 12 ถึง 15 mg/g. หลังจากสัตว์ตายจะลดลงเหลือประมาณ 1.1 mg/g. และปริมาณกรดแลคติคจะเพิ่มขึ้นจากประมาณ 15 μmol/g. เป็น 60 ถึง 70 μmol/g. หลังจากสัตว์ตาย 1 ชั่วโมง และระดับ ATP จะลดลงจาก 3 mg/g. ในขณะมีชีวิตเป็น 1.1 mg/g. ที่ประมาณ 1 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย และที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายจะเหลือเพียง 0.01 mg/g. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะลดจาก pH 7 เป็น pH 5.4 ถึง 5.6 หลังจากสัตว์ตาย 6 ถึง 24 ชั่วโมง กรดแลคติคที่เกิดจากกระบวนการ anerobic glycolysis จะทำให้ค่า pH ของกล้ามเนื้อลดลง โดยค่า pH จะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดสุดท้ายที่พลังงานสะสมในกล้ามเนื้อถูกใช้จนหมด ค่า pH นี้จะเรียกว่า ultimate pH ซึ่งจะมีค่าประมาณ 5.3 ถึง 5.6 (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) Smulder and vanLaack (1992) อธิบายว่าที่จุด ultimate pH นี้ เป็นจุดที่เรียกว่า iso-electric point ซึ่งเป็นจุดที่ประจุบวกและประจุลบของสายอะมิโนในเนื้อจะเท่ากัน ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้แรงดึงดูดระหว่างประจุทั้งสองมีมากที่สุด แรงดึงดูดนี้จะดึงเส้นใยกล้ามเนื้อให้เข้ามาใกล้ชิดกัน ทำให้น้ำเข้าไปจับกับเส้นใยกล้ามได้น้อยลง ทำให้คุณสมบัติการจับกับน้ำ (water holding capacity) ของกล้ามเนื้อต่ำที่สุด

กระบวนการสร้างกรดแลคติคในสุกรจะสิ้นสุดหลังสัตว์ตาย 4 ถึง 8 ชั่วโมง ในโค 15 ถึง 36 ชั่วโมง (Dransfield. 1994) การลดลงของค่า pH ของโคจะลดจาก pH 7.2 จนถึงประมาณ 5.5 โดยใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ในขณะที่การลดลงของค่า pH ของสุกรจะลดลงได้เร็วกว่าโคโดยจะเข้าใกล้ pH 5.5 ที่ประมาณ 7 ชั่วโมงหลังจากสัตว์ตาย (Warriss. 2000) ดังภาพที่ 2.1

กล้ามเนื้อที่มีปริมาณ glycogen สูงเมื่อเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อสัตว์ในขั้นสุดท้ายจะมีค่า pH ต่ำกว่าปกติ นอกจากนี้กล้ามเนื้อของสัตว์ที่มีอัตราเมแทบอลิซึมสูงภายหลังสัตว์ตายจะมีอัตราในการสลาย glycogen และการลดลงของค่า pH อย่างรวดเร็วภายหลังสัตว์ตาย มากกว่ากล้ามเนื้อของสัตว์ที่มีอัตราเมแทบอลิซึมต่ำ หรือกล้ามเนื้อของสัตว์ที่มีอัตราเมแทบอลิซึมปกติ ซึ่งทั้งอัตราเมแทบอลิซึม และอัตราการลดลงของค่า pH นี้จะมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์ (Lonergan. 2001)



ภาพที่ 2.1 กราฟแสดงการลดลงของค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกร และโค ในแต่ละชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย (Warriss. 2000)

2.3 กระบวนการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย (Rigor mortis)

การเกร็งตัวของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย หมายถึง ปรากฏการณ์ที่กล้ามเนื้อหดตัวอย่างถาวรภายหลังจากสัตว์ตายแล้วหรือที่เรียกว่าเนื้อตาย โดยเนื้อจะมีสภาพเกร็งตัว สภาพเช่นนี้จะเกิดขึ้นเมื่อพลังงานสะสมทั้งที่อยู่ในรูป glycogen, adenosine diphosphate (ADP) และ adenosine triphosphate (ATP) ถูกใช้ไปจนหมด โดย Aberle *et al.* (2001) พบว่า ในช่วงแรกของการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อจะยังสามารถยืดออกได้ เนื่องจากยังมี Mg-ATP ซึ่งทำหน้าที่ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวออกจากกันระหว่างเส้นใยแอคติน (actin) และไมโอซิน (myosin) หลังจากเวลาผ่านไป Mg-ATP จะค่อย ๆ ลดลง นอกจากนั้น creatine phosphate ซึ่งเป็นแหล่งในการสร้าง adenosine triphosphate (ATP) จากกระบวนการแลกเปลี่ยนกลุ่มฟอสเฟต (phosphorylation) กับ adenosine diphosphate (ADP) จะลดลงอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ adenosine triphosphate (ATP) ลดลงอย่าง

ฉับพลันซึ่งเป็นสัญญาณของการเริ่มกระบวนการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

กล้ามเนื้อจะเริ่มกระบวนการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อเมื่อเกิดการเชื่อมประสานกันอย่างถาวรระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ 2 ชนิด คือ แอคติน (actin) และไมโอซิน (myosin) กลายเป็นสารประกอบที่เรียกว่า แอคโตไมโอซิน (actomyosin) (Hannula and Puolanne. 2004) ซึ่ง จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) ได้อธิบายไว้ว่า เส้นใย actin และ myosin จะเลื่อนเข้าหากันเต็มที่เกิด crosslinkage ที่เกาะเกี่ยวแน่นเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กล้ามเนื้อสัตว์ที่มีชีวิตจะเกิดการหดตัว และเกาะกันของ crosslinkage ระหว่างเส้นใย actin และ myosin เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลให้ระยะของซาร์โคเมียร์ (sarcomere) ซึ่งเป็นหน่วยของกล้ามเนื้อสั้นลง และกล้ามเนื้อเกิดการเกร็งตัว

2.4 การเสื่อมสภาพของโปรตีนในเนื้อสัตว์ (protein denaturation)

คุณสมบัติของโปรตีนภายหลังสัตว์ตายจะมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการ anaerobic glyclysis มีผลทำให้ปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้น ค่า pH ในกล้ามเนื้อลดต่ำลง นอกจากนี้ยังเกิดความร้อนขึ้นจากกระบวนการดังกล่าว ซึ่งมีส่วนทำให้โปรตีนชนิดที่ละลายน้ำได้ (sarcoplasmic protein) เกิดการตกตะกอน เนื่องมาจากการลดลงของค่า pH และอุณหภูมิที่สูงขึ้น การตกตะกอนของโปรตีนดังกล่าวจะทับลงบน myofibrilar protein ซึ่งได้แก่ actin และ myosin มีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำได้ของโปรตีนดังกล่าวลดลง (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) เนื้อสัตว์ที่อยู่ในขณะเกิดภาวะ rigor mortis จะมีความเหนียวมาก แต่เมื่อผ่านภาวะ rigor mortis อย่างสมบูรณ์แล้วเนื้อนั้นจะนุ่มขึ้นเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติของเซลล์ ซึ่งสารประกอบ actomyosin จะค่อย ๆ แยกออกจากกัน บริเวณ Z-line จะเกิดการเสื่อมสลาย ซึ่งเชื่อว่าเป็นปรากฏการณ์ที่เป็นสาเหตุหนึ่งซึ่งทำให้กล้ามเนื้อค่อย ๆ อ่อนตัวลง นอกจากนี้เส้นใยของกล้ามเนื้อขณะมีชีวิต จะมีสารที่ใช้สลายโปรตีนชนิดหนึ่งซึ่งเก็บไว้ภายในเซลล์ไลโซโซม (lysosome) เรียกว่าเอนไซม์ คาเธพซินส์ (cathepsins) เมื่อสัตว์ตายลง และระดับ pH ของเนื้อสัตว์ลดลงถึง 5.3 ถึง 5.7 เหมาะสมต่อการทำงานของ cathepsins เอนไซม์นี้จะรั่วออกมาจากผนังเซลล์ไลโซโซมจากนั้นทำการสลายโปรตีน และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของเส้นใยกล้ามเนื้อได้บางส่วน จึงเป็นสาเหตุทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้น หลังจากผ่านการเก็บบ่มได้นานขึ้นเอนไซม์ cathepsins จะทำการย่อยสลายโปรตีนได้มากขึ้น โดยเฉพาะสภาวะที่อุณหภูมิสูง และค่า pH ที่ต่ำ และยังพบว่าในกระบวนการ glycolysis ที่เกิดเร็วขึ้นจะทำให้ค่า pH ของเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการเร่งการทำงานของเอนไซม์ cathepsins จึงเป็นผลให้เนื้อสัตว์มีความนุ่มเพิ่มขึ้น (Moeller *et al.* 1976, 1977; Watanabe *et al.*1991) นอกจากนี้ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่า ยังมีเอนไซม์อีกชนิดหนึ่งซึ่งมีบทบาทสำคัญที่สุดในการทำให้เนื้อนุ่มเรียกว่า เอนไซม์คาลเพนส์ (calpains) โดย calpains จะทำงานควบคู่ไปกับการทำงานของแคลเซียมไอออน ที่ถูกขับออกมาจาก sarcoplasmic reticulum

ขณะเกิด rigor mortis โดยเอนไซม์ชนิดนี้จะทำงานได้อย่างเหมาะสมที่สภาพค่า pH ระหว่าง 7.0 ถึง 7.5 และที่อุณหภูมิของเนื้อค่อนข้างสูง

Offer and Knight (1988a) รายงานว่า การลดลงของค่า pH เป็นสาเหตุทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีน โดยขนาดของการเสื่อมสภาพนี้จะถูกกำหนดโดยปัจจัยระหว่างอุณหภูมิของกล้ามเนื้อในระหว่างที่มีการลดลงของค่า pH และอัตราการลดลงของค่า pH หากเนื้อมีอุณหภูมิสูงในขณะเดียวกันมีการลดลงของค่า pH อย่างรวดเร็ว จะมีผลทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีนอย่างรุนแรง ซึ่งระดับการเสื่อมสภาพของโปรตีนนี้จะมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ โดยหากมีการเสื่อมสภาพของโปรตีนในกล้ามเนื้อสูงจะทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อต่ำลง และ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่า เม็ดสีในกล้ามเนื้อจะถูกออกซิไดซ์โดยมีอุณหภูมิของเนื้อที่สูงขึ้นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ธาตุเหล็กที่เป็นองค์ประกอบใน myoglobin จะเปลี่ยนจาก ferrous form ของ oxymyoglobin เป็น ferric form ของ metmyoglobin ซึ่งทำให้สีของเนื้อเปลี่ยนไป

2.5 การจัดการซากภายหลังสัตว์ตาย ที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพเนื้อ

2.5.1 การลดอุณหภูมิซาก (carcass chilling)

ขณะที่สัตว์ตายใหม่ ๆ ซากจะมีอุณหภูมิภายในอยู่ระหว่างประมาณ 37 ถึง 39 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิภายในซากจะลดลงอีก โดยความร้อนจะสูญเสียให้กับสภาวะแวดล้อมที่อยู่โดยรอบ (Warriss. 2000) อัตราการลดลงของอุณหภูมิภายในซากจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ซึ่ง จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) สรุปว่าปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการลดลงของอุณหภูมิในเนื้อประกอบด้วย

1) ระบบการเก็บเย็นและแช่แข็ง ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับความเร็วของลมที่หมุนเวียนในห้องเย็นหรือห้องแช่แข็ง และความชื้นสัมพัทธ์ในห้องเย็นด้วย เช่น ที่อุณหภูมิเยือกแข็ง (-20 ถึง -30 องศาเซลเซียส) ของระบบ blast freezing ความเร็วของลมประมาณ 4 เมตรต่อวินาที ความชื้นสัมพัทธ์ควรปรับให้สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำจากเนื้อ (evaporation loss)

2) ขนาดและรูปร่างของซากและเนื้อ ขนาดและรูปร่างของซากและเนื้อจะมีความสัมพันธ์กับความหนาของชั้นไขมัน และน้ำหนักของซาก การลดลงของอุณหภูมิภายในเนื้อจะเป็นไปได้รวดเร็วกว่าการลดลงของอุณหภูมิซาก ดังนั้นการตัดแต่งซากภายหลังจากกระบวนการฆ่าเสร็จสิ้น จะช่วยทำให้การลดลงของอุณหภูมิภายในเนื้อในขณะเก็บเย็นเป็นไปได้อย่างรวดเร็วกว่าซากที่ยังไม่ได้ตัดแต่ง

3) สิ่งที่ห่อหุ้มเนื้อ สิ่งที่มาห่อหุ้มเนื้อ ได้แก่ ไขมันหุ้มซาก (subcutaneous fat) ชนิดของพลาสติกที่ใช้ห่อหุ้มเนื้อ จะทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่จะระบายออกจากเนื้อ และป้องกันความเย็นที่จะแทรกเข้าไปในเนื้อซากที่มีขนาดใหญ่กว่า และมีปริมาณไขมันหุ้มซาก

มากกว่าจะมีอุณหภูมิลดลงได้ช้ากว่า ในปัจจุบันได้มีการใช้กระบวนการในการเร่งการลดอุณหภูมิซาก โดยการนำซากไปลดอุณหภูมิในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับจุดเยือกแข็ง เพื่อเป็นการลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนพื้นผิวซาก และลดการสูญเสียน้ำหนักจากการระเหยของน้ำในซาก (evaporative weight loss) การลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็ว (rapid chilling) นี้ สามารถลดการสูญเสียของน้ำหนักซากลงได้ 2 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการลดอุณหภูมิซากโดยวิธีปกติ เมื่อเก็บซากไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นอกจากนี้การลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็วยังช่วยลดอัตราการเกิดเนื้อซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ (PSE) ที่มักพบได้บ่อยในเนื้อสุกร ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติในการอุ้มน้ำของเนื้อ และสีของเนื้อได้อีกด้วย (Warriss. 2000)

ระบบของการลดอุณหภูมิซากที่ใช้กันโดยทั่วไปในทางการค้ามีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด ประกอบด้วย การลดอุณหภูมิซากโดยวิธีปกติ (conventional chilling) การลดอุณหภูมิซากโดยใช้น้ำเย็นพ่นซาก (spray chilling) และการลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็วหรือการลดอุณหภูมิซากโดยการเป่าด้วยลมเย็น (blast/accelerated chilling) นอกจากนี้ยังมีระบบในการลดอุณหภูมิที่ไม่ค่อยมีการใช้มากนัก คือการลดอุณหภูมิโดยใช้ก๊าซเฉื่อย (cryogenic chilling)

2.5.1.1 การลดอุณหภูมิซากโดยวิธีปกติ (conventional chilling) โดยการนำซากไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิระหว่าง 0 ถึง 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 18 ถึง 24 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิภายในใจกลางเนื้อลดลงถึง 4 องศาเซลเซียส หรือให้อุณหภูมิของเนื้อที่บริเวณผิวเนื้อสูงไม่เกิน 7 องศาเซลเซียส (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) เช่นเดียวกัน Lonergan (2001) กล่าวว่า เป็นการลดอุณหภูมิซากโดยใช้อุณหภูมิของห้องเย็นที่ 1 องศาเซลเซียส ที่มีความเร็วลม 4.5 ถึง 9 ฟุต ต่อวินาที

2.5.1.2 การลดอุณหภูมิซากโดยใช้น้ำเย็นพ่นซาก (spray chilling) เป็นการลดอุณหภูมิซากโดยจะใช้น้ำเย็น ที่มีอุณหภูมิ 1 ถึง 5 องศาเซลเซียส พ่นลงบนซากเป็นระยะ ๆ เช่น ใช้น้ำเย็นพ่นลงบนซากทุก ๆ 15 นาที โดยแต่ละครั้งใช้เวลาในการพ่น 60 วินาที โดยใช้เวลาในการลดอุณหภูมิเป็นเวลา 10 ชั่วโมง โดยทั่วไปแล้วการลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้ จะทำร่วมกับการลดอุณหภูมิโดยวิธีปกติ โดยจะทำการพ่นซากในขณะที่ซากอยู่ในห้องเย็น หรือทำก่อนนำซากไปเข้าห้องเย็น (Lonergan. 2001)

2.5.1.3 การลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็วโดยการเป่าด้วยลมเย็น (blast/accelerated chilling) จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่า วิธีการลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็วนิยมทำกัน 3 แบบ ดังนี้

1) rapid chilling หมายถึง การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยที่ซากหรือเนื้อจะถูกนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ -1 ถึง 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลม 1 ถึง 4 เมตรต่อวินาที ซึ่งในสุกรจะใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 18 ชั่วโมง และในซากโคจะใช้เวลา 15 ถึง 36 ชั่วโมง เพื่อที่จะลดอุณหภูมิซากลงได้ 7 องศาเซลเซียส

2) shock chilling หรือ very rapid chilling หมายถึง การลดอุณหภูมิของเนื้อลงอย่างรวดเร็วมาก ทั้งนี้เพื่อให้อุณหภูมิภายในเนื้อลดลงถึง 7 องศาเซลเซียส ภายในเวลาที่รวดเร็ว การลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้จะกระทำเป็น 2 ช่วงคือ

ช่วงแรก นำซากไปเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ -5 ถึง -8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลม 1 ถึง 4 เมตรต่อวินาที 1 ถึง 2 ชั่วโมง

ช่วงที่สอง นำซากไปเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ -1 ถึง 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลม 0.1 ถึง 0.3 เมตรต่อวินาที อีก 12 ถึง 13 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิภายในเนื้อลดลงน้อยกว่า 7 องศาเซลเซียส โดยจะใช้เวลารวมทั้ง 2 ช่วงน้อยกว่าวิธีแรก

3) ultra - rapid chilling หมายถึง การลดอุณหภูมิซากโดยนำซากเข้าไปเก็บไว้ในห้องเยือกแข็งที่อุณหภูมิ -20 ถึง -30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลม 2 ถึง 4 เมตรต่อวินาที นานเป็นเวลา 1 ถึง 1.4 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิซากลดลงถึงระดับหนึ่ง จากนั้นนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 85 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลม 0.2 เมตรต่อวินาที เป็นเวลา 11 ถึง 13 ชั่วโมง

2.5.1.4 การลดอุณหภูมิซากโดยใช้ก๊าซเฉื่อย (cryogenic chilling) การลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้ทำได้โดย การจุ่มซากลงในไนโตรเจนเหลวที่มีอุณหภูมิ -196 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ถึง 3 นาที แล้วนำซากไปลดอุณหภูมิโดยวิธีปกติต่อไป ระบบการลดอุณหภูมิแบบนี้แรกเริ่มใช้ในด้านการทำวิจัย และไม่ค่อยแพร่หลายในการใช้ทางด้านการค้า (Lonergan. 2001)

2.5.2 การกระตุ้นซากด้วยกระแสไฟฟ้า (electrical stimulation)

Bendall *et al.* (1976) รายงานว่า การกระตุ้นซากอย่างรวดเร็วหลังสัตว์ตายจะช่วยเพิ่มการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยจะเร่งการสลาย glycogen และ creatine phosphate ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานสะสมในกล้ามเนื้ออย่างมากทำให้ค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็ว และเข้าสู่กระบวนการ rigor mortis อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้การกระตุ้นซากด้วยกระแสไฟฟ้าเป็นการป้องกันการเกิดการหดตัวของเนื้อเนื่องจากความเย็น (cold shortening) โดยเร่งการเกิด rigor mortis ให้เร็วขึ้น ลดระยะเวลาในการบ่มซากโดยสามารถที่จะทำให้เนื้อมีความนุ่มภายในเวลา 2 ถึง 3 วัน โดยไม่แตกต่างจากกระบวนการบ่มซากที่ใช้ระยะเวลา 2 ถึง 3 สัปดาห์ และเพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อ เพราะนอกจากจะมีส่วนทำให้เนื้อนุ่มขึ้นยังทำให้สีของเนื้อสดใส สามารถมองเห็นการกระจายของไขมันแทรกในเนื้อได้ดีขึ้น

Renerre and Bonhomme (1991) พบว่า เนื้อโคที่ได้จากซากซึ่งได้รับการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า และทำการตัดแต่งซากอุ่น จะมีการเสื่อมสภาพของโปรตีนมากกว่าเนื้อที่ได้จากซากที่ไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าและทำการตัดแต่งซากเย็น ซึ่งเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นจะมีค่า pH คงอยู่มากกว่า 6.0 ในระหว่าง 6 ชั่วโมงแรกภายหลังสัตว์ตาย โดยจะมีอุณหภูมิของเนื้ออยู่ที่

ประมาณ 15 องศาเซลเซียส ส่วนเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และมีการกระตุ้นซากด้วยไฟฟ้า จะมีอุณหภูมิในเนื้อที่สูง และมีค่า pH ค่อนข้างต่ำ โดยที่เวลา 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย อุณหภูมิภายในเนื้อจะอยู่ที่ประมาณ 35 องศาเซลเซียส และมีค่า pH อยู่ที่ประมาณ 6.0 ซึ่งจะเร่งให้เกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีนได้มากกว่า

Bonton *et al.* (1980) รายงานว่า การกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าทำให้ความยาวซาร์โคเมียร์ (sarcomear length) เพิ่มขึ้น และมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear value) ลดลง และ Fabiansson and Buchter (1984) พบว่า ค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่ได้จากซากโคที่ได้รับการกระตุ้นด้วยไฟฟ้า มีค่าลดลง 23 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อจากซากโคที่ไม่ได้รับการกระตุ้น สอดคล้องกับ Mckeith *et al.* (1981) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การกระตุ้นซากโคด้วยไฟฟ้านั้นจะทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อไหล่ ได้แก่ *M.Infraspinatus* ลดลง 3.3 เปอร์เซ็นต์ *M.Supraspinatus* และ *M.Serratus ventralis* ลดลง 9.4 เปอร์เซ็นต์ และกล้ามเนื้อขาหน้าได้แก่ *M. Subscapulalis* ลดลง 10.2 เปอร์เซ็นต์

การกระตุ้นซากด้วยไฟฟ้าส่วนใหญ่จะนิยมปฏิบัติกันในซากโค และแกะ ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิด cold shortening ได้มากกว่า (Carse. 1973 ; Davey *et al.* 1976) แต่ Bendall (1980) ได้คัดค้านการใช้การกระตุ้นซากด้วยกระแสไฟฟ้าในสุกร ซึ่งพบว่าจะทำให้เนื้อสุกรมีลักษณะฉ่ำน้ำ และมีสีซีด ซึ่งเป็นลักษณะของเนื้อที่เป็น PSE ยกตัวอย่างเช่น ในการทดลองของ Honikel and Reagan (1986) พบว่าซากสุกรที่ได้รับการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าก่อนการตัดแต่ง จะมีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วมาก โดยที่เวลา 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย จะมีค่า pH อยู่ที่ 5.75 ในขณะที่อุณหภูมิของเนื้อยังอยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส ทั้งนี้การที่ค่า pH จะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงค่า pH สุดท้าย(ultimate pH) ภายในเวลา 1 ถึง 2 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้เนื้อเกิดลักษณะ PSE ได้มาก

2.5.3 การบ่มซาก (Ageing)

สัญชัย จตุรสิทธา (2543) อธิบายว่า การบ่มเนื้อคือการเก็บรักษาเนื้อไว้ระยะหนึ่งหลังจากสัตว์ตายเพื่อที่จะได้มีการเปลี่ยนแปลงของเส้นใยกล้ามเนื้อ เช่นเดียวกับจุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่า การบ่มซากเป็นวิธีการที่ทำให้เนื้อนุ่ม เนื้อที่อยู่ในสภาวะ rigor mortis จะมีความเหนียวมาก ดังนั้นจึงต้องนำมาบ่มซาก เพื่อให้เอนไซม์ภายในกล้ามเนื้อออกมาทำการย่อยโปรตีนของเส้นใยกล้ามเนื้อให้แตกออกเป็นโมเลกุลย่อย อุณหภูมิที่ใช้ในการบ่มซาก แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ

1) cold temperature ageing หมายถึง การเก็บซากไว้ในห้องเย็น ที่อุณหภูมิประมาณ 0 ถึง 5 องศาเซลเซียส

2) high temperature ageing หมายถึง การเก็บซากไว้ที่อุณหภูมิของห้องเก็บซากที่สูงกว่า 5 องศาเซลเซียส ซึ่งการเก็บซากที่อุณหภูมิสูง จะใช้เวลาในการบ่มซากสั้นกว่าที่อุณหภูมิต่ำ แต่

ต้องระมัดระวังเรื่องการเน่าเสียของเนื้อเนื่องจากจุลินทรีย์ที่ไม่เป็นที่ต้องการจะเข้าทำลายโปรตีนในเนื้อ

ระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มซากในสัตว์แต่ละชนิดจะไม่เท่ากัน เช่น ในไก่จะใช้เวลาสั้นกว่าในสุกร และในสุกรจะสั้นกว่าในโค เช่น การบ่มซากโคที่อุณหภูมิ 10 ถึง 15 องศาเซลเซียส จะใช้เวลานานเพียง 2 ถึง 3 วัน แต่ถ้าเก็บซากไว้ที่อุณหภูมิห้องเย็น 1 ถึง 2 องศาเซลเซียส จะใช้เวลานานถึง 8 ถึง 14 วัน ส่วนในซากสุกรการเก็บซากไว้ที่อุณหภูมิห้องเย็น 1 ถึง 2 องศาเซลเซียส นานเพียง 1 วันก็เพียงพอ เนื่องจากเนื้อสุกรขุนมีอายุไม่เกิน 7 เดือน ซึ่งเนื้อยังไม่เหนียวมาก (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

สัญชัย จตุรสิทธา (2543) กล่าวว่า ระหว่างการบ่มเนื้อมักจะเกิดกลิ่น ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการสลายตัวของ mononucleotide adenosine และ inosine monophosphate โดยจุลินทรีย์ และยีสต์ เป็นตัวการสำคัญในการผลิตกลิ่นอีกด้วย

2.5.4 การตัดแต่งซากสุกร (cutting)

ชัยณรงค์ คัณธพนิต (2529) กล่าวว่า การตัดแต่งซากสุกร หมายถึง กระบวนการที่ตัดแต่งเอาส่วนของกระดูกออกจากเนื้อ และตัดแต่งเป็นชิ้นส่วนย่อย ๆ เช่น เนื้อสันนอก (loin) เนื้อสะโพก (ham) เนื้อสันสะโพก (sirloin) เป็นต้น การตัดแต่งซากสุกร เพื่อแบ่งแยกส่วนต่าง ๆ ของซากให้เป็นชิ้นใหญ่หรือชิ้นย่อย มีวิธีการตัดแต่งที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ โดยกลุ่มประเทศยุโรป ออสเตรเลีย และอเมริกา หมายถึง วิธีการตัดแต่งโดยตัดแยกซากออกเป็นชิ้นส่วนใหญ่ ๆ และชิ้นส่วนย่อย ซึ่งให้ความสำคัญแก่ชนิดของกล้ามเนื้อในการบริโภค ดี เลว แตกต่างกันไป เช่น จากชิ้นส่วนใหญ่ที่เรียกว่า สันนอก (loin) จะตัดย่อยลงมาได้เป็น pork chop ที่มีกล้ามเนื้อสันนอกเป็นกล้ามเนื้อก้อนใหญ่ จึงมีความนุ่มและรสชาติ ตลอดจนคุณภาพในการบริโภคอื่น ๆ สามารถแบ่งได้เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1). การตัดแต่งชิ้นส่วนใหญ่ (wholesale cuts) หมายถึง การตัดแต่งชิ้นส่วนใหญ่จากสุกร จะตัดได้ 5 ส่วน คือ สะโพก (ham) สันนอก (loin) ไหล่บน (boston shoulder) ไหล่ล่าง (picnic shoulder) และ สามชั้น (belly) โดยถือว่า 4 ส่วนแรกเป็นชิ้นส่วนสำคัญเพราะมีปริมาณเนื้อแดงสูง เรียกว่า four lean cuts

2). การตัดแต่งระดับชิ้นส่วนย่อย (retail cuts) หมายถึง การตัดแต่งชิ้นส่วนใหญ่ให้ทอนลงมาเป็นชิ้นส่วนเล็กลง ที่เหมาะสม และพร้อมปรุงเป็นอาหารบริโภคได้เลย เช่น tender loin คือกล้ามเนื้อสันในทั้งก้อน loin chop คือ การตัดส่วนสันนอกที่ยังมีกระดูกติดอยู่ออกเป็นแว่น ๆ หนาประมาณ 1 นิ้ว rib chop คือ ส่วนสันที่ยังมีกระดูกซี่โครงติดอยู่ ตัดตามแนวขวางเป็นแว่น ๆ ประมาณ 1 นิ้ว ส่วน spare rib คือกระดูกซี่โครงทั้งแผง หรือตัดเป็นอัน ๆ ยาวประมาณ 6 นิ้ว โดยมีกระดูกซี่โครงติดกันอยู่ประมาณ 3 ถึง 4 ซี่

วิธีการตัดแต่งแบบเอเชีย และแอฟริกา หมายถึง วิธีการตัดแต่งซากโดยเลาะแยกออกเป็นเนื้อแดง ไขมัน กระดูก เศษเนื้อ และเอ็นพังผืด โดยไม่มีการแบ่งแยกออกเป็นชิ้นส่วนใหญ่และชิ้นส่วนย่อย (ชัยณรงค์ คัณธพนิต. 2529)

2.6 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ

2.6.1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเมแทบอลิซึมในกล้ามเนื้อ

Warriss (2000) กล่าวว่า การลดลงของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อนอกจากจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การสูญเสียของน้ำหนักสุทธิ และความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อแล้ว ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในกล้ามเนื้ออีกด้วย เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ ที่มีส่วนในการเมแทบอลิซึมในกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย จะได้รับผลกระทบจากความแตกต่างของอัตราการลดลงของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อ ซึ่งจะมีผลต่ออัตราการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอัตราการเกิด rigor mortis

ในสภาพปกติค่า pH จะค่อย ๆ ลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้นภายหลังสัตว์ตาย อัตราการลดลงของค่า pH จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อ พบว่าในเนื้อโคที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส จะมีอัตราการลดลงของค่า pH อย่างรวดเร็ว อัตราการลดลงของค่า pH จะน้อยที่สุด เมื่อกล้ามเนื้อมีอุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส เมื่อกล้ามเนื้อมีอุณหภูมิใกล้ 0 องศาเซลเซียส อัตราการลดลงของค่า pH จะเพิ่มขึ้น อัตราการลดลงของค่า pH ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิสูงกว่า และต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสมีสาเหตุมาจากการกระตุ้นของเอนไซม์ actomyosin ATP-ase ซึ่งจะมีผลต่อการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตามอัตราการลดลงของค่า pH ที่เพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อที่มีอุณหภูมิสูงกว่า10 องศาเซลเซียส ยังเกิดจากการกระตุ้นของเอนไซม์ calcium-independent ATP-ase แต่ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส จะมีสาเหตุมาจากการกระตุ้นของเอนไซม์ calcium-dependent ATP-ase ซึ่งเอนไซม์นี้จะต้องได้รับการกระตุ้นจากแคลเซียมไอออนที่มาจาก sarcoplasmic recticulum ซึ่งมันจะสูญเสียความสามารถในการแยกแคลเซียมไอออนให้เป็นอิสระที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ (Warriss. 2000)

อุณหภูมิของกล้ามเนื้อยังมีอิทธิพลต่ออัตราการลดลงของ ATP ซึ่งจะมีผลต่อเวลาที่กล้ามเนื้อเริ่มเกิดการเกร็งตัวภายหลังสัตว์ตาย (onset of rigor mortis) การลดลงของ ATP ในระยะแรกภายหลังสัตว์ตายจะเป็นไปอย่างช้า ๆ เมื่อ ATP ถูกใช้หมดไปจากการทำงานของกล้ามเนื้อ โดยปกติ ATP จะถูกสร้างขึ้นมาใหม่โดยกระบวนการ resynthesis จาก creatine phosphate และจากกระบวนการ anaerobic glycolysis กระบวนการ resynthesis จะเกิดขึ้นเป็นเวลาสั้น ๆ เนื่องจากปริมาณของ creatine phosphate มีจำกัด ในระยะนี้ปริมาณของ ATP จะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งอุณหภูมิในเนื้อจะมีอิทธิพลต่ออัตราการลดลงของ ATP โดยพบว่าที่อุณหภูมิประมาณ 10 ถึง 15

องศาเซลเซียส จะสามารถชะลอการลดลงของ ATP ได้ ซึ่งจะมีผลต่อการเริ่มเกิด rigor mortis (Warriss. 2000)

2.6.2 การหดตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากความเย็น (cold shortening)

การหดตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากความเย็น เป็นปรากฏการณ์ที่กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวขึ้นอย่างรวดเร็วก่อนการเกิดกระบวนการ rigor mortis เกิดขึ้นเนื่องจากการลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็วภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการฆ่า (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) สอดคล้องกับ Warriss (2000) กล่าวว่าปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อถูกลดอุณหภูมิลงต่ำกว่าประมาณ 10 องศาเซลเซียส ก่อนที่กล้ามเนื้อจะเริ่มเกิด rigor mortis

Aberle *et al.* (2001) อธิบายว่า เมื่ออุณหภูมิของกล้ามเนื้อลดลงตั้งแต่ 0 ถึง 15 องศาเซลเซียสก่อนที่ระยะ rigor mortis ของกล้ามเนื้อจะเริ่มขึ้น sarcoplasmic reticulum ซึ่งเป็นบริเวณที่กักเก็บแคลเซียมไอออนเอาไว้ในเซลกล้ามเนื้อจะไม่สามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม จึงไม่สามารถกักเก็บแคลเซียมไอออนไว้ได้อีกต่อไป แคลเซียมไอออนจะถูกปล่อยออกมาสู่ sarcoplasm เป็นจำนวนมาก แต่ในขณะเดียวกันภายในกล้ามเนื้อยังมี ATP เหลืออยู่ จึงทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวอย่างรุนแรง ซึ่งจุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่า การเกิด cold shortening จะรุนแรงมากที่สุดเมื่ออุณหภูมิของเนื้อลดลงถึง 3 องศาเซลเซียส ภายในช่วงเวลา 1 ถึง 2 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

Hannula and Puolanne (2004) กล่าวว่า กล้ามเนื้อที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white type ซึ่งมักจะมีปริมาณ glycogen มากกว่ากล้ามเนื้อที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red type ซึ่งจะมีความไวต่อการเกิด cold shortening มากกว่ากล้ามเนื้อที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white type โดยเฉพาะในเนื้อสุกรซึ่งมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white type มากกว่า จะมีผลในการเกิด cold shortening น้อยกว่าเนื้อโค และเนื้อแกะ ซึ่งประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red type ในปริมาณที่มากกว่า

2.6.3 การหดตัวของเนื้อระหว่างการละลาย (Thaw Rigor)

เป็นปรากฏการณ์หดตัวของกล้ามเนื้อขณะละลายน้ำแข็งในเนื้อ โดยที่กล้ามเนื้อดังกล่าวเกิด cold shortening ขณะทำการแช่แข็งเนื้อก่อนการเกิด rigor mortis (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อมีโอกาสเกิดการหดตัวมากถึง 70 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และเกิดการสูญเสียน้ำมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเริ่มต้น กลไกของการเกิดปรากฏการณ์นี้เชื่อว่าเกิดจากการฉีกขาดของ sarcoplasmic reticulum เนื่องจากเกร็ดน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในระหว่างการแช่แข็ง ทำให้แคลเซียมไอออนที่อยู่ภายในถูกปล่อยออกมาในขณะที่ทำการละลายน้ำแข็งในเนื้อ แคลเซียมไอออนนี้จะไปกระตุ้นทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการหดตัว นอกจากนี้กล้ามเนื้อที่ยังไม่เกิด rigor mortis ยังมีปริมาณ ATP ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้ในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้ออยู่มากเมื่อทำการละลายน้ำแข็ง ATP จะถูกนำมาใช้อย่างรวดเร็ว จึงทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวอย่างรุนแรง (Greaser. 2001)

2.6.4 การหดตัวของเนื้อเนื่องจากความร้อน (heat rigor)

heat rigor หรือ การหดตัวของเนื้อเนื่องจากความร้อน เกิดจากเมื่อกล้ามเนื้อกักเก็บอุณหภูมิไว้สูงขึ้นถึง 50 องศาเซลเซียส เป็นผลให้การใช้ ATP ในกล้ามเนื้อเป็นไปอย่างรวดเร็ว เมื่อ ATP หมดลงจึงทำให้กล้ามเนื้อเข้าสู่สภาวะ rigor mortis ก่อนกำหนด จึงทำให้เกิดการหดตัวอย่างรุนแรง (Aberle *et al*. 2001)

2.6.5 การเกิดเนื้อซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ (PSE ; Pale, Soft, Exudative condition)

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) อธิบายว่า เนื้อซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ หรือเนื้อ PSE ย่อมาจากคำว่า pale soft exudative ซึ่งหมายถึง เนื้อที่มองดูจากลักษณะภายนอก จะมีสีซีดจางผิดปกติ เมื่อนำเอานิ้วกดลงไป จะอ่อนยุบตัวลงไปตามแรงกด นอกจากนี้บริเวณผิวหน้าตัดของชิ้นเนื้อจะมีน้ำซึมเยิ้มออกมาซึ่งเป็นลักษณะที่มักจะเกิดขึ้นในเนื้อสุกร

เนื้อสุกรที่มีลักษณะสีซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ เป็นลักษณะด้อยคุณภาพของเนื้อสุกร ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เนื้อ PSE เกิดจากการย่อยสลาย glycogen ที่สะสมในกล้ามเนื้อสัตว์ โดยกระบวนการ anaerobic glycolysis อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการสะสมของกรดแลคติคจำนวนมากในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งกรดนี้จะสะสมอยู่ภายในกล้ามเนื้อหลังจากที่สัตว์ตายแล้ว มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของกล้ามเนื้อลดลงจากสภาพปกติที่ pH 7 เป็น pH 5.3 ถึง 5.7 ภายใน 1 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตาย อุณหภูมิที่สูงภายในกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้กระบวนการ anaerobic glycolysis เกิดได้เร็วขึ้น ยังผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในกล้ามเนื้อสุกรคือ โปรตีนเกิดการเสื่อมสภาพ ไม่สามารถรักษาคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) เกิดการไหลของน้ำออกมาจากเซลล์ ทำให้นำเม็ดสีออกจากกล้ามเนื้อ เซลล์เกิดการหดตัวอย่างหลวม ๆ จึงปรากฏให้เห็นเนื้อด้านหน้าตัดมีสีซีด เหลว และไม่คงรูป ทำให้แสงที่มาตกกระทบสะท้อนออกไปได้มาก จึงเห็นเนื้อมีสีจางผิดปกติ (สัญชัย จตุรสิทธา. 2547) และ Lawrie (1998) พบว่า เนื้อสุกรซึ่งมีการลดลงของค่า pH ค่อนข้างเร็ว หากมีการเพิ่มสูงขึ้นของอุณหภูมิของกล้ามเนื้อในระหว่างระยะเริ่มเกิด rigor mortis จะมีผลต่อการเสื่อมสภาพของเม็ดสีในกล้ามเนื้อ (myoglobin pigment) โดยจะทำให้โครงสร้างของเม็ดสีในกล้ามเนื้อถูกเปิดออก ทำให้เมื่อมีแสงมาตกกระทบจะเกิดการหักเหของแสงและมองเห็นว่าเนื้อมีสีซีดกว่าปกติ ทั้งนี้ Meisinger (1999) ยืนยันว่า การลดอุณหภูมิโดยทำให้เนื้อสุกรมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสภายในเวลา 12 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย และมีอุณหภูมิอยู่ที่ 2 ถึง 4 องศาเซลเซียสภายในเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย จะช่วยลดการเกิดลักษณะเนื้อ PSE ได้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.7 การตัดแต่งซากอุ่น (hot boning)

เป็นวิธีตัดแต่งและชำแหละซากภายหลังการฆ่า โดยไม่ได้ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิซากในห้องเย็น ทั้งนี้จะทำการแยกชิ้นส่วนกระดูก มัน และหนังออกจากเนื้อแดง ซึ่งการดำเนินการจะเริ่มภายใน 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมงภายหลังจากการฆ่า แล้วทำการลดอุณหภูมิทันที หลังจากนั้นจะทำการบรรจุไว้ในถุงสุญญากาศ (shrink bag หรือ thermoform pack) (Buchter. 1987) ในประเทศอิตาลี นิยมที่จะนำวิธีการตัดแต่งซากอุ่นมาใช้กับซากสุกรที่มีน้ำหนักสูง โดยเฉพาะที่มีน้ำหนักตัวถึง 160 กิโลกรัม และการตัดแต่งซากจะกระทำทันทีภายหลังจากกระบวนการฆ่า 30 ถึง 45 นาที และภายหลังจากแยกชิ้นส่วนแล้วทุกชิ้นส่วนจะถูกนำไปเก็บไว้ในห้องเย็น (Chizzolini. 1992) เดนมาร์คเป็นประเทศที่ได้นำเอาวิธีการตัดแต่งซากอุ่น มาใช้และประสบความสำเร็จทั้งนี้ขั้นตอนในการดำเนินการตัดแต่งซากอุ่น จะเริ่มภายหลังจากการลดอุณหภูมิซากในห้องเยือกแข็งที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส นาน 80 นาที และนำซากไปเก็บที่อุณหภูมิห้องเย็นปกติอีก 1 ถึง 2 ชั่วโมง จากนั้นจึงเริ่มทำการตัดแต่งภายในระยะเวลา 4 ถึง 6 ชั่วโมงภายหลังจากการฆ่า ซึ่งอุณหภูมิภายในเนื้อสันนอกจะอยู่ที่ 10 ถึง 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อไหล่อยู่ที่ 20 ถึง 25 องศาเซลเซียส (Hermansen. 1987)

2.7.1 ความเป็นมาของการตัดแต่งซากอุ่น

การศึกษาถึงเรื่องการตัดแต่งซากอุ่นในช่วงปี ค.ศ. 1970 เป็นต้นมากระทำภายใน 1 ชั่วโมงภายหลังฆ่า จากนั้นนำมาเก็บเย็นที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ต่ออีก 12 ชั่วโมง และทำการเก็บชิ้นเนื้อในถุงสุญญากาศในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังฆ่า จากนั้นนำไปเก็บไว้มีอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน ส่วนสุกรซีกควบคุมทำการเก็บเย็นไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วันเช่นกัน ผลการทดลองจะพบว่าเนื้อที่ผ่านกระบวนการทั้งสองวิธีการจะไม่มีความแตกต่างในด้านรสชาติและความนุ่ม ในการทดลองของ Kastner *et al.* (1973) ทำการตัดแต่งซากอุ่นเปรียบเทียบภายในเวลา 2 5 8 และ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย จากนั้นเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จะพบว่าการตัดแต่งซากในชั่วโมงที่ 2 และ 5 จะทำให้เนื้อนั้นมีความเหนียวมากกว่าเนื้อที่ทำการตัดแต่งที่เวลา 8 และ 24 ชั่วโมงภายหลังฆ่า Will and Henrickson (1976) เปรียบเทียบการตัดแต่งซากอุ่นที่เวลา 3 5 และ 7 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย หลังจากนั้นเก็บเย็นไว้ที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง กับการตัดแต่งซากเย็นอุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส โดยจะพบว่าการตัดแต่งซากอุ่นในช่วง 3 ชั่วโมงภายหลังฆ่า และตามด้วยการเก็บเย็นที่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส จะทำให้เนื้อมีความนุ่มมากที่สุด

81375

2.7.2 ข้อได้เปรียบและเสียเปรียบในการตัดแต่งซากอุ่น

Pisula and Tyburcy (1996) สรุปว่า การตัดแต่งซากอุ่นซึ่งเป็นกระบวนการผลิตเนื้อก่อนที่กล้ามเนื้อจะเกิด rigor mortis มีข้อได้เปรียบในทางเศรษฐกิจหลายประการด้วยกัน คือ การตัดแต่งซากอุ่น จะช่วยให้การสูญหายของน้ำหนักในระหว่างการเก็บซากในห้องเย็นลดลง อย่างน้อยที่สุด 1.5 เปอร์เซ็นต์ต่อหน่วย ค่า drip loss ในระหว่างการเก็บชิ้นส่วนต่าง ๆ โดยวิธีบรรจุสุญญากาศจะลดลง 0.1 ถึง 0.6 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของชิ้นส่วน และอุณหภูมิในห้องเย็น นอกจากการลดลงของน้ำหนักที่สูญเสียในขั้นตอนการเก็บต่าง ๆ แล้ว การตัดแต่งซากอุ่นยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พื้นที่ในห้องเย็นขึ้นได้ถึง 50 ถึง 55 เปอร์เซ็นต์ ช่วยประหยัดพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นได้ 40 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดย Kastner *et al.* (1973) พบว่า กล้ามเนื้อที่ทำการตัดแต่งซากอุ่น โดยตัดแต่งเอาไขมันและกระดูกออก ก่อนที่กล้ามเนื้อจะเกิด rigor mortis จะทำให้ลดพื้นที่การใช้งานในห้องเย็นลงได้อย่างมาก และจะช่วยประหยัดเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิลง และยังพบอีกด้วยว่าเนื้อที่ตัดแต่งซากอุ่นจะมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บ (weight loss) ต่ำกว่าเนื้อที่ตัดแต่งซากเย็น

Noble and Henrickson (1977) รายงานว่ามีการลดลงของพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็น 31.9 เปอร์เซ็นต์ จากกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นของซากโค และการเอากระดูก และไขมันที่มากเกินไปออกจากซากในกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นจะสามารถลดค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทำความเย็นลงได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการตัดแต่งซากโดยวิธีปกติ เช่นเดียวกับ Hoes *et al.* (1980) ที่รายงานว่าในกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นจะต้องการพลังงานในการทำความเย็น 60.5 เปอร์เซ็นต์ของกระบวนการตัดแต่งซากเย็น นอกจากนี้การผลิตเนื้อสัตว์ในกระบวนการผลิตจะรวดเร็วขึ้น 40 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ โดย Seman *et al.* (1987) รายงานว่า ซากโคที่ทำการตัดแต่งซากอุ่นจะต้องการเวลาในการตัดแต่งซากน้อยกว่าการตัดแต่งซากเย็นประมาณ 29 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการตัดแต่งซากอุ่น กล้ามเนื้อสามารถยืดหยุ่นได้ง่ายกว่า ทำให้ง่ายต่อการแยกกล้ามเนื้อออกจากกันโดยพบว่า การตัดแต่งซากโคโดยการตัดแต่งซากเย็นจะใช้เวลาในการตัดแต่งซากประมาณ 62.5 นาที ต่อซาก 1 ซีก ขณะที่การตัดแต่งซากอุ่นจะใช้เวลาเพียง 44.2 นาที ต่อซาก 1 ซีก ลดลง 18 นาทีต่อซาก 1 ซีก Brasington *et al.* (1986) ได้ทำการสัมภาษณ์พนักงานตัดแต่งซากเกี่ยวกับความถนัดในการปฏิบัติงานพบว่า พนักงานถึง 49 เปอร์เซ็นต์ยอมรับว่า ต้องใช้ความพยายามในการตัดแต่งซากเย็นมากกว่าการตัดแต่งซากอุ่น และพนักงานเหล่านี้ได้ลงความเห็นว่าการตัดแต่งซากอุ่นจะส่งผลให้ทำการผลิตได้มากกว่า เนื่องจากทำได้ง่ายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการตัดแต่งซากเย็น นอกจากนี้การตัดแต่งซากอุ่นยังช่วยประหยัดค่าแรงงานลงได้อีก 20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากความสะดวกในการปฏิบัติงานที่มีมากกว่าในการตัดแต่งซากอุ่น ช่วยลดต้นทุนในการก่อสร้างอาคารในส่วนของห้องเย็น รวมทั้งประหยัดต้นทุนในการขนส่ง เนื่องจากใช้พื้นที่ในการขนส่งชิ้นส่วนน้อยกว่าขนไปทั้งซาก และยังพบว่า น้ำหนักของผลผลิตรวมสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ที่

ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น จะสูงกว่าการตัดแต่งซากเย็น (Pisula and Tyburcy. 1996) ขณะเดียวกันกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นยังมีผลต่อการปรับปรุง คุณสมบัติในการรวมตัวของไขมันกับน้ำ (emulsiflying capacity) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity) (Johnson and Henrickson. 1970) และความคงตัวของสี (color stability) (Araganosa and Henrickson. 1969) Hamm (1982) รายงานว่า เนื้อที่ยังไม่เกิดกระบวนการ rigor mortis ที่ได้จากกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นจะได้รับการยอมรับมากกว่าในคุณสมบัติในการนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากมีคุณสมบัติของการอุ้มน้ำของเนื้อ และการรวมตัวกับไขมันได้ดีกว่าเนื้อที่เกิด rigor mortis แล้วจึงมีความเหมาะสมในการนำไปทำผลิตภัณฑ์จากเนื้อบด เช่น ไส้กรอก เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม การตัดแต่งซากอุ่นก็มีข้อเสียเช่นกัน โดยชิ้นส่วนเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นจะไม่เรียบร้อยเหมือนกับที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็น นอกจากนี้ในกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นจะต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นอย่างมากในขั้นตอนของกระบวนการฆ่า และการตัดแต่งตัดแต่งเพื่อลดโอกาสการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เนื่องจากเนื้อที่ตัดแต่งซากอุ่นจะมีพื้นที่ผิว และอุณหภูมิของเนื้อเพิ่มขึ้นในขณะตัดแต่ง (Pisula and Tyburcy.1996) อย่างไรก็ตาม Miller *et al.* (1995) ได้แสดงให้เห็นว่า การเอาไขมันที่ปกคลุมกล้ามเนื้อออกไม่ได้ทำให้การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในระหว่างการเก็บเนื้อในห้องเย็นเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อที่ทำการตัดแต่งซากเย็น ข้อเสียเปรียบอีกอย่างหนึ่งจากกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นก็คือการลดลงของความนุ่มของเนื้อ เนื่องจากเนื้อมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วก่อนที่กล้ามเนื้อจะเกิด rigor mortis ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากความเย็นหรือ cold shortening (Hinnergardt *et al.* 1973) อีกทั้งกล้ามเนื้อที่ถูกตัดแต่งออกมาก่อนที่จะเกิด rigor mortis กล้ามเนื้อไม่ได้ถูกแขวนให้ยืดออกเหมือนอยู่ในซาก และค่อนข้างจะเป็นอิสระ จึงทำให้เกิดการหดตัวได้ง่ายกว่า (Troy. 2006)

2.7.3 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อปริมาณผลผลิตเนื้อ

การบรรจุเนื้อที่ตัดแต่งจากซากอุ่นทันทีในถุงสุญญากาศ เป็นการหลีกเลี่ยงความเย็นของพื้นผิวเนื้อในห้องเย็น ซึ่งคาดว่าสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตเนื้อได้ อย่างไรก็ตาม วิธีการหาปริมาณผลผลิตเนื้อค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน เป็นที่ทราบกันว่ามีความยุ่งยากมากในการตัดแต่งเนื้อออกจากกระดูกและไขมันในช่วงก่อนที่เนื้อจะเกิด rigor mortis ดังนั้นการพัฒนาปรับปรุงใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตัดแต่งซากอุ่น ในการเพิ่มปริมาณผลผลิตเนื้อได้ในช่วงอัตรา 0 ถึง 2.6 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโดยทั่วไปพบว่า การตัดแต่งซากอุ่นสามารถช่วยได้ในเรื่องความสามารถในการอุ้มน้ำ และการสูญเสียน้ำ เนื่องจากอัตราการลดอุณหภูมิที่รวดเร็ว และสม่ำเสมอเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ sarcoplasmic protein ไม่สูญเสียสภาพไป และสำหรับในสุกรมีรายงานว่า การตัดแต่งซากอุ่นทำให้การสูญเสียน้ำลดลง และเพิ่มปริมาณผลผลิตอีกด้วย (สัญชัย จตุรสิทธา. 2547)

จากการศึกษาของ Hoes *et al.* (1980) พบว่า น้ำหนักรวมของผลผลิตจากซากที่ทำการตัดแต่งซากอุ่นจะมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสะโพกเพิ่มขึ้น 0.67 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำหนักรวมของชิ้นส่วนขนาดใหญ่ (wholesale cuts) เพิ่มขึ้น 1.79 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับซากสุกรซึกที่ทำการตัดแต่งซากโดยวิธีปกติ ส่วนเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นมีแนวโน้มว่าจะหนักกว่าเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งโดยวิธีปกติทั้งก่อนและหลังการเก็บ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งความแตกต่างของน้ำหนักผลผลิตรวมที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดจากการสูญเสียเนื่องจากการระเหยของน้ำ (evaporative loss) ในระหว่างการลดอุณหภูมิซากที่ทำการตัดแต่งโดยวิธีปกติ นอกจากนี้ยังพบว่าหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตแล้ว น้ำหนักผลผลิตรวมของเนื้อเบคอนรมควันจากซากที่ตัดแต่งซากอุ่นจะเพิ่มขึ้น 0.68 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำหนักรวมของชิ้นส่วนตัดแต่งย่อยอื่น ๆ เพิ่มขึ้น 1.58 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับซากซึกที่ทำการตัดแต่งโดยวิธีปกติ น้ำหนักผลผลิตรวมที่เพิ่มขึ้นจากกระบวนการตัดแต่งซากอุ่น อาจสูญเสียไปจากกระบวนการแปรรูปในเวลาต่อมา ซึ่ง Mandigo *et al.* (1977) รายงานว่าน้ำหนักของเนื้อสะโพกที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นจะมากกว่า ที่ได้จากการตัดแต่งซากโดยวิธีปกติ แต่หลังจากนำไปหมัก (curing) และรมควัน ไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักเนื้อสะโพกจากกระบวนการตัดแต่งที่แตกต่างกัน

จากงานวิจัยของ Cecchi *et al.* (1988) สังเกตพบว่า กล้ามเนื้อของโคที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น จะมีน้ำหนักเมื่อตัดแต่งออกมาสูงกว่า ($P<0.05$) กล้ามเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากภายหลังจากการลดอุณหภูมิเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งตรงกับรายงานของ Schmidt and Keman (1974) ว่าการตัดแต่งซากอุ่นจะช่วยเพิ่มน้ำหนักสุทธิของเนื้อภายหลังจากการตัดแต่ง

มีรายงานว่าน้ำหนักรวมของผลผลิตรวมจะเพิ่มขึ้น 1.5 ถึง 2.0 เปอร์เซ็นต์ จากกระบวนการตัดแต่งซากอุ่น เมื่อเทียบกับกระบวนการตัดแต่งโดยวิธีปกติ การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผลผลิตรวมนี้เกิดขึ้นจากการลดลงของการสูญเสียเนื่องจากการระเหยของน้ำ (evaporation loss) และการเอาเนื้อออกจากกระดูกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากพนักงานตัดแต่งมีความชำนาญมากกว่า (Anonymous. 2006)

2.7.4 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อการลดลงของอุณหภูมิ และค่า pH ในเนื้อ

Honikel and Reagan (1986) รายงานว่า ตัวอย่างเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นจะมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วมากในระยะแรกหลังจากการตัดแต่ง ในทางตรงกันข้ามตัวอย่างเนื้อที่ได้จากซากที่ทำการตัดแต่งซากเย็นจะมีอุณหภูมิลดลงช้ากว่า แต่การลดลงของค่า pH ของชิ้นเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นกับกล้ามเนื้อที่อยู่ในซากของซากเย็นจะไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Hood (1987) พบว่า การตัดแต่งโดยกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นจะทำให้อุณหภูมิของชิ้นเนื้อที่ถูกตัดแต่งออกมาลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยลดความแปรปรวนของอุณหภูมิภายในเนื้อจากการลดอุณหภูมิซากโดยวิธีปกติซึ่งมีปัจจัยของน้ำหนักซาก และความหนาไขมันสันหลังเข้ามาเกี่ยวข้อง ขนาดของ

กล้ามเนื้อที่เล็กกว่าที่ถูกตัดออกมาในกระบวนการตัดแต่งซากอุ่น จะทำให้การลดอุณหภูมิมีความสม่ำเสมอมากกว่า ทำให้การลดลงของค่า pH ช้าลง โอกาสในการเกิดเนื้อที่มีลักษณะซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ จึงน้อยลงด้วย แต่ van Laack and Smulders (1992) พบว่า ไม่มีความแตกต่างในโอกาสของการเกิดเนื้อที่มีลักษณะ ซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ และคุณภาพของเนื้อสุกรจากการตัดแต่งซากอุ่น กับเนื้อสุกรที่ได้จากการตัดแต่งซากโดยวิธีปกติ ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าระบบการลดอุณหภูมิซากที่ใช้ในประเทศเนเธอร์แลนด์มีประสิทธิภาพมาก จึงทำให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิในซากไม่ต่างจากเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น

Honikel and Reagan (1987) รายงานว่า การลดลงของอุณหภูมิในกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วมีผลต่อการชะลอการเกิดปฏิกิริยา glycolysis ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณกรดแลคติคเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และกล้ามเนื้อของสุกรที่เกิดปฏิกิริยา glycolysis ภายหลังสัตว์ตายอย่างรวดเร็ว (ค่า pH < 5.8 ภายหลังสัตว์ตายเป็นเวลา 45 นาที) จะมีโอกาสที่เนื้อจะเกิดลักษณะซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ ได้ง่ายหากว่าอุณหภูมิภายในเนื้อสูงจะทำให้การลดลงของค่า pH เร็วขึ้นอีก การลดอุณหภูมิภายในเนื้ออย่างรวดเร็วเท่านั้น จึงจะสามารถยับยั้งการเกิดเนื้อที่มีลักษณะ ซีด แฉะ และฉ่ำน้ำได้ ดังนั้นการตัดแต่งซากอุ่น และการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วภายในชั่วโมงแรกภายหลังสัตว์ตาย จะทำให้การฉ่ำน้ำและการซีดของเนื้อลดลง สอดคล้องกับ Carr (1985) ที่กล่าวว่าความร้อนเป็นตัวไปเร่งปฏิกิริยา glycolysis ในเนื้อให้เร็วขึ้นซึ่งมีผลทำให้ความเป็นกรดในเนื้อสูงขึ้น หรือทำให้โอกาสในการเกิดเนื้อ ซีด แฉะ และฉ่ำน้ำสูงขึ้น

Gregory (2000) กล่าวว่าเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น แล้วนำไปลดอุณหภูมิอย่างฉับพลัน จะทำให้ปฏิกิริยา glycolysis ในเนื้อภายหลังจากสัตว์ตายหยุดลงก่อนกำหนด ซึ่งเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่ลดลงอย่างรวดเร็ว แต่หากเนื้อถูกนำไปเก็บในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิสูง ค่า pH จะยังคงลดลงต่อไปได้อีก ยกตัวอย่างเช่น van Laack and Smulders (1989) นำเนื้อสุกรที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6 ถึง 10 องศาเซลเซียส ค่า pH ของเนื้อจะมีค่าต่ำกว่าเนื้อที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส

จากการวิจัยของ Cecchi *et al.* (1988) ซึ่งทำการศึกษาในกล้ามเนื้อไหล่ของโค โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างการตัดแต่งซากอุ่น การตัดแต่งซากอุ่นร่วมกับการปล่อยซากทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงก่อนการตัดแต่ง และการตัดแต่งซากเย็นพบว่า ค่า pH สุดท้าย ของกล้ามเนื้อไหล่ ได้แก่ *M.Infraspinatus* และ *M.Teres major* ที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นร่วมกับการปล่อยซากทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงก่อนการตัดแต่ง มีค่าสูงกว่า ($P<0.05$) ค่า pH สุดท้าย ของเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็น สอดคล้องกับ Seideman *et al.* (1984) ที่พบว่า เนื้อที่ได้จากซากที่ทำการลดอุณหภูมิก่อนการตัดแต่งจะมีค่า pH สุดท้ายในกล้ามเนื้อไหล่ ได้แก่ *M.Serratus ventralis* ต่ำกว่าเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น

2.7.5 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อความนุ่มของเนื้อ

Smith *et al.* (1976) กล่าวว่า ในกระบวนการตัดแต่งซากอุ่น ซากของสัตว์จะถูกแยกออกเป็นชิ้นส่วนหลัก ๆ และไขมันใต้ผิวหนังส่วนที่มากเกินไปจะถูกแยกออกมา ซึ่งจะมีผลทำให้การลดลงของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งหากอุณหภูมิในกล้ามเนื้อลดลงรวดเร็วเกินไปจะทำให้เกิดสภาวะ cold shortening และมีการรายงานว่าการนำกล้ามเนื้อของสุกรที่ยังอุ่นอยู่ซึ่งได้จากการตัดแต่งซากอุ่นไปเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะทำให้เนื้อเหนียวเพิ่มขึ้น 2.4 หน่วย หรือประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็น (Marsh *et al.* 1972) Marsh and Leet (1966) ยังรายงานด้วยว่า เนื้อจะเกิดความเหนียวอย่างมาก หากกล้ามเนื้อถูกตัดแต่งออกมาก่อนที่จะเกิด rigor mortis และตามด้วยการลดอุณหภูมิที่ใกล้กับจุดเยือกแข็ง ซึ่งความเหนียวจะเพิ่มขึ้นประมาณ 200 ถึง 400 เปอร์เซ็นต์ หากปฏิบัติเช่นนี้กับการตัดแต่งซากโค หรือ แกะ แต่ความเหนียวที่เกิดขึ้นในเนื้อสุกรจะมีเพียง 1 ใน 10 ส่วนของที่เกิดขึ้นในเนื้อโคและแกะ เท่านั้น Kastner and Russel (1975) เสนอว่า ให้ทำการแขวนซากไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 16 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนทำการตัดแต่งซากอุ่น ซึ่งจะเป็นการป้องกันการเกิด cold shortening ได้

Brown *et al.* (1998) แสดงให้เห็นว่าเนื้อสุกรที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น หลังจากนำไปลดอุณหภูมิในน้ำเกลือที่ 0 องศาเซลเซียส จะมีความนุ่มน้อยกว่าเนื้อสุกรที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็น แต่จะไม่พบความแตกต่างภายหลังจากนำไปแช่เย็นเป็นเวลา 15 วัน Henderson *et al.* (1970) พบว่า กล้ามเนื้อสันนอก (*M.longisimus dorsi*) ของสุกรจะเกิดการหดตัวเพียงเล็กน้อย ที่อุณหภูมิของกล้ามเนื้อ 2 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ากล้ามเนื้อชนิด white muscle ของไก่งวงจะเกิดความเหนียวขึ้นได้ หากนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย (Welbourn *et al.* 1968) การหดตัวของกล้ามเนื้อหน้าอกได้แก่ *M.pectoralis major* ของไก่ และไก่งวงที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะมีมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับที่นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 12 ถึง 18 องศาเซลเซียส (Smith *et al.* 1976) และ Jungk and Marion (1970) พบว่า ไม่มีการเกิด cold shortening ในกล้ามเนื้อหน้าอก *(M.pectoralis major*) ของไก่งวง ที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

จากการทดลอง Rees *et al.* (2002a) พบว่า การตัดแต่งซากอย่างรวดเร็วของสุกรพันธุ์ลูกผสม ลาร์จไวท์ แลนด์เรช จำนวน 8 ตัว ที่เวลา 30 นาทีภายหลังจากสัตว์ตาย แล้วนำกล้ามเนื้อสันนอกไปลดอุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้เนื้อสันนอกของสุกรมีความเหนียวมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสันนอกของสุกรที่ทำการตัดแต่งซากด้วยวิธีปกติที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตาย สอดคล้องกับการทดลองเพื่อตรวจสอบความนุ่ม และคุณภาพของเนื้อสุกรที่นำไปเก็บที่สภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ ภายหลังจากการตัดแต่งอย่างรวดเร็วหลังจากสัตว์ตาย 30 นาที โดยนำเนื้อสันนอกไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 7 14 และ 21 องศาเซลเซียส พบว่า สภาวะอุณหภูมิภายหลังการตัด

แต่งที่แตกต่างกันจะไม่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อในระยะแรก แต่จะมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ภายหลังจากที่กล้ามเนื้อถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน โดยพบว่ากล้ามเนื้อที่ถูกเก็บที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียสภายหลังจากการตัดแต่ง จะมีความนุ่มมากกว่ากล้ามเนื้อที่ถูกเก็บในสภาวะอุณหภูมิอื่น ๆ และกล้ามเนื้อที่ถูกเก็บที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะมีความเหนียวมากที่สุด (Rees *et al.* 2002b)

White *et al.* (2006) รายงานว่า กล้ามเนื้อโคที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นโดยไม่ได้รับการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าก่อนการตัดแต่งจะมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner Bratzler shear force) สูงกว่าและมีความยาวซาร์โคเมียร์ สั้นกว่ากล้ามเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นและพบว่า เนื้อโคที่ได้จากการตัดแต่งโดยการตัดแต่งซากอุ่นจะมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อ สูงกว่าเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งโดยการตัดแต่งซากเย็น แต่เนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นและทำการชะลอการลดอุณหภูมิจะมีความยาวซาร์โคเมียร์มากกว่า (P<0.01) เนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และทำการลดอุณหภูมิเนื้อทันที ดังนั้นการชะลอการลดอุณหภูมิหลังจากการตัดแต่งซากอุ่นจะทำให้เนื้อนุ่มขึ้น ซึ่งตรงกับผลการทดลองของ Kastner and Russell (1975) ได้ทำการทดลองโดยนำซากโคที่ได้ภายหลังจากกระบวนการฆ่าไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 ถึง 16 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ถึง 10 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตายก่อนทีจะนำมาทำการตัดแต่งโดยการตัดแต่งซากอุ่น พบว่าการเลื่อนเวลาในการตัดแต่งซากอุ่นออกไปสามารถขจัดปัญหาในเรื่องของความเหนียวจากการตัดแต่งซากอุ่นได้

นอกจากนี้ Herring *et al.* (1967) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีความสัมพันธ์จากการหดตัวของกล้ามเนื้อ และจะมีผลต่อความนุ่มของเนื้อ โดย Schmidt and Keman (1974) พบว่า กล้ามเนื้อบางชนิดของโคที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น แล้วนำชิ้นเนื้อไปเก็บในห้องเย็นทันที จะมีการเพิ่มขึ้นของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวอย่างมากจากสภาวะ cold shortening ซึ่งจะทำให้เนื้อมีความเหนียวกว่าเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็น

2.7.6 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อการอุ้มน้ำของเนื้อ

การลดลงของอุณหภูมิของกล้ามเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นโดยทั่วไปจะเร็วกว่าและมีความสม่ำเสมอมากกว่ากล้ามเนื้อที่ยังอยู่ภายในซากในการตัดแต่งซากเย็น ส่งผลให้การลดลงของค่า pH ในกล้ามเนื้อที่ตัดแต่งซากอุ่นลดลงได้ช้ากว่ากล้ามเนื้อที่ตัดแต่งซากเย็น ทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อที่ตัดแต่งซากอุ่นมีมากกว่าเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็น (Neel *et al.* 1987) โดย Hood (1987) พบว่า การตัดแต่งโดยกระบวนการตัดแต่งซากอุ่น จะช่วยลดค่า drip loss ในระหว่างการเก็บเนื้อโคในระยะยาวเป็นเวลา 10 สัปดาห์ สอดคล้องกับการทดลองของ Taylor *et al.* (1981) ซึ่งพบว่า การสูญเสียจากการระเหยของน้ำ โดยรวมของเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นมีประมาณ 0.6 เปอร์เซ็นต์ แต่เนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นจะอยู่ที่ประมาณ 1.9

เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิภายในเนื้อของวิธีการตัดแต่งซากอุ่นลดลงได้เร็วกว่าการตัดแต่งซากเย็นจึงไปมีผลทำให้ค่า pH ของเนื้อลดลงได้ช้า ซึ่งการอุ้มน้ำของเนื้อนั้นมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความเป็นกรด-ด่างในเนื้อ เนื้อที่มีค่า pH ต่ำจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ และในทางกลับกันเนื้อที่มีค่า pH สูงจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงขึ้นด้วย การเปลี่ยนแปลงของค่าการอุ้มน้ำของเนื้อ เมื่อสัตว์ตายลงเป็นผลจากปริมาณกรดแลคติคในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า pH ในกล้ามเนื้อลดลงซึ่งจะมีผลทำให้โปรตีนในกล้ามเนื้อสูญเสียความสามารถในการเกาะจับกับโมเลกุลน้ำภายในเนื้อ ทำให้น้ำที่อยู่ในกล้ามเนื้อถูกปลดปล่อยออกมา จากเหตุผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า เมื่อใดก็ตามที่กล้ามเนื้อสัตว์มีค่า pH สูงขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อก็จะสูงตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตาม มีการทดลองจำนวนมากที่ไม่สองคล้องกับการทดลองนี้เช่น จากการทดลอง Rees *et al.* (2002a) พบว่า การตัดแต่งซากอย่างรวดเร็วของสุกรพันธุ์ลูกผสม ลาร์จไวท์แลนด์เรช จำนวน 8 ตัว ที่เวลา 30 นาทีภายหลังจากสัตว์ตาย แล้วนำกล้ามเนื้อสันนอกไปลดอุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้เนื้อสันนอกของสุกร มีค่า drip loss สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสันนอกของสุกรที่ทำการตัดแต่งซากด้วยวิธีปกติที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตาย Weakly *et al.* (1986) รายงานว่า เนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น แล้วนำไปลดอุณหภูมิที่ 0 ถึง 2 องศาเซลเซียส จะมีค่า drip loss เพิ่มขึ้น จากการทดลองของ Rees *et al.* (2002b) เพื่อตรวจสอบความนุ่ม และคุณภาพของเนื้อสุกรที่นำไปเก็บที่สภาวะอุณหภูมิต่าง ๆ ภายหลังจากการตัดแต่งอย่างรวดเร็วหลังจากสัตว์ตาย 30 นาที โดยนำเนื้อสันนอกไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 7 14 และ 21 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อที่นำไปเก็บที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส ภายหลังการตัดแต่งอย่างรวดเร็วหลังจากสัตว์ตาย 30 นาที จะมีค่า drip loss ต่ำกว่า เนื้อที่เก็บที่อุณหภูมิอื่น ๆ และในการทดลองของ van Laack and Smulders (1992) พบว่า เวลาในการตัดแต่งซากไม่มีผลต่อค่า drip loss ของเนื้อสุกรในวันแรกภายหลังจากสัตว์ตาย แต่ค่าการอุ้มน้ำของเนื้อ จะลดลงเมื่อเวลาในการเก็บเนื้อเพิ่มขึ้นขึ้นอยู่กับสภาวะในการลดอุณหภูมิ และชนิดของกล้ามเนื้อด้วย ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีกมาก โดย Honikel and Reagan (1987) รายงานว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อนอกจากค่า pH แล้วจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของกล้ามเนื้อ ชนิดของสัตว์ และวิธีการที่ใช้ในการตรวจวัดอีกด้วย นอกจากนี้ขนาดของซาก และความหนาของไขมันหุ้มซากก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจมีอิทธิพลต่อการสูญเสียน้ำของเนื้อในระหว่างการเก็บในห้องเย็น Offer and Knight (1988b) ยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงในค่า drip loss ที่เกิดขึ้นในระหว่างการลดอุณหภูมิเนื้ออาจมีความสัมพันธ์กับชนิดของสิ่งที่ใช้บรรจุเนื้อ และสภาพในการจัดเรียงเนื้อในห้องเย็นอีกด้วย นอกจากนี้ระยะเวลาที่เนื้ออยู่ในห้องเย็นยังมีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเช่นกัน โดย Schwägele and Lücke (1989) พบว่า ความแตกต่างของการอุ้มน้ำของเนื้อของเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย และจะหายไปในระยะเวลาในการเก็บที่นานขึ้น นอกจากนี้ Honikel *et al.* (1986) ได้พิสูจน์ให้เห็นว่า การ

ลดลงของอุณหภูมิในเนื้ออย่างรวดเร็วในเนื้อสุกรอาจชักนำให้เกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อซึ่งจะมีผลต่อทำให้เนื้อสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อได้เช่นกัน

2.7.7 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อสีของเนื้อ

สัญชัย จตุรสิทธา (2547) กล่าวว่า สีของเนื้อเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสนใจ เพราะสามารถบอกได้ว่าเนื้อนั้นเป็นที่ยอมรับต่อการบริโภคหรือไม่ สารสีในกล้ามเนื้อ (heam protein) ประกอบไปด้วย ไมโอโกลบิน (myoglobin) ประมาณ 80 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และฮีโมโกลบิน (hemoglobin)โดยมีธาตุเหล็กซึ่งถูกห่อหุ้มด้วย prophyrin ring เป็นองค์ประกอบอยู่ตรงกลางของโมเลกุล การเปลี่ยนแปลงกลไกทางเคมีโดยการสูญเสียหรือรับเอาอิเล็คตรอนจะก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของสี สอดคล้องกับ vanLaak and Smulders (1987) รายงานว่า สีของเนื้อเกิดจากสารสีในเนื้อสัตว์ (myoglobin) การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อขึ้นอยู่กับสภาวะทางเคมีของธาตุเหล็กในโมเลกุลของสารสี โดยปกติแล้ว myoglobinในเนื้อจะมีอยู่ 3 รูปแบบ ได้แก่ purple myoglobin (Mb) ซึ่งอยู่ในสภาพรีดิวซ์ (รีดิวซ์เป็นเฟอรัส) ซึ่งกล้ามเนื้อตามธรรมชาติจะอยู่ในสภาพนี้ โดยธาตุเหล็กในโมเลกุลของ myoglobin จะสามารถรวมตัวกับโมเลกุลของน้ำหรือออกซิเจน cherry-red oxymyoglobin (Mbo) อยู่ในสภาพที่ myoglobin รวมตัวกับออกซิเจน และ grayish-brown metmyoglobin (Mmb) อยู่ในสภาพออกซิไดซ์ (ออกซิไดซ์เป็นเฟอริก) ซึ่งไม่สามารถทำปฏิกิริยารวมตัวกับสารตัวใดได้อีก โดยปกติแล้ว myoglobin ทั้งสามนี้สามารถที่จะเปลี่ยนรูปไปมาได้ นอกจากนี้สีของเนื้อจะมีความเข้มมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ชนิดของสัตว์ สายพันธุ์ อายุของสัตว์ เพศของสัตว์ ปริมาณเม็ดสีในเนื้อ ชนิดของกล้ามเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างภายในกล้ามเนื้อสัตว์ก่อนและหลังสัตว์ตาย (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539 ; สัญชัย จตุรสิทธา. 2547)

มีรายงานว่า สีของเนื้อชิ้นส่วนขนาดใหญ่ที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และชิ้นส่วนย่อยของเนื้อหลังจากตัดแต่งแล้ว จะมีลักษณะไม่แตกต่างกับเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งโดยวิธีปกติ อย่างไรก็ตามพบว่า กล้ามเนื้อโคบางส่วนที่มีตำแหน่งลึกเข้าไปในซากที่ได้จากการตัดแต่งโดยวิธีปกติ จะมีสีซีดกว่ากล้ามเนื้อที่อยู่ด้านนอก เนื่องจากกล้ามเนื้อด้านในมีอุณหภูมิลดลงช้ากว่า และมีการลดลงของค่า pH เร็วกว่า ทั้งนี้กระบวนการตัดแต่งซากอุ่นนั้นมีจุดมุ่งหมายที่จะทำให้กล้ามเนื้อที่ตัดแต่งออกมามีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วกว่า ซึ่งจะเป็นการป้องกันการเสื่อมสภาพของโปรตีนให้เกิดขึ้นน้อยลง หลีกเลี่ยงการซีดลงของเนื้อ และลักษณะของเนื้อที่เรียกว่า two tone ที่มักจะเกิดขึ้นในเนื้อที่ได้จากกระบวนการตัดแต่งซากเย็น (Anonymous. 2006)

จากการทดลอง Rees *et al.* (2002a) พบว่า การตัดแต่งซากอย่างรวดเร็วของสุกรพันธุ์ลูกผสม ลาร์จไวท์ แลนด์เรช จำนวน 8 ตัว ที่เวลา 30นาทีภายหลังจากสัตว์ตาย แล้วนำกล้ามเนื้อสันนอกไปลดอุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้เนื้อสันนอกของสุกร มีสีคล้ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสันนอกของสุกรที่ทำการตัดแต่งซากด้วยวิธีปกติที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังจาก

สัตว์ตาย แต่หากนำกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นไปเก็บไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิที่ 14 องศาเซลเซียส จะทำให้กล้ามเนื้อสันนอกมีความสว่างของสีมากขึ้น

Pisula and Tyburcy (1996) รายงานว่า สีของกล้ามเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นจะคล้ำกว่ากล้ามเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากโดยวิธีปกติเล็กน้อย แต่จะมีความสม่ำเสมอของสีมากกว่า ซึ่งจะมีผลเนื่องมาจากอัตราการลดอุณหภูมิในเนื้ออย่างรวดเร็วจากการตัดแต่งซากอุ่น เช่นเดียวกับ Taylor *et al.* (1981) ซึ่งพบว่า สีของกล้ามเนื้อภายในซากซึ่งเย็นลงอย่างไม่สม่ำเสมอ จะมีความสม่ำเสมอมากขึ้นภายหลังจากการตัดแต่งซากอุ่น สอดคล้องกับ van Laack and Smulders (1990) พบว่า ตัวอย่างของเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นมีความคงตัวของสีสูงกว่าตัวอย่างเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็น

จากการวิจัยของ Cecchi *et al.* (1988) ซึ่งทำการศึกษาในกล้ามเนื้อไหล่ของโค โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างการตัดแต่งซากอุ่น การตัดแต่งซากอุ่นร่วมกับการปล่อยซากทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมงก่อนการตัดแต่ง และการตัดแต่งซากเย็น พบว่า กล้ามเนื้อ ที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นทั้งสองวิธีจะมีค่าความสว่างของสีเนื้อ (Lightness ; L*) ต่ำกว่าเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็น และพบว่า การปล่อยซากทิ้งไว้เป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนทำการตัดแต่งซากอุ่นจะช่วยปรับปรุงสีของเนื้อให้สว่างขึ้นได้ เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อที่ได้จากซากที่ทำการตัดแต่งซากอุ่นทันทีภายหลังกระบวนการฆ่า

การที่สีของเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นมีสีคล้ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นเป็นเพราะว่า การที่อุณหภูมิของเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วโดยการตัดแต่งซากอุ่น โดยเมื่อเนื้อได้รับความเย็นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ๆ ภายหลังการฆ่าจะทำให้มีการจับตัวกันของออกซิเจนและไมโตรคอนเดรีย (mitrochondria) ภายในเซลล์อย่างรวดเร็วจึงทำให้ไม่มีออกซิเจนมากพอที่จะมาจับกับ myoglobin จึงทำให้เนื้อมีสีเข้มขึ้น และเนื้อที่ผ่านการตัดแต่งซากอุ่นจะมีค่า pH ที่ค่อนข้างสูงทำให้มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสูงตามไปด้วย จึงทำให้น้ำส่วนใหญ่อยู่ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อพร้อมกันนั้น myoglobin ก็จะถูกเก็บไว้ภายในจึงทำให้เนื้อมีสีค่อนข้างเข้ม (vanLaak and Smulder. 1987) นอกจากนี้ Boakye and Mittal (1996) ยังพบว่า สีของเนื้อที่ผ่านกระการบวนการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะค่อนข้างเข้มกว่าเนื้อที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบปกติ ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (oxygenation) ของ myoglobin ทำให้สารสีของเนื้ออยู่ในสภาพ oxymyoglobin น้อย ส่วนใหญ่เปลี่ยนสภาพไปอยู่ในรูป metmyoglobin ดังนั้นจึงทำให้เนื้อมีสีเข้มขึ้น นอกจากนี้ Lawrie (1998) อธิบายว่า ความแตกต่างในสีของกล้ามเนื้ออาจมีผลมาจากการทำงานของ cytochrome enzyme ความใกล้ชิดกันของเส้นใยกล้ามเนื้อ ลักษณะการสะท้อนของสีซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Bate-Smith. 1948) และปริมาณ hemoglobin อีกด้วย นอกจากนี้ Marriott *et al.* (1980) ยังพบว่า สีของเนื้อจะมีสหสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด โดย

อธิบายว่า จุลินทรีย์บางชนิดจะนำออกซิเจนที่อยู่บนผิวเนื้อมาใช้ในการดำรงชีวิต และมีการขับถ่ายของเสียจากการเมแทบอลิซึมออกมา ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้สีของเนื้อเปลี่ยนแปลงไปได้

2.7.8 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อการปนเปื้อนของจุลินทรีย์

สุมณฑา วัฒนสินธุ์ (2545) กล่าวว่า เนื้อสัตว์มีค่า pH, ค่า water activity (a_w) และสารอาหารเหมาะสมกับการเจริญขยายพันธุ์ของจุลินทรีย์ทุกชนิด จึงเน่าเสียได้ง่าย โดยเฉพาะที่บริเวณผิวหน้าของเนื้อจะเน่าเสียก่อนส่วนอื่นสืบเนื่องจากแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ ชนิดที่พบมากได้แก่ *Pseudomonas Alcaligenes Acinetobacter Moraxella* และ *Aeromonas*

ข้อเสียเปรียบประการหนึ่งของกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นก็คือ มีความเสี่ยงในการสนับสนุนให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ในกระบวนการตัดแต่งซากโดยวิธีปกติการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะถูกควบคุมโดยความแห้ง และความเย็นบนพื้นผิวของซาก ซึ่งบนเนื้อที่ได้จากกระบวนการตัดแต่งซากอุ่น ความชื้นของชิ้นเนื้อ และอุณหภูมิบริเวณพื้นผิวอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อน และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในเนื้อโคควรจะมีอุณหภูมิของเนื้อต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส และในสัตว์ขนาดเล็กต้องมีอุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) ช้าลง และเนื้อควรจะมีอุณหภูมิลดลงถึง 7 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าภายในเวลารวดเร็วภายหลังจากการตัดแต่ง ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคจะเกิดขึ้นน้อยมาก ซึ่งถือว่าเป็นอุณหภูมิที่สามารถป้องกันจุดวิกฤตตามมาตรฐานของความปลอดภัยทางอาหาร (food safety) (Anonymous. 2006)

ในกระบวนการตัดแต่งซากอุ่น เนื้อที่ตัดแต่งถอดกระดูกออกแล้ว จะมีอุณหภูมิที่พื้นผิวอยู่ที่ 20 ถึง 35 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิดังกล่าวนี้ การเจริญเติบของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคจะสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ภายในเวลา 1 ถึง 2 ชั่วโมง และหลังจากนั้นจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงต้องลดอุณหภูมิเนื้อให้ต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียสอย่างรวดเร็วซึ่งจะเป็นการควบคุมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ (Anonymous. 2006)

กระบวนการตัดแต่งโดยวิธีตัดแต่งซากอุ่น จะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาณอัตราส่วนของซากภายหลังจากสัตว์ตายไม่นาน ซึ่งในขณะนั้นอุณหภูมิของเนื้อยังอุ่นอยู่ และมีความชื้นมากกว่าเนื้อที่นำไปแช่เย็นแล้ว ภายใต้สภาวะดังกล่าวโต๊ะที่ใช้ในการตัดแต่งจะเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้มากกว่าการตัดแต่งโดยวิธีตัดแต่งซากเย็นโดยเฉพาะอย่างยิ่ง พื้นผิวของซากบริเวณกล้ามเนื้อสันคอ ซึ่งเป็นบริเวณที่ใกล้กับจุดแทงคอเพื่อเอาเลือดออก และบริเวณกล้ามเนื้อสะโพกซึ่งใกล้ทวารหนักจะมีความเสี่ยงต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณจุลินทรีย์ได้มาก (Smulders and Eikelenboom. 1987)

จากการศึกษาของ ภัทราภรณ์ เชื้อนันตา (2540) รายงานว่าเนื้อสุกรที่ทำการตัดแต่งโดยวิธีการตัดแต่งซากอุ่นภายหลังจากสัตว์ตาย 1 ชั่วโมง ในโรงฆ่าสุกรที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาล พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดก่อนการตัดแต่ง และภายหลังการตัดแต่งที่ได้ทำการลดอุณหภูมิของเนื้อแล้วไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ส่วนเนื้อสุกรที่ตัดแต่งโดยการตัดแต่งซากเย็นโดยเก็บไว้ในห้องเย็นเป็นเวลา 18 ชั่วโมงก่อนการตัดแต่ง พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดก่อน และหลังการตัดแต่งจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อสุกรที่ทำการตัดแต่งโดยวิธีการตัดแต่งซากอุ่น ในโรงฆ่าสุกรที่ได้มาตรฐานสากล แล้วนำชิ้นเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งห่อด้วยพลาสติกใสไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 0 ถึง 4 องศาเซลเซียส พบว่าปริมาณจุลินทรีย์หลังการตัดแต่งเพิ่มสูงกว่าก่อนการตัดแต่งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P>0.01) ส่วนเนื้อที่ทำการตัดแต่งซากเย็นไม่พบความแตกต่างของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดภายในเนื้อก่อน และหลังการตัดแต่ง ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อที่ตัดแต่งซากอุ่นถูกห่อหุ้มด้วยพลาสติก จึงมีอุณหภูมิภายในเนื้อสูงกว่าเนื้อที่ตัดแต่งซากเย็น มีผลทำให้การระเหยน้ำออกจากชิ้นเนื้อน้อยกว่า ผิวของชิ้นเนื้อจึงเปียกชื้น ดังนั้นจุลินทรีย์จึงมีโอกาสเจริญเติบโตได้ดีกว่าเนื้อที่ตัดแต่งซากเย็น

Sheridan and Sherington (1982) รายงานว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน (aerobic bacteria) บนเนื้อโคที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และเนื้อโคที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็น ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงสุญญากาศไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 0 และ 5 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับ Taylor *et al.* (1981) พบว่า ไม่พบความแตกต่างในการปนเปื้อนหรือการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็น แต่จากการทดลองของ Follet *et al.* (1974) รายงานว่า จำนวนของแบคทีเรียในกลุ่ม mesophilic จากเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นซึ่งบรรจุสุญญากาศ และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงจะมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นซึ่งบรรจุสุญญากาศและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 10 และ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเช่นกัน แม้ว่าในระยะแรก ๆ จะไม่มีความแตกต่างของจำนวนแบคทีเรียในกลุ่ม mesophilic ในเนื้อที่ตัดแต่งซากอุ่นกับเนื้อที่ตัดแต่งซากเย็น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sheridan and Sherington (1982) ว่าในการเก็บเนื้อโคที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ถึง 15 ชั่วโมง เนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นจะมีจำนวนของแบคทีเรียในกลุ่ม mesophilic สูงกว่าเนื้อที่เก็บไว้เป็นเวลา 28 วัน และ Fung *et al.* (1980) พบว่าเนื้อโคที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นซึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 2.2 องศาเซลเซียส จะมีแบคทีเรียในกลุ่ม mesophilic และ psychrotrophic เพิ่มสูงขึ้นในระยะแรก และหลังจากวันที่ 14 ของการเก็บเนื้อ ซึ่งมีนักวิจัยบางท่านให้ความเห็นว่าอุณหภูมิที่สูงกว่าของเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นในขณะทำการตัดแต่งอาจเป็นสาเหตุของการเพิ่มสูงขึ้นของจำนวนจุลินทรีย์ในเวลาต่อมาได้ (Fung *et al.* 1980) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น ปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่บนพื้นผิวเนื้อ ความสามารถในการซึมผ่านได้ของก๊าซของถุงที่ใช้บรรจุเนื้อ และการเคลื่อนที่ของน้ำที่

บริเวณพื้นผิวของเนื้อ อาจมีความสำคัญต่อการเพิ่มจำนวนขึ้นของจุลินทรีย์ (Kotula and Emswiler-Rose. 1981)

2.7.9 ผลของการตัดแต่งซากอุ่นต่อการนำเนื้อไปแปรรูป

เนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น ซึ่งกล้ามเนื้อยังไม่เกิด rigor mortis เมื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์แปรรูปทันทีจะมีข้อได้เปรียบเนื่องจากเนื้อดังกล่าวมีคุณสมบัติในการรวมตัวของไขมันกับน้ำ (emulsion) และคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ดีกว่าเนื้อที่ผ่านการเกิด rigor mortis แล้ว อย่างไรก็ตามหากไม่สามารถนำเนื้อที่ทำการตัดแต่งซากอุ่นไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้ทันที สามารถนำเนื้อจากการตัดแต่งซากอุ่นนั้นไปแช่เย็นหรือแช่แข็ง ซึ่งมีการปฏิบัติกันในประเทศออสเตรเลีย ซึ่งการทำเช่นนี้จะเป็นการคงคุณสมบัติของเนื้อที่ยังไม่เกิด rigor mortis ไว้ได้ และสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ได้ดีเช่นเดิม ซึ่งอุณหภูมิในการเก็บควรจะอยู่ที่ประมาณ -18 องศาเซลเซียส ในเนื้อโคและเนื้อแกะ การแช่แข็งควรทำให้เสร็จสิ้นภายในเวลา 6 ชั่วโมงหลังจากกระบวนการฆ่า (Anonymous, 2006)

จากการวิจัยโดย Seman *et al.* (1987) ซึ่งได้เปรียบเทียบการนำเนื้อโคที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และเนื้อโคที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นมาทำเนื้อสเต็คขึ้นรูปใหม่ (Restructured beef steak) พบว่าเนื้อขึ้นรูปที่ทำจากเนื้อจากการตัดแต่งซากอุ่น จะมีน้ำหนักรวมสุทธิมากกว่า เนื่องจากเนื้อสเต็คขึ้นรูปที่ทำโดยเนื้อจากการตัดแต่งซากอุ่นจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงกว่า เพราะเนื้อที่ตัดแต่งซากเย็นจะมีการสูญเสียความชื้นเนื่องจากการระเหย (evaporative loss) ในขณะที่ทำการลดอุณหภูมิซากก่อนการตัดแต่ง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาเปรียบเทียบผลของการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นต่อคุณภาพเนื้อสุกรทางด้านต่าง ๆ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

1) การทดลองที่ 1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นต่อคุณภาพเนื้อสุกรทางด้านกายภาพ ปริมาณชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง และประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานตัดแต่ง

2) การทดลองที่ 2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อสุกร

3.1 ซากสุกรทดลอง

การทดลองที่ 1 ใช้ซากสุกรขุนลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ x ดูร็อค) คละเพศจากฟาร์มสุกรแห่งหนึ่ง ซึ่งส่งเข้าฆ่า และชำแหละซากที่โรงฆ่าสุกรมาตรฐานขนาดเล็ก จำนวน 456 ตัว น้ำหนักมีชีวิตอยู่ระหว่าง 80 ถึง 120 กก.

การทดลองที่ 2 ใช้ซากสุกรขุนลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ x ดูร็อค) คละเพศจากฟาร์มสุกรแห่งหนึ่ง ซึ่งส่งเข้าฆ่า และชำแหละซากที่โรงฆ่าสุกรมาตรฐานขนาดเล็ก จำนวน 40 ตัว น้ำหนักมีชีวิตอยู่ระหว่าง 100 ถึง 120 กก.

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดคุณภาพเนื้อทางกายภาพ และประสิทธิภาพในการทำงาน

1) เครื่องวัดอุณหภูมิใจกลางเนื้อ (Testo)

2) เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (WTW Wiss, Techn - Werkstaten D812 Weilheim) และอิเลคโทรดชนิดวัดกับตัวอย่างเนื้อ (Electrode – WTW pH – Sentix^{sp})

3) เครื่องวัดสีในเนื้อ (Minolta Chromameter CR – 300)

4) เครื่องชั่งน้ำหนัก

5) เครื่องวัดอุณหภูมิห้อง และความชื้นสัมพัทธ์

6) มีดตัดแต่ง

7) นาฬิกาจับเวลา

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

1) หม้อนึ่งความดันไอ

2) ตู้บ่มเชื้อ

3) หลอดทดลองขนาด 20 มิลลิลิตร

4) ขวดดูแลนขนาด 250 และ 1000 มิลลิลิตร

5) ถุงฆ่าเชื้อสำหรับเก็บตัวอย่าง

6) คีมคีบ มีดผ่าตัด

7) ตะเกียงบุนเสน

8) เครื่องชั่งดิจิตอล

9) อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

9.1 แผ่นเพาะเชื้อสำเร็จรูป 3M PetrifilmTM Aerobic Count Plate

9.2 buffer peptone water

3.3 วิธีการ

3.3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาเปรียบเทียบผลของการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นต่อคุณภาพของเนื้อสุกรทางด้านกายภาพ ปริมาณชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง และประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานตัดแต่ง

1) การตัดแต่งซาก

ภายหลังสิ้นสุดกระบวนการฆ่า และซากถูกแบ่งออกเป็น 2 ซีก ซากสุกรจำนวนหนึ่งจะถูกทำการตัดแต่งทันที (การตัดแต่งซากอุ่น) ส่วนซากสุกรอีกจำนวนหนึ่ง จะถูกนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ -4 ถึง 4 องศาเซลเซียส เก็บซากในห้องเย็นนานเป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำมาทำการตัดแต่ง (การตัดแต่งซากเย็น) โดยทั้งการตัดแต่งซากอุ่น และการตัดแต่งซากเย็นจะนำซากมาทำการแยกชิ้นส่วน เลาะเอากระดูกออกและตัดแต่งเอาไขมันพร้อมหนังออกจากชิ้นส่วนตัดแต่งทั้งหมด ตามระบบของโรงฆ่า และชำแหละสุกร บริษัท MT 9999 โดยชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง ได้แก่ สันนอก (loin) สันใน (filet) สามชั้น (belly) สะโพก (ham) ไหล่ล่าง (picnic shoulder) ไหล่บน (boston shoulder) คาง (jowl) ขา (leg) มันแข็ง (solid fat) มันเปลว (leaf fat) มันราวนม หนัง (skin) กระดูกสันหลัง (back bone) กระดูกซี่โครง (rib bone) กระดูกขา (leg bone)

2) ขั้นตอนการตัดแต่ง และการบันทึกข้อมูล

ซากที่ทำการตัดแต่งซากอุ่น มีขั้นตอนในการบันทึกข้อมูลดังนี้

1) สุกรผ่านกระบวนการฆ่า และผ่าซากออกเป็น 2 ซีก ทำการวัดค่า pH และอุณหภูมิภายในเนื้อที่กล้ามเนื้อสันนอกบริเวณระหว่างซี่โครงซี่ที่ 13/14 หลังจากสัตว์ตาย 20 นาที

2) ชั่งน้ำหนักซากอุ่นทั้ง 2 ซีก

3) ทำการตัดแต่งซาก และชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งทั้งหมด

4) วัดประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานตัดแต่งโดยจับเวลาที่ใช้ในการตัดแต่งซากต่อพนักงาน 1 คน ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการตัดแต่งซากอุ่น

5) วัดค่า pH และอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอกบริเวณระหว่างซี่โครงซี่ที่ 13/14 หลังจากตัดแต่งซากแล้วที่เวลา 45 นาทีภายหลังจากสัตว์ตาย

6) นำชิ้นส่วนสันนอกไปวางผึ่งไว้ในห้องตัดแต่งที่มีอุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ทำการวัดค่า pH และอุณหภูมิอีกครั้งที่เวลา 4 ชั่วโมง ภายหลังจากสัตว์ตาย และวัดค่าสีของเนื้อ โดยการวัดความสว่างของสีเนื้อ (L*) ที่พื้นที่หน้าตัดสันนอกบริเวณระหว่างซี่โครงซี่ที่ 13/14 ภายหลังสัตว์ตาย 4 ชั่วโมงโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta Chromameter CR-300

7) นำชิ้นส่วนสันนอกไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ -4 ถึง 4 องศาเซลเซียส

8) วัดค่า pH และอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอกที่เก็บเย็นไว้ ที่เวลา 12 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย แล้วนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นต่อไป

9) นำชิ้นส่วนกล้ามเนื้อสันนอกที่เก็บในห้องเย็น จนครบ 24 ชั่วโมงหลังจากสัตว์ตาย วัดค่า pH และอุณหภูมิที่ เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตาย

10) วัดค่าความสว่างของสีเนื้อ (L*) โดยการวัดบนผิวหน้าตัดของเนื้อสันนอกบริเวณระหว่างซี่โครงซี่ที่ 13/14 ภายหลังสัตว์ตาย 24 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta Chromameter CR-300

ซากที่ทำการตัดแต่งซากเย็น มีขั้นตอนในการบันทึกข้อมูลดังนี้

1) สุกรผ่านกระบวนการฆ่า และผ่าซากออกเป็น 2 ซีก ทำการวัดค่า pH และอุณหภูมิภายในเนื้อ ที่กล้ามเนื้อสันนอกบริเวณระหว่างซี่โครงซี่ที่ 13/14 หลังจากสัตว์ตาย 20 นาที

2) นำซากทั้ง 2 ซีกไปแขวนเก็บในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ -4 ถึง 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

3) วัดค่า pH และอุณหภูมิที่กล้ามเนื้อสันนอกของซากบริเวณระหว่างซี่โครงซี่ที่ 13/14 ที่เวลา 45 นาทีภายหลังจากสัตว์ตาย

4) วัดค่า pH และอุณหภูมิที่กล้ามเนื้อสันนอกของซากบริเวณระหว่างซี่โครงซี่ที่ 13/14 ที่เวลา 12 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตาย

5) หลังจากเก็บซากในห้องเย็นเป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำซากทั้ง 2 ซีกออกมาชั่งน้ำหนักซากเย็น จากนั้นทำการตัดแต่งซาก และชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งทั้งหมด

6) วัดประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานตัดแต่งโดยจับเวลาที่ใช้ในการตัดแต่งซาก 1 ตัวต่อพนักงาน 1 คน ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการตัดแต่งซากเย็น

7) นำชิ้นส่วนสันนอกไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ -4 ถึง 4 องศาเซลเซียส จนครบ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

8) นำชิ้นส่วนกล้ามเนื้อสันนอกที่เก็บไว้ในห้องเย็นจนครบ 24 ชั่วโมง วัดค่า pH และอุณหภูมิ ที่ เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตาย

9) วัดค่าความสว่างของสีเนื้อ (L*) โดยการวัดบนผิวหน้าตัดของเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงซี่ที่ 13/14 ภายหลังสัตว์ตาย 24 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta Chromameter CR-300

*วัดบริเวณกล้ามเนื้อสันนอก (*M. longisimus dorsi*)

ภาพที่ 3.1 แผนภาพขั้นตอนการดำเนินงานการทดลองที่ 1

3.3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบผลของการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อสุกร

1) การตัดแต่งซาก

วิธีการตัดแต่งซากทั้งการตัดแต่งซากอุ่น และการตัดแต่งซากเย็น ปฏิบัติเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 โดยใช้ซากสุกรตัวเดียวกันให้ซากซีกขวาเป็นตัวแทนของการตัดแต่งซากอุ่น และซากซีกซ้ายเป็นตัวแทนของการตัดแต่งซากเย็น

2) ขั้นตอนการหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อสุกร

ซากสุกรจำนวน 40 ตัว น้ำหนักมีชีวิตระหว่าง 100 ถึง 120 กก. ภายหลังกระบวนการแบ่งซาก (splitting) ซากซีกขวาถูกนำมาตัดแต่งทันที (การตัดแต่งซากอุ่น) ส่วนซากซีกซ้ายถูกนำเข้าไปเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ -4 ถึง 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วจึงทำการตัดแต่ง (การตัดแต่งซากเย็น) ทำการเก็บตัวอย่างเนื้อ จากบริเวณผิวของกล้ามเนื้อ 4 ตำแหน่ง ได้แก่ กล้ามเนื้อสะโพก สันนอก สันคอ และสามชั้น โดยนำชิ้นเนื้อที่สุ่มตัดมาแต่ละจุดมารวมกันแล้วทำการชั่งตัวอย่าง ๆ ละ 25 กรัม โดยจะเก็บตัวอย่างเนื้อจากซากซีกขวาซึ่งเป็นตัวแทนของการตัดแต่งซากอุ่นในช่วงก่อนการตัดแต่ง (15 นาทีภายหลังสัตว์ตาย) จากชิ้นเนื้อภายหลังการตัดแต่ง (45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย) และจากชิ้นเนื้ออีกครั้งก่อนส่งขาย (4 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย) ส่วนซากซีกซ้ายซึ่งเป็นตัวแทนของการตัดแต่งซากเย็นจะทำการเก็บตัวอย่างเนื้อจากซากในช่วงก่อนนำเข้าห้องเย็น (15 นาทีภายหลังสัตว์ตาย) เก็บตัวอย่างเนื้อจากซากก่อนการตัดแต่งซากเย็น (12 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย) และจากชิ้นเนื้อภายหลังการตัดแต่งเสร็จแล้ว นำตัวอย่างเนื้อที่ได้ตัวอย่างละ 25 กรัม มาบดจนละเอียด จากนั้นนำไปละลายใน peptone water 100 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มาเพาะบนแผ่นเพาะเชื้อสำเร็จรูป 3M PetrifilmTM Aerobic Count Plate แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อนำมาตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total aerobic count) นอกจากนี้ยังบันทึกค่า pH และอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอก (*M. longisimus dorsi*) ทุกครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างเนื้อ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคุณภาพเนื้อ ปริมาณชิ้นส่วนจากการตัดแต่ง ประสิทธิภาพในการทำงาน และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ระหว่างการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็น โดยการเปรียบเทียบประชากรสองกลุ่มที่ไม่มีความสัมพันธ์กันโดยใช้ Independent t-test ส่วนการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปริมาณจุลินทรีย์ระหว่างช่วงเวลาต่าง ๆ ในการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นใช้ One-Way Anova การวิเคราะห์ความแปรปรวน และความแตกต่างระหว่างกลุ่มโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 อิทธิพลของการตัดแต่งซากซากอุ่นและซากเย็นต่อคุณภาพเนื้อทางด้านกายภาพ

4.1.1 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่ออุณหภูมิในเนื้อ

ผลของการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการตัดแต่งซากอุ่น และการตัดแต่งซากเย็นที่มีต่อการลดลงของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 20 45 นาที 12 และ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย (ตารางที่ 4.1) พบว่าที่เวลา 20 นาที อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อของซากสุกรที่ใช้เป็นตัวแทนซากที่จะทำการตัดแต่งซากอุ่นและตัดแต่งซากเย็นมีอุณหภูมิไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเวลาผ่านไป 45 นาทีหลังสัตว์ตาย อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากซากที่ผ่านการตัดแต่งซากอุ่นเสร็จเรียบร้อยแล้ว มีค่าเท่ากับ 27.84 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอกที่วัดจากซากที่ยังไม่ผ่านการตัดแต่งและถูกเก็บไว้ในห้องเย็น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.72 องศาเซลเซียส ($P>0.05$) แต่เมื่อเวลาผ่านไปที่ 12 และ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย พบว่า อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอกจากซากที่ผ่านการตัดแต่งซากอุ่นเรียบร้อยแล้ว มีค่าเท่ากับ 3.66 และ 2.44 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อของซากที่จะถูกนำมาตัดแต่งซากเย็นในเวลาต่อมาซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.00 และ 3.44 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

4.1.2 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อค่า pH ภายในเนื้อ

ผลของการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการตัดแต่งซากอุ่นและการตัดแต่งซากเย็นที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่างในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) พบว่า ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตายค่า pH ในกล้ามเนื้อสันนอกที่ผ่านการตัดแต่งซากอุ่นแล้ว มีค่าเท่ากับ 6.86 ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับค่า pH ในกล้ามเนื้อสันนอกของซากที่จะถูกนำมาตัดแต่งซากเย็นซึ่งถูกเก็บอยู่ในห้องเย็นโดยมีค่าเท่ากับ 6.81 แต่พบว่าที่ 12 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ค่า pH ภายในกล้ามเนื้อสันนอกจากซากที่ผ่านการตัดแต่งซากอุ่น มีค่าเท่ากับ 6.34 ซึ่งน้อยกว่าค่า pH ในกล้ามเนื้อสันนอกของซากที่จะถูกนำมาตัดแต่งซากเย็นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)โดยมีค่าเท่ากับ 6.43 ทั้งนี้ค่า pH ในกล้ามเนื้อสันนอกที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 6.17 และ 6.13 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

4.1.3 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อค่าสีของเนื้อ

ค่าสีของเนื้อโดยวัดเป็นค่าความสว่างของสีเนื้อ (Lightness ; L*) ในกล้ามเนื้อสันนอก พบว่าค่า L* ของเนื้อที่ผ่านการตัดแต่งซากอุ่นเมื่อทำการวัดค่าที่เวลา 4 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.5 แต่เมื่อนำเนื้อที่ผ่านการตัดแต่งซากอุ่นไปลดอุณหภูมิในห้องเย็น และทำการวัดค่าสีอีกครั้งที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายพบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 48.39 และเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อทีผ่านการตัดแต่งซากเย็นซึ่งมีค่า L* เท่ากับ 48.26 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นที่มีต่อคุณภาพเนื้อสุกรทางด้านกายภาพ

	กระบวนการตัดแต่งซาก		Sig
	การตัดแต่งซากอุ่น	การตัดแต่งซากเย็น	
อุณหภูมิของเนื้อ (°C)			
45 นาทีหลังสัตว์ตาย	27.84 ± 3.00	27.72 ± 2.36	NS
12 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย	3.66 ± 2.35	5.00 ± 2.77	**
24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย	2.24 ± 1.04	3.34 ± 1.20	**
pH value			
45 นาทีหลังสัตว์ตาย	6.86 ± 0.39	6.81 ± 0.40	NS
12 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย	6.34 ± 0.31	6.43 ± 0.26	**
24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย	6.17 ± 0.34	6.13 ± 0.31	NS
ค่าสี (Lightness ; L*)			
24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย	48.39 ± 3.16	48.26 ± 3.04	NS

Sig.: Significance, NS: Non-significance, ** : P<0.01

4.2 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อปริมาณชิ้นส่วนจากการตัดแต่ง

ผลการศึกษาอิทธิพลจากการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนจากการตัดแต่งพบว่า เปอร์เซ็นต์ซาก ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งได้แก่ เนื้อแดงรวม ขาหมู กระดูกซี่โครง และกระดูกรวม จากการตัดแต่งซากอุ่น และจากการตัดแต่งซากเย็นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่า เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนสามชั้นจากการตัดแต่งซากอุ่นต่ำกว่าการตัดแต่งซากเย็นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนสามชั้นจากการตัดแต่งซากอุ่นอยู่ที่ 12.57 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นชิ้นส่วนสามชั้นจากการตัดแต่งซากเย็น

อยู่ที่ 13.55 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า เปอร์เซ็นไขมันรวมจากการตัดแต่งซากเย็นต่ำกว่าจากการตัดแต่งซากอุ่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 15.33 และ 17.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2

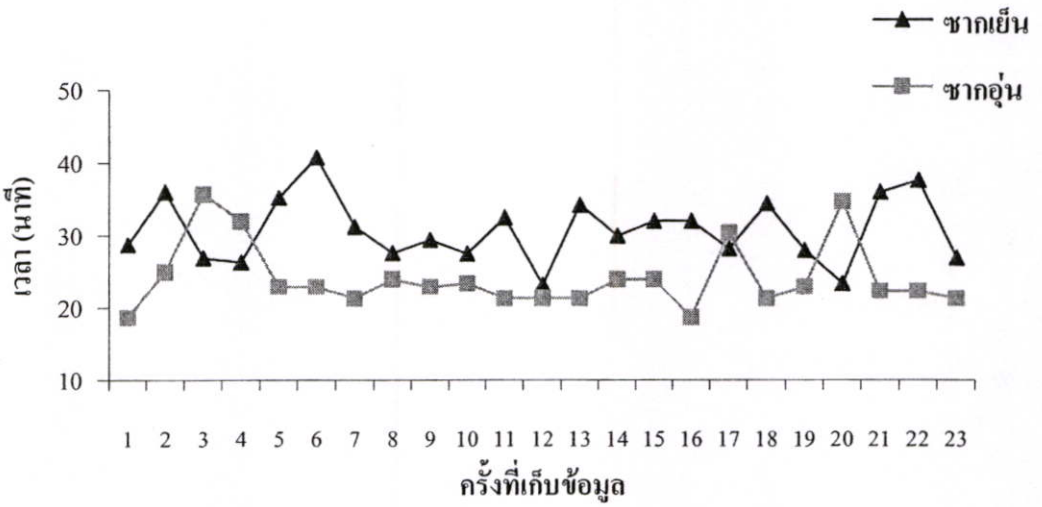
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็น

ชิ้นส่วน (%)	ตัดแต่งซากอุ่น	ตัดแต่งซากเย็น	Sig
ซาก	76.56 ± 3.55	76.32 ± 4.34	NS
เนื้อแดง	44.35 ± 2.69	44.12 ± 2.78	NS
สามชั้น	12.57 ± 0.83	13.55 ± 1.27	**
ขาหมู	7.49 ± 0.50	7.41 ± 0.63	NS
ซี่โครง	4.78 ± 0.35	4.77 ± 0.37	NS
เนื้อติดกระดูก	12.27 ± 0.70	12.19 ± 0.83	NS
ไขมันรวม	17.09 ± 2.34	15.33 ± 2.29	**
กระดูกรวม	14.36 ± 0.53	14.19 ± 1.07	NS

Sig.: Significance, NS: Non-significance, ** : $P<0.01$

4.3 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานตัดแต่ง

ผลของการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานตัดแต่งโดยการตรวจนับระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงานตัดแต่งพบว่า การตัดแต่งซากอุ่นมีประสิทธิภาพสูงกว่าการตัดแต่งซากเย็น โดยค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่พนักงานตัดแต่ง 1 คนใช้ในการตัดแต่งซากสุกร 1 ตัวโดยวิธีตัดแต่งซากอุ่นน้อยกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการตัดแต่งซากเย็น อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยจะใช้เวลาเฉลี่ยในการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นเท่ากับ 24.14 และ 30.80 นาทีต่อซากต่อพนักงาน 1 คน ตามลำดับ (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็น

4.4 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อ

ผลของการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Aerobic Count) โดยใช้แผ่นเพาะเชื้อสำเร็จรูป 3M PetrifilmTM Aerobic Count Plate พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อก่อนการตัดแต่งซากอุ่น (5.28 log cfu/g.) สูงกว่าในเนื้อก่อนการตัดแต่งซากเย็น (4.66 log cfu/g.) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดหลังการตัดแต่งซากอุ่น (5.57 log cfu/g.) สูงกว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดหลังการตัดแต่งซากเย็น (4.91 log cfu/g.) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจากการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็น

กระบวนการตัดแต่ง	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)	
	ก่อนการตัดแต่ง	หลังการตัดแต่ง
การตัดแต่งซากอุ่น	5.28[ก]	5.57[ก]
การตัดแต่งซากเย็น	4.66[ข]	4.91[ข]

[ก ข] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดหลังการตัดแต่งซากอุ่น (5.57 log cfu/g.) สูงกว่าที่มีในเนื้อก่อนการตัดแต่งซากอุ่น (5.28 log cfu/g.) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เมื่อผึ่งเนื้อทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องตัดแต่ง (20 องศาเซลเซียส) ต่อไปโดยไม่ได้นำเข้าห้องเย็นพบว่า ที่เวลา 4 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อที่ตัดแต่งซากอุ่นเพิ่มขึ้น

(6.65 log cfu/g) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) เมื่อเทียบกับภายหลังการตัดแต่ง ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจากการตัดแต่งซากอุ่น ณ แต่ละช่วงเวลา

กระบวนการตัดแต่ง	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)		
	ก่อนการตัดแต่ง	หลังการตัดแต่ง	4 ช.ม.หลังสัตว์ตาย
การตัดแต่งซากอุ่น	5.28[ก]	5.57[ก]	6.65[ข]

[ก ข] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ขณะที่ในการตัดแต่งซากเย็นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดก่อนการตัดแต่ง (4.66 log cfu/g) หรือหลังจากการลดอุณหภูมิซากในห้องเย็นเป็นเวลา 12 ชั่วโมงแล้ว ต่ำกว่าก่อนการลดอุณหภูมิซาก (5.58 log cfu/g) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) แต่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดหลังจากการตัดแต่งซากเย็น (4.91 log cfu/g) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการตัดแต่งซากเย็น (4.66 log cfu/g) ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจากการตัดแต่งซากเย็น ณ แต่ละช่วงเวลา

กระบวนการตัดแต่ง	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu/g)		
	ก่อนลดอุณหภูมิซาก	ก่อนการตัดแต่ง	หลังการตัดแต่ง
การตัดแต่งซากเย็น	5.58[ก]	4.66[ข]	4.91[ข]

[ก ข] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่ออุณหภูมิในเนื้อ

ผลจากการศึกษาการลดลงของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอกจากซากที่ทำการตัดแต่งซากอุ่น เปรียบเทียบกับซากที่ทำการตัดแต่งซากเย็นพบว่า ที่เวลา 45 นาทีภายหลังจากสัตว์ตาย การลดลงของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอกจากซากที่ทำการตัดแต่งซากอุ่นใกล้เคียงกับกล้ามเนื้อสันนอกในซากที่จะทำการตัดแต่งซากเย็น ($P>0.05$) แม้ว่ากล้ามเนื้อสันนอกจากซากที่ทำการตัดแต่งซากอุ่นจะถูกตัดแต่งออกมาจากซากแล้ว และอยู่ในรูปชิ้นเนื้อซึ่งมีขนาดเล็กกว่า กล้ามเนื้อสันนอกจากซากเย็นซึ่งยังไม่ได้ทำการตัดแต่งแต่เก็บไว้ในห้องเย็นเพื่อลดอุณหภูมิเนื้อ ทั้งนี้เนื่องจากภายหลังการตัดแต่งซากอุ่นชิ้นเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งมิได้ถูกนำไปเก็บไว้ในอุณหภูมิภายในห้องเย็นทันที แต่เนื้อได้ถูกนำไปผึ่งไว้ในอุณหภูมิห้องตัดแต่งที่ 20 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้การลดลงของอุณหภูมิในเนื้อที่ผ่านการตัดแต่งซากอุ่นไม่แตกต่างจากอุณหภูมิภายในเนื้อของซากที่เก็บไว้ในห้องเย็น แต่เมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายพบว่า อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอกจะลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิเนื้อของซากที่เก็บไว้ในห้องเย็นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งนี้เนื่องจากชิ้นเนื้อสันนอกได้ถูกนำมาเก็บไว้ในห้องเย็นภายหลังจากที่ถูกผึ่งในห้องตัดแต่งนาน 4 ชั่วโมงซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่โรงฆ่ามีการดำเนินการจัดเตรียมส่งเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งไปยังจุดจำหน่าย ทั้งนี้ Honikel and Reagan (1986) รายงานว่า ชิ้นเนื้อขนาดเล็กที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นจะมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วมากในระยะแรกภายหลังจากการตัดแต่ง เช่นเดียวกับ Hood (1987) กล่าวว่า การตัดแต่งโดยกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นจะทำให้อุณหภูมิของชิ้นเนื้อที่ถูกตัดแต่งออกมาลดลงอย่างรวดเร็ว โดยขนาดของกล้ามเนื้อที่เล็กกว่าจะทำให้การลดอุณหภูมิมีความสม่ำเสมอมากกว่า ส่วนอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอกที่ยังอยู่ในซากเย็นซึ่งยังไม่ได้ทำการตัดแต่งและลดอุณหภูมิอยู่ในห้องเย็นจะมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าซากจะยังไม่ถูกตัดแต่งทั้งนี้แสดงถึงประสิทธิภาพของการลดอุณหภูมิในห้องเย็นของโรงฆ่าและชำแหละซากสุกรที่ทำการศึกษาค่อนข้างมีประสิทธิภาพมาก สอดคล้องกับ Henrickson and Asghar (1985) ซึ่งรายงานว่า เนื้อที่ทำการตัดแต่งเอากระดูกออกจากเนื้อการลดอุณหภูมิจะดีกว่าการลดอุณหภูมิซากทั้งซีก โดยจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิ 10 ถึง 15 องศาฟาเรนไฮน์ (°F) ในระหว่าง 8 ชั่วโมงแรกของการเก็บในห้องเย็น นอกจากนี้ Wolterdof and Troeger (1987) รายงานว่า การตัดแต่งซากอุ่นจะทำให้ขนาดชิ้นเนื้อเล็กลง และมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับความเย็นมาก อีกทั้งไม่มีวัสดุใด ๆ มาห่อหุ้มชิ้นเนื้อจึงทำให้อุณหภูมิภายในเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงทำให้อุณหภูมิของกล้ามเนื้อสันนอกที่เวลา 24 ชั่วโมง

ภายหลังสัตว์ตายที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น ต่ำกว่าอุณหภูมิของกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นกัน

5.2 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นต่อค่า pH ภายในเนื้อ

ผลของการศึกษาค่าความเป็นกรด-ด่างในกล้ามเนื้อสันนอกโดยทำการเปรียบเทียบระหว่างในกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็น พบว่า ค่า pH ที่เวลา 45 นาทีมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากการลดลงของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอกใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการลดลงของค่า pH มีผลต่อกระบวนการ anaerobic glycolysis โดยอุณหภูมิที่สูงจะมีผลไปเร่งให้เกิดกระบวนการนี้ได้เร็วขึ้นทำให้ค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็ว (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) สอดคล้องกับรายงานของ Honikel and Reagan (1986) ซึ่งพบว่า การลดลงของอุณหภูมิในกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็วมีผลต่อการชะลอการเกิดปฏิกิริยา glycolysis ภายหลังสัตว์ตายเช่นเดียวกับ Carr (1985) กล่าวว่าความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา glycolysis ในเนื้อให้เร็วขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ความเป็นกรดในเนื้อสูงขึ้น จากการศึกษานี้แม้ว่าการตัดแต่งซากอุ่นทันทีภายหลังกระบวนการฆ่าจะมีผลทำให้การระบายความร้อนออกจากเนื้อเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพมาก ขณะที่กระบวนการตัดแต่งซากเย็นซึ่งต้องนำซากไปเก็บในห้องเย็นภายหลังกระบวนการฆ่าเสร็จสิ้น มีผลทำให้อุณหภูมิในเนื้อที่ 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ลดลงได้เร็ว และมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน เนื่องจากกระบวนการฆ่าสุกรในโรงฆ่าที่ได้มาตรฐานขนาดเล็กที่ทำการศึกษานี้มีประสิทธิภาพสูงมาก โดยกระบวนการฆ่าเสร็จสิ้นภายในเวลา 12 นาที ซึ่งตามปกติแล้วในโรงฆ่าสุกรขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิต 100 ถึง 200 ตัวต่อชั่วโมง จะใช้เวลาจากขั้นตอน การทำให้สลบ ถึงขั้นตอน การผ่าซาก ประมาณ 25 ถึง 40 นาที ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการจัดการของโรงฆ่า ด้วยเหตุผลนี้ จึงทำให้ซากสุกรในโรงฆ่าที่ทำการศึกษานี้ถูกนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นได้อย่างรวดเร็วมีผลทำให้ความร้อนภายในตัวซากสามารถระบายออกได้รวดเร็วเช่นเดียวกัน จึงทำให้การลดลงของค่า pH ในเนื้อลดลงอย่างช้า ๆ เนื่องจากอุณหภูมิภายในเนื้อลดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งความเย็นจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ชะลอปฏิกิริยา anaerobic glycolysis ในเนื้อ จึงทำให้กรดแลคติคเกิดขึ้นช้า มีผลให้ค่า pH ลดลงช้า สอดคล้องกับรายงานของ van Laack *et al.* (1992) พบว่า ไม่มีความแตกต่างในการเกิดเนื้อที่มีลักษณะ ซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ (PSE) และคุณภาพของเนื้อสุกรจากการตัดแต่งซากอุ่นกับเนื้อสุกรที่ได้จากการตัดแต่งซากโดยวิธีปกติ

เมื่อพิจารณาที่เวลา 12 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตายกลับพบว่า ค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นลดลงมากกว่ากล้ามเนื้อสันนอกของซากเย็นซึ่งยังไม่ได้ทำการตัดแต่งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งที่กล้ามเนื้อสันนอกจากการตัดแต่งซากอุ่นมีอุณหภูมิต่ำกว่ากล้ามเนื้อสันนอกของซากเย็นซึ่งยังไม่ได้ทำการตัดแต่ง จากผลของอุณหภูมิและค่า pH ที่

เวลา 12 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายในการศึกษานี้ซึ่งขัดแย้งกับทฤษฎีที่ได้กล่าวมาแล้วสามารถอธิบายได้ว่า อาจเกิดจากในกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นในการศึกษานี้หลังจากการตัดแต่งซากอุ่นแล้วกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งไม่ได้นำไปลดอุณหภูมิในห้องเย็นทันทีแต่จะมีการผึ่งไว้ในห้องตัดแต่งเป็นเวลา 4 ชั่วโมงก่อน ซึ่งในช่วงนี้แม้ว่าอุณหภูมิภายในเนื้อจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกทำให้เป็นการชะลอการลดลงของค่า pH แต่เมื่อเนื้ออยู่ในห้องตัดแต่งที่มีอุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลานานขึ้นถึง 4 ชั่วโมง ทำให้การลดลงของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอกอาจช้าลงทำให้ค่า pH ของเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงก่อนที่จะเข้าห้องเย็น จึงมีผลทำให้มีค่า pH ต่ำกว่ากล้ามเนื้อสันนอกของซากเย็น แต่เมื่อนำส่วนของกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งไปเก็บในห้องเย็นการลดลงของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อก็จะดำเนินต่อไป และมีผลต่ออัตราการลดลงของค่า pH ทำให้เมื่อวัดค่า pH ที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายปรากฏว่า ค่า pH ในกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และจากการตัดแต่งซากเย็นซึ่งถูกเก็บไว้ในห้องเย็นเป็นระยะเวลาหนึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อีกทั้งค่า pH ที่เวลา 24 ชั่วโมงค่อนข้างสูงทั้งนี้ก็เนื่องมากจากประสิทธิภาพของห้องเย็นทำให้การลดลงของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อเป็นไปอย่างรวดเร็ว

5.3 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อค่าสีของเนื้อ

ค่าความสว่างของสี (L*) กล้ามเนื้อสันนอกที่ผ่านการตัดแต่งซากอุ่นซึ่งทำการวัดที่เวลา 4 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายพบว่า มีค่าค่อนข้างต่ำโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 40.5 ทำให้สีของเนื้อค่อนข้างคล้ำ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นมีการลดลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ๆ ภายหลังการตัดแต่งซึ่งจะทำให้มีการจับตัวกันของออกซิเจนและไมโตรคอนเดรียภายในเซลล์อย่างรวดเร็ว จึงทำให้ไม่มีออกซิเจนมากพอที่จะมาจับกับ myoglobin จึงทำให้เนื้อมีสีคล้ำ (vanLaak and Smulder. 1987) สอดคล้องกับ Boakye and Mittal (1996) รายงานว่า สีของเนื้อที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะค่อนข้างเข้มกว่าเนื้อที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบปกติเนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยาเติมออกซิเจน (oxygenation) ของ myoglobin ทำให้เม็ดสีของเนื้ออยู่ในสภาพ oxymyoglobin น้อย ส่วนใหญ่เปลี่ยนสภาพไปอยู่ในรูป metmyoglobin ดังนั้นจึงทำให้เนื้อมีสีเข้มขึ้น นอกจากนั้นการที่อุณหภูมิของเนื้อจากการตัดแต่งซากอุ่นลดลงอย่างรวดเร็วจะทำให้ค่า pH ค่อนข้างสูงทำให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสูงตามไปด้วย จึงทำให้น้ำส่วนใหญ่อยู่ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อพร้อมกันนั้น myoglobin ก็จะถูกเก็บไว้ภายในจึงทำให้เนื้อมีสีค่อนข้างเข้ม (อ้างโดย ภัทราภรณ์ เชื้อนันตา. 2540) อย่างไรก็ตาม พบว่าเมื่อนำกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นชิ้นเดียวกันมาวัดค่าความสว่างของสีที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายปรากฏว่าค่าความสว่างของสีเนื้อเพิ่มขึ้นเป็น 48.39 เนื่องจากที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายกล้ามเนื้อของสัตว์ได้เกิดการ

เปลี่ยนแปลงทางกายภาพโดยค่า pH ที่ลดลงอย่างมากจะทำให้โปรตีนบางชนิดในเนื้อสัตว์เกิดการเสื่อมสภาพมากขึ้นทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อลดลงซึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ นอกจากนี้อุณหภูมิภายในเนื้อยังสามารถชะลอการเกิด metmyoglobin เนื่องจากความเย็นไปลดกิจกรรมการทำงานของ oxygen-utilizing enzyme อีกด้วย

เมื่อเปรียบเทียบความสว่างของสีในกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นกับเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้านี้โดย ภัทราภรณ์ เชื้อนันตา (2540) รายงานว่า ค่าความสว่างของสีเนื้อวัดได้ในกล้ามเนื้อสันนอก ที่เวลา 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย โดยเครื่อง Minolta Chromameter แสดงให้เห็นว่า วิธีการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นไม่มีผลทำให้ความสว่างของสีเนื้อมีความแตกต่างกัน (P>0.05) แต่จะมีความขัดแย้งกับผลในงานวิจัยของ Rees *et al.* (2002a) พบว่า การตัดแต่งซากอย่างรวดเร็วที่เวลา 30 นาทีภายหลังจากสัตว์ตาย แล้วนำกล้ามเนื้อสันนอกไปลดอุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส จะมีผลทำให้เนื้อสันนอกของสุกรมีสีคล้ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อสันนอกของสุกรที่ทำการตัดแต่งโดยวิธีปกติที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย แต่หากนำกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นไปเก็บไว้ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 14 องศาเซลเซียส จะทำให้กล้ามเนื้อสันนอกมีความสว่างของสีมากขึ้น ทั้งนี้ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าสีของเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากการลดอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอกที่ได้จากการตัดแต่งทั้งสองวิธีทำได้ใกล้เคียงกัน และค่อนข้างมีประสิทธิภาพมากทำให้การลดลงของค่า pH เป็นไปอย่างช้า ๆ ทำให้ชะลอการเสื่อมสภาพของโปรตีนในกล้ามเนื้อทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ดี ดังจะเห็นได้ว่าค่าความสว่างของสีเนื้อสันนอกที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ทั้งที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น และจากการตัดแต่งซากเย็นมีค่าค่อนข้างต่ำโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 48.39 และ 48.26 ตามลำดับ และเป็นความสว่างของสีเนื้อปกติ ไม่มีลักษณะของเนื้อที่เป็นเนื้อซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ (PSE)

5.4 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อปริมาณชิ้นส่วนจากการตัดแต่ง

จากการศึกษาอิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นต่อเปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนรวมที่ได้จากการตัดแต่ง เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงรวม และเปอร์เซ็นต์ของชิ้นส่วนแต่ละชนิดที่ได้จากการตัดแต่งพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ระหว่างการตัดแต่งซากอุ่น และการตัดแต่งซากเย็น ซึ่งผลที่ได้รับอาจไม่สอดคล้องกับงานวิจัยที่มีมาก่อนหน้านี้โดยจากการศึกษาของ Hoes *et al.* (1980) รายงานว่า น้ำหนักรวมของผลผลิตจากซากที่ทำการตัดแต่งซากอุ่นมีค่าเฉลี่ยของชิ้นส่วนสะโพกเพิ่มขึ้น 0.67 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำหนักรวมของชิ้นส่วนตัดแต่งหลัก (wholesale cut) เพิ่มขึ้น 1.79 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับซากสุกรซีกที่ทำการตัดแต่งตัดซากเย็น แม้ว่าการทดลองนี้จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่มีแนวโน้มว่าซากที่ทำการตัดแต่งซากอุ่นจะสูงกว่า

ซากที่ทำการตัดแต่งซากเย็น การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผลผลิตของซากสุกรที่ทำการตัดแต่งซากอุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับการตัดแต่งซากเย็นเกิดขึ้นจากการลดลงของการสูญเสียเนื่องจากการระเหยของน้ำ (evaporation loss) ในระหว่างการเก็บเย็น ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าในการศึกษานี้อุณหภูมิของซากเย็นลดลงได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากห้องเย็นมีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง และระยะเวลาที่นำซากไปเก็บในห้องเย็นไม่นานมากทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจากซากค่อนข้างน้อยทำให้ไม่พบความแตกต่างของปริมาณผลผลิต

อย่างไรก็ตามพบว่า เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนสามชั้น ที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นจะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า ชิ้นส่วนสามชั้นที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมที่ได้การตัดแต่งซากอุ่นมีค่าเฉลี่ยสูง ($P<0.01$) กว่าไขมันรวมจากการตัดแต่งซากเย็น ทั้งนี้เป็นเพราะชิ้นส่วนสามชั้นที่ได้จากการตัดแต่งจากโรงฆ่า และชำแหละสุกรแห่งนี้เป็นสามชั้นที่มีการลอกหนังออกโดยพนักงานตัดแต่งจะใช้มีดในการลอกหนังซึ่งในการตัดแต่งซากอุ่นการลอกหนังบริเวณเนื้อสามชั้นซึ่งจะมีไขมันอยู่มากจะทำได้ลำบากกว่าการตัดแต่งซากเย็นเนื่องจากซากสุกรที่ผ่านการลดอุณหภูมิแล้วจะทำให้ชั้นไขมันที่อยู่ติดกับหนังค่อนข้างคงตัวทำให้ลอกหนังออกได้ง่าย และมีมันติดไปกับหนังน้อยกว่า ทำให้เนื้อสามชั้นที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นมีการสูญเสียน้ำหนักจากการลอกหนังน้อยกว่าการตัดแต่งซากอุ่นซึ่งไขมันค่อนข้างอ่อนตัวจึงทำให้ส่วนของมันอาจติดไปกับส่วนของหนังจึงทำให้ชิ้นส่วนสามชั้นที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า ในขณะเดียวกันจึงเป็นการทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นสูงกว่าที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นด้วย เนื่องจากในการคำนวณปริมาณไขมันรวมได้รวมเอาหนังเข้าไปด้วยซึ่งในการลอกหนังของชิ้นส่วนสามชั้นในการตัดแต่งซากอุ่นจะมีไขมันติดมากับหนังของสามชั้นมากกว่าซากเย็นดังนั้นจึงทำให้ปริมาณไขมันรวมจากการตัดแต่งซากอุ่นมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าจากการตัดแต่งซากเย็น

5.5 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานตัดแต่ง

ผลการศึกษาเปรียบเทียบการตัดแต่งซากอุ่น และการตัดแต่งซากเย็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานตัดแต่งพบว่า ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่พนักงานตัดแต่ง 1 คนใช้ในการตัดแต่งซากสุกร 1 ตัว โดยวิธีตัดแต่งซากอุ่นน้อยกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการตัดแต่งซากสุกรโดยวิธีตัดแต่งซากเย็น อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เนื่องจากในการทดลองนี้ทำการศึกษา และเก็บข้อมูลในโรงฆ่า และชำแหละสุกรขนาดเล็กที่ได้มาตรฐานซึ่งโดยปกติโรงงานดังกล่าวจะทำการตัดแต่งซากอุ่นทันทีภายหลังจากกระบวนการฆ่า โดยไม่ได้ใช้วิธีการตัดแต่งซากเย็นเลย ดังนั้นพนักงานตัดแต่งซากจึงมีความชำนาญในการตัดแต่งซากอุ่นมากกว่า และสามารถปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็วกว่า

การตัดแต่งซากเย็นซึ่งพนักงานไม่เคยปฏิบัติมาก่อน อีกทั้งการตัดแต่งซากอุ่นกล้ามเนื้อสามารถยืดหยุ่นได้ง่ายกว่าทำให้ง่ายต่อการแยกกล้ามเนื้อออกจากกัน สอดคล้องกับข้อมูลจากงานวิจัยของ Seman *et al.* (1987) พบว่า ซากโคที่ทำการตัดแต่งซากอุ่นจะต้องการเวลาในการตัดแต่งซากน้อยกว่าการตัดแต่งซากเย็นประมาณ 29 เปอร์เซ็นต์ โดยการตัดแต่งซากโคด้วยวิธีการตัดแต่งซากเย็นจะใช้เวลาในการตัดแต่งซากประมาณ 62.5 นาที ต่อซาก 1 ซีก ขณะที่การตัดแต่งซากอุ่นจะใช้เวลาเพียง 44.2 นาที ต่อซาก 1 ซีก ลดลง 18 นาทีต่อซาก 1 ซีก นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า Brasington *et al.* (1986) ได้ทำการสัมภาษณ์พนักงานตัดแต่งซากเกี่ยวกับความถนัดในการปฏิบัติงานพบว่า พนักงานถึง 49 เปอร์เซ็นต์ยอมรับว่า ต้องใช้ความพยายามมากกว่าในการตัดแต่งซากเย็นมากกว่าการตัดแต่งซากอุ่น และพนักงานเหล่านี้ได้ลงความเห็นว่า การตัดแต่งซากอุ่นจะส่งผลให้ทำการผลิตได้มากกว่า เนื่องจากทำได้ง่ายกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการตัดแต่งซากเย็น

5.6 อิทธิพลของการตัดแต่งซากอุ่น และซากเย็นต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อ

จากผลการตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้แผ่นเพาะเชื้อสำเร็จรูป 3M Petrifilm TM Aerobic Count Plate เมื่อเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อจากซากก่อนการตัดแต่งซากอุ่น และเนื้อจากซากก่อนการตัดแต่งซากเย็นพบว่า เนื้อจากซากเย็นมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดต่ำกว่าเนื้อจากซากอุ่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า เมื่อนำซากไปทำการลดอุณหภูมิก่อนจะทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลง และเมื่อตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดจากชิ้นเนื้อภายหลังจากการตัดแต่งก็เป็นไปในทำนองเดียวกันคือ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจากชิ้นเนื้อภายหลังจากการตัดแต่งซากอุ่นจะสูงกว่าในชิ้นเนื้อภายหลังจากการตัดแต่งซากเย็น เนื่องจากในการตัดแต่งซากอุ่นนั้น ซากไม่ได้ถูกนำไปลดอุณหภูมิก่อนการตัดแต่งโดยจะทำการตัดแต่งทันทีภายหลังจากกระบวนการฆ่าทำให้อุณหภูมิของเนื้อในขณะตัดแต่งค่อนข้างสูง และมีความชื้นค่อนข้างมาก ซึ่งสภาวะเช่นนี้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เมื่อนำซากไปทำการตัดแต่งก็จะเกิดการปนเปื้อนได้ง่ายทั้งจากสภาวะแวดล้อม พนักงานตัดแต่ง เครื่องมือที่ใช้ในการตัดแต่ง ดังนั้นเนื้อที่ทำการตัดแต่งซากอุ่นจึงเกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่า

นอกจากนี้ยังพบว่า ในการตัดแต่งซากอุ่นปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดภายหลังจากการตัดแต่งจะเพิ่มขึ้นจากก่อนการตัดแต่งเพียงเล็กน้อย และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากในโรงฆ่า และชำแหละสุกรแห่งนี้มีการจัดการในระหว่างกระบวนการฆ่า และตัดแต่งที่ดีถูกสุขลักษณะจึงมีการปนเปื้อนในระหว่างตัดแต่งค่อนข้างน้อยแม้จะทำการตัดแต่งซากอุ่น แต่ในทางกลับกันพบว่า ภายหลังจากการตัดแต่งซากอุ่นเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นซึ่งจะถูกนำไปผึ่งในห้องตัดแต่งโดยไม่ได้เข้าห้องเย็นทันทีจะมีผลทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดที่เวลา 4 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เนื่องจากอุณหภูมิของเนื้อที่เวลานี้ยังสูงอยู่โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 20.72 องศาเซลเซียสซึ่งจาก Anonymous (2006) รายงานว่า เนื้อสัตว์ที่มี

อุณหภูมิ 20 ถึง 35 องศาเซลเซียสภายหลังจากการตัดแต่งซากอุ่น การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) จะสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ภายในเวลา 1 ถึง 2 ชั่วโมง และหลังจากนั้นจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะต้องลดอุณหภูมิเนื้อให้ต่ำกว่า 7 องศาเซลเซียสอย่างรวดเร็วจึงจะเป็นการควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้

ในขณะที่การตัดแต่งซากเย็นซึ่งซากจะถูกนำไปลดอุณหภูมิในห้องเย็นก่อนเป็นระยะเวลาหนึ่งทำให้อุณหภูมิในเนื้อต่ำลง และทำให้เนื้อค่อนข้างแห้งจึงทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการลดอุณหภูมิซาก และในขณะที่ทำการตัดแต่งอุณหภูมิ และความแห้งของเนื้อจะช่วยควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ไม่ให้เพิ่มขึ้นมาก จึงทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ภายหลังจากการตัดแต่งซากเย็นแม้จะเพิ่มขึ้นบ้างแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับก่อนการตัดแต่ง

ซึ่งผลของปริมาณจุลินทรีย์ในการศึกษานี้ สอดคล้องกับรายงานของ Smulders and Eikelenboom (1987) ที่ว่า กระบวนการตัดแต่งซากอุ่นจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวต่อปริมาณอัตราส่วนของซากภายหลังจากสัตว์ตายไม่นานซึ่งในขณะนั้นอุณหภูมิของเนื้อยังสูงอยู่ และมีความชื้นมากกว่าเนื้อที่นำไปแช่เย็นแล้ว ภายใต้สภาวะดังกล่าวโต๊ะที่ใช้ในการตัดแต่งจะเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้มากกว่าการตัดแต่งซากเย็น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าข้อเสียเปรียบของกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นประการหนึ่งก็คือ มีความเสี่ยงในการสนับสนุนให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น แต่ในกระบวนการตัดแต่งซากเย็นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะถูกควบคุมโดยความแห้ง และความเย็นบนพื้นผิวของซาก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในสัตว์เล็กควรต้องมีอุณหภูมิที่พื้นผิวต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวจะทำให้การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคช้าลง และเนื้อควรมีอุณหภูมิลดลงถึง 7 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าภายในเวลาอันรวดเร็วภายหลังจากการตัดแต่ง (Anonymus. 2006)

อย่างไรก็ตาม ในการศึกษานี้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นทั้งก่อน และหลังการตัดแต่งไม่เกินระดับมาตรฐานที่ทางกฎหมายกำหนด โดยข้อกำหนดของจุลินทรีย์ทั้งหมดที่อาจปนเปื้อนบนเนื้อสุกรในประเทศไทยต้องไม่เกิน $5x10^5$ โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2547) ทั้งนี้ถ้าหากไม่นำเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นไปลดอุณหภูมิในห้องเย็นทันทีอาจทำให้ปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นจนเกินมาตรฐานได้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลของการตัดแต่งซากอุ่น และการตัดแต่งซากเย็นต่อคุณภาพเนื้อสุกร เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนจากการตัดแต่ง ประสิทธิภาพของพนักงานตัดแต่ง และปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมด สามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.1.1) ผลต่อคุณภาพเนื้อ

การลดลงของอุณหภูมิของเนื้อที่ทำการตัดแต่งซากอุ่น และตัดแต่งซากเย็นมีการลดลงอย่างรวดเร็วใกล้เคียงกันในทุก ๆ ช่วงเวลามีผลทำให้อัตราการลดลงของค่า pH เป็นไปอย่างช้า ๆ ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงลักษณะที่ไม่พึงประสงค์ของเนื้อสุกร นั่นคือลักษณะเนื้อซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ (pale sofe and exudative :PSE) ทำให้คุณภาพเนื้อทางด้านกายภาพของเนื้อที่ตัดแต่งซากอุ่นไม่แตกต่างจากเนื้อสุกรที่ตัดแต่งซากเย็น

6.1.2) ผลต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนจากการตัดแต่ง

เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนจากการตัดแต่งซากอุ่นและซากเย็นได้แก่ เนื้อแดงรวม ขาหมู ซี่โครง เนื้อติดกระดูก และกระดูกรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นชิ้นส่วนที่ติดไขมันมากได้แก่ สามชั้น และไขมันรวม โดยปริมาณสามชั้นที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นสูงกว่าที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณไขมันรวม (ไขมันรวมหนัง) ที่ได้จากการตัดแต่งซากเย็นน้อยกว่าการตัดแต่งซากอุ่น ทั้งนี้ผู้ประกอบการจะมีกำไรมากขึ้นเนื่องจากชิ้นส่วนสามชั้นเป็นชิ้นส่วนที่มีราคาสูงมากกว่าชิ้นส่วนไขมันและหนัง

6.1.3) ผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานตัดแต่ง

พนักงานของโรงฆ่าสุกรที่ได้เข้าทำการศึกษาเป็นพนักงานที่เคยชินและมีความถนัดในการตัดแต่งซากอุ่น ดังนั้นจึงทำให้การตัดแต่งซากอุ่นมีประสิทธิภาพมากกว่าการตัดแต่งซากเย็น โดยใช้เวลาในการตัดแต่งซากอุ่น 1 ตัวต่อพนักงาน 1 คนน้อยกว่าการตัดแต่งซากเย็น

6.1.4) ผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อ

การลดอุณหภูมิซากก่อนทำการตัดแต่งจะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ภายหลังการตัดแต่งไม่เพิ่มขึ้น แต่การตัดแต่งซากอุ่นทำให้จุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังกระบวนการตัดแต่งสิ้นสุด ดังนั้นหากเป็นไปได้ควรทำการลดอุณหภูมิซากในห้องเย็นลงเพื่อให้อุณหภูมิภายในเนื้อลดลงบ้าง ทั้งนี้ในต่างประเทศจึงมี

ข้อกำหนดของการตัดแต่งซากอุ่นว่าจะต้องลดอุณหภูมิภายในเนื้อสะโพกให้อยู่ที่ประมาณ 20 องศาเซลเซียสก่อนจึงทำการตัดแต่ง

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษานี้การตัดแต่งและชำแหละซากโดยวิธีการตัดแต่งซากอุ่นจะให้ผลที่มีต่อคุณภาพเนื้อไม่แตกต่างกับวิธีการตัดแต่งซากเย็น ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากในการศึกษานี้ทำในโรงฆ่าและชำแหละสุกรขนาดเล็กที่ได้มาตรฐานซึ่งมีการจัดการทั้งในกระบวนการก่อน และหลังการฆ่าที่ดีทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของเนื้อให้อยู่ในมาตรฐานที่ดีได้แม้ว่าภายหลังจากการตัดแต่งซากปริมาณของจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อที่ผ่านการตัดแต่งซากอุ่น จะมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ไม่เกินมาตรฐานที่ทางกฎหมายกำหนด แต่หากไม่มีการควบคุมที่ดีในระหว่างกระบวนการฆ่าและตัดแต่งก็อาจทำให้ปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นได้ และภายหลังการตัดแต่งแล้วหากไม่มีการนำเนื้อไปทำการลดอุณหภูมิในห้องเย็นจะทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นได้มาก ดังนั้นหากโรงฆ่าและชำแหละสุกรในประเทศไทยซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กและมีกำลังการผลิตไม่มากจะใช้วิธีการตัดแต่งซากอุ่นเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตก็จำเป็นจะต้องมีการจัดการทั้งก่อนและหลังการฆ่าที่ดี และเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นควรนำไปลดอุณหภูมิในห้องแช่เย็นก่อนนำออกจำหน่ายเพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพ และปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

บรรณานุกรม

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. **เอกสารประกอบการสอนวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ขั้นสูง**. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์**. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ภัทราภรณ์ เชื้อนันตา. 2540. "ผลของการชำแหละซากอุ่นและซากเย็นที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพเนื้อ." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. เชียงใหม่ : ธนบรรณการพิมพ์.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2547. **การจัดการเนื้อสัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่ : โรงพิมพ์มิ่งเมือง.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2545. **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2547. "มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติประเภทเนื้อสุกร." [Online] Available : http//www.acfs.go.th/standard/used/list-used.pep. 18/11/2550

Aberle, E.D., Forest, J.C., Gerrard, D.E., Mille, E.W., Hedrick, H.B., Judge, M.D.and Merkel, R.A. 2001. **Principal of Meat Science**. New York. Kendall/Hunt.

Anonymous. 2006. "Effect of Hot Boning on Meat Quality." [Online]. Available : http://www.meatupdate.csiro.au/data/MEAT_TECHNOLOGY_UPDATE_01-1.pdf. 23/12/2007

Arganosa, F.C. and Henrickson, R. 1969. "Cure Diffusion through Pre-and Post-Chilled Porcine Muscle." **J.Food Technol**. 23 : 75-77.

Bate-Smith, E.C. 1948. "The Physiology and Chemistry of Rigor Mortis with Special Reference to the Aging of Beef." **Adv. Food Res**. 1-2 .

Bendall, J.R., Ketteridge, C.C. and George, A.R. 1976. "The Electrical Stimulation of Beef Carcasses." **J. Sci. Food Agric**. 27 : 1123-1131.

Bendall, J.R. 1980. **Developments in Meat Science, Vol. I** *Cited* by R.A. Lawrie. London. Applied Science.

Boakye, K. and Mittal, G.S. 1996. "Changes in Color of Beef *M. Longissimus Dorsi* Muscle During Ageing." **Meat Sci**. 42 : 347-354.

Bouton, P.E., Ford, A.L., Harris, P.V. and Shaw, F.D. 1980. "Electrical Stimulation of Beef Side." **Meat Sci**. 4 : 145-155.

Brasington, C.F., Stermer, R.A. and Stiffler, D.M. 1986. "Researchers Cite Pulses for on the Rail Hot Beef Boning." **The National Provisioner**. 194 : 12-14.

Brown, S.N., Warriss, P.D., Nute, G.R., Edward, J.E. and Knowles, T.G. 1998. "Meat Quality in Pig Subjected to Minimal Preslaughter Stress." **Meat Sci**. 49 : 257–265.

Buchter, L. 1987. "Status and Visions of Accelerated Processing of Beef in Denmark Including Posibilities for On-line Quality Control." 215-224 in Romita, A., Valin, C. and Taylor, A.A. **Accelerate Processing of Meat**. London : Elsevier Applied Science.

Carr, R.R 1985. "Slaughter Factor that Effect Pork Quality in USA." **J. Agric. Nutr. Asia. Tech.** 5 : 43-45

Carse, W.A. 1973 "Meat Quality and the Acceleration of Post- Mortem Glycolysis by Electrical Stimulation." **J. Food Technol**. 8 : 163-167.

Cecchi, L.A., Huffman, D.L., Egbert, W.R. and Jones, W.R. 1988. "Chemical and Physical Characteristics of Beef Chuck Muscle : Effect of Electrical Stimulation, Hot Boning and High Temperature Conditioning." **J. Food Sci**. 53 : 411-415.

Chizzolini, R. 1992. "Hot and Cold Techniques. : Comparative Evaluation of Heavy Pig Carcasses in Italy." **Fleischwirtsch.** 72 : 1550-1552.

Davey, C.L., Gilbert, K.V., and Carse, W.A. 1976. "Carcass Electrical Stimulation to Prevent Cold Shortening Toughness in Beef." **New Zealand J. Agric. Res**. 19 : 13-18.

Dransfield, E. 1994. "Optimisation of Tenderrisation, Ageing and Tenderness." **Meat Sci**. 36 : 105-121.

Fabiansson, S. and Buchter, L. 1984. "The Influence of Low Voltage Electrical Stimulation on some Physical and Sensoric Properties of Beef." **Acta Agr. Scand**. 34 : 368-371.

Follett, M.J., Norman, G.A. and Ratcliff, P.W. 1974. "The Ante-Rigor Excision and Air Cooling of Beef Semimembranosus Muscles at Temperature between -5 °C and +15 °C." **J. Food Technol**. 9 : 509-513.

Fung, D.Y.C., Kastner, C.L., Hunt, M.C., Dikeman, M.E. and Kropk, D.H. 1980. "Mesophilic and Psychrotrophyc Bacteria Population on Hot-boned and Conventionally Processed Beef." **J. Food Prot**. 43 : 547-553.

Greaser, M.L. 2001. "Postmortem Muscle Chemistry." 21-69 In Hui Wai-Kit Nip Y.H., Rogers, R.W. and Young, O.A. **Meat Science and Application**. New York. Marcel Dekker.

Gregory, N.G. 2000. "Processing Factors Influencing pH Values". [Online]. Available : http://www.meatscience.org/. 15/06/2005.

Hamm, R. 1982. "Postmortem Change in Muscle with Regard to processing of Hot Boned Beef." **J. Food Technol**. 36 : 105-115.

Hannula, T. and Puolanne, E. 2004. "The Effect of the Cooling Rate on Beef Tenderness : The Significance of pH at 7 °C." **Meat Sci**. 67 : 403-408.

Henrickson, R.L. and Asghar, A. 1985. "Cold Storage Energy Aspects of Electrically Stimulate Hot-Boning Meat." *In* Peason, A.M. and Dutson, T.R. **Advances in Meat Research Vol 1 Electrical Stimulation.** Connecticut : AVI.

Henderson, D.W., Goll, D.E. and Strommer, M.H. 1970. "A Comparison of Shortening and Z-line Degradation in Post-Mortem Bovine, Porcine and Rabbit Muscle". **Am. J. Anat**. 128 : 117-120.

Herring, H.K., Cassens, R.G., Suess, G.G., Brungardt, V.H. and Briskey, E.J. 1967. Tenderness and Associated Characteristics of Stretched and Contracted Bovine Muscles. **J. Food Sci**. 34 : 317-319.

Hermansen, P. 1987. "Warm Boning of Pigs Including Problems of Interfectory Transport of Chilled Meat." 127-130. *In* Romita, A., Valin, C. and Taylor, A.A. **Accelerate Processing of Meat**. London : Elsevier Applied Science.

Hinnergardt, L.C., Mandigo, R.W., and Tuomy, J.M. 1973. "Accelerated Pork Processing : Fresh Frozen Pork Chops." **J. Food Sci**. 38 : 831-833.

Hoes, T.L., Ramsey, C.B., Hines, R.C. and Tatum, J.D. 1980. "Yield and Palatability of Hot-Processed, Phosphate-Injected Pork." **J. Food Sci**. 45 : 773-781.

Honikel, K.O. and Reagan, J.O. 1986. "Influence of Different Chilling Conditions on Hot-Boned Pork." **J. Food Sci**. 51 : 766-768.

Honikel, K.O., Kim, C.J., Roncalés, P. and Hamm, R. 1986. "Sarcomere Shortening of Prerigor Muscles and Its Influence on Drip Loss." **Meat Sci**. 16 : 267-282.

Honikel, K.O. and Reagan, J.O. 1987. "Hot Boning of Pig Carcass : Influence of Chilling Condition on Meat Quality." 97-109. *In* Romita, A., Valin, C. and Taylor, A.A. **Accelerate Processing of Meat**. London : Elsevier Applied Science.

Hood, D.E. 1987. "Hot Boning and Beef Meat Quality." 159. *In* Romita, A., Valin, C. and Taylor, A.A. **Accelerate Processing of Meat**. London : Elsevier Applied Science.

Johnson, R.G. and Henrickson, R.L. 1970. "Effect of Treament of Pre and Postrigor Procine Muscles with Low Sodium Chloride Concentration on the Subsequent Extractability of Proteins." **J. Food Sci**. 35 : 268-270.

Jungk, R. A. and Marion, W. W. 1970 "Post-Mortem Isometric Tension Changes and Shortening in Turkey Muscle Strips Held at Various Temperatures." **J. Food Sci**. 35 : 143-145

Kastner, C.L., Henrickson, R.L. and Morrison, R.D. 1973. "Characteristics of Hot Boned Bovine Muscle." **J. Anim.Sci**. 36 : 484-487.

Kastner, C.L. and Russell, T.S. 1975. "Characteristics of Conventionally and Hot-Boned Bovine Muscle." **J. Food Sci**. 46 : 747-750.

Kotula A.W.and Emswiler-Rose, B.S. 1981 "Bacteriological Quality of Hot-Boned Primal Cuts from Electrically Stimulated Beef Carcasses." **J. Food Sci**. 46 : 471-474.

Lawrie, R.A. 1998. **Meat Science (Sixth ed.)** New York Pergamon Press.

Lonergan, E.H. 2001. "The Role of Carcass Chilling in the Development of Pork Quality". [Online] Available http://www.meatscience.org/Pubs/factsheets/chilling.pdf. 2/04/2007

Mandigo, R.W., Thompson, T.L. and Weiss, G.M. 1977. "Commercial Accelerated Pork Processing : Yields of Cured Hams, Bacon, and Loins." **J. Food Sci**. 42 : 898-899.

Marriott, N.G., Poetker, R.H., Garcia, R.A. and Lee, D.R. 1980. "Acceptability of Accelerated-Processed Pork." **J. Food Prot**. 43 : 756-760

Marsh, B.B. and Leet, N.G. 1966. "Studies Meat Tenderness III : The Effect of Cold Shortening on Tenderness." **J. Food Sci**. 31 : 450-459.

Marsh, B.B., Cassens, R.G., Kauffman, R.G. and Briskey, E.J. 1972. "A Reseatch Note : Hot Boning and Pork Tenderness." **J.Food Sci**. 37 : 179-180.

McKeith, F.K., Savell, J.W. and Smith, G.C. 1981. "Tenderness Improvement of the Major Muscles of the Beef Carcass by Electrical Stimulation." **J.Food Sci**. 46 : 1774-1776.

Meisinger, D. 1999. "A System for Assuring pork Quality." Des Moines, IA, USA : National Pork Producers Coucil.

Miller, M.F., Bawcom, D.B., Wu, C.K., Meade, M.K. and Ramsey, C.B. 1995. "Microbiology of Hot-Fat-Trimmed-Beef." **J. Anim. Sci**. 73 : 1368-1371.

Moeller, P.W., Field, P.A., Dutson, T.R., Landmann, W.A. and Carpenter, Z.L. 1976. "Effect of High Temperature Conditioning on Subcellular Distribution on Levels of Lysosomal Enzymes." **J. Food Sci**. 41 : 216-217.

Moeller, P.W., Field, P.A., Dutson, T.R., Landmann, W.A. and Carpenter, Z.L. 1977. "High Temperature Effect on Lysosomal Enzyme Distribution and Fragmentation of Bovine Muscle." **J. Food Sci**. 42 : 510-512.

Neel, S.W., Reagan, J.O. and Mabry, J.W. 1987. "Effects of Rapid Chilling and Accelerated Processing on the Physical and Sensory Characteristics of Fresh Pork Loins." **J. Anim. Sci**. 64 : 765-773.

Noble, R. and Henrickson, R.L. 1977. "Yield, Spece, Cooling Energy and Value of the Hot Muscle Boned Bovine Carcass." **Proc. Recip. Meat Conf.** 30 : 148-151.

Offer, G. and Knight, P. 1988a "The Structural Basis of Water-Holding in Meat. Part 1 : General Principles and Water Uptake in Meat Processing." in Lawrie, R. **Developments in Meat Science**. London Elsevier Science.

Offer, G. and Knight, P. 1988b. "The Structural Basis of Water-Holding in Meat. Part 2 : Drip Losses." in Lawrie, R. **Developments in Meat Science**. London Elsevier Science.

Pisula, A. and Tyburcy, A. 1996. "Hot Processing of Meat." **Meat Sci**. 43 : 125-134.

Rees, P.M., Trout, G.R. and Warner, R.D. 2002a. "Tenderness, Ageing Rate and Meat Quality of Pork *M. longissimus thoracis et lumborum* after Accelerated Boning." **Meat Sci.** 60 : 113–124.

Rees, P.M., Trout, G.R. and Warner, R.D. 2002b. "Tenderness of Pork *M. Longissimus Thoracis et Lumborum* after Accelerated Boning. Part I. Effect of Temperature Conditioning." **Meat Sci.** 61 : 205–214.

Renerre, M. and Bonhomme, J. 1991. "Effects of Electrical Stimulation, Boning-Temperrature and Conditioning Mode on Display Colour of Beef Meat." **Meat Sci**. 29 : 191-202.

Schmidt, G.R. and Keman, S. 1974. "Hot Boning and Vacuum Packaging of Eight Major Bovine Muscles." **J. Food Sci**. 39 : 140-142.

Schwägele, F. and Lücke, F.K. 1989 "Vortrag Kulmbacher Woche. Kulmbach, FRG. Scopes, R.K." 1965. **Arch. Biochem. Biophys**.

Seideman, S.C., Cross, H.R., Smith, G.C. and Durland, P.R. 1984. "Factors Associated with Fresh Meat Color : A Review." **J. Food Qual.** 6 : 211-213.

Seman, D.L., Moody, W.G., Fox, J.D. and Gay, N. 1987. "Influence of Hot and Cold Boning on the Palatability, Textural and Economic Traits of Restructured Beef Steaks." **J. Food Sci.** 52 : 879-882.

Sheridan, J.J. and Sherington, J. 1982. "The Microbiology of Hot and Conventionally Deboned Vacuum PacKed Beef." **Meat Sci.** 7 : 245-258.

Smith, G.C., Dutson, T.R., Hostetler, R.L. and Carpenter, Z.L. 1976. "Fatness, Rate of Chilling and Tenderness of lamp." **J. Food Sci.** 41 : 748-752.

Smulder, F.J.M. and Eikelenboom, G. 1987 "Accelerate Meat Processing Microbiogical Aspects." 79-93. in Romita, A., Valin, C. and Taylor, A.A. **Accelerate Processing of Meat.** London : Elsevier Applied Science.

Smulder, F.J.M. and vanLaack, R.L.J.M. 1992. "Meat Quality : Pre-Slaughter Animal Handling and Fresh Meat Processing." **Fleischwirtsch.** 72 : 1411-1413.

Taylor, A.A., Shaw, B.G and Mcdougall, D.B. 1981. "Hot Deboned Beef with and without Electrical Stimulation." **Meat Sci.** 5 : 109.

Troy, D.J. 2006. "Hot Boning of Meat : A New Perspect." 73-85 *In* Fidel, L.M. and Toldra´, L.N. **Advanced Technologics for Meat Processing.** New York. CRC Press.

van Laack, R.L.J.M. and Smulder, F.J.M. 1987. "Quality of 'Semi-Hot' and Cold Boned, Vacuum-Packaged Fresh Pork as Affected by Delayed or Immediate Chilling." **J. Food Prot.** 52 : 650-654.

van Laack, R.L.J.M. and Smulder, F.J.M. 1989. "The Effect of Electrical Stimulation, Time of Boning and High Temperature Conditioning on Sensory Quality Trait of Procine *Longissimus Dorsi* Muscle." **Meat Sci.** 25 : 113-121.

van Laack, R.L.J.M. and Smulders, F.J.M. 1990. "Colour Stability of Bovine *Longissimus* and *Psoas Major* Muscle as Affected by Electrical Stimulation and Hot Boning." **J. Anim. Sci.** 28 : 211-221.

van Laack, R.L.J.M. and Smulders, F.J.M. 1992. "On the Assessment of Water-Holding Capacity of Hot-boned vs Cold-boned Pork." **Meat Sci.** 32 : 139-147.

van Laack, R.L.J.M., Schillinger, U. and Holzapfel, W.H. 1992. "Characterization and Partial Purification of a Bacteriocin Produced by *Leuconostoc carnosum LA44A. Int.*" **J. Food Microbiol. 16** : 183–195.

Warriss, P. D. 2000. **Meat Science : An Introductory Text**. New York : CABI.

Watanabe, Y., Gould, E., Cameron, H.A., Daniels, D.C. and McEwen, B.S. 1991. "Phenytoin Prevents Stress- and Corticosterone-Induced Atrophy of CA3 Pyramidal Neurons." **Hippocampus**. 2 : 431-435.

Weakly, D.F., McKeith, F.K., Bechtel, P.J., Martin, S.E. and Thomas, D.L. 1986. "Effects of Packaging and Processing Procedures on the Quality and Shelf Life of Fresh Pork Loins." **J. Food Sci.** 51 : 281-283.

Welbourn, J.L., Herington, R.B. and Stadelman, W.J. 1968. "Relationships Among Shear Values, Sarcomere Lengths and Cooling Procedures in Turkeys." **J. Food Sci**. 33 : 450-452.

White, A., O'Sullivan, A., Troy, D.J. and O'Neill, E.E. 2006. "Effect of Electrical Stimulation, Chilling Temperature and Hot-Boning on the Tenderness of Bovine Muscles." **Meat Sci**. 73 : 196-203.

Will, P.A. and Henrickson, R.L. 1976. "The Influence of Delayed Chilling and Hot Boning on Tenderness of Bovine Muscle." **J. Food Sci.** 41 : 1102-1106.

Wolterdorf, W. and Troeger, K. 1987. "Hot Boning and Hot Meat Production from Carcass." **Fleischwirtsch.** 67 : 574-576.

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	121	27.724	2.3598	0.2145	0.6609^{NS}
Hot boning	335	27.843	3.0015	0.1640	

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ ก.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 12 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	121	5.0041	2.7654	0.2514	< 0.0001**
Hot boning	231	3.6606	2.3504	0.1546	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ ก.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	61	3.3426	1.2028	0.1540	< 0.0001**
Hot boning	69	2.2493	1.0406	0.1253	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ ก.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่า pH ภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	121	6.8183	0.3994	0.0363	0.3149^{NS}
Hot boning	335	6.8600	0.3866	0.0211	

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ ก.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่า pH ภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 12 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	121	6.4340	0.2642	0.0240	0.0040**
Hot boning	231	6.3424	0.3112	0.0205	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ ก.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่า pH ภายในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	120	6.1317	0.3131	0.0286	0.3149NS
Hot boning	270	6.1732	0.3437	0.0209	

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ ก.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าความสว่างของสีเนื้อ (L*) บนหน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) วัดที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	119	48.266	3.0487	0.2795	0.7102NS
Hot boning	255	48.396	3.1645	0.1982	

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ ก.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ซากของสุกร

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	120	76.318	4.3440	0.3965	0.5876NS
Hot boning	328	76.558	3.5505	0.1960	

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

ตารางที่ ก.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจากการตัดแต่งของสุกร

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	121	44.119	2.7880	0.2535	0.4348^{NS}
Hot boning	335	44.349	2.6935	0.1472	

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ ก.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนสามชั้นจากการตัดแต่งของสุกร

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	121	13.553	1.2795	0.1163	< 0.0001**
Hot boning	335	12.566	0.8371	0.0457	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ ก.11 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ขาหมูจากการตัดแต่งของสุกร

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	121	7.4138	0.6346	0.0577	0.2287^{NS}
Hot boning	335	7.4911	0.5082	0.0278	

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ ก.12 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์กระดูกซี่โครงจากการตัดแต่งของสุกร

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	121	4.7718	0.3786	0.0344	0.7719^{NS}
Hot boning	335	4.7829	0.3544	0.0194	

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ ก.13 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์เนื้อติดกระดูกจากการตัดแต่งของสุกร

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	121	12.186	0.8281	0.0753	0.3009**
Hot boning	335	12.274	0.6990	0.0382	

** = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ ก.14 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมจากการตัดแต่งของสุกร

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	121	15.326	2.2944	0.2086	< 0.0001**
Hot boning	312	17.091	2.3410	0.1325	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ ก.15 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์กระดูกรวมจากการตัดแต่งของสุกร

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	121	14.190	0.9299	0.0927	0.5219NS
Hot boning	335	14.360	0.9629	0.0526	

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

ตารางที่ ก.16 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเวลาที่ใช้ในการตัดแต่งซากสุกร

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	23	30.80	4.5388	0.9464	< 0.0001**
Hot boning	23	24.14	4.6057	0.9604	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ ก.17 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดก่อนการตัดแต่งซากสุกร

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	27	4.6585	0.8142	0.1567	0.0011**
Hot boning	40	5.2815	0.6756	0.1068	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ ก.18 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดหลังการตัดแต่งซากสุกร

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Cold boning	26	4.9108	1.0008	0.1963	0.0049**
Hot boning	28	5.5746	0.6279	0.1187	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ ก.19 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลาของการตัดแต่งซากอุ่น

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Time	2	28.34316003	14.17158002	24.07	<0.0001**
Error	88	51.81175425	0.58876993		
Total	90	80.15491429			

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ ก.20 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแต่ละช่วงเวลาของการตัดแต่งซากเย็น

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Time	2	15.41330360	7.70665180	11.20	<0.0001
Error	90	61.92210286	0.68802337		
Total	92	77.33540645			

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ภาคผนวก ข

วิธีคำนวณค่าต่าง ๆ จากการตัดแต่งซากสุกร

1). การหาเปอร์เซ็นซาก (carcass percentage)

$$\text{carcass (\%)} = \frac{\text{(carcass weight)}}{\text{body weight}} \times 100$$

carcass weight = น้ำหนักซากก่อนการตัดแต่ง

body weight = น้ำหนักตัวมีชีวิตของสุกร

2)..การหาเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจากการตัดแต่ง (boneless lean cuts percentage)

$$\text{boneless lean cuts (\%)} = \frac{\text{(loin +ham+picnic+boston+filet meat trimimg)}}{\text{carcass weight}} \times 100$$

loin = น้ำหนักชิ้นส่วนสันนอกไม่รวมกระดูก

ham = น้ำหนักชิ้นส่วนสะโพกไม่รวมกระดูก

picnic = น้ำหนักชิ้นส่วนไหล่ตอนล่างไม่รวมกระดูก

boston = น้ำหนักชิ้นส่วนไหล่ตอนบนไม่รวมกระดูก

filet = น้ำหนักชิ้นส่วนสันใน

meat trimming = น้ำหนักเศษเนื้อจากการตัดแต่ง

3) การหาเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนสามชั้นจากการตัดแต่ง (belly percentage)

$$\text{belly (\%)} = \frac{\text{belly}}{\text{carcass weight}} \times 100$$

belly = น้ำหนักชิ้นส่วนสามชั้น

carcass weight = น้ำหนักซากก่อนการตัดแต่ง

4) การหาเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนขาหมู (leg percentage)

$$\text{leg (\%)} = \frac{\text{leg}}{\text{carcass weight}} \times 100$$

leg = น้ำหนักชิ้นส่วนขาหมู

carcass weight = น้ำหนักซากก่อนการตัดแต่ง

5) การหาเปอร์เซ็นต์ซี่โครง (rib percentage)

$$\text{rib (\%)} = \frac{\text{rib}}{\text{carcass weight}} \times 100$$

rib = น้ำหนักซี่โครง

carcass weight = น้ำหนักซากก่อนการตัดแต่ง

5) การหาเปอร์เซ็นต์เนื้อติดกระดูก (total bone in meat percentage)

$$\text{total bone in meat (\%)} = \frac{\text{(rib+leg)}}{\text{carcass weight}} \times 100$$

rib = น้ำหนักซี่โครง

leg = น้ำหนักชิ้นส่วนขาหมู

carcass weight = น้ำหนักซากก่อนการตัดแต่ง

6) การหาเปอร์เซ็นต์ไขมันรวม (total fat percentage)

$$\text{total fat (\%)} = \frac{\text{(solid fat+fat trimming+skin+jowl)}}{\text{carcass weight}} \times 100$$

solid fat = น้ำหนักชิ้นส่วนมันแข็ง

fat trimming = น้ำหนักเศษมันจากการตัดแต่ง

skin = น้ำหนักชิ้นส่วนหนัง

jowl = น้ำหนักชิ้นส่วนคางหมู

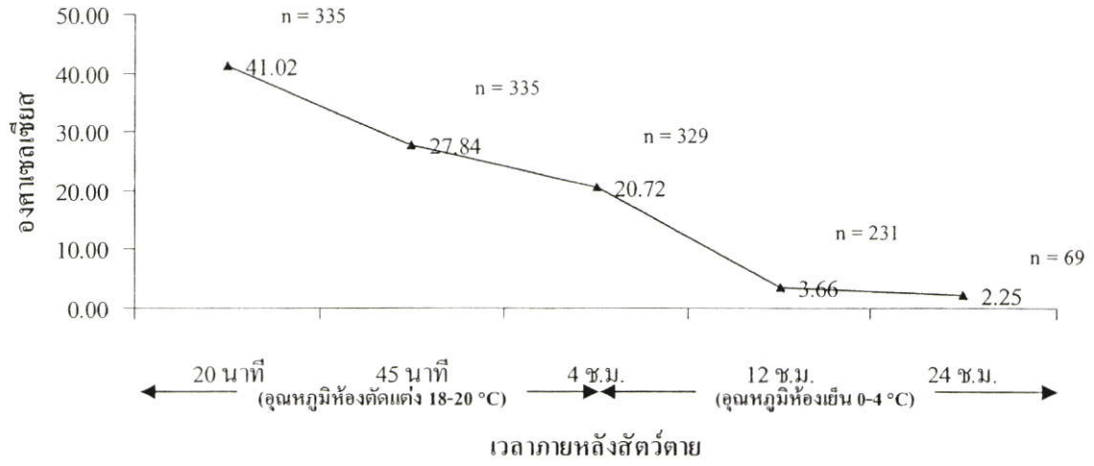
carcass weight = น้ำหนักซากก่อนการตัดแต่ง

7) การหาเปอร์เซ็นต์กระดูกรวม (total bone percentage)

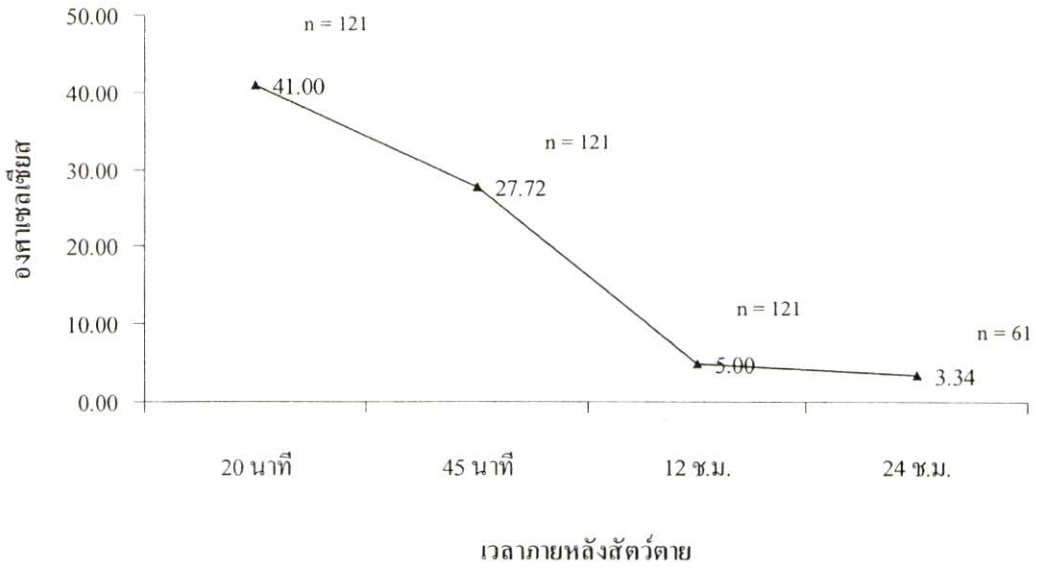
$$\text{total bone (\%)} = \frac{\text{bone}}{\text{carcass weight}} \times 100$$

bone = น้ำหนักชิ้นส่วนกระดูกทั้งหมดที่ได้จากการตัดแต่ง

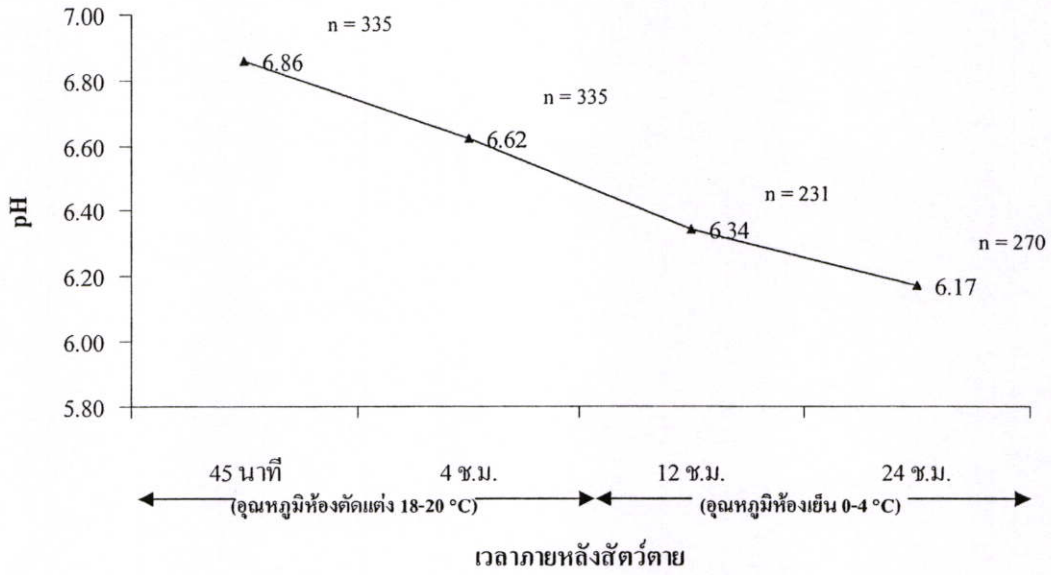
carcass weight = น้ำหนักซากก่อนการตัดแต่ง



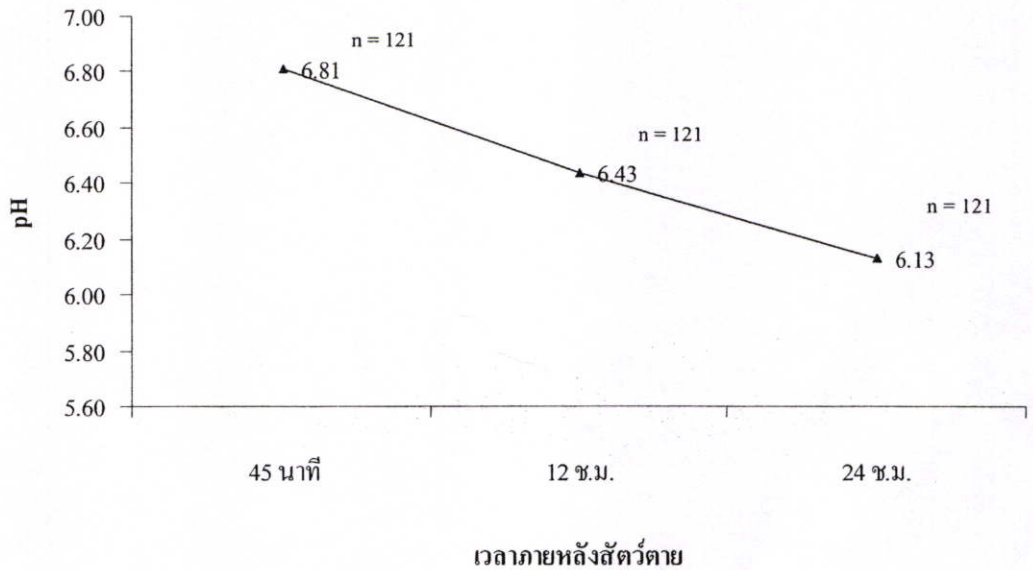
ภาพที่ ข.1 แสดงการลดลงของอุณหภูมิกล้ามเนื้อสันนอกในการตัดแต่งซากอุ่น ที่เวลา 20 นาที 45 นาที 4 ชั่วโมง 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์



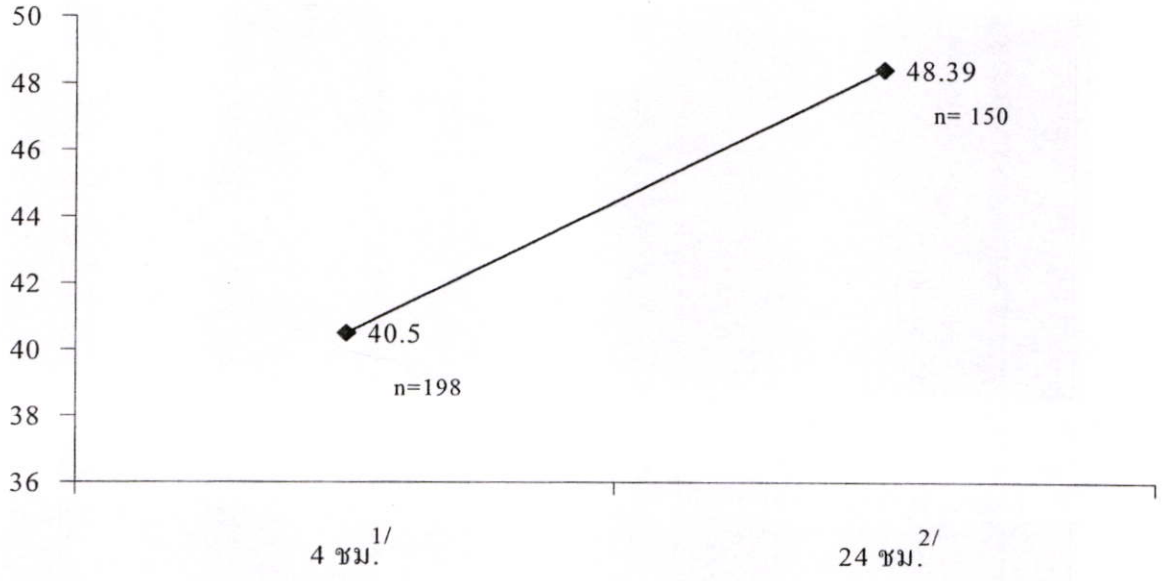
ภาพที่ ข.2 แสดงการลดลงของอุณหภูมิกล้ามเนื้อสันนอกในการตัดแต่งซากเย็น ที่เวลา 20 นาที 45 นาที 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์



ภาพที่ ข.3 แสดงการลดลงของค่า pH กล้ามเนื้อสันนอกในการตัดแต่งซากอุ่น ที่ เวลา 45 นาที 4 ชั่วโมง 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย



ภาพที่ ข.4 แสดงการลดลงของค่า pH กล้ามเนื้อสันนอกในการตัดแต่งซากเย็น ที่ เวลา 45 นาที 12 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย



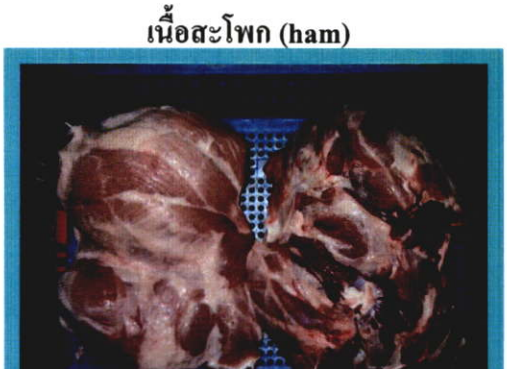
1/วัดก่อนนำเข้าห้องเย็น

2/วัดหลังจากเนื้อถูกแช่เย็นแล้ว

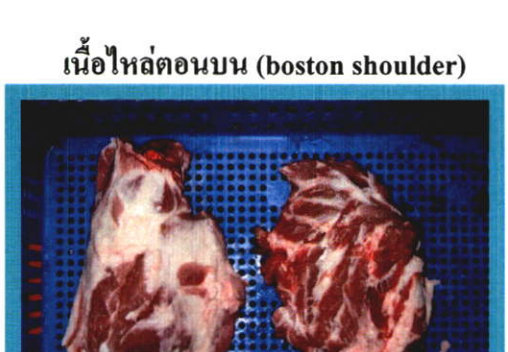
ภาพที่ ข.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงสี L* (Lightness) ของกล้ามเนื้อสันนอกจากการตัดแต่งซากอุ่น

เนื้อสันนอก (*longisimus dorsi*)

เนื้อสะโพก (ham)

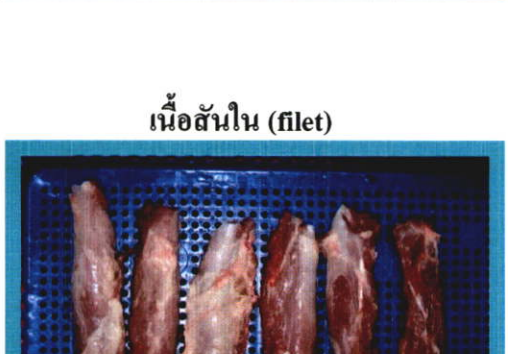


เนื้อไหล่ตอนบน (boston shoulder)



เนื้อไหล่ตอนล่าง (picnic shoulder)

เนื้อสันใน (filet)



เนื้อสามชั้น (belly)

ภาพที่ ข.6 ภาพชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการตัดแต่งซากสุกร

คางหมู (jowl)

มันแข็ง (solid fat)

ซี่โครง (rib)

ขา (leg)

กระดูกสันหลัง (back bone)

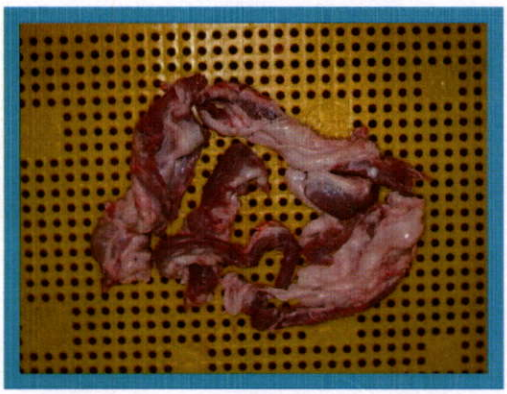
กระดูกขา (leg bone)

ภาพที่ ข.6 ภาพชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการตัดแต่งซากสุกร (ต่อ)

หนัง (skin)

มันเปลว (leaf fat)

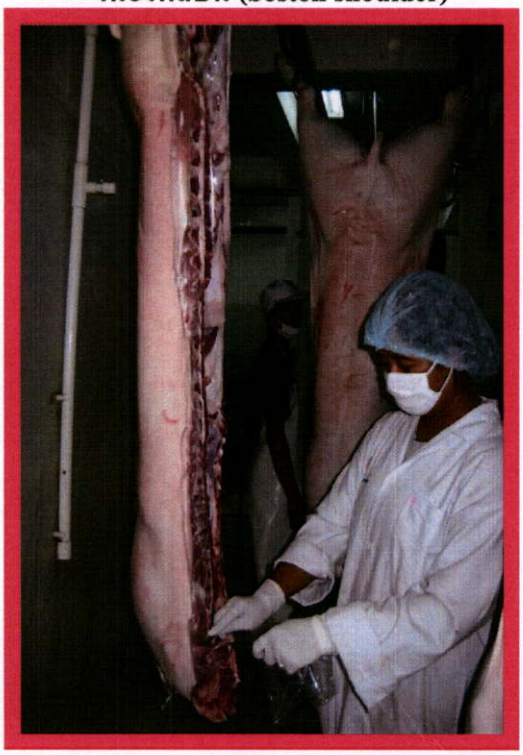
เศษเนื้อ (meat triming)



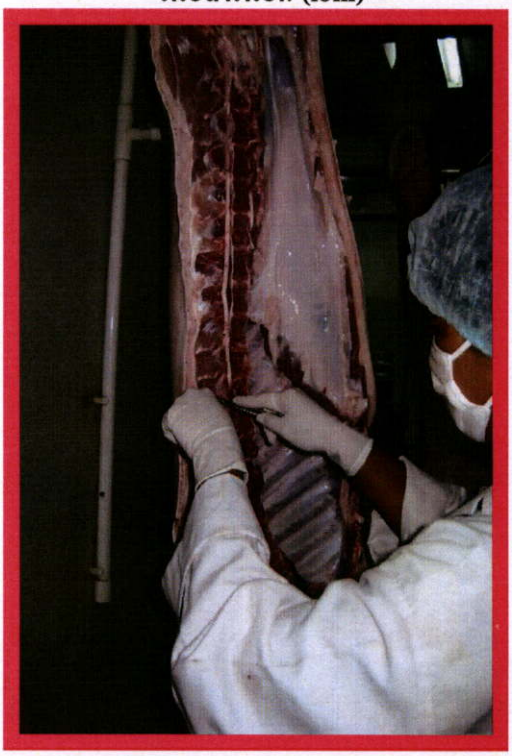
เศษมัน (fat triming)

ภาพที่ ข.6 ภาพชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการตัดแต่งซากสุกร (ต่อ)

เนื้อไหล่บน (boston shoulder)

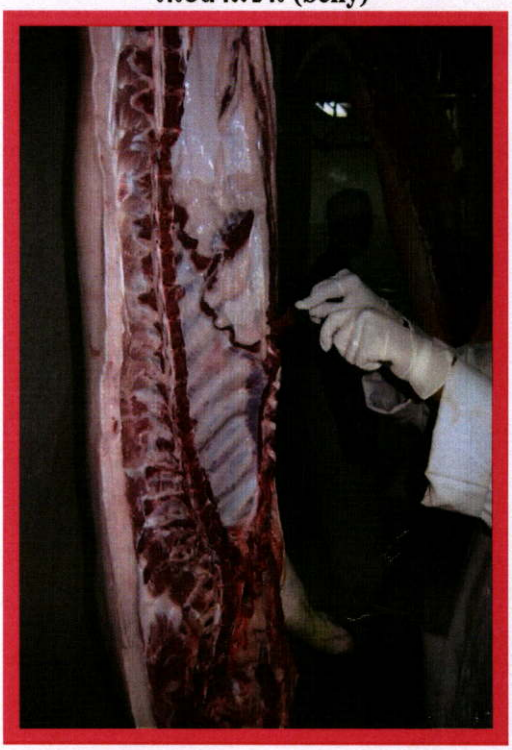


เนื้อสันนอก (loin)



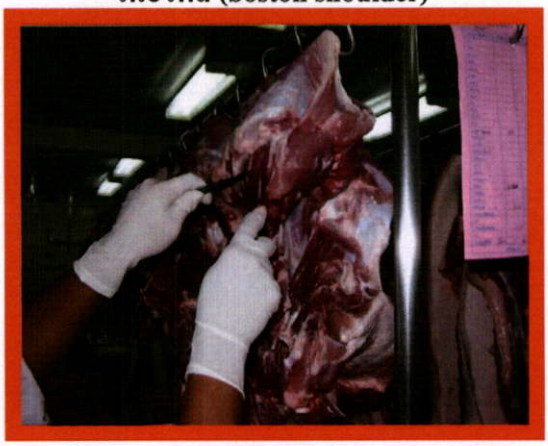
เนื้อสะโพก (ham)

เนื้อสามชั้น (belly)



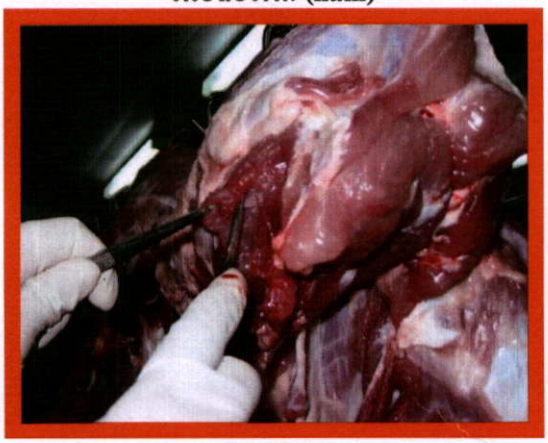
ภาพที่ ข.7 การเก็บตัวอย่างเนื้อเพื่อนำไปตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ซากก่อนตัดแต่งซากอุ่น

เนื้อไหล่ (boston shoulder)



เนื้อสันนอก (loin)

เนื้อสะโพก (ham)



เนื้อสามชั้น (belly)

ภาพที่ ข.8 การเก็บตัวอย่างเนื้อเพื่อนำไปตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ชิ้นเนื้อหลังตัดแต่งซากอุ่น

ซากเย็น

เนื้อสันนอก (Loin)

เนื้อไหล่ (shouder)

เนื้อสะโพก (ham)

เนื้อสามชั้น (belly)

ภาพที่ ข.9 การเก็บตัวอย่างเนื้อเพื่อนำไปตรวจนับจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ชิ้นเนื้อก่อน และหลังตัดแต่งซากเย็น

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายเคน คงรักษ์
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 15 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2522
ที่อยู่	9 หมู่ที่ 3 ตำบลแหลมตะลุมพุก อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80140
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2541 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทย์-คณิต) จากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดนครศรีธรรมราช พ.ศ. 2545 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (วิทยาศาสตรบัณฑิต) สาขาสัตวศาสตร์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
ผลงาน	- สัมนาระดับปริญาโท อิทธิพลของการลดอุณหภูมิซากในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสุกร - ปัญหาพิเศษระดับปริญญาโท การใช้ค่าดัชนี LSQ เพื่อประเมินคุณภาพซากสุกรต่างสายพันธุ์พ่อ - การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยขอนแก่น เปรียบเทียบการตัดแต่งซากเย็นและการตัดแต่งซากอุ่น ; ผลต่อ คุณภาพเนื้อสุกร