# ปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่าที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกล้ามเนื้อสันนอกของซากสุกรในแต่ละรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า

# SOME PRE-SLAUGHTERING FACTORS AFFECTING $pH_1$ VALUE IN LONGISSIMUS MUSCLE OF PIG CARCASS IN EACH ABATTOR MANAGEMENT


อารีรัตน์ นิลวัฒนา

AREERAT NILWATTHANA


วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2551


KMITL-2008-AG-M-031-140

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# ปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่าที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกล้ามเนื้อสันนอกของซากสุกรในแต่ละรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า

# SOME PRE - SLAUGHTERING FACTORS AFFECTING $pH_1$ VALUE IN LONGISSIMUS MUSCLE OF PIG CARCASS IN EACH ABATTOIR MANAGEMENT

อารีรัตน์ นิลวัฒนา

AREERAT NILWATTHANA

วพ.
ล 66321
2551

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 81374
วัน,เดือน,ปี 11 มิ.ย. 2551

b 11931164
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AG-M-031-140

# SOME PRE - SLAUGHTERING FACTORS AFFECTING $pH_1$ VALUE IN LONGISSIMUS MUSCLE OF PIG CARCASS IN EACH ABATTOIR MANAGEMENT

AREERAT NILWATTHANA

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 LADKRABANG

2008

KMITL-2008-AG-M-031-140

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSITITUE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | ปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่าที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกล้ามเนื้อสันนอกของซากสุกรในแต่ละรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า |
| **นักศึกษา** | นางสาวอารีรัตน์ นิลวัฒนา |
| **รหัสประจำตัว** | 46062409 |
| **ปริญญา** | วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | สัตวศาสตร์ |
| **พ.ศ.** | 2551 |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** | รศ.ดร. จุฑารัตน์ เศรษฐกุล |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** | รศ.ดร. กันยา ตันติวิสุทธิกุล |

## บทคัดย่อ


การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่า ที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิที่เวลา 45 นาทีภายภายหลังสัตว์ตายในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกร ในแต่ละรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า โดยทำการศึกษารูปแบบการจัดการของโรงฆ่าสุกร จำนวน 3 แห่ง ซึ่งมีรูปแบบการจัดการและกระบวนการฆ่าที่แตกต่างกัน โดยโรงฆ่าที่ 1 เป็นโรงฆ่ามาตรฐานสากลขนาดเล็ก ตั้งอยู่ในจังหวัดอุดรธานี ผลิตเนื้อสุกรเพื่อการบริโภคภายในประเทศ โรงฆ่าที่ 2 และ 3 เป็นโรงฆ่ามาตรฐานสากลขนาดใหญ่ ตั้งอยู่ในจังหวัดฉะเชิงเทราและลพบุรี ตามลำดับ ผลิตเนื้อสุกรเพื่อการบริโภคภายในประเทศและเพื่อการส่งออก สุกรที่ใช้ในการศึกษาเป็นสุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ คละเพศ น้ำหนักเข้าฆ่าประมาณ 80-120 กิโลกรัม จำนวนสุกรที่เก็บข้อมูลในโรงฆ่าที่ 1 2 และ 3 จำนวน 306 610 และ 346 ตัวตามลำดับ วัดค่า pH และอุณหภูมิที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตายในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกร วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ GLM ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

จากการศึกษาปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่า ที่มีผลต่อค่า pH และอุณหภูมิที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตายในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรในรูปแบบการจัดการของโรงฆ่าที่ 1 พบว่าปัจจัยด้านระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตายอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยระยะเวลาในการขนย้ายสุกรจากฟาร์มไปยังโรงฆ่าน้อยกว่า 40 นาที ค่า pH ในเนื้อจะต่ำกว่าที่ช่วงระยะเวลาในการขนย้ายระหว่าง 40-50 นาที และมากกว่า 50 นาที (6.79 6.89 และ 6.97 ตามลำดับ)

และอุณหภูมิในเนื้อของช่วงระยะเวลาในการขนย้ายสุกรน้อยกว่า 40 นาที มีค่าสูงกว่าช่วงระยะเวลาในการขนย้ายระหว่าง 40-50 นาที และมากกว่า 50 นาที (29.45 26.80 และ 27.21 องศาเซลเซียส ตามลำดับ) ส่วนปัจจัยด้านระยะเวลาในการพักสัตว์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง และระหว่าง 7 ชั่วโมง 30 นาที-8 ชั่วโมง 30 นาที ค่า pH ในเนื้อจะสูงกว่าระยะเวลาในการพักมากกว่า 8 ชั่วโมง 30 นาที (6.88 6.98 และ 6.78 ตามลำดับ) อุณหภูมิในเนื้อที่ระยะเวลาในการพักสัตว์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง และระหว่าง 7 ชั่วโมง 30 นาที-8 ชั่วโมง 30 นาที ต่ำกว่าที่ระยะเวลาในการพักสัตว์มากกว่า 8 ชั่วโมง 30 นาที (27.72 26.72 และ 29.03 องศาเซลเซียสตามลำดับ) ปัจจัยด้านเพศและน้ำหนักส่งเข้าฆ่า ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

รูปแบบการจัดการของโรงฆ่าที่ 2 ศึกษาปัจจัย เพศ น้ำหนักเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านระยะเวลาในการขนย้ายสัตว์และระยะเวลาในการพักสัตว์ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อที่เวลา 45 นาที ภายหลังสัตว์ตาย อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) คือ ระยะเวลาในการขนย้ายสัตว์จากฟาร์มไปยังโรงฆ่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ชั่วโมง ค่า pH ในเนื้อจะต่ำกว่าที่ระยะเวลาในการขนย้ายสัตว์มากกว่า 1 ชั่วโมง (6.49 และ 6.60 ตามลำดับ) และอุณหภูมิในเนื้อของสุกรที่ใช้ระยะเวลาในการขนย้ายสัตว์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ชั่วโมง มีค่าสูงกว่าที่ระยะเวลาในการขนย้ายสัตว์มากกว่า 1 ชั่วโมง (40.46 และ 38.36 องศาเซลเซียสตามลำดับ) ส่วนระยะเวลาในการพักสัตว์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 ชั่วโมง ค่า pH ในเนื้อจะต่ำกว่าที่ระยะเวลาในการพักสัตว์มากกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง (6.46 และ 6.63 ตามลำดับ) และอุณหภูมิในเนื้อของสุกรที่ใช้ระยะเวลาในการพักสัตว์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 ชั่วโมง มีค่าสูงกว่าที่ระยะเวลาในการพักสัตว์มากกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง (40.46 และ 38.36 องศาเซลเซียสตามลำดับ) ส่วนปัจจัยด้านเพศและน้ำหนักส่งเข่าฆ่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

รูปแบบการจัดการของโรงฆ่าที่ 3 ศึกษาปัจจัย ระบบโรงเรือน เพศ น้ำหนักเข้าฆ่า และระยะเวลาในการพักสัตว์ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านระบบโรงเรือนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่า pH ในเนื้อที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตายอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) กล่าวคือ ค่า pH ในเนื้อสุกรที่เลี้ยงในระบบโรงเรือนปิดจะต่ำกว่าค่า pH ของเนื้อสุกรที่เลี้ยงในระบบโรงเรือนเปิด (6.26 และ 6.47) ไม่พบว่าปัจจัยอื่นๆ ที่ศึกษา มีอิทธิพลต่อค่า pH ในเนื้อสุกร

นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาปัจจัยของรูปแบบการจัดการแต่ละโรงฆ่า ที่มีผลต่อค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อ ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย พบว่าแต่ละรูปแบบของการจัดการโรงฆ่ามีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิในเนื้ออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยค่า pH ในเนื้อของโรงฆ่าที่ 1 จะมีค่าสูงกว่าโรงฆ่าที่ 2 และ 3 และโรงฆ่าที่ 2 มีค่า pH สูงกว่าโรงฆ่าที่ 3 (6.88 6.55 และ 6.36 ตามลำดับ) ในขณะที่อุณหภูมิในเนื้อโรงฆ่าที่ 1 จะต่ำกว่าโรงฆ่าที่ 2 และ 3 แต่โรงฆ่าที่ 2 อุณหภูมิในเนื้อจะสูงกว่าโรงฆ่าที่ 3 (28.11 39.39 และ 35.02 องศาเซลเซียสตามลำดับ)

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | Some Pre - Slaughtering Factors Affecting $pH_1$ Value in Longissimus Muscle of Pig Carcass in each Abattoir Management |
| **Student** | Miss Areerat Nilwatthana |
| **Student ID.** | 46062409 |
| **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

Objective of this research was to study effect of some pre-slaughtering factors on pH value and temperature at 45 min post-mortem in M. *longissimus dorsi* of pig carcass in each different abattoir management. Three abattoirs located in different places were selected. The first was a small standard slaughterhouse, located in Udontanee Province. The products distributed to sale in local area. The second and the third were large scale international standard, located in Chachengsao Province and Lopburi Province, respectively. Their products were distributed both in inland and export. 306, 610 and 346 of three crossbreeds pigs mixed genders with 80-120 kg live weight, from the first to the third slaughterhouses, were used as samples. The pH value and the temperature were measured. To analyze the statistic, general linear model had used.

The result was found that in the first slaughterhouse, the factor of slaughter transportation duration time and lairage time had highly significantly affected on the pH value and the temperature ($P<0.01$). In the period of transportation time < 40 min, the pH value was lower than that in the duration of transportation time 40-50 and > 50 min (6.79, 6.89 and 6.97, respectively). In same period mentioned above, the carcass temperature was higher (29.45 $^{o}$C in the period < 40 min, 26.80 $^{o}$C in the period 40-50 min and 27.21 $^{o}$C in the period > 50 min, respectively). It was found that in the lairage time $\leq$ 6 and 7 hrs and 30 min to 8 hrs and 30 min, the pH value was higher than $\geq$ 8 hrs (6.88, 6.98 and 6.78, respectively), whereas in the same

period mentioned above, the temperature was higher (27.72 oC in the period $\leq$ 6 hrs, 26.72 oC in the period 7 hrs and 30 min to 8 hrs and 30 min and 29.03 oC in the period $\geq$ 8 hrs and 30 min, respectively ). The factors of gender and slaughtering weight had no effect on the traits studied ($P>0.05$).

For the second slaughterhouse, the result showed that the factors of transportation duration time and lairage time had highly significantly influenced to the traits studied ($p<0.01$). In the period of transportation time $\leq$ 1 hrs, the pH value was lower than that in the duration of transportation time >1 hrs (6.49 and 6.60, respectively). In same period mentioned above, the carcass temperature was higher (40.46 oC in the period $\leq$ 1 hrs and 38.36 oC in the period > 1 hrs). It was found that in the lairage time $\leq$ 4 hrs, the pH value was lower than that in the period of lairage time $\geq$ 6 hrs (6.46 and 6.63, respectively), whereas in the same period mentioned above, the temperature was higher (40.46 oC in the period $\leq$ 4 hrs and 38.36 oC in the period $\geq$ 6 hrs). The factor of gender and slaughtering weight had no significant influence to the traits ($P>0.05$).

In the third slaughterhouse, the result showed that the factor of housing system had highly significantly influenced on the pH value ($P<0.01$). Thereby, the pH value of the pork from the closed system farm was lower than that from the opened farm (6.26 and 6.47). No significant different effect of the other factors on the traits studied detected.

Furthermore, the result showed that the factor of the slaughterhouse has highly significantly influenced on the pH value and the temperature ($P<0.01$). The pH value in the pork from the first slaughterhouse was higher than that from the second and the third slaughterhouse (6.88, 6.55 and 6.36, respectively). Meanwhile, the temperature of the carcass from the first was lower than that from the second and the third (28.11, 39.39 and 35.02 oC, respectively.). This indicated that the pH value and the temperature depended on the pre-slaughtering process management of each abattoir.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และ รศ.ดร. กันยา ตันติวิสุทธิกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดระยะเวลาในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งยังให้ความกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์ และ รศ.ดร.สัญชัย จตุรสิทธา ซึ่งร่วมเป็นคณะกรรมการควบคุมการสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ณัฐนรากร จันทิมาน ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์พาหนะในการเก็บข้อมูล ณ โรงงานแปรรูปสุกรบางคล้า และอาจารย์ภัทราภรณ์ จางวนิชเลิศ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์พาหนะในการเก็บข้อมูล ณ โรงฆ่าสุกรเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด ตลอดจนคำแนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ คุณกฤษณะ ซื่อพัฒนะ ที่อนุเคราะห์ให้เข้าไปทำการศึกษาในฟาร์มและโรงฆ่าสุกรของบริษัท MT 9999 จำกัด

ขอขอบคุณบริษัทเครือเจริญโภคภัณฑ์มหาชนจำกัด ที่อนุเคราะห์ให้เข้าไปทำการศึกษาในฟาร์มและโรงงานแปรรูปสุกรบางคล้า

ขอขอบคุณบริษัทเบทาโกรจำกัด ที่อนุเคราะห์ให้เข้าไปทำการศึกษาในฟาร์มและโรงฆ่าสุกรเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด (BSM)

ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้องและเพื่อนนักศึกษาปริญญาโททุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา รวมถึงบุคลากรภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวอย่างยิ่ง ที่ให้การสนับสนุนและคอยเป็นกำลังใจในการศึกษามาตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านทั้งหลายและผู้ที่ไม่ได้กล่าวถึงอีกจำนวนมากที่มีส่วนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงลงได้มา ณ โอกาสนี้ด้วย คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านตลอดจนผู้ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

อารีรัตน์ นิลวัฒนา

# สารบัญ


หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... III

กิตติกรรมประกาศ ..... V

สารบัญ ..... VI

สารบัญตาราง ..... IX

สารบัญภาพ ..... X

บทที่ 1 บทนำ ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ ..... 2

1.3 สถานที่ดำเนินการ ..... 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา ..... 2

1.5 ระยะเวลาการศึกษา ..... 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 4

2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อสัตว์ ..... 4

2.2 อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อภายหลังสัตว์ตาย ..... 5

2.3 คุณภาพเนื้อ ..... 6

2.4 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ในเนื้อที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสัตว์ ..... 7

2.4.1 การเกิดเนื้อซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ ..... 7

2.4.2 ผลเสียทางเศรษฐกิจของเนื้อซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ ..... 8

2.4.3 การเกิดเนื้อคล้ำ แน่นแข็งและแห้ง ..... 9

2.4.4 ผลเสียทางเศรษฐกิจของเนื้อคล้ำ แน่นแข็งและแห้ง ..... 9

2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง ในกล้ามเนื้อ ..... 10

2.5.1 อิทธิพลของปัจจัยก่อนกระบวนการฆ่าต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่างในเนื้อสัตว์ ..... 10

2.5.2 อิทธิพลของปัจจัยระหว่างกระบวนการฆ่าต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่างในเนื้อสัตว์ ..... 16

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5.3 อิทธิพลของปัจจัยหลังกระบวนการฆ่าต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่างในเนื้อสัตว์ 20

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 24
3.1 สัตว์ที่ใช้ในการวิจัย 24
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ 25
3.3 วิธีการดำเนินงาน 25
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 27

บทที่ 4 ผลการทดลอง 30
4.1 การศึกษาขั้นตอนและกระบวนการฆ่าในแต่ละรูปแบบการจัดการของแต่ละโรงฆ่า 30
4.1.1 ลักษณะทั่วไปของโรงฆ่า 30
4.1.2 การจัดการฟาร์ม 31
4.1.3 การขนย้ายสุกรมีชีวิต 32
4.1.4 การพักสัตว์ 33
4.1.5 การทำให้สลบ 34
4.1.6 การฆ่า/การเอาเลือดออก 35
4.1.7 การลวกซาก/การขูดขน 36
4.1.8 การปัดซากเปียก 37
4.1.9 การเผาขน 38
4.1.10 การปัดซาก 38
4.1.11 การเอาเครื่องในออก 38
4.1.12 การแบ่งซาก 39
4.1.13 การตัดแต่งซากและการลดอุณหภูมิซาก 39
4.2 การศึกษาปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในเนื้อสุกร ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย 42
4.2.1 การศึกษาในโรงฆ่าที่ 1 42

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า


4.2.2 การศึกษาในโรงฆ่าที่ 2 ..... 44

4.2.3 การศึกษาในโรงฆ่าที่ 3 ..... 45

4.3 การศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการจัดการของโรงฆ่าที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในเนื้อสุกร ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ..... 47

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง ..... 48

5.1 ปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิที่เวลา 45 นาทีหลังสัตว์ตายในเนื้อสุกร ในแต่ละรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า ..... 48

5.1.1 การศึกษาในโรงฆ่าที่ 1 ..... 48

5.1.2 การศึกษาในโรงฆ่าที่ 2 ..... 49

5.1.3 การศึกษาในโรงฆ่าที่ 3 ..... 50

5.2 การศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการจัดการของโรงฆ่าที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในเนื้อสุกร ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ..... 52

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ ..... 54

6.1 สรุปผลการศึกษา ..... 54

6.2 ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ ..... 56

บรรณานุกรม ..... 58

ภาคผนวก ..... 64

ภาคผนวก ก ขั้นตอนและกระบวนการฆ่าของโรงฆ่าสุกรที่ 1 ..... 65

ภาคผนวก ข ขั้นตอนและกระบวนการฆ่าของโรงฆ่าสุกรที่ 2 ..... 69

ภาคผนวก ค ขั้นตอนและกระบวนการฆ่าของโรงฆ่าสุกรที่ 3 ..... 72

ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ..... 77

ประวัติผู้เขียน ..... 84

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงค่า Least Square Means (S.E.) ของคุณภาพเนื้อในสุกรที่มี Halothane Gene ที่ต่างกันและได้รับวิธีการทำให้สลบที่แตกต่างกัน ..... 11

2.2 แสดงค่า Least square means (S.E.) ของคุณภาพเนื้อในสุกรที่มีระยะเวลาในการขนส่งที่แตกต่างกัน ..... 15

4.1 ปัจจัยของ เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ที่มีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 1 ..... 43

4.2 ปัจจัยของ เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ ที่มีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 2 ..... 45

4.3 ปัจจัยของ ระบบการเลี้ยง เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า และระยะเวลาในการพักสัตว์ ที่มีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 3 ..... 46

4.4 อิทธิพลของปัจจัยด้านรูปแบบการจัดการ 3 โรงฆ่าที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ..... 47

# สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 การลดลงของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสะโพกบริเวณ *Semimembranosus* ..... 6

2.2 อัตราการลดอุณหภูมิซากที่เหมาะสมของกล้ามเนื้อสันนอก ..... 22

4.1 แสดงกระบวนการฆ่าสุกรของโรงฆ่า 3 แห่ง คือ โรงฆ่าสุกรบริษัท MT9999 โรงงานแปรรูปสุกรบางคล้า โรงฆ่าบริษัทเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด (BSM) ..... 41

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

การลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย เป็นดัชนีที่สามารถชี้วัดถึงคุณภาพเนื้อที่สำคัญ กล่าวคือ ค่า pH ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ($pH_1$) หากมีค่าต่ำกว่า 5.8 พบว่าโอกาสที่เนื้อจะมีลักษณะซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ (pale soft exudative; PSE) จะสูง และถ้าวัดค่า pH ที่ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ($pH_u$) มีค่ามากกว่า 6.0 โอกาสที่จะเกิดเนื้อคล้ำ แน่นแข็งและแห้ง (dark firm dry; DFD) สูง (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543) การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ภายในกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย (post-mortem change) เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้สภาพของกล้ามเนื้อเปลี่ยนไปโดยปฏิกิริยาทางชีวเคมี ส่งผลให้ความสามารถในการทำหน้าที่ต่างๆ ของกล้ามเนื้อจะสูญเสียไปทีละน้อย และเมื่อเวลาผ่านไปกล้ามเนื้อจะถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อสัตว์โดยสมบูรณ์ การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ภายหลังสัตว์ตายนี้จะมีผลอย่างมากต่อลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ในขั้นสุดท้าย โดยภายหลังจากที่สัตว์ถูกเอาเลือดออก ระบบการหมุนเวียนต่างๆ ภายในร่างกายสัตว์จะหยุดลง มีผลทำให้ร่างกายไม่สามารถส่งสารอาหารและออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อได้ เมื่อไม่มีออกซิเจนในกล้ามเนื้อ การสลายไกลโคเจน (glycogen) เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานจึงต้องผ่านกระบวนการเผาผลาญแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism) ทำให้ได้พลังงานในรูปเอทีพี (ATP) แลคเตท (lactate) และความร้อน (heat) โดยที่ lactate ในกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกล้ามเนื้อลดลง จากค่า pH ประมาณ 7.4 เมื่อภายหลังสัตว์ตาย จนกระทั่งค่า pH ลดลงถึงประมาณ 5.6 ซึ่งเป็นค่า pH ที่ไม่สามารถลดลงไปได้อีกแล้ว เรียกว่า ค่า pH สุดท้าย หรือ ultimate pH ($pH_u$) เนื่องจากไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อถูกใช้ไปจนหมด (Johnson. 2001)

นอกจากนี้ค่า $pH_1$ ยังสามารถบอกได้ถึงความเหมาะสมของกระบวนการที่ผู้ผลิตใช้ในการผลิต ตั้งแต่จากฟาร์มจนถึงกระบวนการที่ใช้ในการฆ่าสุกร เพราะในหลายขั้นตอนของกระบวนการฆ่าเป็นปัจจัยที่ส่งผลถึงคุณภาพของเนื้อที่ผลิตได้ ปัจจัยด้านการผลิตสัตว์จากฟาร์มได้แก่ พันธุ์สัตว์ ระบบที่ใช้ในการเลี้ยง เพศ และน้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่าซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อ รวมถึงการจัดการดูแลสัตว์ก่อนฆ่า ได้แก่ การขนย้ายสัตว์ ระยะเวลาการพักสัตว์ก่อนฆ่า ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญต่อความเครียดที่เกิดขึ้นก่อนที่สัตว์จะเข้าสู่กระบวนการฆ่า โดยความเครียดที่เกิดขึ้นก่อนที่สัตว์จะถูกฆ่าจะไปเร่งการสลายไกลโคเจนโดยผ่านกระบวนการ anaerobic metabolism มีผลให้ค่า pH ในเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งจะเป็นผลเสียต่อคุณภาพเนื้อในเวลาต่อมา ส่วนการจัดการในกระบวนการระหว่างและภายหลังการฆ่าที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ ได้แก่ วิธีการทำให้สลบ การลวกซาก ระยะเวลา

ในการเอาเครื่องในออก การลดอุณภูมิซาก และรูปแบบการตัดแต่ง เนื่องจากขั้นตอนต่างๆ มีผลต่ออุณหภูมิภายในของซาก (Sosnicki *et al.* 1998) การที่อุณหภูมิในเนื้อสูงจะมีผลในการเร่งปฏิกิริยาไกลโคไลซีสให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลทำให้ค่า pH ในเนื้อต่ำ (Carr. 1985) เนื้อที่ผลิตได้จึงมีโอกาสที่จะเป็น PSE สูง

ปัจจุบันในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อสุกร ผู้ผลิตมีระบบการผลิตที่แตกต่างกัน เนื่องจากในประเทศไทยมีโรงฆ่าที่มีรูปแบบการฆ่าที่หลากหลาย การศึกษาปัจจัยก่อนกระบวนการฆ่าบางประการที่มีอิทธิพลต่อค่า $pH_1$ ในเนื้อสุกร จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการผลิตเนื้อสุกรที่เลี้ยงในระบบการค้า เพราะสามารถที่จะบอกถึงโอกาสในการเกิดเนื้อ PSE ได้ นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสมในการผลิตเนื้อสัตว์ เพื่อที่จะได้มาซึ่งเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดี และตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

## 1.2 วัตถุประสงค์

1) ศึกษาขั้นตอนและกระบวนการฆ่าในแต่ละรูปแบบการจัดการของแต่ละโรงฆ่า

2) ศึกษาปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ในเนื้อสุกร ในแต่ละรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า

3) ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการจัดการโรงฆ่าที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ในเนื้อสุกร

## 1.3 สถานที่ดำเนินการ

1) โรงฆ่าสุกรบริษัท MT9999 อ.ประจักษ์ศิลปาคม จ.อุดรธานี

2) โรงงานแปรรูปสุกรบางคล้า อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา

3) โรงฆ่าสุกรบริษัทเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด (BSM) อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี

## 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

แบ่งการศึกษาเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1) ศึกษาขั้นตอนในกระบวนการก่อนฆ่าและกระบวนการฆ่าตามรูปแบบการจัดการของแต่ละโรงฆ่า

2) ศึกษาปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในเนื้อสุกรที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ในแต่ละรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า

## 1.5 ระยะเวลาการศึกษา

1) ดำเนินการเก็บข้อมูลที่โรงฆ่าสุกรบริษัท MT9999 ในเดือนพฤษภาคม

2) ดำเนินการเก็บข้อมูลที่โรงงานแปรรูปสุกรบางคล้า ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์

3) ดำเนินการเก็บข้อมูลที่โรงฆ่าสุกรบริษัทเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด (BSM) ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทำให้ทราบถึงการดำเนินงานในกระบวนการฆ่า ตั้งแต่ก่อนการฆ่า ระหว่างการฆ่า และหลังฆ่าของโรงฆ่าสุกรมาตรฐานขนาดเล็กและโรงฆ่าสุกรมาตรฐานเพื่อการส่งออก

2) ทำให้ทราบถึงปัจจัยบางประการที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการฆ่าที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสุกรที่เกี่ยวข้องกับค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในเนื้อสุกรที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

3) สามารถนำผลจากการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา และปรับปรุงการจัดการสุกรก่อนกระบวนการฆ่า

# บทที่ 2
# งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในเนื้อสัตว์

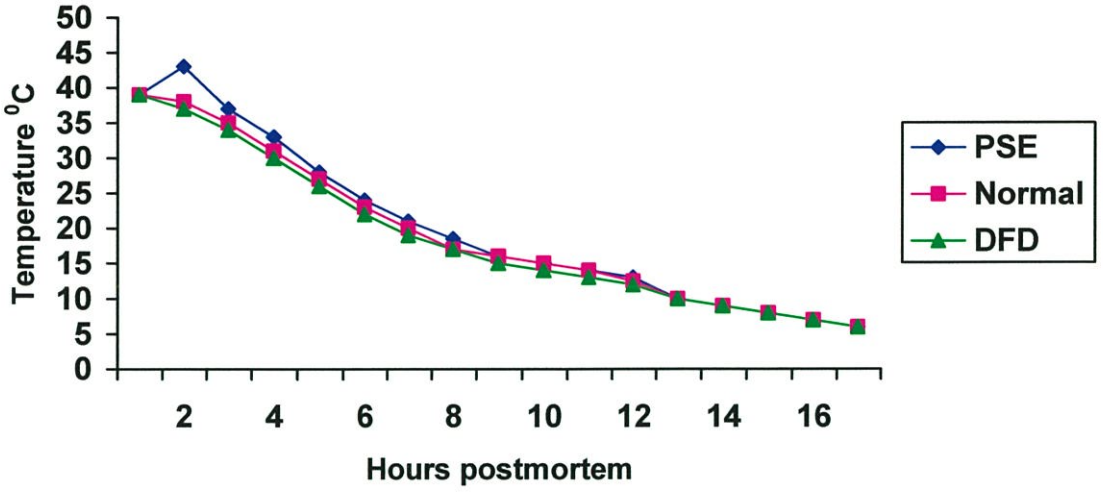
ภายหลังจากที่สัตว์ถูกฆ่า (killing or sticking) เลือดจะออกจากตัวสัตว์ ระบบการหมุนเวียนต่างๆ ภายในร่างกายสัตว์จะหยุดลงมีผลทำให้ร่างกายไม่สามารถส่งสารอาหารและออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อได้ ความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากระบบเมแทบอลิซึมในร่างกายสัตว์จึงไม่สามารถถ่ายเทออกจากกล้ามเนื้อได้ นอกจากนี้กล้ามเนื้อยังไม่หยุดการทำงานโดยทันที ยังต้องการพลังงานเพื่อใช้ในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อต่อไป แต่ปริมาณออกซิเจนภายในกล้ามเนื้อลดลงอย่างมาก ทำให้กระบวนการในการสลายไกลโคเจนเพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ในการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อเปลี่ยนจากกระบวนการซึ่งต้องใช้ก๊าซออกซิเจน (aerobic pathways) ในการสลายไกลโคเจน ไปเป็นกระบวนการซึ่งไม่ต้องใช้ก๊าซออกซิเจน (anaerobic pathways) โดยผลผลิตที่ได้จากกระบวนการนี้ นอกจากได้พลังงานจำนวนน้อยแล้วยังเกิดกรดแลคติคและความร้อนอีกด้วย ดังนั้นจึงเกิดการสะสมของกรดแลคติคภายในกล้ามเนื้อ โดยปริมาณกรดแลคติคจะเพิ่มขึ้นทีละน้อย ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ค่า pH ภายในกล้ามเนื้อค่อยๆ ลดลง กรดแลคติคจะถูกสร้างขึ้นอย่างต่อเนื่องภายในกล้ามเนื้อจนกระทั่งปริมาณไกลโคเจนที่สะสมภายในกล้ามเนื้อลดน้อยลง หรือจนกระทั่งค่า pH ไม่ลดลงต่อไปได้อีกซึ่งเป็นสภาวะที่เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาไกลโคไลซีส (glycolytic enzyme) ในเนื้อไม่สามารถทำงานได้ (Johnson. 2001) การสะสมของกรดแลคติคจะทำให้ค่า pH ของกล้ามเนื้อลดลงอย่างช้าๆ จากประมาณ 7.0 (ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529) และ 7.4 (Johnson. 2001) ในกล้ามเนื้อของสัตว์ที่ยังมีชีวิต ไปเป็น 5.6-5.7 ในเวลา 6-8 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย ค่าความเป็นกรดหรือ acidity จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งที่เวลา 24 ชั่วโมงภายหลังจากสัตว์ตาย ค่า pH ของกล้ามเนื้อจะอยู่ที่ประมาณ 5.3-5.8 (ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529) และ 5.6 (Johnson. 2001) ซึ่งเป็นค่า pH ที่ไม่สามารถลดลงไปได้อีกแล้ว เรียกว่า ค่า pH สุดท้าย (ultimate pH) เนื่องจากไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อถูกใช้ไปจนหมด กล้ามเนื้อที่มีปริมาณไกลโคเจนสูงเมื่อเปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อสัตว์ในขั้นสุดท้ายจะมีค่า pH ต่ำกว่าปกติ นอกจากนี้กล้ามเนื้อของสัตว์ที่มีอัตราเมแทบอลิซึมสูงภายหลังสัตว์ตาย จะมีอัตราในการสลายไกลโคเจนและการลดลงของค่า pH ภายหลังสัตว์ตายรวดเร็วกว่ากล้ามเนื้อของสัตว์ที่มีอัตราเมแทบอลิซึมต่ำ หรือกล้ามเนื้อของสัตว์ที่มีอัตราเมแทบอลิซึมปกติ ซึ่งทั้งอัตราการเมแทบอลิซึม และอัตราการลดลงของค่า pH นี้จะมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์ (Johnson. 2001)

## 2.2 อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในเนื้อภายหลังสัตว์ตาย

Penny (1996) รายงานว่าอัตราการลดลงของค่า pH ของเนื้อซีด แฉะและฉ่ำน้ำ (pale soft and exudative; PSE) นั้นจะเร็วกว่าปกติถึง 3 เท่า ทำให้ค่า pH ภายในกล้ามเนื้อต่ำกว่า 6 ก่อนที่อุณหภูมิของซากจะลดลงต่ำกว่า 37 องศาเซลเซียส การที่ pH มีค่าต่ำร่วมกับอุณหภูมิในเนื้อที่สูงขึ้นนั้นมีผลให้โปรตีนในกล้ามเนื้อเกิดการเสื่อมสภาพ การเสื่อมสภาพของโปรตีนที่เกิดขึ้นมีผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อลดลง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเกิดเนื้อ PSE ประจุสุทธิของโปรตีนไมโอซินจะมีค่าลดลงเมื่อค่า pH ของเนื้อใกล้เคียงกับ isoelectric point (*p*I) ของโปรตีนไมโอซิน (*p*I = 5.4) เป็นผลให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อต่ำลง (Wismer-Pedersen. 1987)

Offer (1991) ได้พัฒนาแบบหุ่นเพื่อรายงานโอกาสในการเกิดเนื้อ PSE ซึ่งพบว่าอัตราการลดลงปกติของค่า pH ในซากสุกรเท่ากับ 0.01 pH ยูนิตต่อนาที โดยการเกร็งตัวอย่างถาวรของเนื้อจะเกิดขึ้นที่ระยะเวลาประมาณ 150 นาทีหลังสัตว์ตาย แต่ในเนื้อที่เป็น PSE จะมีอัตราการลดลงของค่า pH เท่ากับ 0.02 pH ยูนิตต่อนาที และในกรณีที่เนื้อเกิด PSE อย่างรุนแรง การเกร็งตัวอย่างถาวรของเนื้อจะเกิดขึ้นภายใน 15 นาทีภายหลังสัตว์ตายโดยจะมีอัตราการลดลงของค่า pH เท่ากับ 0.1 pH ยูนิตต่อนาที ความร้อนในเนื้อที่เกิดขึ้นจะมีอัตราส่วนที่เหมาะสมเมื่ออัตราการลดลงของค่า pH ต่อยูนิตเท่ากับ 2 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าการลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็ว (rapid chilling) จะช่วยยับยั้งการเสื่อมสภาพของโปรตีนไมโอซินในเนื้อได้เมื่อกล้ามเนื้อเกิดการเกร็งตัวอย่างถาวรในเวลาต่อมา เนื่องจากความเป็นกรดในเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ

อุณหภูมิและค่า pH ในเนื้อของซากสุกรนั้นจะแปรผันจากซีกขวาไปสู่ซีกซ้าย จากงานวิจัยของ Van der Wal *et al.* (1995) พบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของกล้ามเนื้อสะโพกบริเวณ *Biceps femoris* และ *Semimembranosus* จากซากซีกขวาจะสูงกว่าของซากซีกซ้ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และค่า pH ของกล้ามเนื้อสะโพกบริเวณ *Semimembranosus* ของซากซีกขวาก็ต่ำกว่ากล้ามเนื้อส่วนอื่นในสะโพกด้านขวาเช่นกัน ในเนื้อที่เป็น PSE อุณหภูมิภายหลังสัตว์ตายจะเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าเนื้อปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ก่อนที่อุณหภูมิจะลดลง ซึ่งโดยทั่วๆ ไปอัตราการลดลงของอุณหภูมิในซากที่เกิด PSE จะต่ำกว่าอัตราการลดลงของซากที่ปกติ ดังแสดงในภาพที่ 2.1




**ภาพที่ 2.1** การลดลงของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสะโพกบริเวณ *Semimembranosus* (Honikel. 1999)

## 2.3 คุณภาพเนื้อ (Meat Quality)

ปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณภาพเนื้อ ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลัก 3 ประการ คือ คุณลักษณะคุณภาพเนื้อ (meat quality characteristics) คุณภาพของการผลิต (production quality) และความพึงพอใจของผู้บริโภค (consumer appreaciation) เนื้อที่มีคุณภาพดีจะต้องให้คุณค่าทางโภชนะครบถ้วน ได้แก่ โปรตีน ไขมัน แร่ธาตุ และไวตามิน ในปริมาณที่เหมาะสม ปราศจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ปรสิต สารตกค้าง และมลพิษทางสิ่งแวดล้อม ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตจากฟาร์มจนถึงการแปรรูปเป็นเนื้อสัตว์ อีกทั้งยังต้องมีคุณสมบัติที่ดี เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity ) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของเนื้อ (pH value) และลักษณะเนื้อสัมผัส เป็นต้น เมื่อนำเอาเนื้อนั้นไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ แต่ผลสุดท้ายผู้บริโภคเป็นผู้ตัดสินว่าเนื้อนั้นมีคุณภาพดีหรือไม่ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543)

คุณภาพเนื้อสามารถให้คำจำกัดความได้หลายอย่างแต่โดยทั่วไปจะหมายถึงความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อนั้นๆ (Joseph *et al.* 2002) Hoffman (1990) อธิบายว่า คุณภาพเนื้อเป็นผลรวมในทุกๆ ปัจจัยของคุณลักษณะของเนื้อ ได้แก่ คุณลักษณะด้านการบริโภค คุณลักษณะทางโภชนะ และคุณลักษณะที่เกี่ยวกับการแปรรูปเนื้อสัตว์ โดยคุณสมบัติของเนื้อที่มีคุณภาพดีต้องประกอบด้วยคุณสมบัติดังนี้ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543)

1) คุณค่าทางโภชนะ (nutritional value) ได้แก่ ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และแร่ธาตุ

2) คุณค่าทางการบริโภค (sensory value) ได้แก่ สีของเนื้อ (color) ไขมันแทรกที่อยู่ในระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ (marbling) ความนุ่มของเนื้อ (tenderness) กลิ่นและรสชาติ (flavor) ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ (juiciness) ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (texture)

3) คุณค่าทางด้านสุขอนามัย (hygienic value) ได้แก่การบนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ (microbial contamination) การปนเปื้อนจากปาราสิต การปนเปื้อนจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อม และสารตกค้าง

4) คุณค่าทางด้านที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปเนื้อสัตว์ (technological value) ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ค่าความเป็นกรดค่างในเนื้อ (pH) สถานภาพของโปรตีนในเส้นใยกล้ามเนื้อ เป็นต้น

5) คุณค่าทางด้านมโนธรรมและจิตใจ (ethical value) ได้แก่ การเลี้ยงและการจัดการสัตว์โดยคำนึงถึงสวัสดิภาพสัตว์ ให้สัตว์ได้รับความเครียดน้อยที่สุด ตั้งแต่การเลี้ยงในระดับฟาร์มจนถึงกระบวนการฆ่าในโรงฆ่าสัตว์

## 2.4 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในเนื้อที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสัตว์

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดในเนื้อเร็วหรือช้าเกินไป มีผลทำให้เนื้อมีคุณภาพด้อยลงดังนี้

### 2.4.1 การเกิดเนื้อซีด แฉะและฉ่ำน้ำ (PSE)

เนื้อซีด แฉะ และฉ่ำน้ำ หรือ เนื้อ PSE (Pale Soft and Exudative) หมายถึง เนื้อที่มองดูจากภายนอกจะมีสีซีดจางกว่าปกติ และเมื่อเอานิ้วกดลงไปในเนื้อจะอ่อนยุบตัวลงไปตามแรงกด มีน้ำซึมเยิ้มออกมามักเกิดในสุกรโดยทั่วไปเรียกว่า เนื้อนุ่ม ซีด และฉ่ำน้ำ การเกิดลักษณะเนื้อ PSE ในเนื้อสัตว์ เป็นผลเนื่องมาจากปริมาณของกรดแลกติคในเนื้อที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังสัตว์ตาย โดยวัดค่าความเป็นกรดในชั่วโมงแรกภายหลังสัตว์ถูกฆ่าได้ต่ำกว่า 5.8 (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543) 5.3-5.7 (สัญชัย จตุรสิทธา. 2543) ประกอบกับอุณหภูมิของเนื้อสูงขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยอุณหภูมิของเนื้ออาจสูงถึง 39-41 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นนี้จะส่งผลในการเร่งให้ปฏิกิริยาไกลโคไลซีสเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (Johnson. 2001) จากสาเหตุทั้ง 2 ประการนี้ส่งผลให้ sarcoplasmic protein ซึ่งเป็นโปรตีนชนิดที่ละลายได้ในน้ำและเกลือสูญเสียคุณสมบัติบางประการ โดยจะตกตะกอนทับลงบนโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อ (myofibrillar protein) มีผลทำให้โปรตีนจับตัวกับน้ำได้น้อยลง ทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้ต่ำ โครงสร้างของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดนี้จะอยู่กันอย่างหลวมๆ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เนื้อค่อนข้างนิ่มและอ่อนตัว มีน้ำเยิ้ม (exudate) ออกมาที่บริเวณผิวหน้าของเนื้อ การที่มีน้ำเยิ้มออกมาบริเวณผิวหน้าของเนื้อนี้เองที่ทำให้แสงที่มาตกกระทบบนผิวน้ำสะท้อนออกไปได้มาก ทำให้มองเห็นว่าเนื้อมีสีซีดจางกว่าปกติ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543)

สาเหตุสำคัญของการเกิดเนื้อ PSE มี 2 ประการ คือ ทางพันธุกรรม ซึ่งสามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้ และทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อกลไกการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ทำให้เกิด

กระบวนการ anaerobic glycolysis ในกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว ได้แก่ ความเครียด ซึ่งจะส่งผลให้ค่า pH ในเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วในขณะที่อุณหภูมิซากยังสูงอยู่ (Briskey. 1964)

**2.4.2 ผลเสียทางเศรษฐกิจของเนื้อ PSE**

ผลเสียทางเศรษฐกิจของเนื้อ PSE พอสรุปได้ดังนี้ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543)

1) การสูญเสียน้ำ (drip losses)

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้องเย็นในเนื้อที่เป็น PSE จะมีการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก (cooking losses) สูงถึง 4-5 เปอร์เซ็นต์เพียงแค่การเก็บ 1 คืน

2) การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก (cooking losses)

เปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักระหว่างการทำให้สุกสูง ทั้งนี้น้ำออกมาจากเนื้อในขณะถูกความร้อนระหว่างการปรุงอาหาร และยังมีผลทำให้เนื้อที่สุกแล้วค่อนข้างแห้งและแข็ง ไม่เป็นที่นิยมบริโภค

3) ผลิตภัณฑ์เนื้อมีรสชาติเค็ม (salty taste)

ในการนำเอาเนื้อ PSE ไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทแฮมต้ม (cooked ham) พบว่านอกจากจะมีการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการหุงต้มเพิ่มขึ้นถึง 10 เปอร์เซ็นต์แล้วยังทำให้ยากต่อการควบคุมรสชาติ เพราะเนื้อจะดูดเกลือเข้าไว้มากกว่าปกติทำให้แฮมที่ได้มีรสเค็มจัด

4) ความคงตัวของผลิตภัณฑ์ (consistency)

การนำเนื้อลักษณะดังกล่าวไปทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกประเภทอีมัลชั่นจะต้องอาศัยคุณสมบัติในการรวมตัวกันระหว่างโปรตีน ไขมัน และน้ำ พบว่าทำให้ความสามารถในการเกาะกันระหว่างสารประกอบดังกล่าวลดลงทำให้เกิดการแยกชั้นของไขมัน ทำให้เกิดลักษณะเยลลี่ในผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ที่ได้จะสูญเสียคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับความคงตัว

5) เนื้อและผลิตภัณฑ์มีสีซีด (pale color)

สีของเนื้อและผลิตภัณฑ์ที่ได้จะซีดไม่คงทน และไม่มีความสม่ำเสมอ เนื้อ PSE หากเก็บไว้ในตู้เย็นเพียง 2-3 วันอาจจะมีสีออกเขียวได้

6) การสูญเสียน้ำระหว่างการละลายน้ำแข็ง (thawing losses)

เนื้อ PSE เมื่อนำไปแช่แข็งแล้วนำมาทิ้งไว้ให้อ่อนตัวลงเพื่อการประกอบอาหาร มักจะพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำจะสูงมากว่าปกติ ทั้งนี้เพราะเซลล์ของกล้ามเนื้อ PSE ถูกทำลายไปเนื่องจากการขยายตัวของหยดน้ำในเนื้อที่มีปริมาณมากและมีขนาดใหญ่

**2.4.3 การเกิดเนื้อคล้ำ แน่นแข็งและแห้ง (DFD)**

เนื้อคล้ำ แน่นแข็ง แห้ง หรือเนื้อ DFD (Dark Firm Dry) หมายถึง เนื้อที่มองดูจากลักษณะภายนอกมีสีคล้ำ เนื้อจะมีความแน่นแข็งกว่าปกติ แต่ลักษณะบริเวณผิวหน้าตัดของเนื้อค่อนข้างแห้ง ลักษณะเช่นนี้จะพบได้ทั้งในเนื้อโคและเนื้อสุกร

การเกิดลักษณะ DFD ในเนื้อเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณกรดแลกติคในเนื้อเพิ่มขึ้นช้าและน้อยมาก พบว่าการวัดที่ชั่วโมงที่ 24 ภายหลังฆ่า ค่าความเป็นกรดในเนื้อยังสูงกว่า 6.0 การที่ปริมาณกรดแลกติคเกิดขึ้นในเนื้อน้อยมาก เป็นเพราะก่อนที่สัตว์จะถูกฆ่า ปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อถูกใช้ไปเกือบหมด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสัตว์อ่อนเพลียมาจากการเดินทางเป็นเวลานานและไม่ได้รับอาหารในระหว่างการพักสัตว์ เมื่อสัตว์ตายกระบวนการในการย่อยสลายเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานก็อาจไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นน้อยมาก มีผลทำให้ระดับความเป็นกรดในเนื้อลดลงเพียงเล็กน้อย

เนื่องจากค่าความเป็นกรดในเนื้อสูง ดังนั้นการเกาะกันระหว่างน้ำและโปรตีนในเนื้อจะสูง จึงทำให้เนื้อมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดี นั่นคือเนื้อที่มีลักษณะเช่นนี้จะไม่มีน้ำไหลซึมออกมา การที่เนื้อ DFD มีสีเข้มคล้ำและแห้งกว่าปกติ เนื่องมาจากเส้นใยของกล้ามเนื้ออยู่เบียดกันแน่น และเพราะคุณสมบัติที่ดีของการเกาะกันระหว่างโมเลกุลของน้ำและโปรตีน ดังนั้นโอกาสที่ออกซิเจนจะแทรกตัวเข้าไปอยู่ระหว่างเส้นใยของกล้ามเนื้อจึงมีน้อย การสะท้อนของแสงบนผิวเนื้อที่เกิดขึ้นได้น้อยมาก จึงทำให้เนื้อมีสีคล้ำ และค่อนข้างแห้ง (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543)

**2.4.4 ผลเสียทางเศรษฐกิจของเนื้อ DFD**

เนื้อ DFD มีลักษณะที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เพราะเนื้อเป็นสีดำคล้ำ นอกจากนี้เนื้อดังกล่าวยังมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพราะค่าความเป็นกรดของเนื้อดังกล่าวสูง ดังนั้นเนื้อจึงมีโอกาสที่จะเป็นเมือกและเก็บรักษาไว้ได้ไม่นาน การนำเนื้อ DFD ไปใช้ประโยชน์สามารถนำไปทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกประเภทอีมัลชั่นได้ โดยนำไปผสมกับเนื้อปกติจะทำให้คุณสมบัติในการรวมตัวของโปรตีนและน้ำดีขึ้นมาก (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543)

ค่า pH ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *lonlgissimus dorsi*) ที่เป็น PSE วัดภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที หรือไม่เกิน 1 ชั่วโมง จะมีค่า pH ต่ำกว่า 5.8 (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543) นอกจากนี้ยังมีการวัดคุณภาพเนื้อที่เกี่ยวข้องกับเนื้อ PSE โดยการวัดค่าความนำไฟฟ้า (electrical conductivity โดยใช้เครื่อง PQM (Pork Quality Meter)) เนื้อสุกรที่มีลักษณะ PSE จะมีค่า PQM สูงกว่า 6.0 μS (Velarde *et al.* 2000) เนื้อที่เป็น PSE พบว่าจะมีสีค่อนข้างซีด การวัดค่าสีของเนื้อจะวัดจากค่าความสว่างของสีเนื้อ (lightness, L*) โดยใช้อุปกรณ์เครื่องมือ Minolta Chromameter 200 พบว่าเนื้อที่เป็น PSE จะมีค่า L* สูงกว่า 50 ถ้าเนื้อเป็น DFD จะมีค่า L* ต่ำกว่า 42 และเนื้อที่ปกติ (normal) จะมีค่า L* ต่ำกว่า 50 (Channon *et al.* 2000) การวัดคุณภาพ

เนื้อที่เกี่ยวข้องกับเนื้อ DFD นอกจากจะดูจากค่า pH สุดท้าย ($pH_u$) คือค่า pH ที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายแล้ว ยังมีค่าที่ใช้เป็นตัวชี้วัดอีก คือ ค่า $FOP_u$ (Fibre Optic Probe) โดยถ้าค่า $pH_u$ สูง และค่า $FOP_u$ ต่ำ โอกาสที่จะเป็น DFD ในเนื้อสุกรจะสูง (Warriss and Brown. 2000)

## 2.5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกล้ามเนื้อ

การเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง ในกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังจากสัตว์ตาย มีปัจจัยหลายประการที่เป็นทั้งปัจจัยภายในและภายนอกตัวสัตว์ อีกทั้งยังอาจเกิดขึ้นก่อนที่สัตว์จะตาย (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543) ซึ่งสามารถแบ่งเป็นอิทธิพลของปัจจัยก่อนกระบวนการฆ่า (pre-slaughtering factor) อิทธิพลของปัจจัยระหว่างกระบวนการฆ่า (slaughtering factor) และอิทธิพลของปัจจัยหลังกระบวนการฆ่า (post-slaughtering factor) ได้ดังนี้

### 2.5.1 อิทธิพลของปัจจัยก่อนกระบวนการฆ่า (Pre-slaughtering Factor) ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในเนื้อสัตว์

**1) พันธุ์หรือพันธุกรรมสัตว์ (Breed)**

สัตว์ที่ไม่ทนต่อสภาวะความเครียดมีโอกาสที่ระดับ pH จะลดลงเร็วมาก ซึ่งปกติในร่างกายสัตว์จะมียีน (gene) ที่เป็น N และ n มาเข้าคู่กันแล้วแต่พันธุกรรมที่ได้รับการถ่ายทอดจากพ่อและแม่ แต่กลุ่มของ halothane gene คือ อัลลีน n มาจับคู่กันแสดง จีโนไทป์ เป็น nn เรียกกลุ่มที่มียีน nn ว่ากลุ่ม positive ($H^+$) และเรียกกลุ่มที่มียีนปกติ (NN) ว่ากลุ่ม nagative ($H^-$) ซึ่งกลุ่ม positive เป็นกลุ่มที่มียีนที่ทนต่อความเครียดต่ำ ส่งผลให้สัตว์มีความรู้สึกเร็วต่อสิ่งกระตุ้นต่างๆ ก่อให้เกิดความเครียดได้เร็วมีความผิดปกติในกระบวนการเมแทโบลิซึมในกล้ามเนื้อ โดยในสุกรอาการเหล่านี้เรียกว่า Porcine Stress Syndrome (PSS) ภายใต้สภาวะของความเครียดร่วมกับที่สัตว์มี halothane gene ความผิดปกติในกระบวนการเมแทโบลิซึมจะชัดเจนมากในเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white muscle type ซึ่งมีลักษณะเฉพาะคือมีปริมาณไมโอโกลบิน (myoglobin) ต่ำ การเกิด glycolytic metabolism จะขึ้นอยู่กับปริมาณของไกลโคเจนที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อ ระบบ glycolytic enzymatic ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white type จะทำให้ glycogen ถูกใช้ไปอย่างรวดเร็ว มีผลให้ค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วด้วย (Wayne. 2004)

Monin *et al.* (1999) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของ halothane genotype และน้ำหนักเข้าฆ่า ที่มีต่อองค์ประกอบของเนื้อสุกร พบว่าค่า $pH_1$ ของกลุ่มสุกรที่มียีน NN มีค่าสูงกว่ากลุ่มสุกรที่มียีน Nn กับ nn และกลุ่มสุกรที่มียีน Nn มีค่าสูงกว่ากลุ่ม nn โดยค่า $pH_1$ ในกลุ่ม nn เท่ากับ 5.68 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 5.8 สุกรในกลุ่ม nn จึงมีโอกาสที่เนื้อจะเป็น PSE สูงมาก และเมื่อวัดค่า $pH_u$ พบว่าสุกรในกลุ่ม NN มีค่า $pH_u$ ต่ำกว่าสุกรกลุ่ม nn แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่ม Nn ทั้งนี้อาจ

เนื่องมาจากกลุ่ม nn เป็นกลุ่มที่เครียดง่าย ในช่วงก่อนตายโดยความเครียดที่เกิดขึ้นจะส่งผลในการเร่งการใช้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อให้หมดไปมากกว่ากลุ่มสุกรที่ทนเครียด

Channon *et al.* (2000) ทำการศึกษาอิทธิพลของกระบวนการฆ่าและวิธีการทำให้สลบต่อ คุณภาพเนื้อในสุกรที่มี gene ชนิด Nn และ NN ซึ่งผลการศึกษาพบว่าค่าอัตราการลดลงของค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่กล้ามเนื้อบริเวณสันนอก (LTL) ในสุกรที่มียีน Nn จะเร็วกว่าในสุกรที่มียีน NN จากข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาทำให้ทราบว่าชนิดของ halotane gene เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อ

Velarde *et. al.* (2001) ได้ทำการศึกษาต่อโดยเพิ่มการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของ gene ที่มีผลต่อความเครียดที่เกิดขึ้นในตัวสัตว์ คือ halotane heterozygous (Nn) ซึ่งมีโอกาสสูงที่จะเกิดเนื้อ PSE และพบว่า homozygous halothane positive (nn) และ heterozygous (Nn) มีความผิดปกติในขบวนการเมแทบอลิซึมในกล้ามเนื้อ ส่งผลให้สุกรมีความรู้สึกเร็วต่อสิ่งกระตุ้นต่างๆ จึงก่อให้เกิดความเครียดได้เร็ว เมื่อวัดค่า PQM พบว่าสุกรในกลุ่ม Nn มีค่าสูงกว่า สุกรในกลุ่ม NN (ตารางที่2.1) ซึ่งสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อ PSE คือพบว่าสุกรในกลุ่ม NN มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อ PSE ต่ำกว่าสุกรในกลุ่ม Nn

**ตารางที่ 2.1** แสดงค่า Least Square Means (S.E.) ของคุณภาพเนื้อในสุกรที่มี Halothane Gene ที่ต่างกันและได้รับวิธีการทำให้สลบที่แตกต่างกัน

| | **Stunning system** | | | **Halothane gene** | | | **Interaction** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Electrical** | **$CO_2$** | ***P*** | **Nn** | **NN** | ***P*** | **STUN x HAL** |
| n | 135 | 178 | | 186 | 127 | | |
| L* | 46.9 | 41.6 | 0.001 | 45.3 | 41.8 | 0.001 | [a]ns |
| PQM (μS) | 6.9 | 2.5 | 0.001 | 5.4 | 2.8 | 0.001 | [a]ns |
| pHu | 5.5 | 5.6 | 0.001 | 5.5 | 5.6 | 0.001 | [a]ns |

[a]ns = Not significant

*** = P < 0.001

ที่มา: ดัดแปลงจาก Velarde *et al.* (2001)

**2) ระบบการเลี้ยงสุกร (Management System)**

บุญเสริม ชีวะอิสระกุลและบุญล้อม ชีวะอิสระกุล (2542) กล่าวว่าการเลี้ยงสัตว์ในสภาพแวดล้อม ที่ต่างกันมีการจัดการ 2 ลักษณะ คือ

1) การเลี้ยงสัตว์โดยจัดการปรับสภาพแวดล้อมเสียใหม่เพื่อให้สัตว์อยู่อย่างสบาย สามารถให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ (intensive management) การเลี้ยงลักษณะนี้จะมีการ

ควบคุมสภาพแวดล้อมและอาหาร นอกจากนี้ยังมีการควบคุมโรคและพยาธิอย่างดีไม่ให้สัตว์เจ็บป่วย ในปัจจุบันมีความก้าวหน้าถึงขนาดใช้โรงเรือนที่เรียกว่า โรงเรือนอีแวป (evaporative cooling system) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น การไหลเวียนของอากาศและแสงในโรงเรือน ตลอดจนการกำจัดมูลเพื่อให้สัตว์อยู่สบาย

2) การให้สัตว์ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมเอง ผู้เลี้ยงแทบจะไม่ต้องจัดการอะไรมากนักการเลี้ยงในลักษณะนี้เรียกว่า แบบปล่อย (extensive management) สัตว์เหล่านี้จะต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เช่น อาจจะต้องมีการนอนปลักเพื่อระบายความร้อนออกจากร่างกาย เป็นต้น

จากการศึกษาของ Lebert *et al.* (2002) ซึ่งศึกษาผลของการเลี้ยงสุกรแบบในโรงเรือน (indoor system) เปรียบเทียบกับการเลี้ยงสุกรแบบปล่อยกลางแจ้ง (outdoor system) โดยทำการเลี้ยงสุกรในแบบโรงเรือนที่มีอุณหภูมิ 17 และ 24 องศาเซลเซียส ส่วนสุกรที่เลี้ยงแบบปล่อยกลางแจ้งทำการเลี้ยงในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยกำหนดให้สุกรที่เลี้ยงในโรงเรือนที่มีอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส เป็นสุกรกลุ่มควบคุม ไม่พบความแตกต่างของค่า pH ที่ 1 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย ของสุกรที่เลี้ยงในระบบการเลี้ยงที่ต่างกัน คือมีค่า 6.5 และ 6.4 ตามลำดับ

Lambooij *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาผลของสภาพการเลี้ยงสุกรต่อเมแทโบลิซึมของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย และคุณภาพของเนื้อสุกร พบว่าการสร้างกรดแลคติคภายหลังสัตว์ตายในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus lumborum*) ของสุกรที่เลี้ยงในโรงเรือนทั่วไปสูงกว่าสุกรที่เลี้ยงแบบปล่อยกลางแจ้ง ส่งผลให้ค่า pH ในเนื้อของสุกรที่เลี้ยงในโรงเรือนทั่วไป ลดลงเร็วกว่าเมื่อเทียบกับสุกรที่เลี้ยงแบบปล่อย อย่างไรก็ตามในท้ายที่สุด พบว่าสุกรที่เลี้ยงแบบปล่อยจะมีความเข้มข้นของกรดแลคติค สูงกว่าส่งผลให้ค่า pH สุดท้ายต่ำมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bee *et al.* (2004) ซึ่งไม่พบความแตกต่างของค่า pH ที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตายที่กล้ามเนื้อสะโพก (M. *rectus femoris* และ M. *semitendinosus*) ของสุกรที่เลี้ยงแบบในโรงเรือนและแบบปล่อยกลางแจ้ง แต่พบว่าค่า $pH_u$ ของสุกรที่เลี้ยงแบบปล่อยกลางแจ้งต่ำกว่า ($P<0.01$) สุกรที่เลี้ยงในโรงเรือน นอกจากนี้ยังพบว่ามีความแตกต่างของระดับไกลโคเจน และกลูโคส วัดที่ 1 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย ระหว่างสุกรที่เลี้ยงทั้ง 2 แบบ คือ สุกรที่เลี้ยงแบบปล่อยกลางแจ้งจะมีระดับของทั้งไกลโคเจนและกลูโคส สูงกว่าสุกรที่เลี้ยงในโรงเรือนทั่วไป

**3) เพศ (Gender)**

Latorre *et al.* (2004) ศึกษาอิทธิพลของเพศและน้ำหนักส่งค่าที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพเนื้อสุกร ไม่พบตวามแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า pH ที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตายเนื่องจากอิทธิพลของเพศ แต่พบแนวโน้มว่าค่า $pH_1$ ในสุกรเพศเมียจะต่ำกว่าในเพศผู้ตอน คือ 6.00 และ 6.06 ตามลำดับ

Jaturasittha *et al.* (2006) ทำการศึกษาอิทธิพลของเพศเมื่อน้ำหนักสุกรเข้าฆ่า 110 กิโลกรัม ต่อประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อสุกร ในการศึกษาใช้สุกรลูกผสมทั้งหมด 24 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 ตัว คือ สุกรเพศผู้ไม่ตอน สุกรเพศผู้ตอน และสุกรเพศเมีย ผลการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่า pH ที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตาย ในสุกรทั้ง 3 กลุ่ม แต่แนวโน้มของกลุ่มสุกรเพศผู้ไม่ตอนจะต่ำกว่ากลุ่มของสุกรเพศผู้ตอน และสุกรเพศเมีย (6.10 6.36 และ 6.26) ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากพฤติกรรมก้าวร้าวของสุกรเพศผู้ที่ไม่ตอนทำให้เกิดความเครียดซึ่งส่งผลให้การสลายไกลโคเจน (glycogen) ในร่างกายสัตว์เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ปริมาณกรดแลกติคและความร้อนที่เกิดขึ้นมีผลให้ค่า pH ที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตาย ลดลงต่ำกว่าสุกรในกลุ่มอื่น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศผู้ตอนกับเพศเมียพบว่าค่า pH ที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตาย ของเพศเมียจะต่ำกว่าเพศผู้ตอน แต่ทั้งเพศผู้และเพศเมียไม่มีอิทธิพลต่อการเกิด PSE ของเนื้อสุกร

**4) น้ำหนักส่งมีชีวิตส่งฆ่า (Slaughter weight)**

จากรายงานผลการศึกษาปัจจัยในด้านอิทธิพลของน้ำหนักส่งฆ่า จากหลายการทดลองไม่พบว่าน้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่ามีผลต่อค่า pH ในเนื้อ (García-Macías *et al.* 1996; Leach *et al.* 1996; Monin *et al.* 1999)

Choi *et al.* (2001) ศึกษาปัจจัยก่อนการฆ่าในโรงฆ่าประเทศเกาหลี โดยปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ เพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า การอดอาหาร เวลาในการขนส่งและระยะเวลาในการพักสัตว์ที่มีผลต่อการเกิด PSE ของเนื้อสุกรในประเทศเกาหลี พบว่าสุกรที่มีน้ำหนักส่งฆ่ามากกว่า 120 กิโลกรัมมีเปอร์เซ็นต์การเกิด PSE สูงกว่าสุกรที่มีน้ำหนักน้อยกว่า

Latorre *et al.* (2004) ที่ทำการศึกษาน้ำหนักมีชีวิตส่งค่าที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพเนื้อสุกร โดยแบ่งน้ำหนักส่งฆ่าของสุกรที่ศึกษาเป็น 3 กลุ่ม คือ 116 124 และ 133 กิโลกรัม พบแนวโน้มว่าค่า pH ที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตาย จะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักส่งฆ่า ได้แก่ 5.98 6.02 และ 6.10 ตามลำดับ

**5) การขนส่งสัตว์ (Transportation)**

กระบวนการขนส่งสัตว์นั้นเป็นปัจจัยก่อนการฆ่าที่มีความสำคัญมาก เนื่องจากจะมีผลกระทบกับทั้งคุณภาพและปริมาณเนื้อที่ได้ ซึ่ง Grandin (1998) ได้ให้คำแนะนำในการลดความเครียดที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากการขนส่งว่า รถพ่วงและรถบรรทุกที่ใช้ควรอยู่ในสภาพดีและควรทำความสะอาดทุกครั้งหลังจากขนส่ง เพื่อป้องกันการลื่นและความเสียหายที่จะเกิดกับผิวหนังของสุกร นอกจากนี้การที่สัตว์เบียดทับกันนั้นจะเป็นผลให้อุณหภูมิของร่างกายสัตว์สูงขึ้น เพิ่มอัตราการตายและการเกิดเนื้อ PSE (Guise and Warris. 1989) ในการศึกษาถึงความเครียดที่เกิดจากการขนส่งนั้นยากที่จะทำการวิเคราะห์ เนื่องจากปัจจัยส่วนใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง

(Stephens and Perry. 1990) ซึ่งได้แก่การเปลี่ยนแปลงความเร็วของรถ การกระทบกระเทือน การทารุณสัตว์ และการนำสัตว์จากต่างที่มาอยู่รวมกัน ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุของความเครียดจากการขนส่งทั้งสิ้น โดยทั่วไปแล้วสภาพการขนส่งนั้นมีผลกับคุณภาพเนื้อภายหลังสัตว์ตาย คือจะมีผลไปกระตุ้นให้สัตว์เกิดความเครียดหรือเกิดความอ่อนล้า (Lambooij and van Putten. 1993)

การขนส่งสัตว์ทุกชนิดไม่ว่าจะโดยวิธีการใดจะต้องไม่กระทำการทารุณและทำให้สัตว์ได้รับบาดเจ็บ จะต้องไม่บรรทุกสัตว์แน่นจนเกินไป มีการหยุดพักให้สัตว์ได้กินน้ำระหว่างการเดินทางที่ยาวนาน การเคลื่อนย้ายสัตว์จะกระทำเฉพาะสัตว์ที่มีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ สัตว์ท้องหรือเพิ่งตกลูกจะไม่ได้รับการอนุญาตให้ขนย้าย การขนส่งสุกรไปยังโรงฆ่าควรกระทำในตอนกลางคืนหรือเช้ามืด แต่ถ้าไม่สามารถทำได้รถที่บรรทุกควรมีการระบายอากาศที่เพียงพอ ถ้าอากาศร้อนควรขนย้ายสุกรลงจากรถทันทีที่ไปถึงโรงฆ่า แต่ถ้าอากาศหนาวควรจะปูพื้นรถด้วยฟางหรือขี้เลื่อยแห้ง (Grandin. 1998) พาหนะที่ใช้บรรทุกสัตว์จะต้องได้รับการตรวจสภาพเป็นอย่างดี มีอุปกรณ์ที่จำเป็นในการขนย้ายสัตว์ เช่น เขื่อนเทียบ (ramp) เพื่อใช้ในการขนย้ายสัตว์ขึ้นและลงจากรถ ในประเทศที่มีความก้าวหน้าทางด้านปศุสัตว์จะมีการออกแบบรถที่ใช้สำหรับบรรทุกสัตว์ให้พื้นรถบรรทุกสัตว์สามารถปรับให้สูงต่ำได้ด้วยระบบไฮโดรลิคโดยไม่ต้องใช้เขื่อนเทียบ นอกจากนี้จะต้องมีการล้างทำความสะอาดรถบรรทุก ทุกครั้งภายหลังจากเสร็จสิ้นการขนส่งในแต่ละเที่ยว ระยะเวลาในการขนส่งเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อ โดย Martoccia *et al.*(1995) พบว่าการขนย้ายสุกรจากฟาร์มไปยังโรงฆ่าที่ระยะทางการขนส่ง 650 กิโลเมตร มีผลให้ค่า pH ที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตาย และค่า pH สุดท้าย ของเนื้อสุกรสูงกว่า ($P<0.01$) ที่ระยะทางการขนส่ง 180 กิโลเมตร ในขณะที่ระยะเวลาในการขนส่งตั้งแต่ 1 ถึง 4 ชั่วโมงไม่มีผลกับค่า pH สุดท้าย (Warris *et al.* 1990) สุกรที่เดินทางมาในระยะเวลาที่สั้นมากโดยใช้เวลาน้อยกว่า 30 นาที จะมีโอกาสเกิดเนื้อ PSE ได้มากกว่าสุกรที่ถูกขนส่งมาเป็นระยะเวลานาน แต่สุกรที่ถูกขนส่งมาเป็นระยะทางไกลจะมีโอกาสเกิดเนื้อ DFD มากกว่าซึ่งเป็นผลจากสัตว์ได้รับความเครียดเป็นเวลานานและไกลโคเจนในเนื้อเกิดการสูญเสีย (Grandin. 1994) ซึ่งจากการทดลองของ Fabrega *et al.* (2004) พบว่าสุกรใช้ระยะเวลาในการขนย้ายเป็นเวลานาน (6 ชั่วโมง) ค่า pH สุดท้ายในเนื้อจะสูงกว่า และค่า PQM ต่ำกว่าในเนื้อสุกรที่ใช้เวลาในการขนย้ายสั้น (4.5 ชั่วโมง) มีผลให้เปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อ PSE ต่ำกว่าสุกรที่ใช้เวลาในการขนย้ายสั้น ดังตารางที่ 2.2

**ตารางที่ 2.2** แสดงค่า Least square means (S.E.) ของคุณภาพเนื้อในสุกรที่มีระยะเวลาในการขนส่งที่แตกต่างกัน

| | Pre-slaughter treatment | | |
|---|---|---|---|
| | Short | Long | Sig |
| N | 114 | 118 | |
| $pH_u$ LT | 5.5(0.02) | 5.6(0.02) | *** |
| $PQM_{24}$ LT | 5.8(0.34) | 4.1(0.36) | ** |
| PSE (%) | 6.6 | 2.8 | * |
| DFD (%)[a] | 0.6 | 1.6 | - |

*** = $P < 0.001$; ** = $P < 0.01$; * = $P < 0.05$

[a] Chi-square could not be calculated for DFD percentage.

Short = ขนส่ง 4.5 ชั่วโมง, พักสัตว์ 2.5 ชั่วโมง ; Long = ขนส่ง 6 ชั่วโมง, พักสัตว์ 14.5 ชั่วโมง

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

**6) การพักสัตว์ (Lairage)**

การขนย้ายสัตว์มีผลทำให้สัตว์เกิดความเครียด โดยเมื่อสัตว์อยู่ในสภาวะเครียดการใช้พลังงานจะมากกว่าปกติ ไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อและตับจะถูกใช้ในกระบวนการไกลโคไลซีสมีผลทำให้เกิดพลังงาน กรดแลกติด และความร้อน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่สัตว์จะต้องได้พักผ่อนหลังการเดินทาง โดยระยะเวลาพักสัตว์ที่เหมาะสมอาจอยู่ในช่วง 2-4 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะทาง ระยะเวลาของการเดินทาง พันธุกรรมของสัตว์ อายุ เพศ ฤดูกาล วิธีการขนส่ง และสุขภาพของสัตว์ ภายในคอกพักสัตว์ต้องมีน้ำให้สัตว์กินตลอดเวลา สุกรที่ได้รับการพ่นน้ำระหว่างการพัก สัตว์จะแสดงพฤติกรรมความเครียดน้อยกว่าสุกรที่ไม่ได้รับการพ่นน้ำที่คอกพักสัตว์ (Weeding *et al.* 1993) หากสัตว์เดินทางมานานเกิน 36 ชั่วโมง ควรให้กินอาหารด้วย เพราะสัตว์เดินทางเป็นเวลานานจะอ่อนเพลีย และปริมาณไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อจะเหลือน้อย ถ้าสัตว์ไม่ได้พักผ่อนอาจมีผลทำให้เนื้อมีลักษณะเป็น DFD แต่ควรมีการอดอาหารก่อนการฆ่าอย่างน้อย 12 ชั่วโมง ส่วนการเดินทางที่ใช้เวลาไม่นานมากเมื่อสัตว์มาถึงโรงฆ่าแล้วนำเข้าฆ่าทันที จะมีผลทำให้เนื้อที่ได้มีลักษณะเป็น PSE เนื่องจากสัตว์ยังคงเครียดอยู่ทำให้กรดแลกติดที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อสัตว์ยังไม่ทันได้เปลี่ยนไปเป็นไกลโคเจน (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543) ระยะเวลาในการขนส่งไม่ได้เป็นตัวกำหนดระดับความเครียดของสุกรมากนัก เพราะความเครียดจะหมดไปเมื่อสัตว์ได้พักก่อนการทำให้สลบ สุกรควรพักประมาณ 2-4 ชั่วโมงก่อนการทำให้สลบ (Martoccia *et al.* 1995) De Smet *et al.* (1996) พบว่าการพักสัตว์นาน 2-6 ชั่วโมง ค่า pH ที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตายจะสูงกว่า เมื่อเทียบกับการฆ่าทันทีที่สัตว์เดินทางมาถึง การพักสัตว์ในระยะเวลาที่เหมาะสม

จะลดการเกิดเนื้อ PSE ได้ แต่ถ้าพักนานเกินไปก็อาจเพิ่มโอกาสการเกิดเนื้อ DFD ได้ และจากการศึกษาของ Fabrega *et al.* (2004) ก็พบว่าการพักสัตว์ที่นาน 14.5 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อ PSE ต่ำกว่าการพักสัตว์ 2.5 ชั่วโมง แต่เปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อ DFD จะสูงกว่า ดังตารางที่ 2.2

Honkavaara (1989) แนะนำว่าอุณหภูมิความชื้น และระยะเวลาในการพักสัตว์ที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 15-18 องศาเซลเซียส ความชื้น 59-65 เปอร์เซ็นต์ และระยะเวลาในการพักสัตว์ 3-5 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งระดับต่างๆ นี้จะมีผลให้ระดับกรดแลคติคในเนื้อต่ำลง และลดโอกาสในการเกิดเนื้อ PSE

**2.5.2 อิทธิพลของปัจจัยระหว่างกระบวนการฆ่า (Slaughtering Factor) ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในเนื้อสัตว์**

**1) การทำให้สัตว์สลบ (Stunning)**

การทำให้สัตว์สลบทุกวิธีมีผลทำให้สุกรเกิดความเครียดได้สูงกว่าการฆ่าโดยไม่ทำให้สลบ เพราะฮอร์โมน adrenalin และ noradrenalin ที่หลั่งออกมาจะไปมีผลในการเร่งกระบวนการไกลโคไลซีส ในกล้ามเนื้อให้เกิดขึ้นเร็ว การเกิดกรดในกล้ามเนื้อจึงเพิ่มขึ้นเร็วกว่าปกติ อาจเป็นผลเสียต่อคุณภาพเนื้อในเวลาต่อมา แต่อย่างไรก็ตามการทำให้สัตว์สลบก่อนถูกฆ่าก็เป็นสิ่งจำเป็นเพราะถือว่าเป็นวิธีการฆ่าที่ไม่ทารุณต่อสัตว์ (humane slaughtering) คือ การฆ่าในขณะที่สัตว์ตกอยู่ในสภาวะหมดความรู้สึก หรือสลบ โดยที่หัวใจยังทำงานอยู่ ซึ่งสมองส่วน cerebrum เท่านั้นที่ได้รับความกระทบกระเทือน และต้องระมัดระวังไม่ให้สมองส่วน medulla oblongata ได้รับอันตราย เพราะเมื่อสมองส่วนนี้ได้รับอันตรายแล้วจะทำให้การตอบสนองต่างๆ ของกล้ามเนื้อหยุดลง หัวใจหยุดทำงานและการเอาเลือดออกจะไม่สมบูรณ์ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543)

ในการเคลื่อนย้ายสัตว์ไปทำให้สลบ สุกรที่มีเนื้อแดงมากจะตกใจง่ายจึงควรให้สุกรเดินเดี่ยวเข้าไปในบริเวณทำให้สลบ การที่สุกรตื่นตกใจง่ายนั้นทำให้เกิดปัญหาทั้งด้านคุณภาพเนื้อและเป็นการทารุณสัตว์ สุกรที่มีเนื้อมากมักตื่นตกใจง่ายจะหยุดชะงักอยู่ในทางเดินจำเป็นต้องใช้คนในการต้อนซึ่งจะมีผลให้สุกรเครียดมากขึ้น ความเครียดที่เกิดขึ้นในช่วงนาทีสุดท้ายของการเอาเลือดออกนั้นมีผลให้เกิดเนื้อ PSE ได้มากถึงแม้จะเป็นสุกรที่มียีนทนเครียด (Tarrant. 1998)

การทำให้สัตว์สลบ (stunning) มีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้ในสุกร คือ

1) การใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide stunning)

เป็นวิธีที่นิยมใช้กับสัตว์เล็ก เช่น สุกร แพะ แกะ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลทำให้ระบบประสาทหยุดการทำงาน ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง


ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้สัตว์สลบขึ้นอยู่กับขนาดของสัตว์ และความเข้มข้นของก๊าซ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543) การใช้คาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 60 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้สัตว์หมดความรู้สึกภายในเวลา 45 วินาที และระบบการหายใจหยุดทำงานที่เวลา 5 นาที ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ 60–70 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 5 นาที จะได้ผลที่น่าพอใจ (Morgan. 2002)

2) การใช้กระแสไฟฟ้า (electrical stunning)

เป็นวิธีในการทำให้สลบที่ดีที่สุดสำหรับ สุกร แพะ แกะ และสัตว์ปีก การทำให้สลบด้วยไฟฟ้าจะใช้เครื่องช็อตไฟฟ้า (electrical stunner) ช็อตไปบนตัวสัตว์โดยกระแสไฟฟ้าจะผ่านเข้าสู่สมองทำให้สัตว์สลบได้เร็ว หลักการที่ทำให้สุกรสลบเกิดจากการที่สมองได้รับพลังงานถึงระดับหนึ่ง ซึ่งในสัตว์แต่ละชนิดจะใช้ไม่เท่ากัน ในสุกรระดับพลังงานไฟฟ้าประมาณ 198 Watt-second จะมีผลทำให้ศูนย์ประสาทสมองหยุดทำงานได้ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543)

การใช้กระแสไฟฟ้าในการทำให้สลบ มีผลอย่างมากต่อความเครียดที่เกิดขึ้นในร่างกายสัตว์ และจะเร่งการเกิดปฏิกิริยาไกลโคไลซีส ในกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย (Velarde *et al.* 2000) เนื่องจากกล้ามเนื้อทำงานหนักขึ้น และเพิ่มการปล่อยฮอร์โมน cathecolamines เข้าสู่กระแสเลือด (Troegor and Woltersdorf. 1991) มีผลในการเร่งกระบวนการ anaerobic metabolism ทำให้เกิดความเป็นกรดในกล้ามเนื้อสูง มีผลทำให้เกิดเนื้อ PSE สามารถพบได้ทั่วไปในสุกรที่ทำให้สลบโดยใช้กระแสไฟฟ้า ซึ่งมี 2 วิธี คือ การช็อตที่บริเวณศีรษะ (head only) โดยช็อตที่บริเวณศีรษะระหว่างตาและหูทั้งสองข้าง และการช็อตที่บริเวณหัวใจ (head to chest) โดยการแตะ electrode ที่บริเวณศีรษะและหน้าอก วิธีแรกกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านไปยังสมอง วิธีต่อมากระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านหัวใจส่งผลให้หัวใจล้มเหลว (Velarde *et al.* 2000) ผลเสียของการทำให้สลบโดยใช้กระแสไฟฟ้าช็อตที่บริเวณศีรษะจะทำให้เกิดจุดเลือดในซากและเกิดเนื้อ PSE สูง จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ที่ทำให้สลบด้วยกระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ทั้งแบบการทำให้สลบที่บริเวณศีรษะ (automatic head-only stunning) และการทำให้สลบบริเวณศีรษะถึงอก (automatic head to chest) ซึ่งการทำให้สลบด้วยไฟฟ้าบริเวณศีรษะถึงอกทำให้ระบบการเต้นของหัวใจหยุดทำงาน ช่วยลดการเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างรุนแรงในสัตว์ เนื่องจากมีผลไปยับยั้งการทำงานของระบบประสาทสันหลัง (spinal nerve) และทำให้ระบบประสาทสัมผัส (peripheral nerves) ขาดออกซิเจน การลดลงของการหดตัวของกล้ามเนื้อจะช่วยลดการเกิด PSE ในเนื้อได้ (Velarde *et al.* 2000)

เครื่องช็อตไฟฟ้าในปัจจุบันนิยมใช้ขนาดแรงดันไฟฟ้าประมาณ 290–310 โวลต์ ใช้เวลาในการทำให้สุกรสลบเพียง 2–3 วินาที ขนาดของกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1.3 แอมแปร์ จะทำให้สัตว์ทรมานน้อยที่สุด เพราะสามารถทำให้สัตว์สลบภายในเวลา 1-2 วินาที

81374

Velarde *et al.* (2000) ศึกษาอิทธิพลของวิธีการทำให้สุกรสลบต่อการเกิด PSE และจุดเลือดในเนื้อ พบว่า การทำให้สลบด้วยไฟฟ้า โอกาสในการเกิดเนื้อ PSE สูงกว่าการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจากการศึกษาของ Channon *et al.* (2002) ก็พบว่าการทำให้สลบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ค่า pH ที่เวลา 40 นาทีหลังสัตว์ตายในเนื้อจะสูงกว่าการทำให้สลบด้วยไฟฟ้า ($P<0.001$) และอัตราการลดลงของค่า pH ที่กล้ามเนื้อบริเวณ LTL (M. *Longissimus thoracis et lumboum*) ของการทำให้สลบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ต่ำกว่าการทำให้สลบด้วยไฟฟ้าแบบช็อตที่ศีรษะถึงอก ($P<0.05$) ในขณะที่ Channon *et al.*(2003) ไม่พบความแตกต่างของค่า pH ที่เวลา 40 นาทีหลังสัตว์ตายในเนื้อสุกร จากวิธีทำให้สลบในกล้ามเนื้อสะโพกบริเวณ BF (M. *biceps femoris*) และกล้ามเนื้อสันนอกบริเวณ LTL (M. *Longissimus thoracis et lumboum*) แต่พบว่าเปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อ PSE ในกล้ามเนื้อทั้ง 2 ชนิด จากการทำให้สลบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าการทำให้สลบด้วยกระแสไฟฟ้า ($P< 0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าเปอร์เซ็นต์การเกิด PSE ในเนื้อของการทำให้สลบด้วยไฟฟ้าแบบช็อตที่ศีรษะอย่างเดียว น้อยกว่าการทำให้สลบด้วยวิธีทำให้สลบด้วยไฟฟ้าแบบช็อตที่ศีรษะถึงอก

การทำให้สุกรสลบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิด PSE ในเนื้อได้ (Velarde *et al.* 2000) อีกทั้งยังให้ความสะดวกและความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงาน แต่ต้นทุนในการติดตั้งยังมีราคาที่ค่อนข้างสูง (Channon *et al.* 2003) ในขณะที่ Barton-Gade (1993) พบว่าการทำให้สัตว์สลบโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถลดการเกิดเนื้อ PSE ได้ แต่ในปัจจุบันการจัดการก่อนกระบวนการฆ่า สามารถช่วยลดความเครียดเนื่องจากการทำให้สลบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ซึ่งน่าจะมีผลทำให้เนื้อมีคุณภาพดีกว่าเนื้อที่ได้จากการทำให้สลบด้วยกระแสไฟฟ้า (Channon *et al.* 2002)

**2) การแทงคอเอาเลือดออก (Bleeding)**

ภายหลังจากที่สัตว์สลบแล้ว ตัวสัตว์จะถูกแขวนขึ้นด้วยรอกที่ติดอยู่กับโซ่ซึ่งคล้องไว้กับข้อเท้าข้างหนึ่ง สัตว์จะอยู่ในลักษณะห้อยหัวลง จากนั้นจะใช้มีดปลายแหลมซึ่งมีความยาว 6-11 นิ้ว แทงที่บริเวณเหนือยอดอกเข้ามาทางแนวกลางของลำคอ ตัดเส้นเลือดแดงใหญ่ (carotid artery) และเส้นเลือดดำใหญ่ (jugular vein) (สัญชัย จตุรสิทธา. 2543) นอกจากนี้ยังมีมีดที่ใช้สำหรับแทงคอที่มีลักษณะเป็นท่อกลวงตลอดทั้งใบมีด มีปลายแหลมเป็นทางเปิดของมีดเมื่อแทงคอแล้วไม่ต้องดึงมีดออก เลือดจะพุ่งออกมาทางตอนปลายของด้ามมีด ซึ่งต่อเข้ากับถังบรรจุเลือด การแทงคอเพื่อที่จะเอาเลือดออกควรทำให้เร็วที่สุดภายใน 8 วินาทีภายหลังจากที่สัตว์สลบ หลังจากการแทงคอเอาเลือดออกแล้ว ควรปล่อยให้ซากอยู่ในลักษณะนั้นประมาณ 5 นาทีเพื่อให้เลือดออกมากที่สุด และให้กล้ามเนื้อคลายตัวลง (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543)

การแทงคอเอาเลือดออกโดยทั่วไปจะมี 2 ลักษณะการแทง คือ แทงคอในขณะที่ตัวสัตว์ถูกแขวนขึ้นด้วยรอกที่ติดอยู่กับโซ่ ซึ่งคล้องไว้กับข้อเท้าข้างหนึ่ง รอกนี้จะติดอยู่ที่ระบบรางเหนือศีรษะของโรงฆ่าสัตว์ สภาพของสัตว์จะอยู่ในลักษณะหัวห้อยลง อยู่สูงกว่าพื้นประมาณ 75 เซนติเมตร จากนั้นจะเข้าสู่การฆ่าที่แท้จริงโดยการแทงคอเอาเลือดออก เรียกว่าการแทงคอในลักษณะแนวดิ่ง (vertical bleeding) และการแทงคอในลักษณะที่สัตว์นอนราบ (horizontal bleeding) การแทงคอเอาเลือดออกในลักษณะแนวดิ่งจะทำให้เลือดออกได้มากกว่าการแทงคอในลักษณะที่สัตว์นอนราบ แต่การแทงคอในลักษณะที่สัตว์นอนราบจะช่วยลดอัตราการเกิดเนื้อ PSE และรอยช้ำบริเวณกล้ามเนื้อสะโพก เนื่องจากการสะบัดตัวอย่างแรงของสัตว์ในขณะสัตว์ถูกแขวนบนรอกด้วยโซ่คล้องที่ข้อขาหลัง ในสัตว์ที่แทงคอในลักษณะแนวดิ่ง (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543)

**3) การลวกซาก (Scalding)**

ในสุกรจุดมุ่งหมายของการลวกซากเพื่อให้น้ำร้อนซึมเข้าไปใน hair folicle เพื่อทำให้ขนหลุดได้ง่ายขึ้น อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ประมาณ 60-63 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 5 นาที ในบางโรงฆ่าจะใช้วิธีผ่านซากสุกรที่แขวนอยู่บนรางเหล็กเข้าสู่ช่องอบไอร้อนที่มีอุณหภูมิประมาณ 63 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาประมาณ 6-7 นาที ในบางครั้งเครื่องลวกซากจะรวมอยู่กับเครื่องถอนขนการลวกซากและการเผาขนมีผลให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิที่ซากลดลง และอาจมีผลต่อการลดลงของค่า pH ด้วย (Monin *et al.* 1995) การลวกซากนาน และใช้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงเกินไปอาจมีผลต่ออัตราการลดลงของค่า pH เพราะความร้อนจะเป็นตัวเร่งการเกิดปฏิกริยาไกลโคไลซีสมีผลไปเร่งอัตราการลดลงของค่า pH จึงทำให้โอกาสที่เนื้อจะเป็น PSE สูง (Van der Wal *et al.* 1993)

**4) การลอกหนัง (Skin removal)**

สัตว์ประเภทโค กระบือ แพะ แกะ หลังจากถูกเชือดคอแล้วจะทำการลอกเอาหนังออก โดยจะทำการตัดหัวออกจากซากก่อน การลอกหนังจะเริ่มต้นที่บริเวณหน้าอกไปทางคอก่อน แล้วจึงชำแหละไปทางด้านท้องต่อไปจึงเลาะหนังออกจากขาหน้าไปจนถึงหัวไหล่ขั้นสุดท้ายจึงเลาะหนังบริเวณขาหลังไปจนถึงสะโพก ในต่างประเทศไม่นิยมรับประทานหนังสุกรจึงมีการลอกหนังสุกรและนำไปฟอกเพื่อใช้ทำประโยชน์เหมือนหนังฟอกของสัตว์อื่น Eilert (1997) พบว่าการลอกหนังสุกรจะทำให้อุณหภูมิที่ซากลดลงต่ำกว่าการลวกซากด้วยน้ำร้อนประมาณ 1 องศาเซลเซียส ในเนื้อสันนอกและสะโพกที่เวลา 30 นาทีภายหลังสัตว์ตาย และที่ 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายค่า pH ที่กล้ามเนื้อสะโพกบริเวณ biceps femoris มีค่าเท่ากับ 6.23 ในขณะที่สุกรที่ลวกน้ำร้อนมีค่า pH เท่ากับ 5.90 แต่อย่างไรก็ตามพบว่าค่า pH สุดท้ายของทั้ง 2 วิธี ไม่แตกต่างกัน

การลอกหนังเป็นวิธีการที่ช่วยให้อุณหภูมิซากลดลงได้เร็วขึ้นน่าจะมีผลในการช่วยลดโอกาสการเกิดเนื้อ PSE ได้

**5) การเอาอวัยวะภายในออก (Evisceration)**

การผ่าซากเพื่อเอาอวัยวะภายในออกควรกระทำโดยเร็ว ไม่ควรปล่อยช่วงระยะเวลาของขั้นตอนหลังจากที่สัตว์ตายแล้วจนถึงผ่าซากให้นานเกินไป เพราะความร้อนภายในร่างกายสัตว์และความร้อนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากขบวนการลวกซาก มีผลไปเร่งปฏิกริยาไกลโคไลซีสในเนื้อ โดยผ่านกระบวนการ anaerobic metabolism ซึ่งมีผลให้ค่าความเป็นกรดในเนื้อลดลงได้รวดเร็วขึ้น (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543)

การเอาอวัยวะภายในออกช้า จะเป็นผลให้เกิดความร้อนที่อวัยวะภายในร่างกาย ได้แก่ ตับ ซึ่งตามทฤษฎีแล้วจะทำให้การระบายความร้อนออกเป็นไปได้ช้า และค่า pH ในกล้ามเนื้อจะลดลงอย่างรวดเร็ว การที่อัตราการลดลงของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อช้าจะมีผลไปเร่งอัตราการลดลงของค่า pH (Dransfield and Lockyer. 1985) แต่ในทางปฏิบัติมักจะไม่ค่อยคำนึงถึงกรณีการเอาเครื่องในออกช้า การเอาเครื่องในออกช้าและการลดอุณหภูมิซาก (ในเวลา 20-25 นาที) ไม่มีผลต่อค่า pH สุดท้ายหรือการเกิดเนื้อ PSE (D'Souza *et al.* 1998) ระยะเวลาในการเอาเครื่องในออกที่เหมาะสมคือ 20-25 นาทีภายหลังสัตว์ตาย (Eilert. 1997)

**2.5.3 อิทธิพลของปัจจัยหลังกระบวนการฆ่า (Post-slaughtering Factor) ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในเนื้อสัตว์**

**1) อิทธิพลของการลดอุณหภูมิซาก (Chilling)**

การลดอุณหภูมิซากหรืออุณหภูมิของเนื้อภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการฆ่าเป็นกระบวนการสำคัญและจำเป็นอย่างมากต่อการควบคุมเนื้อให้มีคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ การรักษาคุณสมบัติของโปรตีนในการอุ้มน้ำตลอดจนลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา (chilling loss) ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นการเพิ่มทั้งปริมาณ (yield or quantity) และคุณภาพ (quality) ของผลผลิต (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) การลดอุณหภูมิซากที่ใช้กันโดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี คือการลดอุณหภูมิซากแบบเก่า (conventional chilling) การลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็ว (blast/accelerated chilling) และการลดอุณหภูมิซากโดยใช้น้ำเย็นพ่นซาก (spray chilling)

1. การลดอุณหภูมิซากแบบเก่า (conventional chilling) เก็บซากในห้องเย็นที่อุณหภูมิระหว่าง 0 ถึง 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ถึง 24 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิใจกลางเนื้ออยู่ระหว่าง 4 ถึง 7 องศาเซลเซียส (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

2. การลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็ว (blast/accelerated chilling) เก็บซากที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของเนื้อลดลงถึง 4-7 องศาเซลเซียส จะนำไปเก็บในอุณหภูมิห้องเย็นปกติ นิยมทำกัน 3 แบบ ดังนี้ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

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 หมาย ถึงการลดอุณหภูมิของเนื้อลงอย่างรวดเร็วมาก ทั้งนี้เพื่อให้อุณหภูมิภายในเนื้อลดลงถึง 7 องศาเซลเซียส ภายในเวลาที่รวดเร็ว ในการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วนี้มีโอกาสที่จะเกิด cold shortening ขึ้นได้มาก ดังนั้นในการลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้จึงกระทำเป็น 2 ช่วงคือ

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

ช่วงที่สอง นำซากไปเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 0±1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลม 0.1 ถึง 0.3 เมตรต่อวินาที อีก 12 ถึง 13 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิภายในเนื้อสุกรลดลง น้อยกว่า 7 องศาเซลเซียส โดยจะใช้เวลารวมทั้ง 2 ช่วง น้อยกว่าวิธีแรก

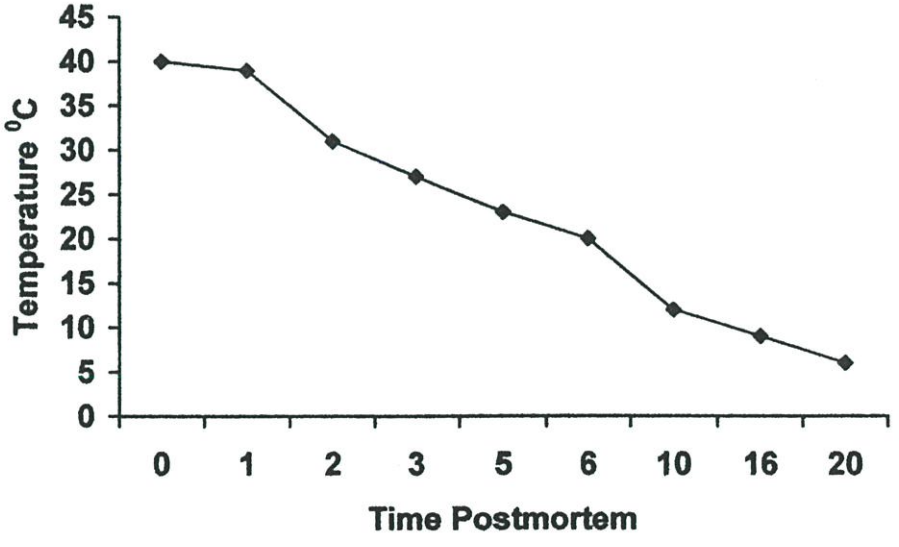
3) ultra-rapid chilling โดยนำซากเข้าไปเก็บไว้ในห้องเยือกแข็งที่อุณหภูมิ-20 ถึง-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วลม 2 ถึง 4 เมตรต่อวินาที นานเป็นเวลา 1 ถึง 1.4 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิซากลดลงถึงระดับหนึ่ง จากนั้นนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์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

3. การลดอุณหภูมิซากโดยใช้น้ำเย็นพ่นซาก (spray chilling) เป็นการลดอุณหภูมิซากโดยใช้น้ำเย็น ที่มีอุณหภูมิ 1-5 องศาเซลเซียส พ่นลงบนซากเป็นระยะ ๆ เช่น ใช้น้ำเย็นพ่นลงบนซากทุก ๆ 15 นาที โดยแต่ละครั้งใช้เวลาในการพ่น 60 วินาที โดยใช้เวลาในการลดอุณหภูมิเป็นเวลา 10 ชั่วโมง โดยทั่วไปแล้วการลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้ จะทำร่วมกับการลดอุณหภูมิโดยวิธีปกติ โดยจะทำการพ่นซากในขณะที่ซากอยู่ในห้องเย็น หรือทำก่อนนำซากไปเข้าห้องเย็น (Johnson. 2001)

นอกจากนี้ยังมีระบบในการลดอุณหภูมิที่ไม่ค่อยมีการใช้มากนัก เช่น การลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้ทำได้โดยการจุ่มซากลงใน ไนโตรเจนเหลวที่มีอุณหภูมิ -196 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-3 นาที แล้วนำซากไปลดอุณหภูมิโดยวิธีปกติต่อไป ระบบการลดอุณหภูมิแบบนี้แรกเริ่มใช้ในด้านการทำวิจัย และไม่ค่อยแพร่หลายในการใช้ทางด้านการค้า (Johnson. 2001)

การลดอุณหภูมิซากสามารถช่วยลดการเกิดเนื้อ PSE ได้เนื่องจากความเย็นจะช่วยเร่งให้อุณหภูมิซากลดลงได้เร็วขึ้น และช่วยชะลออัตราการลดลงของค่า pH (Murray. 1999, Grandin. 1994) แต่การลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็วมากไม่สามารถป้องกันการเกิดเนื้อ PSE ได้ ในกรณีที่การเกิด PSE ของเนื้อเกิดขึ้นก่อนที่จะนำซากเข้าเก็บในห้องเย็น (Eilert. 1997) นอกจากนี้ยังพบว่าการเก็บซากไว้ในไนโตรเจนเหลวค่า pH ที่เวลา 6 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายจะสูงกว่าเมื่อเทียบกับการลดอุณหภูมิซากด้วยวิธีแบบเก่า ถึงแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างของค่า pH ที่เวลา 45 นาที และ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย (Jones *et al.* 1991)

การลดอุณหภูมิซากสุกรอย่างรวดเร็วอาจจะมีผลทำให้เนื้อเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากความเย็น (cold shortening) ได้หากอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียสภายในเวลา 2.5 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ในขณะที่ค่า pH ในเนื้อสูงกว่า 6.0 ดังนั้นในการลดอุณหภูมิซากต้องกระทำอย่างเหมาะสม ทั้งนี้อุณหภูมิที่เหมาะสมควรอยู่ที่อย่างน้อย 35 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าภายในเวลา 2.5 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย และควรจะอยู่ที่ประมาณ 7 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า เมื่อ 22 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย (Honikel. 1999) ดังภาพที่ 2.2




**ภาพที่ 2.2** อัตราการลดอุณหภูมิซากที่เหมาะสมของกล้ามเนื้อสันนอก (Honikel. 1999)

### 2) อิทธิพลของวิธีการตัดแต่งซาก

วิธีการตัดแต่งซากมีวิธีการที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบคือ

1) การตัดแต่งซากเย็น (cold boning) คือการตัดแต่งซากภายหลังจากการลดอุณหภูมิซากในห้องเย็นแล้วเป็นระยะเวลาหนึ่งทำให้อุณหภูมิของเนื้อภายในซากลดลงอยู่ที่ 4-7 องศาเซลเซียส เพื่อควบคุมคุณภาพของเนื้อทางด้านกายภาพ นอกจากนี้ยังเป็นการลดการปนเปื้อน

ของเชื้อจุลินทรีย์ในระหว่างตัดแต่ง เนื่องจากเนื้อที่มีอุณหภูมิ และความชื้นต่ำจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Smulders and Eikelenboom. 1987) อีกทั้งเนื้อและไขมันที่ผ่านการลดอุณหภูมิแล้วจะมีความคงตัวทำให้ง่ายต่อการตัดแต่งและชิ้นเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งมีความคงตัวไม่บิดเบี้ยว (Pisula and Tyburcy.1996) วิธีการตัดแต่งแบบนี้เป็นวิธีการที่ใช้โดยทั่วไปในปัจจุบัน

2) การตัดแต่งซากอุ่น (hot boning) คือการตัดแต่งซากภายหลังกระบวนการฆ่าอย่างรวดเร็ว โดยอาจทำการตัดแต่งทันทีภายในเวลา 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย หรือทำการลดอุณหภูมิซากเป็นระยะเวลาสั้น ๆ ก่อนทำการตัดแต่งโดยที่อุณหภูมิของกล้ามเนื้อสันนอกภายในซากอยู่ที่ประมาณ 10-15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อไหล่อยู่ที่ประมาณ 20-25 องศาเซลเซียส (Hermansen. 1987) การตัดแต่งโดยวิธีนี้จะทำให้อุณหภูมิของเนื้อภายหลังการตัดแต่งลดลงอย่างรวดเร็ว

Honikel and Reagan (1986) รายงานว่าตัวอย่างเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นจะมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วมากในระยะแรกหลังจากการตัดแต่ง ในทางตรงกันข้ามตัวอย่างเนื้อที่ได้จากซากที่ทำการตัดแต่งซากเย็นจะมีอุณหภูมิลดลงช้ากว่า แต่การลดลงของค่า pH ของชิ้นเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่นกับกล้ามเนื้อที่อยู่ในซากของซากเย็นจะไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Hood (1987) พบว่าการตัดแต่งโดยกระบวนการตัดแต่งซากอุ่นจะทำให้อุณหภูมิของชิ้นเนื้อที่ถูกตัดแต่งออกมาลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยลดความแปรปรวนของอุณหภูมิภายในเนื้อจากการตัดแต่งโดยวิธีปกติ (cold boning) ซึ่งมีปัจจัยของน้ำหนักซากและความหนาไขมันสันหลังเข้ามาเกี่ยวข้อง ขนาดของกล้ามเนื้อที่เล็กกว่าที่ถูกตัดออกมาในกระบวนการตัดแต่งซากอุ่น จะทำให้การลดอุณหภูมิมีความสม่ำเสมอมากกว่า ทำให้การลดลงของค่า pH ช้าลง โอกาสในการเกิดเนื้อ PSE จึงน้อยลงด้วย ในขณะที่ Van Laack and Smulders (1992) ไม่พบความแตกต่างในโอกาสของการเกิดเนื้อ PSE และคุณภาพของเนื้อสุกรเนื่องจากการตัดแต่งซากอุ่นกับตัดแต่งซากโดยวิธีปกติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะประสิทธิภาพของระบบการลดอุณหภูมิซากที่ใช้ในประเทศเนเธอร์แลนด์มีคุณภาพดี จึงทำให้อัตราการลดลงของอุณหภูมิในซากของทั้ง 2 วิธีการไม่แตกต่างกัน

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

## 3.1 สัตว์ที่ใช้ในการวิจัย

สัตว์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นสุกรลูกผสม คละเพศที่เลี้ยงตามระบบฟาร์มเป็นการค้า จากระบบฟาร์มที่แตกต่างกัน 3 แห่ง คือฟาร์มสุกรบริษัท MT9999 ฟาร์มสุกรในเครือเจริญโภคภัณฑ์ และฟาร์มสุกรในเครือเบทาโกร โดยสุกรจากแต่ละฟาร์มทุกตัวจะได้รับการจัดการและได้รับสูตรอาหารสูตรเดียวกันตลอดการวิจัยตามระบบการจัดการของแต่ละฟาร์มนั้นๆ จนสุกรมีน้ำหนักตัวระหว่าง 80-120 กิโลกรัม จึงนำสุกรเข้าฆ่าเพื่อทำการศึกษากระบวนการฆ่าและปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกล้ามเนื้อสันนอกของซากสุกรที่เข้าฆ่าแต่ละโรงฆ่า

สุกรจำนวน 310 ตัว เป็นสุกรลูกผสมจากสุกรสายพ่อ 4 กลุ่ม คือ สุกรที่มีสายพ่อเป็นพันธุ์ทางการค้า PIC พันธุ์ดูรอค พันธุ์แลนด์เรซ และพันธุ์ลาร์จไวท์ ส่วนสายแม่เป็นลูกผสมพันธุ์ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ ของบริษัท MT9999 เลี้ยงสุกรขุนในโรงเรือนระบบเปิด ซึ่งเป็นการเลี้ยงในโรงเรือนที่มีลักษณะเปิดโล่ง ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สุกรจะถูกส่งเข้าฆ่าในโรงฆ่าสุกรของบริษัท MT9999 ซึ่งเป็นโรงฆ่าสุกรขนาดเล็กที่ได้มาตรฐานสากล โดยโรงฆ่าอยู่ภายในบริเวณรั้วเดียวกันกับฟาร์มที่เลี้ยงสุกร ระยะทางจากฟาร์มถึงโรงฆ่าประมาณ 1.5 กิโลเมตร สุกรที่เข้าฆ่าในโรงฆ่านี้ จะเป็นสุกรที่เลี้ยงในฟาร์มของบริษัทเท่านั้น

สุกรจำนวน 631 ตัว เป็นสุกรลูกผสมพันธุ์ สามสายพันธุ์ เลี้ยงในฟาร์มเครือข่ายรับจ้างเลี้ยงของบริษัทเจริญโภคภัณฑ์ ซึ่งมาจากแหล่งฟาร์มที่แตกต่างกัน 4 จังหวัด คือ จังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง และจันทบุรี มีระยะทางจากฟาร์มถึงโรงฆ่าระหว่าง 33-170 กิโลเมตร และถูกส่งเข้าฆ่าในโรงงานแปรรูปสุกรบางคล้า ซึ่งเป็นโรงฆ่าสุกรมาตรฐานสากลขนาดใหญ่เพื่อการส่งออก สุกรที่เข้าฆ่ามาจากหลายฟาร์มมีที่ตั้งฟาร์มแตกต่างกันในเขตพื้นที่ปลอดโรคเขต 2

สุกรจำนวน 346 ตัว เป็นสุกรลูกผสมพันธุ์ ดูร็อค x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) และหรือพันธุ์เพื่อการค้านิวไลน์ x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) เลี้ยงในฟาร์มเครือข่ายรับจ้างเลี้ยงของบริษัทเบทาโกร จำนวน 2 ฟาร์ม ที่ตั้งของฟาร์มอยู่ในจังหวัดกาญจนบุรีและราชบุรี โดยระยะทางของทั้ง 2 ฟาร์มห่างกันประมาณ 30 กิโลเมตร มีระยะทางจากฟาร์มถึงโรงฆ่าประมาณ 200-250 กิโลเมตร ซึ่งฟาร์มหนึ่งมีระบบการเลี้ยงเป็นระบบปิด ซึ่งเป็นการเลี้ยงในโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และอีกฟาร์มหนึ่งมีระบบการเลี้ยงเป็นระบบเปิด ซึ่งเป็นการเลี้ยงในโรงเรือนที่เปิดโล่งไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สุกรของทั้ง 2 ฟาร์มจะถูกส่ง

เข้าฆ่าในโรงฆ่าบริษัทเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด (BSM) ซึ่งเป็นโรงฆ่าสุกรมาตรฐานสากลขนาดใหญ่เพื่อการส่งออก

## 3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด–ด่างในเนื้อ (WTW Wiss, Techn–Werkstaten D812 Weilheim) และอิเลคโทรดสำหรับวัดในเนื้อ (Electrode–WTW pH–sentix®)

2) เครื่องมือวัดอุณหภูมิใจกลางเนื้อแบบอิเลคโทนิค (Testo 106-T1)

3) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

4) นาฬิกาจับเวลา

## 3.3 วิธีการดำเนินงาน

ทำการศึกษาข้อมูลจากสุกรที่เข้าฆ่าตามรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า 3 โรงฆ่า ดังนี้

**โรงฆ่าสุกรที่ 1** ศึกษารูปแบบการจัดการและกระบวนการฆ่าของโรงฆ่าสุกรบริษัท MT9999 อ.ประจักษ์ศิลปาคม จ.อุดรธานี ซึ่งเป็นโรงฆ่าสุกรขนาดเล็กที่ได้มาตรฐานสากลโดยมีการเก็บข้อมูลและการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1) ศึกษาขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการฆ่าของโรงฆ่าสุกรบริษัท MT9999

2) จับเวลาขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการฆ่าเริ่มจากฟาร์มจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผ่าซากสุกร จากสุกรจำนวน 15-20 ตัว/วัน ระยะเวลาทั้งหมดในการเก็บข้อมูล 22 วัน ซึ่งจะใช้สุกรในการศึกษาทั้งหมด จำนวน 310 ตัว โดยจะเก็บและบันทึกข้อมูลเพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่าระยะเวลาการขนย้ายสุกร ระยะเวลาในการพักสัตว์ ระยะเวลาตั้งแต่สลบถึงผ่าซาก

3) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ภายหลังสิ้นสุดกระบวนการผ่าซาก บริเวณซี่โครงคู่ที่ 13-14 ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ($pH_1$ และ $Temp_1$)

4) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ได้แก่ เพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า ระยะเวลาการขนย้ายสุกร ระยะเวลาในการพักสัตว์

ดำเนินการเก็บข้อมูลต่างๆ ที่ทำการศึกษาของโรงฆ่าสุกรที่ 1 ในเดือนพฤษภาคม

**โรงฆ่าสุกรที่ 2** ศึกษารูปแบบการจัดการและกระบวนการฆ่าของโรงงานแปรรูปสุกรบางคล้า อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นโรงฆ่าสุกรมาตรฐานขนาดใหญ่เพื่อการส่งออก โดยมีการเก็บข้อมูล และการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1) ศึกษาขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการฆ่าของโรงงานแปรรูปสุกรบางคล้าซึ่งเป็นโรงฆ่าสุกรขนาดใหญ่เพื่อการส่งออก

2) จับเวลาขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการฆ่าเริ่มจากฟาร์ม จนถึงสิ้นสุดกระบวนการผ่าซากสุกร เก็บข้อมูลจำนวน 14 ครั้ง ครั้งละ 45 ตัว รวมเป็นสุกรทั้งหมด จำนวน 631 ตัว ระยะเวลาทั้งหมดในการเก็บข้อมูล 3 เดือน โดยจะเก็บและบันทึกข้อมูล เพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า ระยะทางในการขนย้ายสุกร ระยะเวลาในการพักสัตว์ ระยะเวลาตั้งแต่สลบถึงผ่าซาก

3) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ภายหลังสิ้นสุดกระบวนการผ่าซาก บริเวณซี่โครงคู่ที่ 13-14 ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

4) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ได้แก่ เพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า ระยะเวลาการขนย้ายสุกร ระยะเวลาในการพักสัตว์

ดำเนินการเก็บข้อมูลต่างๆ ที่ทำการศึกษาของโรงฆ่าสุกรที่ 2 ในระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์

**โรงฆ่าสุกรที่ 3** ศึกษารูปแบบการจัดการและกระบวนการฆ่าของโรงฆ่าสุกรบริษัทเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด (BSM) อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี ซึ่งเป็นโรงฆ่าสุกรมาตรฐานขนาดใหญ่เพื่อการส่งออก โดยมีการเก็บข้อมูล และการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1) ศึกษาขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการฆ่าของโรงฆ่าสุกรบริษัทเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด (BSM)

2) จับเวลาขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการฆ่าเริ่มจากฟาร์ม จนถึงสิ้นสุดกระบวนการผ่าซากสุกร เก็บข้อมูลจากสุกรจำนวน 70-100 ตัว/วัน จำนวน 4 ครั้ง รวมเป็นสุกรทั้งสิ้น 346 ตัว ระยะเวลาทั้งหมดในการเก็บข้อมูล 1 เดือน โดยจะเก็บและบันทึกข้อมูลระบบที่ใช้ในการเลี้ยงสุกรขุน เพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า ระยะทางในการขนย้ายสุกร ระยะเวลาในการพักสัตว์ ระยะเวลาตั้งแต่สลบถึงผ่าซาก

3) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ภายหลังสิ้นสุดกระบวนการผ่าซาก บริเวณซี่โครงคู่ที่ 13-14 ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

4) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ได้แก่ระบบที่ใช้ในการเลี้ยงสุกรขุน เพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า ระยะเวลาในการพักสัตว์

ดำเนินการเก็บข้อมูลต่างๆ ที่ทำการศึกษาของโรงฆ่าสุกรที่ 3 ในระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์

## 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

**โรงฆ่าสุกรที่ 1**

1) ศึกษารูปแบบการจัดการและกระบวนการฆ่าของโรงฆ่า ได้แก่ การขนย้ายสุกรจากฟาร์มจนถึงโรงฆ่า ขั้นตอนและกระบวนการตั้งแต่สัตว์เข้าฆ่าจนถึงการลดอุณหภูมิซาก โดยการอธิบายเชิงพรรณนา

2) ศึกษาปัจจัยก่อนกระบวนการฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ได้แก่ เพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า ระยะเวลาการขนย้ายสุกร ระยะเวลาในการพักสัตว์ จากสุกรที่เข้าฆ่าจำนวน 310 ตัว วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้ General Linear Model (GLM) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยมีแบบหุ่นทางสถิติที่ใช้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยดังนี้

$Y_{ijkl} = \mu + G_i + W_j + T_k + R_l + e_{ijkl}$

$Y_{ijkl}$ = ค่าสังเกตของลักษณะที่ต้องการศึกษา ($pH_1$ และ $Temp_1$)

$\mu$ = ค่าเฉลี่ยทั่วไป (overall means)

$G_i$ = อิทธิพลของเพศ เมื่อ $i = 1, 2$ (1 คือ ผู้ตอน และ 2 คือ เมีย)

$W_j$ = อิทธิพลของน้ำหนักมีชีวิตเมื่อส่งฆ่า เมื่อ $j = 1, 2, 3$
(1 คือ น้ำหนัก < 90 กิโลกรัม, 2 คือ น้ำหนัก 90-95 กิโลกรัม และ 3 คือ น้ำหนัก > 95 กิโลกรัม)

$T_k$ = อิทธิพลของระยะเวลาการขนย้ายสุกร เมื่อ $k = 1, 2, 3$
(1 คือ ระยะเวลาขนย้าย < 40 นาที, 2 คือ ระยะเวลาขนย้าย 40-50 นาที และ 3 คือ ระยะเวลาขนย้าย > 50 นาที)

$R_l$ = อิทธิพลของระยะเวลาในการพักสัตว์ เมื่อ $l = 1, 2, 3$
(1 คือ ระยะพักสัตว์ $\leq 6$ ชั่วโมง, 2 คือ ระยะพักสัตว์ 7 ชั่วโมง 30 นาที-8 ชั่วโมง 30 นาที, 3 คือ ระยะพักสัตว์ > 8 ชั่วโมง 30 นาที)

$e_{ijkl}$ = ค่าความคลาดเคลื่อน

**โรงฆ่าสุกรที่ 2**

1) ศึกษารูปแบบการจัดการและกระบวนการฆ่าของโรงฆ่า ได้แก่ การขนย้ายสุกรจากฟาร์มจนถึงโรงฆ่า ขั้นตอนและกระบวนการตั้งแต่สัตว์เข้าฆ่าจนถึงการลดอุณหภูมิซาก โดยการอธิบายเชิงพรรณนา

2) ศึกษาปัจจัยก่อนกระบวนการฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ได้แก่ เพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า ระยะเวลาการขนย้ายสุกร ระยะเวลาในการพักสัตว์ จากสุกรที่เข้าฆ่าจำนวน 631 ตัว วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้ General Linear Model (GLM) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยมีแบบหุ่นทางสถิติที่ใช้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยดังนี้

$Y_{ijkl} = \mu + G_i + W_j + T_k + R_l + e_{ijkl}$

$Y_{ijkl}$ = ค่าสังเกตของลักษณะที่ต้องการศึกษา ($pH_1$ และ $Temp_1$)

$\mu$ = ค่าเฉลี่ยทั่วไป (overall mean)

$G_i$ = อิทธิพลของเพศ เมื่อ $i = 1, 2$ (1 คือ ผู้ตอน และ 2 คือ เมีย)

$W_j$ = อิทธิพลของน้ำหนักมีชีวิตเมื่อส่งฆ่า เมื่อ $j = 1,\ldots,4$
(1 คือ น้ำหนัก < 90 กิโลกรัม, 2 คือ น้ำหนัก 90-100.5 กิโลกรัม, 3 คือ น้ำหนัก 100.6-110 กิโลกรัม และ 4 คือ น้ำหนัก > 110 กิโลกรัม)

$T_k$ = อิทธิพลของระยะเวลาการขนย้ายสุกร เมื่อ $k = 1, 2$
(1 คือ ระยะเวลาขนย้าย $\leq$ 1 ชั่วโมง และ 2 คือ ระยะเวลาขนย้าย > 1 ชั่วโมง)

$R_l$ = อิทธิพลของระยะเวลาในการพักสัตว์ เมื่อ $l = 1, 2$
(1 คือ ระยะพักสัตว์ $\leq$ 4 ชั่วโมง และ 2 คือ ระยะพักสัตว์ > 6 ชั่วโมง)

$e_{ijkl}$ = ค่าความคลาดเคลื่อน

**โรงฆ่าสุกรที่ 3**

1) ศึกษารูปแบบการจัดการและกระบวนการฆ่าของโรงฆ่า ได้แก่ การขนย้ายสุกรจากฟาร์มจนถึงโรงฆ่า ขั้นตอนและกระบวนการตั้งแต่สัตว์เข้าฆ่าจนถึงการลดอุณหภูมิซาก โดยการอธิบายเชิงพรรณนา

2) ศึกษาปัจจัยก่อนกระบวนการฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ได้แก่ ระบบที่ใช้ในการเลี้ยงสุกรขุน เพศ น้ำหนักมีชีวิต

ส่งฆ่า ระยะเวลาการขนย้ายสุกร ระยะเวลาในการพักสัตว์ จากสุกรที่เข้าฆ่าจำนวน 346 ตัว วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้โดยใช้ General Linear Model (GLM) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป โดยมีแบบหุ่นทางสถิติที่ใช้ศึกษาอิทธิพลของปัจจัย ดังนี้

$Y_{ijkl} = \mu + M_i + G_j + W_k + R_l + e_{ijkl}$

$Y_{ijkl}$ = ค่าสังเกตของลักษณะที่ต้องการศึกษา ($pH_1$ และ $Temp_1$)

$\mu$ = ค่าเฉลี่ยทั่วไป (overall mean)

$M_i$ = อิทธิพลของระบบที่ใช้ในการเลี้ยงสุกรขุน เมื่อ i = 1, 2 (1 คือ โรงเรือนเปิด และ 2 คือ โรงเรือนปิด)

$G_j$ = อิทธิพลของเพศ เมื่อ j = 1, 2 (1 คือ ผู้ตอน และ 2 คือ เมีย)

$W_k$ = อิทธิพลของน้ำหนักมีชีวิตเมื่อส่งฆ่า เมื่อ k = 1,...,4 (1 คือ น้ำหนัก < 90 กิโลกรัม, 2 คือ น้ำหนัก 90-100.5 กิโลกรัม, 3 คือ น้ำหนัก 100.6-110 กิโลกรัม และ 4 คือ น้ำหนัก > 110 กิโลกรัม)

$R_l$ = อิทธิพลของระยะเวลาในการพักสัตว์ เมื่อ l = 1, 2, 3 (1 คือ ระยะพักสัตว์ 2 ช.ม., 2 คือ ระยะพักสัตว์ 3 ช.ม. และ 3 คือ ระยะพักสัตว์ 4 ช.ม.)

$e_{ijkl}$ = ค่าความคลาดเคลื่อน

นอกจากนี้ยังศึกษาปัจจัยอิทธิพลของรูปแบบการจัดการแต่ละโรงฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย โดยมีแบบหุ่นทางสถิติดังนี้

$Y_i = \mu + H_i + e_i$

$Y_i$ = ค่าสังเกตของลักษณะที่ต้องการศึกษา ($pH_1$ และ $Temp_1$)

$\mu$ = ค่าเฉลี่ยทั่วไป (overall mean)

$H_i$ = อิทธิพลของรูปแบบการจัดการแต่ละโรงฆ่า เมื่อ i = 1, 2, 3 (1 คือโรงฆ่าสุกรบริษัท MT9999, 2 คือโรงงานแปรรูปสุกรบางคล้า และ 3 คือโรงฆ่าสุกรบริษัทเบทาโกร)

$e_i$ = ค่าความคลาดเคลื่อน

# บทที่ 4

# ผลการทดลอง

## 4.1 การศึกษาขั้นตอนและกระบวนการฆ่า ในแต่ละรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า

จากการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการฆ่า ในแต่ละรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า 3 แห่ง ซึ่งมีรูปแบบการจัดการและที่ตั้งที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

### 4.1.1 ลักษณะทั่วไปของโรงฆ่า (Slaughter houses)

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

โรงฆ่าสุกรบริษัท MT9999 ตั้งอยู่ที่ อ.ประจักษ์ศิลปาคม จ.อุดรธานี เป็นโรงฆ่าสุกรมาตรฐานสากลขนาดเล็ก มีกำลังการผลิตประมาณ 30 ตัวต่อชั่วโมง มีสุกรเข้าฆ่าประมาณ 80-100 ตัวต่อวัน สุกรที่เข้าฆ่าจะเป็นสุกรที่ผลิตจากฟาร์มของบริษัท MT9999 ซึ่งตั้งอยู่ภายในบริเวณรั้วเดียวกับโรงฆ่า โดยส่วนของฟาร์มจะแยกออกจากส่วนโรงฆ่าอย่างชัดเจน มีระยะห่างจากกันประมาณ 1.5 กิโลเมตร บริเวณโรงฆ่าจะมีคอกพักสัตว์ที่ 1 และคอกพักสัตว์ที่ 2 โดยคอกพักทั้ง 2 คอก จะมีทางเดินเชื่อมต่อถึงกัน มีผู้ปฏิบัติงานภายในโรงฆ่าประมาณ 30 คน ซึ่งปฏิบัติงานอยู่บริเวณของการฆ่า 6-7 คน เป็นโรงฆ่าที่ทำการฆ่าสุกรในเวลากลางคืน (เวลาประมาณ 20.00-04.00 น.) เนื้อสุกรที่ผลิตได้เพื่อการบริโภคภายในประเทศ

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

โรงงานแปรรูปสุกรบางคล้า ตั้งอยู่ที่ อ.บางคล้า จ.ฉะเชิงเทรา เป็นโรงฆ่าสุกรมาตรฐานสากลขนาดใหญ่เพื่อการส่งออก ทำการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปยัง ฮ่องกง และบรูไน ลักษณะของโรงฆ่าจะมีคอกพักสัตว์ติดกับส่วนบริเวณที่ทำการฆ่าสุกร กำลังการผลิต 200 ตัวต่อชั่วโมง มีสุกรเข้าฆ่าประมาณ 1000-1200 ตัวต่อวัน มีผู้ปฏิบัติงานประมาณ 300 คน ซึ่งปฏิบัติงานอยู่บริเวณของการฆ่าประมาณ 20 คน ฆ่าสุกรในเวลากลางวัน (เวลาประมาณ 08.00-15.00 น.) สุกรที่เข้าฆ่าจะเป็นสุกรที่ผลิตจากฟาร์มในเครือเจริญโภคภัณฑ์หลายจังหวัดในพื้นที่ปลอดโรคเขต 2 โดยสุกรที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นสุกรที่เลี้ยงในพื้นที่ 4 จังหวัด คือ จังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง และจันทบุรี

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

บริษัทเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด (BSM) ตั้งอยู่ที่ อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี เป็นโรงฆ่าสุกรมาตรฐานสากลขนาดใหญ่เพื่อการส่งออก ทำการผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น ลักษณะของโรงฆ่าจะมีคอกพักสัตว์ติดกับส่วนบริเวณที่ทำการฆ่าสุกร กำลังการผลิต 120 ตัวต่อชั่วโมง มีสุกรเข้าฆ่าประมาณ 600-800 ตัวต่อวัน มีผู้ปฏิบัติงานประมาณ 650 คน ซึ่งปฏิบัติงานอยู่บริเวณของการฆ่าประมาณ 30 คน ฆ่าสุกรในเวลา

กลางวัน (เวลาประมาณ 07.00-16.00 น.) สุกรที่เข้าฆ่าจะเป็นสุกรที่ผลิตจากฟาร์มจากหลายจังหวัดในเครือเบทาโกรซึ่งไม่ได้ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตปลอดโรค โดยสุกรที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นสุกรที่เลี้ยงในพื้นที่ 2 จังหวัด คือ จังหวัดกาญจนบุรี และราชบุรี โดยระยะทางของทั้ง 2 ฟาร์มห่างกันประมาณ 30 กิโลเมตร

**4.1.2 การจัดการฟาร์ม (Farm management)**

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้สุกรลูกผสม 3 สายพันธุ์ เพศเมีย และเพศผู้ตอน โดยแต่ละฟาร์มมีระบบการเลี้ยงและการจัดการฟาร์มที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

เป็นฟาร์มที่ได้รับการรับรองมาตรฐานฟาร์มจากกรมปศุสัตว์ ระบบการเลี้ยงเป็นแบบโรงเรือนเปิด ซึ่งโรงเรือนจะมีลักษณะเปิดโล่ง ไม่ยกพื้น หลังคามุงด้วยกระเบื้องลอนคู่ ภายในโรงเรือนจะมีทางเดินตรงกลางระหว่างคอก 2 ด้าน แต่ละด้านแบ่งเป็นคอกด้านละ 10 คอก แต่ละคอกจะมีสุกรคละเพศประมาณ 20-25 ตัว มีรางให้อาหารอัตโนมัติจำนวน 2 ราง มีน้ำให้สุกรกินตลอดเวลา ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน โดยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนจะเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมขณะนั้น มีพัดลมเพื่อช่วยระบายความร้อน โดยสุกรทั้งหมดที่ทำการศึกษาจะได้รับสูตรอาหาร โปรแกรมการทำวัคซีนต่างๆ เป็นไปตามโปรแกรมที่บริษัทกำหนดเหมือนกัน และระบบการเลี้ยงเป็นแบบ all in-all out สุกรได้รับอาหารมื้อสุดท้ายเวลา 16.30 น. ก่อนวันฆ่า ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงระหว่าง 20-24 สัปดาห์ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า 80-110 กิโลกรัม สุกรที่ส่งฆ่ามีสุขภาพดี ไม่แสดงอาการป่วย ช่วงระยะเวลาในการเลี้ยงสุกรขุนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ อยู่ในระหว่างเดือนพฤษจิกายน ถึง เดือนพฤษภาคม

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

เป็นฟาร์มที่ได้รับการรับรองมาตรฐานฟาร์มจากกรมปศุสัตว์ ระบบการเลี้ยงเป็นโรงเรือนแบบเปิดที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ภายในโรงเรือนจะมีทางเดินตรงกลางระหว่างคอก 2 ด้าน แต่ละด้านแบ่งเป็นคอกด้านละ 10 คอกแต่ละคอกจะมีสุกรคละเพศประมาณ 20-25 ตัว มีรางให้อาหารอัตโนมัติจำนวน 2 ราง มีน้ำให้สุกรกินตลอดเวลา โดยสุกรทั้งหมดที่ทำการศึกษาจะได้รับสูตรอาหาร โปรแกรมการทำวัคซีนต่างๆ เป็นไปตามโปรแกรมที่บริษัทกำหนดเหมือนกัน และระบบการเลี้ยงเป็นแบบ all in-all out สุกรได้รับอาหารมื้อสุดท้ายเวลาประมาณ 16.30 น. ก่อนวันฆ่า ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงระหว่าง 22-24 สัปดาห์ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า 90-120 กิโลกรัม สุกรที่ส่งฆ่ามีสุขภาพดี ไม่แสดงอาการป่วย และมีการสุ่มเจาะเลือดโดยสัตวแพทย์ก่อนออกจากฟาร์ม โดยสุกรจะมาจากฟาร์มที่ต่างกันจาก 4 จังหวัด คือ จังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา ระยอง และจันทบุรี ช่วงระยะเวลาในการเลี้ยงสุกรขุนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ อยู่ในระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนกุมภาพันธ์

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

เป็นฟาร์มที่ได้รับการรับรองมาตรฐานฟาร์มจากกรมปศุสัตว์ มีระบบการเลี้ยงสุกรที่แตกต่างกันจากฟาร์ม 2 แห่ง โดยฟาร์มหนึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดกาญจนบุรีมีระบบโรงเรือนในการเลี้ยงเป็นแบบระบบปิด เป็นการเลี้ยงในโรงเรือนที่มีระบบการควบคุมอุณหภูมิ (evaporative cooling system) ให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนอยู่ระหว่าง 26 ถึง 35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนอยู่ระหว่าง 50 ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ แปรตามช่วงอายุของสุกร โดยเป็นไปตามโปรแกรมที่บริษัทกำหนด ภายในโรงเรือนจะมีทางเดินตรงกลางระหว่างคอก 2 ด้าน แต่ละด้านแบ่งเป็นคอกด้านละ 10 คอก แต่ละคอกจะมีสุกรคละเพศคอกละ 25-30 ตัว มีรางให้อาหารอัตโนมัติจำนวน 2 ราง มีน้ำให้สัตว์กินตลอดเวลา มีแสงสว่างจากหลอดนีออน มีพัดลมระบายอากาศ 4 ตัว ส่วนอีกฟาร์มมีระบบโรงเรือนในการเลี้ยงเป็นแบบระบบเปิด ตั้งอยู่ในจังหวัดราชบุรี โดยโรงเรือนที่ใช้เลี้ยงเป็นแบบเปิดโล่ง หลังคามุงด้วยกระเบื้องลอนคู่ ลักษณะภายในโรงเรือนจะคล้ายกับระบบปิด แตกต่างกันที่ระบบเปิดนี้ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน การจัดการทางด้านอาหาร โปรแกรมการให้วัคซีน เป็นไปตามโปรแกรมที่บริษัทกำหนดเช่นเดียวกัน และระบบการเลี้ยงเป็นแบบ all in-all out ลูกสุกรนำมาจากแหล่งพันธุกรรมเดียวกัน (ฟาร์มพ่อ-แม่พันธุ์เดียวกัน) น้ำหนักเริ่มต้นในการขุนใกล้เคียงกัน สุกรได้รับอาหารมื้อสุดท้ายเวลา 16.30 น. ก่อนวันเข้าฆ่า ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงระหว่าง 22-24 สัปดาห์ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า 85-115 กิโลกรัม สุกรที่ส่งฆ่ามีสุขภาพดี ไม่แสดงอาการป่วย และมีการสุ่มเจาะเลือดโดยสัตวแพทย์ก่อนออกจากฟาร์ม ช่วงระยะเวลาในการเลี้ยงสุกรขุนครั้งนี้ อยู่ในระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนมกราคม

**4.1.3 การขนย้ายสุกรมีชีวิต (Transportation)**

การขนย้ายสุกรมีชีวิตจากฟาร์มไปยังโรงฆ่าสุกรในแต่ละโรงฆ่า จะใช้รถบรรทุกในการขนย้าย แต่ปริมาณในการขนแต่ละเที่ยว ช่วงเวลาที่ทำการขนย้าย ระยะทางและระยะเวลาในการขนย้าย ของแต่ละโรงฆ่าจะแตกต่างกัน ดังนี้

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

เริ่มทำการขนย้ายสุกรในช่วงเช้า เวลาประมาณ 09.00-11.00 น. โดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อ ภายในฟาร์ม ขนสุกร 10-15 ตัวต่อเที่ยว มีสะพานเทียบถาวรหน้าโรงเรือนสุกรขุน ในการย้ายสุกรจากคอกขึ้นรถ ใช้เวลาต้อนสุกรขึ้นรถประมาณ 7-10 นาทีต่อเที่ยว ระยะทางจากฟาร์มมายังโรงฆ่าประมาณ 1.5 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 7 นาที มีสะพานเทียบถาวรหน้าคอกพักสัตว์ในการต้อนสุกรลงจากรถ ใช้เวลาในการต้อนสุกรลงจากรถประมาณ 7-10 นาทีต่อเที่ยว ใช้เวลาในการขนย้ายสุกรจากฟาร์มมายังคอกพักสัตว์ประมาณ 30 นาทีต่อเที่ยว การไล่ต้อนสุกรขึ้น-ลงจากรถบรรทุกทำด้วยความระมัดระวัง

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

เริ่มทำการขนย้ายสุกรในเวลากลางคืน เวลาประมาณ 19.00 น. จนถึง เวลาเช้าประมาณ 06.00 น.โดยใช้รถบรรทุก 10 ล้อ 2 ชั้น มีคอกแบ่งบรรจุสุกรได้คอกละ 8-10 ตัว รถ 1 คัน สามารถขนย้ายสุกรได้ประมาณ 80-100 ตัวต่อเที่ยว และมีสะพานเทียบแบบอัตโนมัติ (automatic ramp) ติดที่ตัวรถในการขนย้ายสุกรขึ้นและลงจากรถ มีสะพานเทียบถาวรหน้าโรงเรือนสุกรขุนในการเคลื่อนย้ายสุกรจากคอกถึงรถบรรทุก ใช้เวลาต้อนสุกรขึ้นรถประมาณ 30 นาทีต่อเที่ยว ระยะทางจากฟาร์มมายังโรงฆ่าประมาณ 33-170 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 30 นาที ถึง 2 ชั่วโมง ใช้เวลาในการต้อนสุกรขึ้น-ลงจากรถประมาณ 1 ชั่วโมงต่อเที่ยว รวมใช้เวลาในการขนย้ายสุกรจากฟาร์มมายังคอกพักสัตว์ประมาณ 2-4 ชั่วโมงต่อเที่ยว การไล่ต้อนสุกรขึ้น-ลงจากรถบรรทุกทำด้วยความระมัดระวัง

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

เริ่มทำการขนย้ายสุกรในเวลากลางคืน สุกรจะมาถึงโรงฆ่าประมาณ 07.00 น. โดยใช้รถบรรทุก 10 ล้อ 2 ชั้น มีคอกแบ่งบรรจุสุกรได้คอกละ 8-10 ตัว รถ 1 คัน สามารถขนย้ายสุกรได้ประมาณ 80-100 ตัวต่อเที่ยว และมีสะพานเทียบแบบอัตโนมัติ ติดที่ตัวรถในการขนย้ายสุกรขึ้นและลงจากรถ มีสะพานเทียบถาวรหน้าโรงเรือนสุกรขุนในการเคลื่อนย้ายสุกรจากคอกถึงรถบรรทุก ระยะทางจากฟาร์มมายังโรงฆ่าประมาณ 200-250 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางประมาณ 4-5 ชั่วโมง ใช้เวลาในการต้อนสุกรขึ้น-ลงจากรถประมาณ 1 ชั่วโมงต่อเที่ยว รวมใช้เวลาในการขนย้ายสุกรจากฟาร์มมายังคอกพักสัตว์ประมาณ 5-6 ชั่วโมงต่อเที่ยว การไล่ต้อนสุกรขึ้น-ลงจากรถบรรทุกทำด้วยความระมัดระวัง

**4.1.4 การพักสัตว์ (Lairage)**

เมื่อสุกรเดินทางมาถึงคอกพัก สุกรจะต้องได้รับการพักผ่อนก่อนที่จะเข้าฆ่า และในระหว่างการพักสัตว์ของแต่ละโรงฆ่า สุกรจะได้รับการปฏิบัติ ดังนี้

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

เมื่อสุกรเดินทางมาถึงคอกพักสัตว์ จะทำการชั่งน้ำหนักสุกรรายตัวและจดบันทึกข้อมูลที่คอกพักที่ 1 สุกรจะพักที่คอกพักที่ 1 ใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง 30 นาที หลังจากนั้นจะทำการย้ายสุกรจากคอกพักที่ 1 ไปคอกพักที่ 2 ซึ่งอยู่ติดกับตัวโรงฆ่า การย้ายสุกรจะใช้วิธีไล่ต้อนสุกรไปตามทางเดินซึ่งมีระยะทางประมาณ 10 เมตร ซึ่งจะใช้เวลาในการย้ายสุกรทั้งหมดประมาณ 30 นาที สุกรจะพักอยู่ที่คอกพักที่ 2 เป็นระยะเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง โดยที่คอกพักทั้งคอกพักที่ 1 และ 2 มีน้ำให้สุกรกินตลอดเวลา มีการฉีดน้ำล้างตัวสุกรบ่อยครั้งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละวัน หลังจากนั้นสุกรจะถูกไล่ต้อนจากคอกพักเข้าสู่กระบวนการฆ่า ซึ่งกระบวนการฆ่าจะเริ่มช่วงเวลาประมาณ 20.00 น. รวมระยะเวลาพักสัตว์ทั้งสิ้นประมาณ 8-9 ชั่วโมง และสุกรจะอดอาหารก่อนเข้าฆ่าประมาณ 12-14 ชั่วโมง

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

เมื่อสุกรเดินทางมาถึงคอกพักสัตว์ จะทำการชั่งน้ำหนักสุกรรายตัวและจดบันทึกข้อมูลที่คอกพัก มีน้ำให้สุกรกินตลอดเวลา มีระบบน้ำพ่นฝอยอัตโนมัติ มีพัดลมช่วยระบายความร้อน และมีการติดมุ้งเพื่อป้องกันยุง หลังจากนั้นสุกรจะถูกไล่ต้อนจากคอกพักเข้าสู่กระบวนการฆ่า ซึ่งกระบวนการฆ่าจะเริ่ม ช่วงเวลาประมาณ 08.00 น. สุกรจะได้พักที่คอกพักสัตว์เป็นเวลาประมาณ 2-8 ชั่วโมง และสุกรจะอดอาหารก่อนเข้าฆ่าประมาณ 12 ชั่วโมง

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

เมื่อสุกรเดินทางมาถึงคอกพักสัตว์ จะทำการชั่งน้ำหนักสุกรรายตัวและจดบันทึกข้อมูลที่คอกพัก มีน้ำให้สุกรกินตลอดเวลา มีระบบน้ำพ่นฝอยอัตโนมัติ และมีพัดลมช่วยระบายความร้อน หลังจากนั้นสุกรจะถูกไล่ต้อนจากคอกพักเข้าสู่กระบวนการฆ่า ซึ่งกระบวนการฆ่าจะเริ่มช่วงเวลาประมาณ 07.00 น. สุกรจะได้พักที่คอกพักสัตว์เป็นเวลาประมาณ 2-6 ชั่วโมง และสุกรจะอดอาหารก่อนเข้าฆ่าประมาณ 12 ชั่วโมง

**4.1.5 การทำให้สลบ (Stunning)**

วิธีการที่ใช้ในการทำให้สุกรสลบของแต่ละโรงฆ่า จะใช้วิธีการที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและความเหมาะสมของแต่ละโรงฆ่า ดังนี้

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

สุกรจะถูกไล่ต้อนเข้าสู่บริเวณทำให้สลบครั้งละ 3-5 ตัว ในการทำให้สลบจะใช้วิธีช็อตด้วยกระแสไฟฟ้าโดยใช้คนช็อต มีการใช้น้ำฉีดพ่นบนตัวสุกรก่อนที่จะใช้เครื่องช็อตไฟฟ้าช็อตเพื่อทำให้สุกรสลบ ในการทำให้สุกรสลบจะใช้เครื่องช็อตไฟฟ้า ขนาดแรงดัน 250 โวลต์ แบบคีมหนีบ โดยการช็อตจะใช้คีมหนีบที่บริเวณระหว่างขมับทั้ง 2 ข้างของสุกร ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้สลบประมาณ 2-3 วินาที มีผู้ปฏิบัติงาน จำนวน 2 คน

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

สุกรจะถูกต้อนไปตามทางเดินเพื่อเข้าสู่บริเวณที่ทำให้สัตว์สลบ ซึ่งในโรงฆ่าที่ 2 นี้จะใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการทำให้สุกรสลบ โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ใช้มีความเข้มข้น 85 เปอร์เซ็นต์ วิธีการคือสุกรจะถูกต้อนส่งลงไปในกระเช้าทั้งหมด 7 กระเช้า กระเช้าละ 1 ตัว เมื่อสุกรเข้าไปในกระเช้า แต่ละกระเช้าจะค่อยๆ หมุนวนลดระดับลงสู่ด้านล่าง ซึ่งเป็นบริเณที่ความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด หลังจากนั้นเครื่องจะค่อยๆ หมุนวนขึ้นมาเพื่อนำสุกรที่สลบแล้วเข้าสู่กระบวนการต่อไป ใช้ระยะเวลาในการทำให้สุกรสลบประมาณ 1 นาที 30 วินาที และที่จุดต่ำสุดใช้เวลา 30 วินาที มีผู้ปฏิบัติงานทั้งสิ้น ประมาณ 4-5 คน

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

สุกรจะถูกต้อนไปตามทางเดินเพื่อเข้าสู่บริเวณที่ทำให้สัตว์สลบ โดยวิธีที่ใช้ในการทำให้สุกรสลบจะ ใช้วิธีช็อตด้วยกระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ (automatic restrainer

electrical stunning) ขนาดแรงดันไฟฟ้า 500-650 โวลต์ ที่มีอุปกรณ์บังคับสำหรับป้องกันในกรณีที่สัตว์ดิ้น เครื่องช็อตจะคำนวณกระแสไฟที่เหมาะสมกับสุกรแต่ละตัวจากน้ำหนักตัวของสุกร ใช้ระยะเวลาในการทำให้สลบประมาณ 3 วินาที โดยระหว่างทางเดินเข้าสู่เครื่องทำให้สลบจะมีระบบน้ำพ่นฝอยอัตโนมัติเป็นระยะทางประมาณ 3 เมตร เพื่อใช้เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าระหว่างการช็อต

**4.1.6 การฆ่า/การเอาเลือดออก (Bleeding)**

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

การฆ่า/การเอาเลือดออก จะใช้วิธีการแทงคอในท่าที่สุกรล้มนอนตะแคงกับพื้น (horizontal bleeding) โดยคนใช้เข่ากดล็อคที่บนตัวสุกรบริเวณแนวสะโพก ระยะเวลาจากสลบถึงแทงคอประมาณ 2 วินาที ใช้ถังพลาสติกรองรับเลือดจากตัวสุกร จากนั้นจะทำการยกซากขึ้นจากพื้นโดยใช้โซ่คล้องขาหลัง 1 ข้าง ด้วยรอกไฟฟ้า ระยะเวลาที่ทิ้งให้เลือดออกจากซากโดยการแขวนประมาณ 3 นาที มีการฉีดน้ำล้างคราบเลือดและลำตัวของซากสุกร มีการล้างพื้นคอกบริเวณที่ทำให้สัตว์สลบทุกครั้งหลังแทงคอ มีผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

เมื่อสุกรสลบและถูกปลดออกมาจากกระเช้า สุกรจะถูกแขวนขาหลังด้วยรอกไฟฟ้าและเลื่อนไปตามรางเลื่อนอัตโนมัติ การแทงคอเอาเลือดออกใช้มีดปลายแหลมมีความยาวประมาณ 5-8 นิ้ว แทงตัดเส้นเลือดใหญ่บริเวณคอของสุกร ระยะเวลาจากสลบถึงแทงคอประมาณ 10-15 วินาทีโดยสุกรจะถูกแขวนอยู่ในแนวดิ่ง (vertical bleeding) มีการฉีดน้ำล้างบริเวณลำตัวของสุกรหลังจากแทงคอเสร็จ ส่วนเลือดจะไหลลงสู่รางรองเลือดด้านล่าง ระยะเวลาที่ทิ้งให้เลือดออกจากซากโดยการแขวนประมาณ 1 นาที 30 วินาที เมื่อระยะเวลาเอาลือดออกครบแล้ว จะมีการฉีดน้ำล้างทำความสะอาดคราบเลือดบริเวณที่แทงคอและลำตัวของซากสุกร ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการลวกซากต่อไป มีผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

เมื่อสุกรสลบและหลุดออกเครื่องช็อต สุกรจะอยู่ในท่านอนตะแครงบนแคร่สแตนเลส การแทงคอเอาเลือดออกใช้มีดปลายแหลมซึ่งมีความยาวประมาณ 5-8 นิ้ว แทงตัดเส้นเลือดใหญ่บริเวณคอ ระยะเวลาจากสลบถึงแทงคอไม่เกิน 8 วินาที โดยการฆ่า/การเอาเลือดออกของสุกรจะอยู่ในท่านอน (horizontal bleeding) มีการฉีดน้ำล้างทั่วบริเวณลำตัวสุกรหลังจากแทงคอเสร็จ ส่วนเลือดจะไหลลงสู่รางรองเลือดด้านล่าง ระยะเวลาที่ทิ้งให้เลือดออกจากซากโดยการแขวนด้วยรอกไฟฟ้าประมาณ 3 นาทีมีการฉีดน้ำล้างคราบเลือดบริเวณที่แทงคอและลำตัวของซากสุกร ก่อนที่จะเข้าสู่ขั้นตอนการลวกซากต่อไป มีผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

**4.1.7 การลวกซาก/การขูดขน (Scalding/Dehairing)**

การลวกซาก/การขูดขน แต่ละโรงฆ่าใช้รูปแบบและวิธีการที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

ในการลวกซาก/การขูดขน จะใช้อุปกรณ์ที่สามารถลวกซากและขูดขนอยู่ในเครื่องเดียวกัน (combined scalding & dehairing machine) ซึ่งสามารถลวกซากได้ครั้งละ 1 ตัว น้ำที่ใช้ในการลวกซากจะมีอุณหภูมิประมาณ 60-63 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการลวกและขูดขนต่อสุกร 1 ตัว ประมาณ 2 นาที ขนที่เครื่องขูดออกไม่หมดจะใช้คนขูดด้วยมีด ไม่มีการถอดกีบเท้า ล้างทำความสะอาดซากสุกรก่อนการเปิดซากเพื่อเอาเครื่องในออก ถ้าในระหว่างการลวกซากและขูดขนอุณหภูมิของน้ำในถังลวกซากต่ำกว่าที่กำหนด จะมีการเติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ลงในเครื่องลวกซากในการลวกสุกรทุกๆ 7-10 ตัว นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนน้ำในเครื่องลวกซากในช่วงเวลาที่มีการพักหลังจากที่ทำงานแล้วประมาณ 3 ชั่วโมง มีผู้ปฏิบัติงาน 2 คน

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

ในโรงฆ่าที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการลวกซากกับขูดขนจะแยกออกจากกัน โดยมีขั้นตอนและวิธีการ ดังนี้

การลวกซาก (scalding)

เมื่อสุกรเอาเลือดออกหมดแล้วจะถูกเลื่อนมาในสภาพที่แขวนอยู่บนรอก การลวกซากจะทำในขณะที่สุกรถูกแขวนอยู่บนรางเหล็ก โดยซากจะถูกหย่อนลงในถังน้ำร้อนสำหรับลวกซาก (scalding vat) ที่มีลักษณะเป็นรูปตัวยู ถึงบริเวณต้นสะโพก ภายในถังลวกซากจะมีระบบฉีดพ่นน้ำร้อนอยู่ภายใน โดยสุกรจะหมุนวนออกมาอย่างช้าๆ อุณหภูมิน้ำที่ใช้ประมาณ 59-60 องศาเซลเซียส น้ำที่ใช้ในการลวกซากเป็นระบบน้ำล้น ระยะเวลาในการลวกซากประมาณ 6 นาที เมื่อทำงานประมาณ 3 ชั่วโมง จะมีการหยุดพัก โดยระหว่างการหยุดพักจะปล่อยน้ำในถังน้ำร้อนออกครึ่งหนึ่งแล้วเติมน้ำร้อนลงไปให้เต็มเหมือนเดิม มีผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

การขูดขน (dehairing)

หลังจากลวกซากเสร็จซากจะเลื่อนเข้าสู่เครื่องขูดขนที่มีแกน 2 แกน หมุนเข้าหากันเพื่อขูดขนบริเวณลำตัวและกีบ หลังจากนั้นซากจะถูกปล่อยลงมาตามรางลงสู่โต๊ะขูดขน โดยมีพนักงานขูดขน 2-3 คน ต่อจำนวนสุกรที่ปล่อยลงมา 2-3 ตัว เพื่อขูดขนที่ยังออกไม่หมด ระหว่างการใช้คนขูดจะมีน้ำล้างตลอดเวลา

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

ในโรงฆ่าที่ 3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการลวกซากกับขูดขนจะแยกออกจากกัน เช่นเดียวกับโรงฆ่าที่ 2 โดยมีขั้นตอนและวิธีการ ดังนี้

การลวกซาก (scalding)

เมื่อสุกรเอาเลือดออกหมดแล้ว จะถูกเลื่อนมาในสภาพที่แขวนอยู่บนรอก การลวกซากจะทำในขณะที่ซากสุกรแขวนอยู่บนรางเหล็ก ซากจะถูกหย่อนลงในถังน้ำร้อนสำหรับลวกซาก (scalding vat) ที่มีลักษณะเป็นรางยาว โดยซากจะค่อยๆ ผ่านลงไปในน้ำร้อนตั้งแต่จากหัวและเมื่อรางเหล็กเลื่อนไปเรื่อยๆ ซากจะค่อยๆ จมลงไปในน้ำร้อนอย่างช้าๆ จนถึงบริเวณที่ลึกสุดซึ่งเป็นบริเวณที่ซากจะจมลงไปในน้ำร้อนหมดทั้งซากจากนั้นซากจะค่อยๆ ถูกยกขึ้นจากน้ำร้อนโดยการเลื่อนไปตามราง อุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการลวกซากประมาณ 60-63 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการลวกซากประมาณ 2 นาที 15 วินาที มีผู้ปฏิบัติงาน 1 คน

การขูดขน (dehairing)

หลังจากลวกซากเสร็จซากจะเลื่อนเข้าสู่เครื่องขูดขนที่มีแกน 2 แกน หมุนเข้าหากันเพื่อขูดขนบริเวณลำตัวและกีบ ใช้เวลาในการขูดขนด้วยเครื่องประมาณ 50-60 วินาที หลังจากนั้นซากจะถูกปล่อยลงมาตามรางลงสู่โต๊ะขูดขน พนักงานจะทำการเจาะเอ็นร้อยหวายเพื่อทำการแขวนซากจากนั้นซากจะถูกยกขึ้นโดยรอกซึ่งซากจะอยู่ในแนวดิ่ง จะมีพนักงานขูดขนจำนวน 4 คน เพื่อขูดขนที่ยังออกไม่หมดและถอดกีบ ใช้พนักงานจำนวน 2 คนต่อการขูดขนสุกร 1 ตัว ระหว่างการใช้คนขูดจะมีการฉีดน้ำล้างที่ซาก

**4.1.8 การปัดซากเปียก (Wet polishing)**

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

ไม่มีขั้นตอนในการปัดซากเปียก

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

ซากจะเลื่อนผ่านเครื่องปัดซาก และมีน้ำแรงดันสูงฉีดพ่นเพื่อล้างทำความสะอาดซาก

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

ไม่มีขั้นตอนในการปัดซากเปียก

**4.1.9 การเผาขน (Singeing)**

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

ไม่มีขั้นตอนในการเผาขน

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

ซากจะผ่านเข้าเครื่องเผาขน ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 1000 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลาในการเผาขนประมาณ 1-2 วินาที

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

ซากจะผ่านเข้าเครื่องเผาขน ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 1000 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการเผาขนประมาณ 10-15 วินาที

**4.1.10 การปัดซาก (Polishing)**

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

ไม่มีขั้นตอนในการปัดซาก

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

ซากจะเลื่อนผ่านเครื่องปัดซาก ระยะทางประมาณ 2 เมตร

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

ซากจะเลื่อนผ่านเครื่องปัดซากระยะทางประมาณ 2 เมตร ใช้เวลาในการปัดซากประมาณ 30-40 วินาที

**4.1.11 การเอาเครื่องในออก (Evisceration)**

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

เริ่มด้วยการตัดหัวสุกรออก และขูดขนบนส่วนหัวที่เหลือ จากนั้นเปิดซากเอาเครื่องในออก ทำการแยกเครื่องในแดงและเครื่องในขาวใส่ภาชนะแยกกัน ล้างทำความสะอาดเครื่องในแดงและเครื่องในขาวในห้องที่แยกส่วนจากกัน ใช้เวลาในการเอาเครื่องในออกประมาณ 1 นาที 30 วินาที ใช้ระยะเวลาในการลวกซากจนถึงก่อนการเปิดเอาเครื่องในออกประมาณ 3 นาที หลังจากนั้นทำการล้างซากก่อนการแบ่งซาก

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

ทำการตัดหัวสุกรออกก่อน หลังจากนั้นจึงทำการผ่าแยกเอาเครื่องในออก และทำการแยกเครื่องในแดง และเครื่องในขาวใส่ภาชนะกลมที่แขวนหมุนไปตามรางเลื่อนไปยังห้องทำความสะอาดเครื่องใน

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

ทำการตัดหัวสุกรออกก่อน หลังจากนั้นหัวจะถูกนำไปทำความสะอาดและขูดขนที่ยังเหลือค้างอยู่ หลังจากที่ตักหัวเสร็จซากจะเลื่อนมายังบริเวณที่ทำการคว้านและรัด

ทวาร โดยจะใช้มีดกีดบริเวณทวารแล้วใช้มือล้วงเข้าไปเพื่อดึงส่วนของลำไส้ใหญ่ซึ่งจะมีมูลอยู่ออกมาหลังจากนั้นจะใช้ถุงพลาสติกสวมและรัดปากถุง จากนั้นทำการตัดตรงบริเวณเหนือปากถุงที่รัดแล้ว ทั้งนี้ในการรัดทวารเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในมูลและเพื่อรักษาความสะอาดของซาก หลังจากนั้นจึงทำการผ่าแยกเอาเครื่องในออกและทำการแยกเครื่องในแดงและเครื่องในขาวใส่ภาชนะกลมที่แขวนหมุนไปตามรางเลื่อนไปยังห้องทำความสะอาดเครื่องใน

**4.1.12 การแบ่งซาก (Splitting)**

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

ในการแบ่งซากจะใช้มีดเฉพาะที่ใช้ในการผ่าซาก โดยใช้แรงงานคนในการแบ่งซาก ใช้เวลาในการแบ่งซากประมาณ 45 วินาทีต่อซาก หลังจากนั้นจะทำการแต่งเอาเนื้อที่ช้ำเลือด และต่อมน้ำเหลืองออกจากบริเวณคอของซาก แต่ไขสันหลังไม่ถูกแยกออกจากตัวซาก เมื่อแบ่งซากเสร็จแล้วจะทำการล้างซากด้วยน้ำสะอาด ซึ่งจะใช้ระยะเวลาทั้งหมดตั้งแต่การทำให้สุกรสลบจนถึงแบ่งซากประมาณ 12 นาที

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

การแบ่งซากจะใช้มีดเฉพาะที่ใช้ในการผ่าซาก ใช้แรงคนในการแบ่งซาก มีการเอาส่วนของไขสันหลังและต่อมน้ำเหลืองบริเวณคอออก ซากจะเลื่อนไปตามรางผ่านเครื่องชั่งน้ำหนัก และเกรดซากโดยวิธีการวัดค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ) จากนั้นซากจะเลื่อนเข้าสู่การล้างทำความสะอาดซาก ด้วยระบบฉีดพ่นน้ำอัตโนมัติแรงดันสูง ซึ่งแรงดันและปริมาตรของน้ำจะแตกต่างกันออกไปตามขนาดน้ำหนักของซากสุกร ระยะเวลาทั้งหมดจากการทำให้สลบจนถึงการแบ่งซากจะใช้เวลาประมาณ 20 นาที

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

การแบ่งซากจะใช้เลื่อยไฟฟ้าที่ใช้เฉพาะในการผ่าซาก มีการเอาส่วนของไขสันหลังและต่อมน้ำเหลืองบริเวณคอออก มีการตรวจซากหลังกระบวนการฆ่าหลังจากนั้นซากจะเลื่อนไปตามรางผ่านเครื่องชั่งน้ำหนัก และเกรดซากโดยวิธีการวัดค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ) จากนั้นซากจะเลื่อนเข้าสู่การล้างทำความสะอาดซากด้วยระบบฉีดพ่นน้ำอัตโนมัติแรงดันสูง ซึ่งแรงดันและปริมาตรของน้ำจะแตกต่างกันออกไปตามขนาดน้ำหนักของซากสุกร ระยะเวลาทั้งหมดจากการทำให้สลบจนถึงการแบ่งซากจะใช้เวลาประมาณ 25 นาที

**4.1.13 การตัดแต่งซากและการลดอุณหภูมิซาก (Cutting and Chilling)**

1) โรงฆ่าสุกรที่ 1

ทำการตัดแต่งซากเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ตามระบบของโรงฆ่าสุกร MT9999 นำชิ้นส่วนที่ตัดแต่งแล้วผึ่งในห้องตัดแต่งซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 18-20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

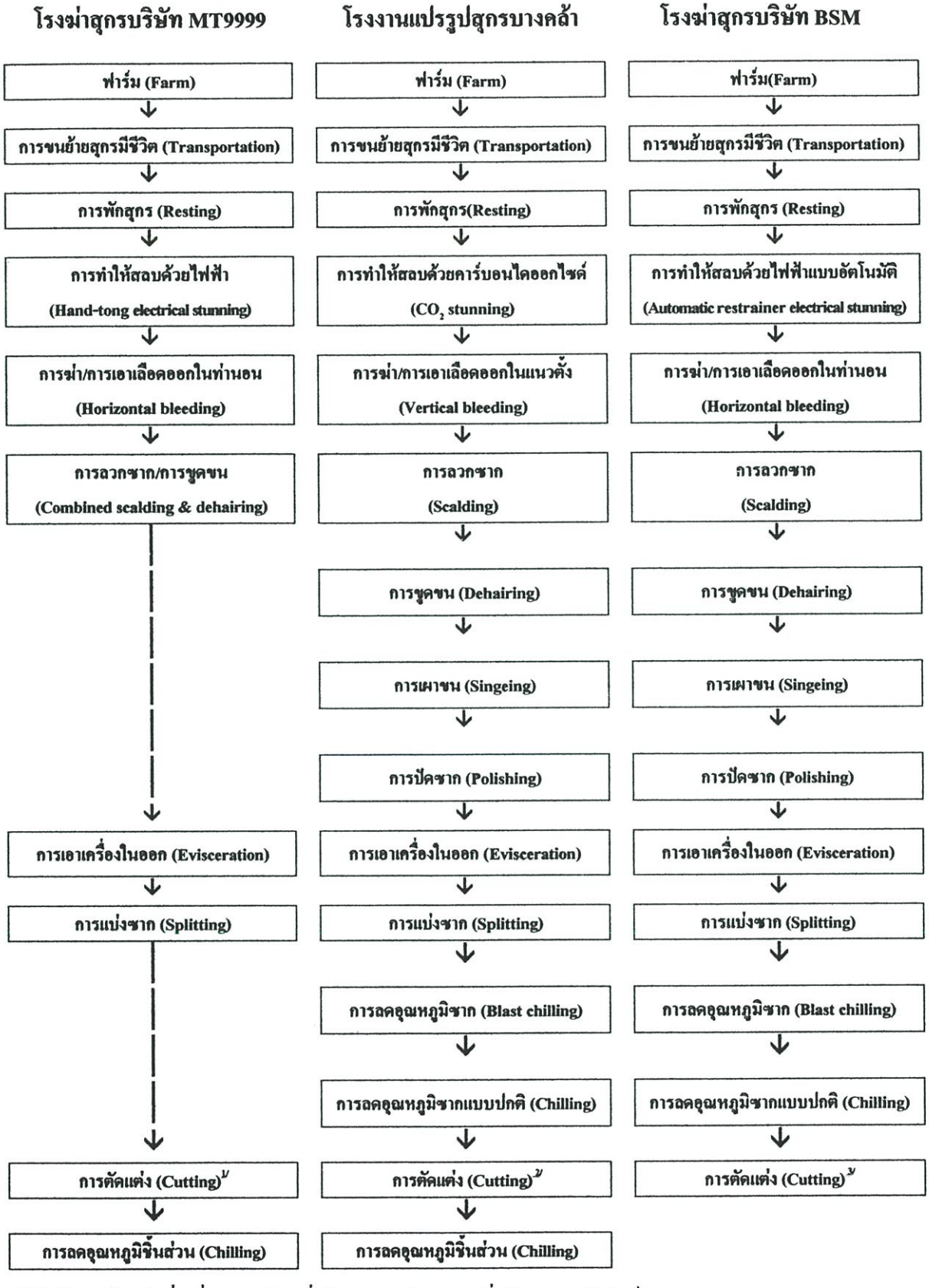
ประมาณ 4 ชั่วโมง หลังจากนั้นจะทำการจัดชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อส่งขายในรูปแบบเนื้อไม่ผ่านการแช่เย็นไปยังตลาดสด ชิ้นส่วนที่เหลือจะนำเข้าห้องเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ -5 ถึง -10 องศาเซลเซียส เพื่อส่งไปจำหน่ายยังกลุ่มบริษัทค้าปลีก (modern trade)

2) โรงฆ่าสุกรที่ 2

ซากจะถูกนำไปลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในห้องเย็นระบบเป่าลม (blast chilling) ที่มีอุณหภูมิห้องประมาณ -4 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 20 นาที จากนั้นซากจะเลื่อนไปตามรางเหล็กเข้าสู่ห้องเย็นที่มีอุณหภูมิห้องประมาณ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 40 นาที รวมใช้เวลาในการลดอุณหภูมิก่อนการตัดแต่งซากประมาณ 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นซากสุกรจะถูกนำไปตัดแต่งตามระบบของโรงงานแปรรูปสุกรบางคล้า ในห้องตัดแต่งซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 18-20 องศาเซลเซียส เมื่อตัดแต่งเสร็จจะนำชิ้นส่วนต่างๆ เก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิปกติ คือ 0-4 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้ออยู่ที่ 4-7 องศาเซลเซียส

3) โรงฆ่าสุกรที่ 3

ซากจะถูกนำไปลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในห้องเย็นระบบเป่าลม (blast chilling) ที่มีอุณหภูมิห้องประมาณ -2 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลา 90 นาที จากนั้นซากสุกรจะถูกนำไปเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิปกติ คือ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลามากกว่า 12 ชั่วโมง จนอุณหภูมิใจกลางเนื้อของซากเท่ากับ 4-7 องศาเซลเซียส จึงนำไปตัดแต่งตามตามระบบของโรงฆ่าบริษัทเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด




1/ 1/และ 3/ การตัดแต่งเริ่มเมื่อ 20 นาที 1 ชั่วโมง 30 นาที และ 14 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย

**ภาพที่ 4.1** แสดงกระบวนการฆ่าสุกรของโรงฆ่า 3 แห่ง คือ โรงฆ่าสุกรบริษัท MT9999 โรงงานแปรรูปสุกรบางคล้า โรงฆ่าบริษัทเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด (BSM)

## 4.2 การศึกษาปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่า ที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิในเนื้อสุกร ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

### 4.2.1 การศึกษาในโรงฆ่าที่ 1

จากการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยวได้แก่ เพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า ระยะเวลาการขนย้ายสุกร ระยะเวลาในการพักสัตว์ที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในเนื้อสุกรที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย จากสุกรจำนวน 310 ตัว อิทธิพลของเพศ ได้แก่ เพศผู้ตอนและเพศเมียไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ($P>0.05$) ของค่า pH คือมีค่า pH เท่ากับ 6.87 และ 6.90 แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ของอุณหภูมิ คือมีค่าเท่ากับ 28.27 และ 27.37 องศาเซลเซียสตามลำดับ

ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากอิทธิพลของน้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่าต่อค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อ ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้แบ่งช่วงน้ำหนักเป็น 3 ช่วง คือ น้อยกว่า 90 กิโลกรัม ระหว่าง 90-95 กิโลกรัม และมากกว่า 95 กิโลกรัม แต่พบว่าค่า $pH_1$ ในเนื้อของสุกรที่มีน้ำหนักมากกว่า 95 กิโลกรัม มีแนวโน้ม ($P=0.052$) ต่ำกว่าสุกรที่มีช่วงน้ำหนักน้อยกว่า 90 กิโลกรัม และน้ำหนักระหว่าง 90-95 กิโลกรัม โดยมีค่า $pH_1$ เท่ากับ 6.79 6.92 และ 6.93 ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันพบแนวโน้ม ($P=0.079$) ของอุณหภูมิในเนื้อสุกรที่มีน้ำหนักมากกว่า 95 กิโลกรัม จะสูงกว่าสุกรที่มีน้ำหนักน้อยกว่า 90 กิโลกรัม และน้ำหนักระหว่าง 90-95 กิโลกรัม โดยมีค่าเท่ากับ 28.43 27.31 และ 27.77 องศาเซลเซียสตามลำดับ

พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ของค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อเนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยด้านระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ ซึ่งจากการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาในการขนย้ายสุกร แบ่งช่วงระยะเวลาในการขนย้ายเป็น 3 ช่วง คือ น้อยกว่า 40 นาที ระหว่าง 40-50 นาที และมากกว่า 50 นาที พบว่าระยะเวลาในการขนย้ายนานขึ้นค่า $pH_1$ ในเนื้อจะสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) คือมีค่าเท่ากับ 6.79 6.89 และ 6.97 ตามลำดับ ในขณะที่ระยะเวลาในการขนย้ายน้อยกว่า 40 นาที อุณหภูมิในเนื้อจะสูงกว่าขนย้ายระหว่าง 40-50 นาที และมากกว่า 50 นาที อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่ระยะเวลาขนย้ายระหว่าง 40-50 นาที และมากกว่า 50 นาที อุณหภูมิในเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) คือมีค่าเท่ากับ 29.45 26.80 และ 27.21 องศาเซลเซียสตามลำดับ

อิทธิพลด้านระยะเวลาในการพักสัตว์แบ่งช่วงระยะเวลาเป็น 3 ช่วง คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง ระหว่าง 7 ชั่วโมง 30 นาที-8 ชั่วโมง 30 นาที และมากกว่า 8 ชั่วโมง 30 นาที พบว่าที่ระยะเวลาพักน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง และระหว่าง 7 ชั่วโมง 30 นาที-8 ชั่วโมง 30 นาที มีค่า $pH_1$ ในเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ค่า $pH_1$ ในเนื้อของสุกรที่พักทั้ง 2 ช่วงเวลาสูงกว่าที่เวลาพักสัตว์มากกว่า 8 ชั่วโมง 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

(P<0.01) คือมีค่าเท่ากับ 6.88 6.98 และ 6.78 ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันพบว่าอุณหภูมิในเนื้อของสุกรที่พักน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง และระหว่าง 7 ชั่วโมง 30 นาที-8 ชั่วโมง 30 นาที มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่อุณหภูมิในเนื้อของสุกรที่พักทั้ง 2 ช่วงเวลาต่ำกว่าที่เวลาพักสัตว์มากกว่า 8 ชั่วโมง 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) คือมีค่าเท่ากับ 27.72 26.72 และ 29.03 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

**ตารางที่ 4.1** ปัจจัยของ เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ ที่มีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 1

| ปัจจัยที่ศึกษา | จำนวนตัวอย่าง | pH 45 นาที LSM±SE | *P* | อุณหภูมิ 45 นาที LSM±SE | *P* |
|---|---|---|---|---|---|
| **เพศ** | | | | | |
| ผู้ตอน | 202 | 6.87 ± 0.03 | 0.6176 | 28.27± 0.25 | 0.0337 |
| เมีย | 102 | 6.90 ± 0.05 | | 27.37 ± 0.35 | |
| **น้ำหนักส่งเข้าฆ่า** | | | | | |
| <90 ก.ก. | 122 | 6.92 ± 0.04 | 0.0515 | 27.31 ± 0.30 | 0.0793 |
| 90-95 ก.ก. | 105 | 6.93 ± 0.04 | | 27.73 ± 0.34 | |
| >95 ก.ก. | 77 | 6.79 ± 0.05 | | 28.43 ± 0.41 | |
| **ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร** | | | | | |
| <40 นาที | 139 | $6.79^{ก}$ ± 0.04 | 0.0087 | $29.45^{ข}$ ± 0.33 | 0.0001 |
| 40-50 นาที | 86 | $6.89^{กข}$ ± 0.04 | | $26.80^{ก}$ ± 0.34 | |
| >50 นาที | 85 | $6.97^{ข}$ ± 0.05 | | $27.21^{ก}$ ± 0.37 | |
| **ระยะเวลาในการพักสัตว์** | | | | | |
| ≤6 ชั่วโมง | 48 | $6.88^{ข}$ ± 0.06 | 0.0011 | $27.72^{ก}$ ± 0.46 | 0.0001 |
| 7 ชั่วโมง 30 นาที-8 ชั่วโมง 30 นาที | 126 | $6.98^{ข}$ ± 0.04 | | $26.73^{ก}$ ± 0.33 | |
| >8 ชั่วโมง 30 นาที | 136 | $6.78^{ก}$ ± 0.04 | | $29.03^{ข}$ ± 0.30 | |

LSM: Least Squares Means, SE: Standard Error,

$^{ก-ข}$ ตัวอักษรต่างกันที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P < 0.01)

**4.2.2 การศึกษาในโรงฆ่าที่ 2**

จากการศึกษาอิทธิพลเดี่ยวได้แก่ เพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า ระยะเวลาการขนย้ายสุกร ระยะเวลาในการพักสัตว์ที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ ที่เวลา 45 นาทีหลังสัตว์ตายในเนื้อสุกร จากสุกรจำนวน 631 ตัว ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของค่า pH และอุณหภูมิภายในเนื้อของสุกรเพศผู้ตอนและสุกรเพศเมีย โดย pH มีค่าเท่ากับ 6.56 และ 6.53 และอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 39.41 และ 39.40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในด้านของน้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่าก็ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของค่า pH เช่นกัน ซึ่งจากการศึกษาทำการแบ่งช่วงของน้ำหนักเป็น 4 ช่วง คือ น้อยกว่า 90 กิโลกรัม ระหว่าง 90-100.5 กิโลกรัม ระหว่าง 100.6-110 กิโลกรัม และมากกว่า 110 กิโลกรัม มีค่า pH เท่ากับ 6.58 6.53 6.51 และ 6.56 ตามลำดับ ทั้งนี้พบว่าน้ำหนักสุกรส่งฆ่าที่มากขึ้นจะมีผลทำให้อุณหภูมิภายในเนื้อสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 38.35 39.37 39.79 และ 40.12 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ปัจจัยด้านระยะเวลาในการขนย้ายสัตว์พบว่ามีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิภายในเนื้อ โดยพบว่าที่ระยะเวลาในการขนย้ายน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ชั่วโมง ค่า pH เท่ากับ 6.49 และอุณหภูมิเท่ากับ 40.46 องศาเซลเซียส ในขณะที่การขนย้ายที่เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง มีค่า pH เท่ากับ 6.60 และอุณหภูมิเท่ากับ 38.36 องศาเซลเซียส ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ปัจจัยด้านระยะเวลาในการพักสัตว์ พบว่าระยะเวลาในการพักสัตว์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 ชั่วโมง มีค่า pH ต่ำกว่าที่ระยะการพักสัตว์มากกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และยังพบว่าที่ระยะเวลาการพักสัตว์น้อยมีผลทำให้อุณหภูมิในเนื้อสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 40.45 และ 38.36 องศาเซลเซียสตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** ปัจจัยของ เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ ที่มีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 2

| ปัจจัยที่ศึกษา | จำนวนตัวอย่าง | pH 45 นาที LSM±SE | *P* | อุณหภูมิ 45 นาที LSM±SE | *P* |
|---|---|---|---|---|---|
| **เพศ** | | | | | |
| ผู้ตอน | 366 | 6.56 ± 0.01 | 0.3758 | 39.41 ± 0.05 | 0.9139 |
| เมีย | 265 | 6.53 ± 0.02 | | 39.40 ± 0.05 | |
| **น้ำหนักส่งเข้าฆ่า** | | | | | |
| <90 ก.ก. | 74 | 6.58 ± 0.03 | 0.0582 | $38.35^{n}$ ± 0.10 | 0.0001 |
| 90-100.5 ก.ก. | 174 | 6.53 ± 0.02 | | $39.37^{y}$ ± 0.06 | |
| 100.6-110 ก.ก. | 244 | 6.51 ± 0.02 | | $39.79^{n}$ ± 0.05 | |
| >110 ก.ก. | 139 | 6.56 ± 0.02 | | $40.12^{y}$ ± 0.07 | |
| **ระยะเวลาในการขนย้ายสัตว์** | | | | | |
| ≤1 ชม. | 257 | $6.49^{n}$ ± 0.03 | 0.0035 | $40.46^{y}$ ± 0.08 | 0.0001 |
| >1 ชม. | 373 | $6.60^{y}$ ± 0.02 | | $38.36^{n}$ ± 0.06 | |
| **ระยะเวลาในการพักสัตว์** | | | | | |
| ≤4 ชม. | 318 | $6.46^{n}$ ± 0.02 | 0.0001 | $40.45^{y}$ ± 0.08 | 0.0001 |
| ≥6 ชม. | 313 | $6.63^{y}$ ± 0.02 | | $38.36^{n}$ ± 0.06 | |

LSM: Least Squares Means, SE: Standard Error

$^{n-y}$ ตัวอักษรต่างกันที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

### 4.2.3 การศึกษาในโรงฆ่าที่ 3

จากการศึกษาอิทธิพลเดี่ยวได้แก่ ระบบการเลี้ยง เพศ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า ระยะเวลาในการพักสัตว์ที่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตายในเนื้อสุกร จากสุกรจำนวน 346 ตัว พบว่าซากสุกรที่เลี้ยงในระบบโรงเรือนปิดมีค่า pH ต่ำกว่าซากสุกรที่เลี้ยงในระบบโรงเรือนเปิดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) คือมีค่าเท่ากับ 6.26 และ 6.47 ในขณะที่อุณหภูมิของซากสุกรที่เลี้ยงในโรงเรือนทั้ง 2 ระบบมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) คือมีค่าเท่ากับ 36.39 และ 35.79 องศาเซลเซียสตามลำดับ ในปัจจัยด้านเพศ พบแนวโน้มว่าสุกรเพศเมียจะมีค่า $pH_1$ ในเนื้อต่ำกว่าสุกรเพศผู้ตอน (P=0.077) คือมีค่าเท่ากับ 6.32 และ 6.41 ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ของอุณหภูมิในเนื้อเนื่องจากอิทธิพลของเพศ โดยอุณหภูมิในเนื้อของสุกรเพศเมียและเพศผู้ตอนมีค่าเท่ากับ 36.56 และ 36.17 องศาเซลเซียสตามลำดับ

ปัจจัยด้านน้ำหนักส่งเข้าฆ่าไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05) ของทั้งค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อ ในทุกช่วงน้ำหนัก คือ น้ำหนักน้อยกว่า 90 กิโลกรัม น้ำหนักระหว่าง 90-100.5 กิโลกรัม น้ำหนักระหว่าง 100.6-110 กิโลกรัม และน้ำหนักมากกว่า 110 กิโลกรัม มีค่า pH เท่ากับ 6.33 6.36 6.39 และ 6.42 และอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 39.49 36.16 36.45 และ 36.46 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

ปัจจัยด้านระยะเวลาในการพักสัตว์ ไม่พบว่ามีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อ ของทุกช่วงเวลาในการพักสัตว์ คือ 2 3 และ 4 ชั่วโมง โดยที่ pH มีค่าเท่ากับ 6.36 6.32 และ 6.42 และอุณหภูมิมีค่าเท่ากับ 36.25 37.56 และ 35.29 องศาเซลเซียสตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

**ตารางที่ 4.3** ปัจจัยของ ระบบการเลี้ยง เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า และระยะเวลาในการพักสัตว์ ที่มีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 3

| ปัจจัยที่ศึกษา | จำนวนตัวอย่าง | pH 45 นาที LSM±SE | *P* | อุณหภูมิ 45 นาที LSM±SE | *P* |
|---|---|---|---|---|---|
| **ระบบการเลี้ยง** | | | | | |
| ระบบเปิด | 171 | 6.47[ข] ± 0.03 | 0.0001 | 35.79 ± 0.39 | 0.0911 |
| ระบบปิด | 175 | 6.26[ก] ± 0.04 | | 36.39 ± 0.39 | |
| **เพศ** | | | | | |
| ผู้ตอน | 182 | 6.41 ± 0.03 | 0.0772 | 36.17 ± 0.30 | 0.4260 |
| เมีย | 154 | 6.32 ± 0.03 | | 36.56 ± 0.33 | |
| **น้ำหนักส่งเข้าฆ่า** | | | | | |
| <90 ก.ก. | 85 | 6.31 ± 0.04 | 0.3128 | 36.49 ± 0.35 | 0.8993 |
| 90-100.5 ก.ก. | 120 | 6.36 ± 0.03 | | 36.16 ± 0.31 | |
| 100.6-110 ก.ก. | 91 | 6.39 ± 0.03 | | 36.45 ± 0.36 | |
| >110 ก.ก. | 40 | 6.41 ± 0.05 | | 36.46 ± 0.53 | |
| **ระยะเวลาในการพักสัตว์** | | | | | |
| 2 ชม. | 146 | 6.36 ± 0.03 | 0.5366 | 36.25 ± 0.28 | 0.0678 |
| 3 ชม. | 100 | 6.32 ± 0.056 | | 37.56 ± 0.56 | |
| 4 ชม. | 100 | 6.42 ± 0.03 | | 35.29 ± 0.54 | |

LSM: Least Squares Means, SE: Standard Error

[ก-ข] ตัวอักษรต่างกันที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

## 4.3 การศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการจัดการโรงฆ่าที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ ในเนื้อสุกร ที่ 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

การศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการจัดการโรงฆ่าที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิในเนื้อ ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย พบว่ารูปแบบการจัดการแต่ละโรงฆ่ามีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยค่า $pH_1$ ในเนื้อของโรงฆ่าที่ 1 จะมีค่าสูงกว่าโรงฆ่าที่ 2 และ 3 คือ มีค่าเท่ากับ 6.88 และโรงฆ่าที่ 2 มีค่า $pH_1$ สูงกว่าโรงฆ่าที่ 3 คือ มีค่าเท่ากับ 6.55 และ 6.36 ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิในเนื้อโรงฆ่าที่ 1 จะต่ำกว่าโรงฆ่าที่ 2 และ 3 แต่โรงฆ่าที่ 2 อุณหภูมิในเนื้อจะสูงกว่าโรงฆ่าที่ 3 คือ มีค่าเท่ากับ 28.11 39.39 และ 35.02 ตามลำดับ โดยผลจากการตรวจสอบจำนวนสุกรที่มาจากสุกรที่มีรูปแบบของการจัดการของโรงฆ่าทั้ง 3 แห่งพบว่าโอกาสในการเกิดเนื้อ PSE ซึ่งค่า pH เท่ากับหรือน้อยกว่า 5.8 มีจำนวน 1.7 0.2 และ 4.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** อิทธิพลของรูปแบบการจัดการโรงฆ่า ของโรงฆ่าสุกร 3 แห่ง ที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*)

| ปัจจัยที่ศึกษา | จำนวนตัวอย่าง | pH 45 นาที LSM±SE | *P* | อุณหภูมิ 45 นาที LSM±SE | *P* | % PSE |
|---|---|---|---|---|---|---|
| โรงฆ่า | | | | | | |
| โรงฆ่าที่ 1 | 310 | $6.88^{ก} \pm 0.02$ | 0.0001 | $28.11^{ก} \pm 0.15$ | 0.0001 | 1.7 |
| โรงฆ่าที่ 2 | 631 | $6.55^{ข} \pm 0.01$ | | $39.39^{ข} \pm 0.10$ | | 0.2 |
| โรงฆ่าที่ 3 | 346 | $6.36^{ก} \pm 0.02$ | | $35.02^{ก} \pm 0.14$ | | 4.3 |

LSM: Least Squares Means, SE: Standard Error

$^{ก-ค}$ ตัวอักษรต่างกันที่กำกับในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

# บทที่ 5
# วิจารณ์ผลการทดลอง

## 5.1 ปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ในเนื้อสุกรในแต่ละรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยบางประการก่อนกระบวนการฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ภายหลังกระบวนการฆ่าสุกรซึ่งมีรูปแบบของการจัดการโรงฆ่าที่แตกต่างกัน

### 5.1.1 การศึกษาในโรงฆ่าสุกรที่ 1

ผลการศึกษาจากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าค่า $pH_1$ ในเนื้อของสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมียไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ De Smet *et al.* (1996), Perez *et al.* (2002), Fabrega *et al.* (2004), Correa *et al.* (2006) และ Jaturasitha *et al.* (2006) ที่ไม่พบอิทธิพลของเพศที่มีต่อค่า $pH_1$ ในเนื้อเช่นเดียวกัน แต่ในการทดลองของ Latorre *et al.* (2004) พบแนวโน้ม ($P<0.09$) ว่าค่า $pH_1$ ในเนื้อสุกรเพศเมียจะต่ำกว่าสุกรเพศผู้ตอน

ปัจจัยด้านน้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่าพบว่าไม่มีอิทธิพลต่อค่า $pH_1$ ในเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Correa *et al.* (2006) ที่ไม่พบความแตกต่างของค่า $pH_1$ ในสุกรที่มีน้ำหนักส่งฆ่า 107 115 และ 125 กิโลกรัม ในขณะที่ Lowler *et al.* (2006) พบว่าสุกรที่มีน้ำหนัก 105 กิโลกรัม มีค่า $pH_1$ ต่ำกว่าสุกรที่มีน้ำหนัก 90 กิโลกรัม (6.21 และ 6.44) ซึ่งจากผลการศึกษาในโรงฆ่าที่ 1 พบแนวโน้ม ($P=0.052$) ว่าน้ำหนักสุกรเข้าฆ่าที่มากกว่า 95 กิโลกรัม มีค่า $pH_1$ ต่ำกว่าสุกรที่มีน้ำหนักเข้าฆ่าน้อยกว่า 95 กิโลกรัม เช่นกัน แต่ Latorre *et al.* (2004) พบแนวโน้มที่สุกรที่มีน้ำหนักส่งฆ่าสูงขึ้น (116 124 และ 133กิโลกรัม) ค่า $pH_1$ ในเนื้อจะสูงขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้การที่สุกรที่มีน้ำหนักเข้าฆ่าสูงในโรงฆ่าที่ 1 ที่ทำการศึกษามีค่า $pH_1$ ในกล้ามเนื้อสันนอกต่ำกว่าสุกรที่มีน้ำหนักเข้าฆ่าน้อยกว่า อาจจะเป็นเพราะอิทธิพลของอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสุกร ซึ่งพบว่าสุกรที่มีน้ำหนักมากมีแนวโน้ม ($P\geq0.079$) ที่อุณหภูมิในเนื้อจะสูงกว่าสุกรที่มีน้ำหนักตัวน้อยกว่า โดยความร้อนจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาไกลโคไลซีสในเนื้อให้เร็วขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ความเป็นกรดในเนื้อสูงขึ้น (Carr. 1985; Dransfield and Lockyer. 1985) และการที่สุกรที่มีน้ำหนักตัวสูงมีอุณหภูมิซากสูง อาจเป็นเพราะสุกรที่มีน้ำหนักตัวมากจะมีความหนาของไขมันหุ้มซากสูงและขนาดเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อใหญ่กว่า ซึ่งทำให้การระบายความร้อนออกจากตัวซากช้า และโรงฆ่าที่ 1 เป็นโรงฆ่าขนาดเล็ก และซากเมื่อผ่านกระบวนการผ่าซีก แล้วไม่ได้ถูกนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นทันทีแต่ได้ทำการตัดแต่งซากอุ่นต่อไป ดังนั้นซากที่มีน้ำหนักตัวมากกว่า มีขนาดของกล้ามเนื้อใหญ่กว่าย่อมมีการระบายความร้อนช้ากว่าซากที่มีน้ำหนักตัวน้อย

ปัจจัยด้านระยะเวลาในการขนย้ายสัตว์ พบว่าระยะเวลาในการขนย้ายสุกรที่นานขึ้น (<40, 40-50 และ >50 นาที) ค่า $pH_1$ จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ($P<0.01$) เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Fabrega *et al.* (2004) พบว่าสุกรใช้ระยะเวลาในการขนย้ายเป็นเวลานาน(6 ชั่วโมง) มีผลให้เปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อ PSE ต่ำกว่าสุกรที่ใช้เวลาในการขนย้ายสั้น (4.5 ชั่วโมง) สุกรที่เดินทางมาในระยะเวลาที่สั้นมากโดยใช้เวลาน้อยกว่า 30 นาที จะมีโอกาสเกิดเนื้อ PSE ได้มากกว่าสุกรที่ถูกขนส่งมาเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากสุกรยังไม่สามารถปรับตัวต่อสภาวะความเครียดที่เกิดขึ้นในช่วงการเดินทางสั้นๆ ได้ดีเท่ากับการเดินทางที่นานขึ้น อย่างไรก็ตามสุกรที่ถูกขนส่งมาเป็นระยะทางไกลจะมีโอกาสเกิดเนื้อ DFD มากกว่าซึ่งเป็นผลจากสัตว์ได้รับความเครียดเป็นเวลานานและไกลโคเจนในเนื้อถูกใช้ไปเกือบหมด (Grandin. 1994)

ปัจจัยด้านการพักสัตว์ที่โรงฆ่า ที่ระยะเวลาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง ระหว่าง 7 ชั่วโมง 30 นาที-8 ชั่วโมง 30 นาที และมากกว่า 8 ชั่วโมง 30 นาที พบว่ามีอิทธิพลต่อค่า $pH_1$ ในเนื้ออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) พบว่าที่ระยะเวลาในการพักนาน (มากกว่า 8 ชั่วโมง 30 นาที) ค่า $pH_1$ ในเนื้อ จะต่ำกว่าการพักที่เวลาสั้นกว่า (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง และระหว่าง 7 ชั่วโมง 30 นาที-8 ชั่วโมง 30 นาที) ซึ่งสาเหตุที่ค่า $pH_1$ ในเนื้อสุกรที่พักเป็นเวลาเวลามากกว่า 8 ชั่วโมง 30 นาทีมีค่าสูงกว่าการพักสัตว์ที่ช่วงระยะเวลาอื่นๆ ในการศึกษาโรงฆ่าที่ 1 อาจจะเนื่องจากอุณหภูมิเนื้อของระยะเวลาพักดังกล่าวที่สูงกว่าช่วงระยะเวลาในการพักสัตว์อื่น ซึ่งทั้งนี้อาจจะไม่ได้เกิดจากระยะเวลาในการพักสัตว์ เพราะสุกรของโรงฆ่าที่ 1 มีระยะเวลาพักนานมากพอ (6-9 ชั่วโมง) และอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งงานวิจัยของ De Smet *et al.* (1996) พบว่าช่วงระยะเวลาการพักสัตว์ 2-6 ชั่วโมง จะทำให้ค่า pH ในเนื้อสูงขึ้นมากกว่าการที่สัตว์ไม่ได้พัก ($P<0.01$) และ Grandin (1994) แนะนำว่าระยะพักสัตว์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 2-4 ชั่วโมง นอกจากนี้ Martoccia *et al.* (1995) ยังกล่าวว่าระยะเวลาในการขนส่งจะไม่มีอิทธิพลต่อความเครียดในสุกรหากสุกรได้รับการพักสัตว์ที่เพียงพอ การที่ $pH_1$ ของเนื้อสุกรที่พักเป็นเวลามากกว่า 8 ชั่วโมง 30 นาทีมีค่าสูงอาจเนื่องมาจากอิทธิพลของอุณหภูมิในเนื้อสุกรในกลุ่มนี้สูงกว่ากลุ่มอื่น และอุณหภูมิที่สูงนี้จะไปเร่งการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อโดยผ่านกระบวนการ anaerobic metabolism ซึ่งจะมีผลให้ค่า pH ในเนื้อลดลง

### 5.1.2 การศึกษาในโรงฆ่าสุกรที่ 2

ผลจากการศึกษาพบว่าปัจจัยด้านเพศผู้ตอนและเพศเมียไม่มีอิทธิพลต่อค่า $pH_1$ และอุณหภูมิในเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาในโรงฆ่าที่ 1 และพบว่าน้ำหนักมีชีวิตที่ส่งฆ่าไม่มีอิทธิพลต่อค่า $pH_1$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าน้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่ามีอิทธิพลต่ออุณหภูมิภายในเนื้ออย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยพบว่าน้ำหนักส่งฆ่ายิ่งมากอุณหภูมิภายในเนื้อก็ยิ่งสูงตาม และยังมีแนวโน้มแสดงให้เห็นเช่นเดียวกับการศึกษาโรงฆ่าที่ 1 ที่ในช่วงน้ำหนักน้อยกว่า 90 กิโลกรัม ช่วงน้ำหนักระหว่าง 90-100.5 กิโลกรัม และช่วงน้ำหนักระหว่าง

100.6-110 กิโลกรัม ยกเว้นช่วงน้ำหนักมากกว่า 110 กิโลกรัม พบว่าสุกรที่มีน้ำหนักตัวมากมีแนวโน้มจะมีค่า pH ต่ำกว่า (P=0.058 ) ทั้งนี้มีเหตุผลสนับสนุนในเรื่องอุณหภูมิในเนื้อของสุกรที่มีน้ำตัวมากจะสูงกว่าที่มีน้ำหนักตัวน้อย เนื่องจากการระบายความร้อนจากซากที่มีน้ำหนักมากและมีไขมันหุ้มซากหนากว่าย่อมเป็นไปได้ช้า แสดงให้เป็นว่าความแตกต่างของอุณหภูมิในเนื้อ ที่เวลา 45 นาที ภายหลังสัตว์ตายที่ช่วงน้ำหนักต่างกันมีอิทธิพลต่อค่า pH ในเนื้อเช่นเดียวกันกับเหตุผลที่ได้กล่าวมาแล้ว

ปัจจัยด้านการขนย้ายสัตว์พบว่า ที่ระยะเวลาในการขนย้ายสั้น (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 ชั่วโมง) อุณหภูมิภายในเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่มีระยะเวลาการขนย้ายนาน (มากกว่า 1 ชั่วโมง) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งมีผลทำให้ค่า pH ในเนื้อในกลุ่มที่มีระยะเวลาขนย้ายนานกว่ามีค่า pH สูงกว่า ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาในโรงฆ่าที่ 1 ที่พบว่าระยะเวลาในการขนย้ายนานกว่าจะมีค่า pH สูงกว่าเนื่องมาจากอุณหภูมิภายในเนื้อจะต่ำกว่า ทั้งนี้เหตุผลที่มาอธิบายในเรื่องนี้เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่สูงขึ้นและลดลงของค่า pH ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

นอกจากนี้อาจจะเกี่ยวกับการเดินทางที่ระยะทางสั้นมาก สุกรจะยังไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาวะความเครียดที่เกิดขึ้นจากการเดินทางได้ทั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Grandin (1994) ที่รายงานว่าสุกรที่เดินทางมาในระยะเวลาที่สั้นมากโดยใช้เวลาน้อยกว่า 30 นาที จะมีโอกาสเกิดเนื้อ PSE ได้มากกว่าสุกรที่ถูกขนส่งมาเป็นระยะเวลานาน ในทำนองเดียวกันสุกรที่มีระยะเวลาในการพักนาน (มากกว่าหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง) จะมีค่า pH สูง และอุณหภูมิในเนื้อต่ำกว่าสุกรที่มีระยะเวลาในการพักสั้นกว่า (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 ชม.) สอดคล้องกับการศึกษาในโรงฆ่าที่ 1 ที่พบว่าระยะเวลาในการพักสัตว์มีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ทั้งนี้เพราะการที่สุกรได้พักนานขึ้นทำให้สามารถปรับตัวต่อสภาวะความเครียดที่ได้รับจากการขนส่งได้ดีขึ้นด้วยเช่นกัน

### 5.1.3 การศึกษาในโรงฆ่าสุกรที่ 3

ผลการศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อ แสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านเพศ น้ำหนักมีชีวิตเมื่อส่งฆ่า ระยะเวลาในการพักสัตว์ ไม่มีอิทธิพลต่อค่า pH ในเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าสุกรเพศเมียมีแนวโน้มที่ค่า pH ลดลงมากกว่าสุกรเพศผู้ตอน (P<0.08) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Latorre *et al.* (2004) ที่พบแนวโน้มดังกล่าว (P<0.09) โดยให้เหตุผลว่าสุกรเพศเมียและสุกรเพศผู้ตอน สามารถอดทนต่อสภาพแวดล้อมระหว่างการขนย้ายสุกรมายังโรงฆ่าและระเวลาในการพักสัตว์ ได้แตกต่างกัน ซึ่งทั้ง 2 ปัจจัยมีผลต่อความเครียดที่จะเกิดขึ้นก่อนสุกรถูกฆ่า และเมื่อสุกรถูกฆ่าความแครียดนี้จะเป็นตัวเร่งปฏิกริยาไกลโคไลซีสภายในกล้ามเนื้อ ส่งผลถึงอัตราการลดลงค่า pH ในเนื้อในเวลาต่อมา ทั้งนี้ผลการวิจัยของ De Smet *et al.* (1996), Perez *et al.* (2002), Fabrega *et al.* (2004), Correa *et al.* (2006) และ Jaturasitha *et al.* (2006) ไม่พบอิทธิพลของเพศที่มีต่อค่า pH ในเนื้อ เช่นเดียวกับการศึกษาในโรงฆ่าที่ 1 และโรงฆ่าที่ 2 ที่ไม่พบอิทธิพลของเพศต่อค่า pH ในเนื้อ

ในด้านน้ำหนักสุกรมีชีวิตส่งฆ่า ไม่พบว่าน้ำหนักสุกรเข้าฆ่าในช่วงที่ศึกษา (น้อยกว่า 90 กิโลกรัม ระหว่าง 90-100.5 กิโลกรัม ระหว่าง 100.6-110 กิโลกรัม และ มากกว่า 110 กิโลกรัม) จะมีผลต่อค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อ เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Correa *et al.* (2006) ไม่พบความแตกต่างที่น้ำหนักส่งฆ่า 107 115 และ 125 กิโลกรัม ขณะที่ Lowlor *et al.* (2005) พบว่าสุกรที่มีน้ำหนัก 105 กิโลกรัม มีค่า pH ต่ำกว่าสุกรที่มีน้ำหนัก 90 กิโลกรัม ( 6.21 และ 6.44) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกับการศึกษาในโรงฆ่าที่ 1 และโรงฆ่าที่ 2 ที่พบว่าสุกรที่มีน้ำหนักตัวสูงจะมีค่า pH ต่ำกว่า แต่ขัดแย้งกับ Latorre *et al.* (2004) ที่ทดลองในสุกรน้ำหนัก 116 124 และ 133 กิโลกรัม พบว่าที่น้ำหนักตัวสูงจะมีค่า pH สูงขึ้นด้วย เหตุผลที่ไม่พบว่าน้ำหนักสุกรเข้าฆ่ามีอิทธิพลต่อค่า pH อาจเป็นเพราะการลดอุณหภูมิภายในเนื้อของโรงฆ่าแห่งนี้มีประสิทธิภาพมาก เนื่องจากพบว่าอุณหภูมิภายในเนื้อในทุกช่วงน้ำหนักสุกรเข้าฆ่าที่แตกต่างกันนั้น มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จึงเป็นเหตุผลที่ไม่มีอิทธิพลจากอุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกริยาไกลโคไลซีสภายในกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย

ปัจจัยด้านการพักสัตว์ที่โรงฆ่าที่ระยะเวลา 2 3 และ 4 ชั่วโมง ไม่พบว่ามีอิทธิพลต่อค่า pH ในเนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับ Grandin (1994) ที่แนะนำว่าระยะพักสัตว์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 2-4 ชั่วโมง นอกจากนี้ Martoccia *et al.* (1995) ยังกล่าวว่าระยะเวลาในการขนส่งจะไม่มีอิทธิพลต่อความเครียดในสุกรหากสุกรได้รับการพักสัตว์ที่เพียงพอ

ปัจจัยที่พบว่ามีอิทธิพลอย่างมากต่อค่า $pH_1$ ในเนื้อ ในการศึกษาของโรงฆ่าที่ 3 คือสภาพแวดล้อมภายใต้ระบบการเลี้ยงในโรงเรือนที่ต่างกัน ซึ่งพบว่าการเลี้ยงในโรงเรือนแบบปิดมีค่า pH ต่ำกว่าแบบโรงเรือนเปิดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) มีค่า 6.20 และ 6.4 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มที่แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิภายในเนื้อของสุกรที่เลี้ยงในโรงเรือนปิดสูงกว่าโรงเรือนเปิดอีกด้วย การที่สุกรเลี้ยงในโรงเรือนปิดซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนให้สัตว์อยู่สบายตลอดระยะเวลาการขุน ทำให้สุกรมีความเครียดน้อยกว่าสุกรที่ถูกเลี้ยงในโรงเรือนแบบเปิด ซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เป็นไปตามฤดูกาลซึ่งมีอากาศร้อน สุกรตกอยู่ในสภาวะความเครียดแบบต่อเนื่อง แต่เนื่องจากเป็นสุกรขุนที่ทนต่อความเครียดได้ดีจึงสามารถปรับตัวต่อความเครียดได้ ดังนั้นเมื่อถึงเวลาขนย้ายสุกรจากฟาร์มมายังโรงฆ่าซึ่งรถขนส่งก็เป็นลักษณะเปิด สุกรที่เคยถูกเลี้ยงมาในระบบโรงเรือนปิดจึงต้องปรับตัวอย่างมากต่อสภาวะความเครียดเนื่องจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ประกอบกับสภาวะความเครียดแบบฉับพลันในระหว่างการไล่ต้อนสุกรจากคอกพักมายังขั้นตอนทำให้สลบ จึงมีส่วนทำให้เกิดการเร่งการใช้พลังงานจากการสลายไกลโคเจน ซึ่งผลที่ตามมาคือเกิดกรดแลกติคและความร้อนเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่า $pH_1$ ลดลงเร็ว โดยผลจากการตรวจสอบจำนวนสุกรที่มาจากสุกรที่เลี้ยงภายในโรงเรือนปิดและโรงเรือนเปิดที่มีโอกาสเกิด PSE ซึ่งมีค่า pH เท่ากับหรือน้อยกว่า 5.8 มี 3.8 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

## 5.2 การศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการจัดการของโรงฆ่าที่มีต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิ ในเนื้อสุกร ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

จากการศึกษาอิทธิพลของรูปแบบในการจัดการแต่ละโรงฆ่า พบว่าความแตกต่างของรูปแบบการจัดการก่อนและหลังกระบวนการฆ่า มีผลต่อค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อสุกรที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตายอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ทั้งนี้โรงฆ่าที่ 1 มีค่า pH ในเนื้อสูงที่สุด เท่ากับ 6.88 รองลงมาคือโรงฆ่าที่ 2 เท่ากับ 6.55 และโรงฆ่าที่ 3 เท่ากับ 6.36 ในขณะที่อุณหภูมิในเนื้อของโรงฆ่าที่ 1 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 28.11 39.39 และ 35.02 ตามลำดับ โดยค่า pH ของทั้ง 3 โรงฆ่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของเนื้อที่ไม่เป็นเนื้อ PSE แต่ค่า pH ของเนื้อจากแต่ละโรงฆ่าจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของกล้ามเนื้อภายภายหลังสัตว์ตายที่ต่างกัน โดยค่า pH ของเนื้อที่ต่ำที่สุดในโรงฆ่าที่ 3 ประกอบกับเปอร์เซ็นต์การเกิดเนื้อ PSE มีสูงกว่า นั้นแสดงให้เห็นว่ามีการเกิดกระบวนการไกลโคไลซิสในกล้ามเนื้อเร็วกว่าโรงฆ่าที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากความเครียดของสุกรจากการจัดการก่อนกระบวนการฆ่าของโรงฆ่าแต่ละแห่ง ในขั้นตอนการขนส่งสุกรจากฟาร์มไปโรงฆ่าที่ประกอบด้วยการอดอาหาร (fasting) การขึ้นลงรถขนส่ง (loading, unloading) และช่วงอยู่บนรถขนส่ง (transportation) ขั้นตอนเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นสาเหตุที่ทำให้สุกรเกิดความเครียด (Resenvold and Anderson. 2003) ความเครียดที่เกิดขึ้นมีผลทำให้สุกรต้องการใช้พลังงานในปริมาณมาก โดยจะไปเร่งกระบวนการไกลโคไลซิสในกล้ามเนื้อทั้งในช่วงก่อน และภายหลังสัตว์ตายให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการสะสมปริมาณกรดแลกติคในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ค่า pH ของเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว (Troeger and Woltersdorf. 1989; D'Souza *et al.* 1998) ซึ่งสอดคล้องกับ Brown *et al.* (1998) รายงานว่าสุกรที่ได้รับความเครียดก่อนกระบวนการฆ่า จะมีปริมาณแลคเตทในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นภายใน 70 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ทั้งนี้จากการศึกษาในโรงฆ่าที่ 1 ซึ่งมีรูปแบบของโรงเรือนที่เลี้ยงสุกรเป็นแบบโรงเรือนเปิด และอยู่ในบริเวณเดียวกับโรงฆ่า โดยมีระยะห่างเพียง 1.5 กิโลเมตร ดังนั้นจึงใช้เวลาประมาณ 20 นาทีในการขนย้ายสุกรจากฟาร์มมายังคอกพักสัตว์ของโรงฆ่า ส่วนสุกรที่เข้าฆ่าในโรงฆ่าที่ 2 และ 3 ใช้เวลาประมาณ 30 นาทีในการต้อนสัตว์ขึ้นรถ และใช้เวลาอีก 30 นาที-2 ชั่วโมง และ 4-5 ชั่วโมงในการขนย้ายจากฟาร์มมายังคอกพักสัตว์ของโรงฆ่า ในโรงฆ่าที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ความเครียดของสุกรที่เกิดเนื่องจากการเดินทางระยะไกล ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมจากโรงเรือนปิดซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน 25-35 องศาเซลเซียส มายังคอกพักสัตว์ของโรงฆ่าที่เป็นคอกเปิดโล่งซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า จะทำให้สุกรจากโรงฆ่าที่ 3 เกิดความเครียดมากกว่าโรงฆ่าที่ 1 ที่เลี้ยงในโรงเรือนเปิด นอกจากนั้นช่วงเวลาในการขนย้ายสุกรจากฟาร์มมายังคอกพักสัตว์ของโรงฆ่า และเวลาเข้าฆ่า ของโรงฆ่าที่ 1 ก็แตกต่างจากโรงฆ่าที่ 2 และ 3 โดยโรงฆ่าที่ 1 จะทำการขนย้ายสุกรในช่วงเช้า 7.00 น และทำการฆ่าในตอนเย็น สุกรมีช่วงเวลาในคอกพักสัตว์ประมาณ 6-9 ชั่วโมงก่อนเข้าฆ่า จึงทำให้สุกรที่ได้รับความเครียดเนื่องจากการขนย้ายในช่วงเช้ามีเวลาพักผ่อนคลายความเครียด ซึ่ง

แตกต่างจากโรงฆ่าที่ 2 และ 3 ที่ใช้ระยะเวลาเดินทางไกล และมีเวลาในคอกพักสัตว์ 2-8 และ 2-4 ชั่วโมง ตามลำดับ

การจัดการหลังกระบวนการฆ่าของแต่ละโรงฆ่ามีผลต่ออุณหภูมิในเนื้อ ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย โดยเนื้อจากโรงฆ่าที่ 1 มีอุณหภูมิต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากขั้นตอนการจัดการเนื้อภายหลังสัตว์ตายของโรงฆ่าที่ 1 แตกต่างจากโรงฆ่าที่ 2 และ 3 โดยโรงฆ่าที่ 1 จะทำการตัดแต่งซากอุ่น (hot boning) ภายหลังจากสิ้นสุดขั้นตอนการแบ่งซากทันที ซึ่งจากขั้นตอนทำให้สลบถึงแบ่งซากใช้เวลาเฉลี่ยประมาณ 10-12 นาที และจากขั้นตอนแบ่งซากถึงสิ้นสุดการตัดแต่งจะใช้เวลาอีกประมาณ 10 นาที ดังนั้นการวัดค่า $pH_1$ และอุณหภูมิ จึงวัดขณะที่เนื้อถูกนำมาแขวนพึ่งไว้ในห้องตัดแต่งเพื่อรอการจัดเรียงเข้าสู่ห้องเย็น ชิ้นเนื้อจากการตัดแต่งที่มีขนาดเล็กจะมีการระบายความร้อนได้ดีกว่าการระบายความร้อนจากซาก จึงทำให้อุณหภูมิเนื้อลดลงได้อย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับ Honikel and Reagan (1986) ที่รายงานว่าตัวอย่างเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งซากอุ่น จะมีอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็วมากในระยะแรกหลังจากการตัดแต่ง ส่วนโรงฆ่าที่ 2 และ 3 ทำการตัดแต่งซากภายหลังการลดอุณหภูมิ โดยวิธีการลดอุณหภูมิซากในโรงฆ่าที่ 2 และ 3 แตกต่างกันที่ขั้นตอน quick chill ซึ่งเป็นการใช้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องเย็น (0-4 องศาเซลเซียส) ในช่วงแรกก่อนการนำซากเก็บในห้องเย็น เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิในขั้นตอน quick chill โรงฆ่าที่ 2 ใช้อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส ทีมีระบบลมลมเย็น เป็นเวลาประมาณ 20 นาที หลังจากนั้นจะใช้อุณหภูมิห้องเย็นปกติเป็นเวลาประมาณ 40 นาที รวมใช้เวลาในการลดอุณหภูมิซากก่อนการตัดแต่งประมาณ 1 ชั่วโมง ส่วนโรงฆ่าที่ 3 ใช้อุณหภูมิ -2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที และมีการควบคุมความเร็วของพัดลมในห้องเย็น พบว่าอุณหภูมิในเนื้อของโรงฆ่าที่ 3 ต่ำกว่าโรงฆ่าที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่าและมีการควบคุมความเร็วของพัดลมห้องเย็นทำให้มีการระบายความร้อนออกจากซากได้ดีกว่า อุณหภูมิเนื้อที่วัดได้จึงต่ำกว่า ประกอบกับน้ำหนักสุกรเข้าฆ่าของโรงฆ่าที่ 3 จะต่ำกว่าโรงฆ่าที่ 2 เท่ากับ 85-115 และ 90-120 กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งโดยปกติแล้วซากสุกรที่มีขนาดเล็ก จะระบายความร้อนออกจากร่างกายได้ดีกว่าซากสุกรที่มีขนาดใหญ่ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

# บทที่ 6
# สรุปและข้อเสนอแนะ

## 6.1 สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาปัจจัยก่อนกระบวนการฆ่า ซึ่งได้แก่ ระบบการเลี้ยง เพศ น้ำหนักสุกรเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร ระยะเวลาในการพักสัตว์ และปัจจัยหลังกระบวนการฆ่า เช่น การลดอุณหภูมิซาก ในแต่ละรูปแบบการจัดการของโรงฆ่า และรูปแบบการจัดการในแต่ละโรงฆ่าสัตว์ที่มีอิทธิพลต่อค่า pH และอุณหภูมิ ที่เวลา 45 นาที ภายหลังสัตว์ตาย ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) สรุปได้ดังนี้

6.1.1 ขั้นตอนก่อนกระบวนการฆ่า และในกระบวนการฆ่าของแต่ละโรงฆ่ามีความแตกต่างกัน โรงฆ่าที่มีขนาดเล็กจะใช้ระยะเวลาในการทำงานตลอดกระบวนการฆ่าน้อยกว่าเนื่องจาก มีการลดบางขั้นตอนในกระบวนการฆ่า เช่น การเผาขน การปัดซาก และบางขั้นตอนรวมอยู่ด้วยกัน เช่น การลวกซากและขูดขน ทั้งนี้เนื่องจากกำลังการผลิตไม่สูงและใช้แรงงานคนช่วยมากกว่า นอกจากนี้ในโรงฆ่าขนาดเล็กมีการจัดการก่อนกระบวนการฆ่า เช่น ระยะเวลาการพักสัตว์ที่นานขึ้นสามารถช่วยลดความเครียดที่จะเกิดขึ้นกับสุกรก่อนกระบวนการฆ่าได้ดี ส่วนโรงฆ่าที่มีขนาดใหญ่มีกำลังการผลิตสูง มีขั้นตอนกระบวนการฆ่าเต็มรูปแบบ จึงจำเป็นต้องมีระบบการจัดการระหว่างกระบวนการฆ่าที่มากขึ้นและมีการติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์มาใช้มากกว่าโรงฆ่าขนาดเล็ก ทำให้ระยะเวลาในการทำงานตลอดกระบวนการฆ่านานกว่า อีกทั้งการจัดการสัตว์ก่อนกระบวนการฆ่า เช่น ระยะเวลาในการขนย้ายสุกรนานกว่าโรงฆ่าขนาดเล็ก เพราะสุกรที่เข้าฆ่ามาจากหลายที่ เนื่องจากโรงฆ่าสุกรขนาดใหญ่ต้องใช้สุกรเข้าฆ่าในปริมาณมาก

6.1.2 ปัจจัยก่อนกระบวนการฆ่ามีอิทธิพลต่อค่า $pH_1$ และอุณหภูมิในเนื้อแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปแบบการจัดการของแต่ละโรงฆ่า

1) ในโรงฆ่าที่ 3 สุกรที่เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิดจะมีค่า $pH_1$ ในเนื้อต่ำกว่าสุกรที่เลี้ยงในระบบโรงเรือนเปิด ในขณะที่การลดลงของอุณหภูมิในเนื้อของสุกรที่เลี้ยงในระบบปิดก็ช้ากว่าสุกรที่เลี้ยงในระบบเปิด

2) น้ำหนักสุกรเข้าฆ่าที่มากขึ้นจะทำให้การลดลงของอุณหภูมิในเนื้อเป็นไปได้ช้า มีผลทำให้ค่า $pH_1$ ลดลงเร็วกว่า ในโรงฆ่าที่มีการจัดการลดอุณหภูมิซากในห้องเย็นที่ดีจะไม่พบความแตกต่างของการลดลงของค่า $pH_1$ ในน้ำหนักสุกรที่แตกต่างกัน

3) ระยะพักสัตว์ ระยะเวลาในการพักสัตว์แต่ละโรงฆ่าที่ทำการศึกษาแตกต่างกัน โรงฆ่าที่ 1 พบว่า ระยะเวลาพักน้อยกว่า 6 ชั่วโมง มีค่า $pH_1$ ในเนื้อ ต่ำกว่าช่วงเวลาพักสัตว์ 7 ชั่วโมง 30 นาที-8 ชั่วโมง 30 นาที แต่สูงกว่าระยะพักสัตว์มากกว่า 8 ชั่วโมง 30 นาที และในโรงฆ่าที่ 2 พบว่า ระยะเวลาพักน้อยกว่า 4 ชั่วโมง มีค่า $pH_1$ ในเนื้อ ต่ำกว่าเวลาพักสัตว์มากกว่า 6 ชั่วโมง แต่โรงฆ่าที่ 3 ซึ่งมีช่วงเวลาพัก 2-4 ชั่วโมง ไม่พบว่ามีอิทธิพลต่อค่า $pH_1$ ในเนื้อ

4) ระยะเวลาการขนย้าย ระยะเวลาในการขนย้ายสุกรมายังโรงฆ่าสั้น (น้อยกว่า 40 นาที ในโรงฆ่าที่ 1 และน้อยกว่า 1 ชั่วโมง ในโรงฆ่าที่ 2) จะทำให้ค่า $pH_1$ ลดลงเร็วกว่าสุกรที่ใช้ระยะเวลาในการขนย้ายนานขึ้น (มากกว่า 50 นาที ในโรงฆ่าที่ 1 และมากกว่า 1 ชั่วโมง ในโรงฆ่าที่ 2)

6.1.3 การจัดการระหว่างกระบวนการฆ่ามีอิทธิพลต่อค่า $pH_1$ คือ วิธีการทำให้สัตว์สลบ วิธีการแทงคอ การลวกซาก ระยะเวลาในการเอาเครื่องในออก ระยะเวลาตั้งแต่สลบจนถึงแบ่งซาก ซึ่งขั้นตอนต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้นแต่ละโรงฆ่าจะแตกต่างกันออกไป โดยโรงฆ่าขนาดเล็กที่ใช้วิธีการทำให้สัตว์สลบด้วยกระแสไฟฟ้าขนาดแรงดัน 250 โวลต์ แบบคีมหนีบซึ่งมีราคาถูกกว่า แต่มีข้อเสียคือทำให้สัตว์เกิดความเครียดสูง แต่ในขณะเดียวกันก็ใช้วิธีการแทงคอในแนวราบ ใช้ระยะเวลาจากสลบถึงแทงคอเพียง 2-3 วินาที ซึ่งสั้นมากและอยู่ในช่วงที่เหมาะสม สามารถช่วยลดโอกาสจากการที่เนื้อจะเกิด PSE ได้ รวมถึงผู้ปฏิบัติงานมีความชำนาญมาก อีกทั้งยังทำการลวกซากและขูดขนในเครื่องเดียวกันซึ่งช่วยลดระยะเวลาลงทำให้ใช้เวลาในการทำให้สลบถึงผ่าซีกเพียง 10-12 นาที ส่วนโรงฆ่าขนาดใหญ่ เช่น โรงฆ่าที่ 2 ที่มีกำลังการผลิตต่อวันสูง จึงใช้วิธีทำให้สลบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีรายงานวิจัยจำนวนมากว่าสามารถช่วยลดอัตราการเกิด PSE ในเนื้อได้ ถึงแม้ว่าจะใช้วิธีการแทงคอในแนวดิ่ง การลวกซากและการขูดขนแยกจากกัน และใช้เวลาจากทำให้สลบจนถึงผ่าซีกประมาณ 20 นาที ซึ่งนานกว่าโรงฆ่าที่ 1 และโรงฆ่าที่ 3 ที่มีกำลังการผลิตต่อวันสูงเช่นกัน ใช้วิธีการทำให้สลบด้วยกระแสไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ขนาดแรงดันไฟฟ้า 500-650 โวลต์ ที่มีอุปกรณ์บังคับสำหรับป้องกันในกรณีที่สัตว์ดิ้น และยังใช้วิธีการแทงคอในแนวดิ่ง ซึ่งทั้ง 2 ขั้นตอนสามารถช่วยลดอัตราการเกิด PSE ในเนื้อได้ เนื่องจากระยะเวลาจากสุกรสลบถึงแทงคออยู่ภายในเวลา 10 วินาที แม้ว่าการลวกซากและการขูดขนแยกจากกัน และใช้เวลาในการทำให้สลบถึงผ่าซากประมาณ 25 นาที ซึ่งจากขั้นตอนต่างๆ ในกระบวนการที่แต่ละโรงฆ่าเลือกใช้ มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าแต่ละขั้นตอนที่กล่าวมาของกระบวนการฆ่ามีผลต่อการลดลงของค่า $pH_1$ ทั้งสิ้น พบว่าค่า $pH_1$ ของทั้ง 3 โรงฆ่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีถึงแม้ว่าแต่ละโรงฆ่าจะมีขั้นตอนของกระบวนการฆ่าที่แตกต่างกัน

6.1.4 การจัดการก่อนและหลังกระบวนการฆ่ามีบทบาทเป็นอย่างมากต่อค่า $pH_1$ และอุณหภูมิของเนื้อ การจัดการก่อนการฆ่าที่ไม่เหมาะสมจะทำให้สุกรเกิดความเครียด จะมีผลทำให้กระบวนการไกลโคไลซีสในเนื้อหลังสัตว์ตายเกิดขึ้นเร็ว ค่า $pH_1$ ลดลงเร็ว ส่วนการจัดการหลังสัตว์ตายที่ดีคือการลดอุณหภูมิเนื้อลงอย่างเหมาะสม ซึ่งอาจทำได้หลายวิธีเช่น การตัดแต่งซากอุ่นที่มีการดำเนินการในโรงฆ่าสุกรขนาดเล็ก หรือการลดอุณหภูมิซากแบบ quick chill ก่อนการเก็บเย็นซากในห้องเย็น (chilling room) ในโรงฆ่าขนาดใหญ่ซึ่งมีความจำเป็นต้องลดอุณหภูมิซากก่อนการตัดแต่ง เนื่องจากกำลังในการผลิตสูงกว่าในโรงฆ่าขนาดเล็กมาก หากนำเอาวิธีการตัดแต่งซากอุ่นมาใช้จำเป็นต้องใช้แรงงานในการตัดแต่งจำนวนมาก

6.1.5 รูปแบบการจัดการของโรงฆ่าทั้ง 3 แม้จะมีความแตกต่างกัน แต่จะไม่พบว่ามีผลเสียต่อคุณภาพเนื้อ ในเรื่องของการลดลงของค่า $pH_1$ แม้ว่าค่า $pH_1$ จะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) แต่ค่า $pH_1$ ของเนื้อจากทั้ง 3 โรงฆ่าอยู่ในเกณฑ์ที่ได้เนื้อที่มีโอกาสที่จะเป็น PSE น้อยมาก แสดงให้เห็นถึงการจัดการในกระบวนการของการฆ่า และภายหลังกระบวนการฆ่าที่ได้มาตรฐานของการจัดการที่ดี และถูกต้องทั้ง 3 รูปแบบ

## 6.2 ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ

ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า โรงฆ่าที่มีรูปแบบของการจัดการที่ดีดังเช่น โรงฆ่าทั้ง 3 รูปแบบที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ แม้จะพบว่าปัจจัยก่อนการฆ่า ซึ่งได้แก่ระบบการเลี้ยงภายใต้ระบบโรงเรือนปิดและโรงเรือนเปิด น้ำหนักสุกรส่งเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ จะมีอิทธิพลต่อการลดลงของค่า $pH_1$ ในเนื้อที่เวลา 45 นาทีหลังสัตว์ตายก็ตาม แต่ค่า $pH_1$ ยังอยู่ในระดับที่มีโอกาสที่เนื้อจะเป็น PSE น้อยมาก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากโรงฆ่าทั้ง 3 แห่ง มีระบบการลดอุณหภูมิซากที่มีประสิทธิภาพ จึงทำให้อุณหภูมิภายในเนื้อลดลงได้เร็ว ซึ่งมีผลช่วยชะลอปฏิกิริยาไกลโคไลซีสในเนื้อที่เกิดขึ้นภายหลังสัตว์ตาย นอกจากนี้กระบวนการในระหว่างการฆ่า ได้แก่วิธีการทำให้สลบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโรงฆ่าที่ 2 ระยะเวลาจากสัตว์สลบถึงแทงคอที่สั้นและรวดเร็วในโรงฆ่าที่ 1 และโรงฆ่าที่ 3 การแทงคอในแนวราบในโรงฆ่าที่ 1 และโรงฆ่าที่ 3 และระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการโดยเริ่มจากสลบถึงผ่าซากที่ใช้เวลาสั้นในโรงฆ่าขนาดเล็ก มีส่วนช่วยลดอัตราการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ โดยผ่านกระบวนการ anaerobic metabolism

จะเห็นได้ว่ารูปแบบขั้นตอนของกระบวนการฆ่ามีอิทธิพลอย่างมากต่อค่า $pH_1$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยก่อนกระบวนการฆ่า รวมถึงขั้นตอนระหว่างและหลังกระบวนการฆ่ามีอิทธิพลต่อการลดลงของค่า $pH_1$ ซึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อสัตว์ถ้าสามารถจัดระบบการจัดการก่อนการฆ่า

เลือกรูปแบบของขั้นตอนต่างๆ ระหว่าง และหลังกระบวนการฆ่าที่เหมาะสม จะสามารถช่วยลดอัตราการลดลงของค่า $pH_1$ ได้ ซึ่งจะช่วยลดโอกาสการสูญเสียทางเศรษฐกิจเนื่องจากการเกิดเนื้อ PSE ได้ด้วย และในทางกลับกันหากโรงฆ่ามีรูปแบบของการจัดการที่ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจัยที่ได้กล่าวมาแล้ว อาจจะมีผลทำให้ค่า $pH_1$ ต่ำกว่าที่พบในการวิจัยครั้งนี้ และจะมีโอกาสในการเกิดเนื้อ PSE สูง

# บรรณานุกรม


จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. **เอกสารประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ชั้นสูง.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543. **การจัดการโรงฆ่า.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

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

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และบุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. **พื้นฐานสัตวศาสตร์.** เชียงใหม่ : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

Barton-Gade, P. A. 1993. Effect of stunning on pork quality and welfare. **Danish experience.** 137-178.

Bee, G., Guex, G. and Herzog, W. 2004. "Fee-range rearing of pigs during the winter : Adaptation in muscle fiber characteristics and effects on adipose tissue composition and meat quality traits." **J. Anim Sci.** 82 : 1206-1218.

Briskey, E. J. 1964. "The etiological status and associated studies of pale, soft and exudative porcine musculature." **Advances in Food Research.** 13: 89.

Brown, S. N., Warriss, P. D., Nute, G. R., Edwards, J. E. and Knowles, T. G. 1998. "Meat quality in pig subjected to minimal preslaughter stress." **Meat Sci.** 49: 257-265.

Carr, R.R 1985. "Slaughter factor that effect pork quality in USA." **J. Agric. Nutr. Asia. Tech.** 5 : 43-45

Channon, H. A., Payne, A. M. and Warner, R. D. 2000. "Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality." **Meat Sci.** 56: 291-299.

Channon, H. A., Payne, A. M. and Warner, R. D. 2002. "Comparison of $CO_2$ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pig on carcass and meat quality." **Meat Sci.** 60: 63-68.

Channon, H. A., Payne, A. M. and Warner, R. D. 2003. "Effect of stun duration and current level applied during head to back and head only electrical stunning of pigs on pork quality compared with pigs stunned with $CO_2$." **Meat Sci.** 65: 1325-1333.

Choi, Y. I., Kim Y. T., Kim D. Y., Lee C. L. and Ham, I. K. 2001. "Effect of several antemortem factors on PSE incidence of Korean slaughter pigs." [Online]. Available : http://www.ift.confex.com/ift/2001/ techprogram/ paper_7851.htm. 07/09/06.

Correa, J. A., Faucitano, L., Laforest, J. P., Rivest, J., Marcoux, M. and Gari, C. 2006. "Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates." **Meat Sci.** 72: 91-99.

D' Souza, D. N., Dunshea, F. R., Warner R. D. and Leury, B. J. 1998. "The effect of handling pre-slaughter and carcass processing rate post-slaughter on pork quality." **Meat Sci.** 50: 429-437.

De Smet, S. M., Pauwels, H., De Bie, S., Deymeyer, D. I., Callewier, J. and Eeckhout, W. 1996. "Effect of halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of Belgian slaughtered pigs." **J. Anim. Sci.** 74: 1854-1863.

Dransfield, E. and Lockyer, D. K. 1985. "Cold-shortening toughness in excised pork." **Meat Sci.** 13: 19-32.

Eilert, S. J. 1997. What quality controls are working in the plant?. In: Proc Pork Quality Summit. July 8-9. **National Pork Producers Council.** Des Moines, IA. P. 59-63.

Fabrega, E., Manteca, X., Font, J., Gispert, M., Carrion, D., Velarde, A., Ruiz-de-la-Torre, J. L. and Diestre, A. 2004. "A comparison of halothane homozygous negative and positive pietrain sire lines in relation to carcass and meat quality, and welfare traits." **Meat Sci.** 66: 777-787.

García-Macías, J. A. M., Gispert, M., Oliver, A. M., Diestre, A., Alonso, P., Muñoz-Luna, A., Siggens, K. and Cuthbert-Heavens, D. 1996. "The effects of cross, slaughter weight and halothane genotype on leanness and meat and fat quality in pigs carcasses." **J. Anim. Sci.** 63: 487-496.

Grandin, T. 1994. **Methods to reduce PSE and Bloodsplash.** Proc. Allen D. Leman Swine Confr. University of MN. 21: 206-209.

Grandin, T. 1998. **Recommended trucking practices.** [Online]. Available : http//www.grandin. com./behaviour/rec.Truck.html. 04/01/06.

Guise, H. J. and Warris, P. D. 1989. "A note on the stocking density and temperature on meat quality in pigs." **Anim. Prod.** 48: 480-482.

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.

Hoffman, K. 1990. **Definition and measurement of meat quality.** Proceedings of the 36th Ann. Int. Cong. of Meat Sci. and Tech., Cuba, p.941.

Honkavaara, M. 1989. "Influence of lairage on blood composition of pig and on the development of PSE pork." **Agric. Sci.** 61: 425-432.

Honikel, K. 1999. Influence of chilling of pork carcasses on physical quality traits. National Pork Producers Council Chilling Workshop. **National Pork Producers Council.** Des Moines, IA.

Honikel, K.O. and Reagan, J.O. 1986. "Influence of different chilling conditions on hot-boned pork." **J. Food Sci.** 51 : 766-768.

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.

Jaturasitha, S., Kamopas S., Suppadit T., Khiaosa-ard, R. and Kreuzer, M. 2006. "The effect of gender of finishing pigs slaughtered at 110 kilograms on performance, and carcass and meat quality." **Science Asia.** 32: 297 – 305.

Johnson, R. 2001. **The role of carcass chilling in the development of pork quality.** [Online]. Avalable: http://www.meatscience.org/Pubs/factsheets/chilling.pdf. 15/05/05.

Jones, S. D. M., Greer, G. G., Jeremiah, L. E., Murray, A. C. and Robertson, W. M. 1991. "Cryogenic chilling of pork carcasses: effect on muscle quality, bacterial populations and palatability." **Meat Sci.** 29: 1-16.

Joseph, K., John, K. and Ledward, D. 2002. **Meat Processing-Improving Quality.** [Online]. Avalable: http://www.knovel. com/knovel2/Toc.jsp?Book, 17/02/08.

Lambooij, E. and Van, Putten, G. 1993. Transport of pig. In: **Livestock Handling and Transport.** Edit. T. Grandin. CAB. International. Wallingford. UK. P. 213-231.

Lambooij, E., Hulsegge B., Klont R. E., Winkelman-Goedhart H. A., Reimert H. G. M. and Kranen R. W. 2004. "Effects of housing conditions of slaughter pig on some post mortem muscle metabolites and pork quality characteristics." **Meat Sci.** 66: 855-862.

Latorre, M. A., Lázaro R., Valencia D. G., Medel P. and Mateos, G. G. 2004. "The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs." **J. Anim. Sci.** 82: 526-533.

Leach, L. M., Ellis, M., Sutton, D.S., McKeith, F. K. and Wilson, E. R. 1996 "The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs." **J. Anim. Sci.** 74: 934-943.

Lebert, B., Massabie, P., Granier, R., Juin, H., Mourot, J. and Chevillon, P. 2002. "Influence of outdoor rearing and indoor temperature on growth performance, carcass, adipose tissue and muscle traits in pig, and on the technological and eating quality of dry-cured hams." **Meat Sci.** 62: 447-455.

Lawlor, P.G., Lynch, P. B., Mullane, J., Kerry, J. P., Hogan, S. A. and Allen, P. 2005. **Enhancement of pigmeat quality by altering pre-slaughter management.** [Online]. Avalable: http://www. teagasc.ie/research/reports/pigs/4939/eopr-4939.htm. 15/07/06.

Martoccia, L., Brambilla, G., Macri A., Moccia, G. and Cosentino, E. 1995. "The effect of transport on some metabolic parameters and meat quality in pigs." **Meat Sci.** 40: 271-277.

Monin, G., Talmant, A., Aillery, P. and Colas, G. 1995. "Effect on carcass weight and meat quality of pig dehaired by scalding or singeing post-mortem." **Meat Sci.** 39: 247-254.

Monin, G., Larzul, C., Roy P., Le, Culioli, J., Mourot, J., Rousset-Akrim, S., Talmant, A., Touraille, C. and Sellier, P. 1999. "Effect of the halothane genotype and slaughter weight on texture of pork." **J. Anim. Sci.** 77: 408-415.

Morgan Morrow, W. E. 2002. **Euthanasia: Balancing welfare, safety and convenience.** [Online]. Avalable: http://mark.asci.ncsu.edu/HealthyHogs/book1995/morrow.htm. 15/07/06.

Murray, A. 1999. Pork chilling: Canadian Research Update. Nation Pork Producers Council Chilling Workshop. **National Pork Producers Council.** Des Moines, IA.

Offer, G. 1991. "Modeling the formation of pale, soft and exudative meat: Effect of chilling regime and rate and extent of glycolysis." **Meat Sci.** 30: 157-184.

Penny, I. F. 1996. "Protein denaturation and water-holding-capacity in pork muscle." **J. Food Technol.** 4: 269-273.

Pérez, M.P., Palacio, J., Santolaria, M.P., Aceña, M.C., Chacónd, G., Gascón, M., Calvo, J.H., Zaragoza, P., Beltran, J.A. and García-Belenguer, S. 2002. "Effect of transport time on welfare and meat quality in pigs." **Meat Sci.** 61: 425-433.

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

Rosenvold, K. and Anderson, H. J. 2003. "Factors of significance for pork quality- A review." **Meat Sci.** 64: 219-237.

Smulder, F.J.M. and Eikelenboom, G. 1987. Accelerate meat processing microbiological aspects. 79-93. In Romita, A., Valin, C. and Taylor, A.A. **Accelerate Processing of Meat.** London : Elsevier Applied Science.

Sosnicki, A., Wilson, E., Sheiss, E. B. and de Vries, A. G. 1998. "Is there a cost-effective way to produce high quality pork?." **Meat Sci.** 51: 19-27.

Stephens, D. B. and Perry, G. C. 1990. "The effects of restraint, handling, stimulated and real transport in the pig." **Appl. Anim. Behav. Sci.** 28: 41-55.

Tarrant, P. V. 1998. **Some recent advances and future priorities in research for the meat industry.** Proceedings of the International Congress of Meat Science and Technology (Barcelona, Spain) 44: 2-13.

Troeger, K. and Woltersdorf, W. 1989. **Measuring stress in pigs during slaughter.** Fleischwirtschaft. 69:393-376.

Troegor, K. and Woltersdorf, W. 1991. **Gas anaesthesia of slaughter pig.** Fleischwirts. 71: 1063 - 1068.

Val der Wal, P. G., van Beek, G., Veerkamp, C. H. and Wijngaards, G. 1993. "The effect of scalding on subcutaneous and ham temperatures and ultimate pork quality." **Meat Sci.** 34: 395-402.

Val der Wal, P. G., Engel, B., Van Beek, G. and Veerkamp, C. H. 1995. "Chilling pig carcasses: Effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality." **Meat Sci.** 40: 193-202.

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.

Velarde, A., Gispert, M., Faucitano L., Manteca, X. and Diestre, A. 2000. "The effect of stunning methods on the incidence of PSE meat and heamorrhages in pork carcasses." **Meat Sci.** 55(3): 309-315.

Velarde, A., Gispert, M., Faucitano, L., Alonso, P., Manteca, X. and Diestre, A. 2001. "Effect of stunning procedure and the halothane genotype on meat quality and incidence of heamorrhages in pigs." **Meat Sci.** 58(3): 313-319.

Warriss, P. D., Brown, S. N., Bevis, E. A. and Kestin, S. C. 1990. "The influence of pre-slaughter transport and lairage on meat quality in pig of two genotypes." **Anim. Prod.** 56: 393-397.

Warriss, P. D. and Brown, S. N. 2000. **Pig Welfare and Meat Quality**: A United Kingdom View. School of Veterinary Science University of Bristal Langford, Bristol BS40 5DU, United Kingdom.

Wayne, D. 2004. **Porcine stress syndrome gene and pork production**. [Online]. Avalable: http://www.knovel. com/knovel2/Toc.jsp?Book. 17/02/08.

Weeding, C. M., Guise, H. J. and Penny, R. H. C. 1993. "Factors influenceing the welfare and carcass and meat quality of pig: the use of water sprays in lairage." **Anim. Prod.** 56: 393-397.

Wismer-Pedersen, J. 1987. Chemistry of animal tissue-Part 5. Water. P. 141-154. In: **The science of meat and meat products**. 3rd ed. Edit. Price, J. F. and Schweigert, B. S. Food and Nutrition Press, Inc. Westport, CN.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

## ขั้นตอนและกระบวนการฆ่าสุกรของโรงฆ่าที่ 1

ฟาร์มเลี้ยงสัตว์

ทางเดินขึ้นสำหรับสัตว์ไปยังรถขนสัตว์

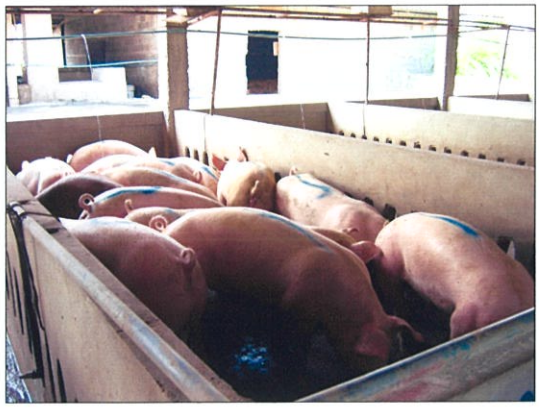
การต้อนสัตว์ขึ้นรถ

การขนส่งสัตว์จากฟาร์มไปยังโรงฆ่า

ทางเดินลงสำหรับสัตว์ไปยังคอกพัก

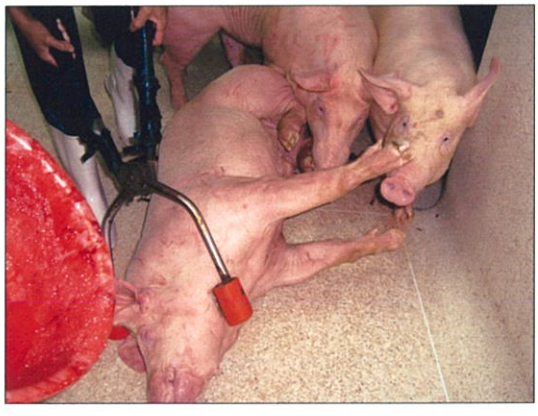
การต้อนสัตว์ไปยังคอกพัก

การชั่งน้ำหนักสัตว์



คอกพักสัตว์

การทำให้สัตว์สลบ



ลักษณะการสลบของสัตว์

การแทงคอเอาเลือดออก

การแขวนซากหลังจากแทงคอ

การลวกซากในเครื่องลวกซากและขูดขน

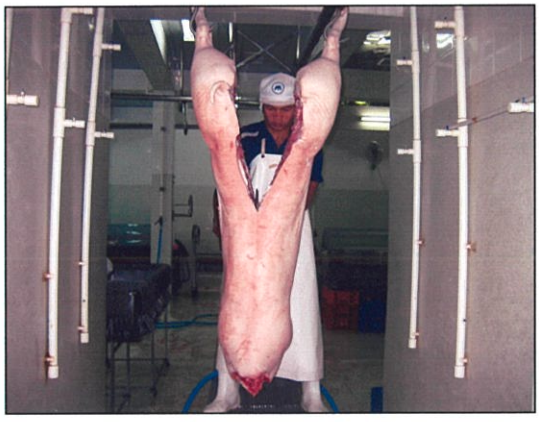
การขูดขน

การตัดหัว

การทำความสะอาดขนบริเวณหัว

การเปิดซาก

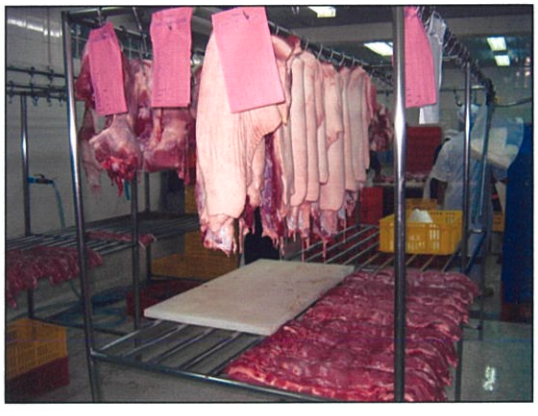
การเอาเครื่องในออก



การผ่าแบ่งครึ่งซาก

การทำความสะอาดซาก

การตัดแต่ง



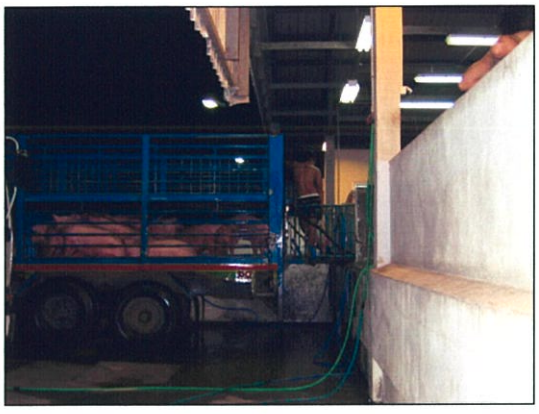
การลดอุณหภูมิชิ้นส่วน

การวัดค่า pH และอุณหภูมิที่เนื้อสันนอกของชิ้นเนื้อ

# ภาคผนวก ข

## ขั้นตอนและกระบวนการฆ่าสุกรของโรงฆ่าที่ 2

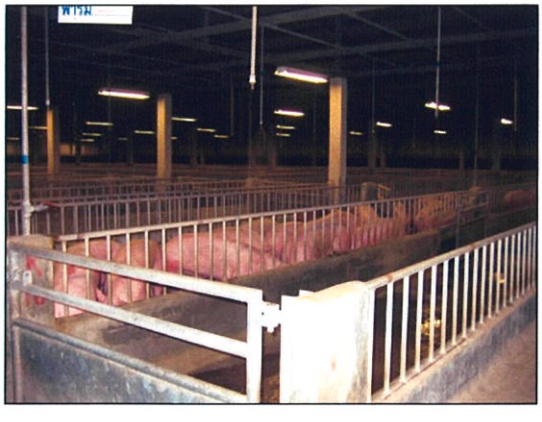
การขนย้ายสุกร



การนำสุกรลงจากรถโดยใช้เขื่อนเทียบอัตโนมัติ

การไล่ต้อนสุกรลงจากรถบรรทุก

การชั่งน้ำหนักสุกรมีชีวิต



คอกพักสัตว์

เครื่องทำให้สลบด้วย $CO_2$

การแทงคอ

การปล่อยให้เลือดออก

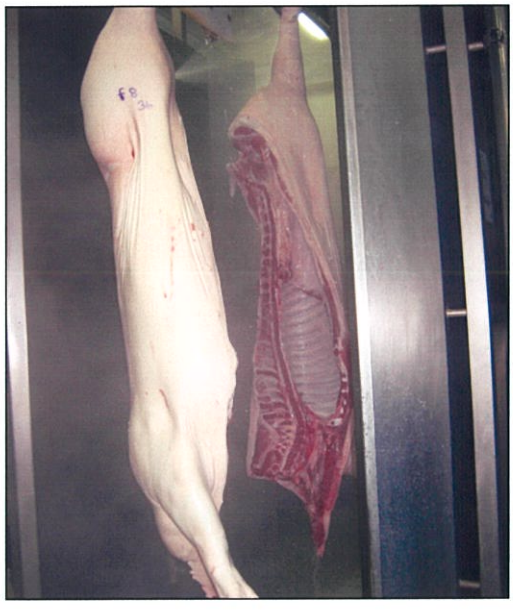
การลวกซากโดยใช้ระบบพ่นน้ำร้อน

การขูดขน

การเผาขน

การตัดหัวและผ่าท้องเอาเครื่องในออก

การแต่งเอาต่อมน้ำเหลืองออก



การพ่นซากด้วยน้ำแรงดันสูง

การลดอุณหภูมิซาก

# ภาคผนวก ค

## ขั้นตอนและกระบวนการฆ่าสุกรของโรงฆ่าที่ 3

ฟาร์มเลี้ยงสัตว์

รถที่ใช้ในการขนย้ายสุกร

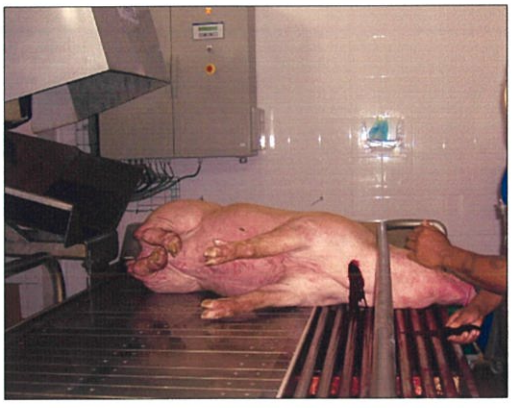
การขนสุกรลงจากรถ

การชั่งน้ำหนักสุกร

คอกพักสัตว์

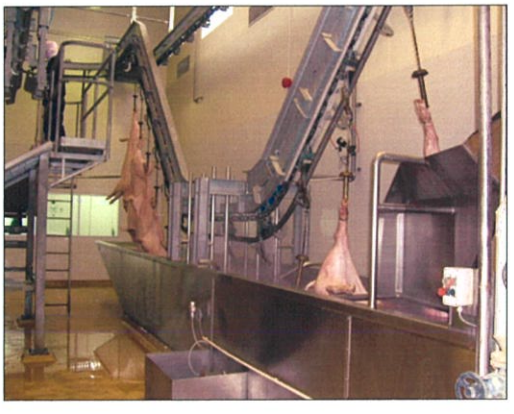
การต้อนสุกรเพื่อเข้าฆ่า

เครื่องทำให้สลบด้วยไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ



การแทงคอ

การเอาเลือดออก



การลวกซาก

การขูดขน

การถอดกีบเท้า

การขูดขนที่เหลือด้วยคน

การเผาขน

การปัดซาก

การตัดหัว

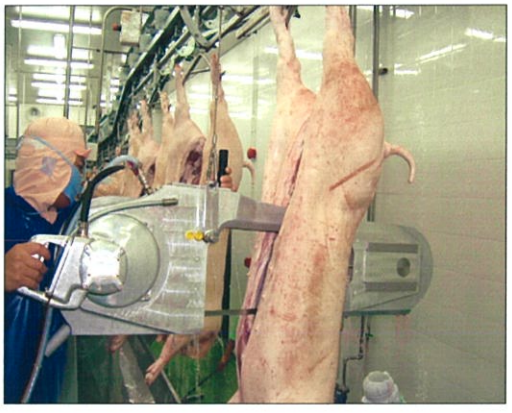
การผ่าท้องเพื่อผูกทวาร

การเอาเครื่องในออก

อุปกรณ์สำหรับใส่เครื่องใน

การแยกและทำความสะอาดเครื่องในแดง

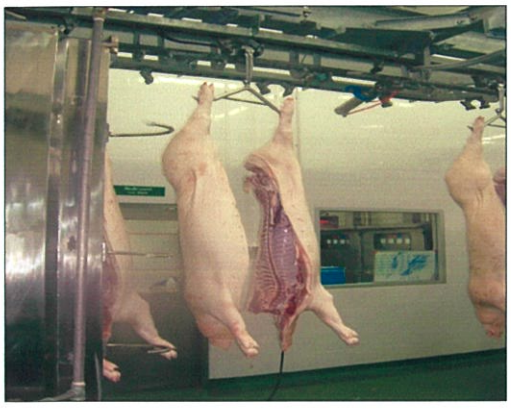
การแยกและทำความสะอาดเครื่องในขาว



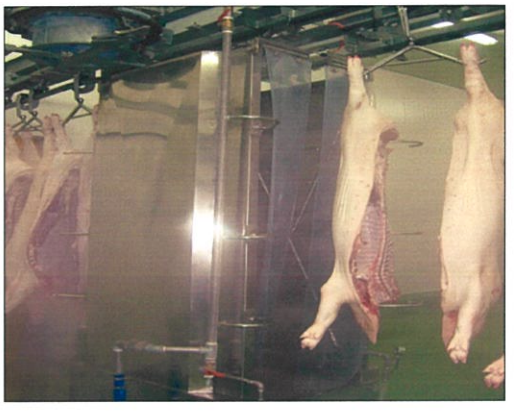
การผ่าแบ่งครึ่งซาก

การตรวจซากหลังกระบวนการฆ่า

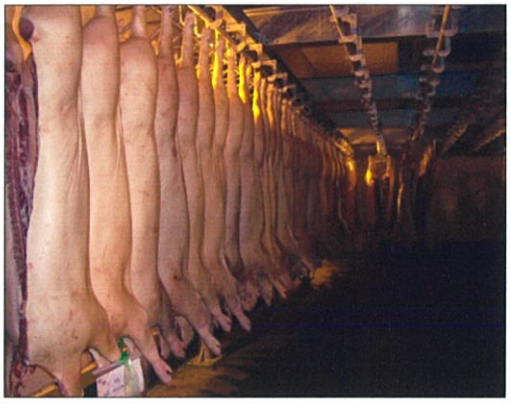
การเกรดซาก



การชั่งน้ำหนักซาก



การล้างซากโดยพ่นด้วยน้ำแรงดันสูง



การลดอุณหภูมิซาก

การตัดแต่ง

การวัดค่า pH และอุณหภูมิที่เนื้อสันนอกของซากสุกร

# ภาคผนวก ง

**ตารางภาคผนวกที่ ง 1** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยด้าน เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ ที่มีอิทธิพลต่อค่า pH ภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 1

Dependent Variable: $pH_1$

| Source | DF | SS | MS | F | Pr > F |
|---|---|---|---|---|---|
| Model | 8 | 3.84767641 | 0.48095955 | 2.95 | 0.0035 |
| Error | 280 | 45.65391114 | 0.16304968 | | |
| Corrected Total | 288 | 49.50158754 | | | |
| Source | DF | Type III SS | MS | F | Pr > F |
| SEX | 1 | 0.01035789 | 0.01035789 | 0.06 | 0.8012 |
| WT | 2 | 1.72933754 | 0.86466877 | 5.30 | 0.0055 |
| TIME | 2 | 0.52174507 | 0.26087254 | 1.60 | 0.2037 |
| LAIR | 3 | 0.88925185 | 0.29641728 | 1.82 | 0.1441 |

R-Square = 0.077728 C.V. = 5.869278 Root MSE = 0.403794 pH Mean = 6.87979239

pH คือ ความเป็นกรด- ด่างในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาที ภายหลังสัตว์ตาย

SEX คือ เพศ

WT คือ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า

TIME คือ ระยะเวลาการขนย้ายสุกร

LAIR คือ ระยะเวลาในการพักสัตว์

**ตารางภาคผนวกที่ ง 2** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยด้าน เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 1

Dependent Variable: $Temp_1$

| Source | DF | SS | MS | F | Pr > F |
|---|---|---|---|---|---|
| Model | 8 | 611.0148942 | 76.3768618 | 7.23 | 0.0001 |
| Error | 280 | 2956.9187640 | 0.5604242 | | |
| Corrected Total | 288 | 3567.9336581 | | | |
| Source | DF | Type III SS | MS | F | Pr > F |
| SEX | 1 | 11.3580694 | 11.3580694 | 1.08 | 0.3006 |
| WT | 2 | 110.5447682 | 55.2723841 | 5.23 | 0.0059 |
| TIME | 2 | 292.8050156 | 146.4025078 | 13.86 | 0.0001 |
| LAIR | 3 | 51.7843872 | 17.2614624 | 1.63 | 0.1816 |

R-Square = 0.171252 C.V. = 11.56866 Root MSE = 3.249681 Temp Mean = 28.0903806

Temp คือ อุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

SEX คือ เพศ

WT คือ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า

TIME คือ ระยะเวลาการขนย้ายสุกร

LAIR คือ ระยะเวลาในการพักสัตว์

**ตารางภาคผนวกที่ ง 3** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยด้าน เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ ที่มีอิทธิพลต่อค่า pH ภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 2

Dependent Variable: $pH_1$

| Source | DF | SS | MS | F | Pr > F |
|---|---|---|---|---|---|
| Model | 6 | 2.10084231 | 0.35014039 | 5.58 | 0.0001 |
| Error | 622 | 39.02090077 | 0.06273457 | | |
| Corrected Total | 628 | 41.12174308 | | | |
| Source | DF | Type III SS | MS | F | Pr > F |
| SEX | 1 | 0.04927537 | 0.04927537 | 0.79 | 0.3758 |
| WT | 3 | 0.47136714 | 0.15712238 | 2.50 | 0.0582 |
| TIME | 1 | 0.53881594 | 0.53881594 | 8.59 | 0.0035 |
| LAIR | 1 | 1.28825923 | 1.28825923 | 20.54 | 0.0001 |

R-Square = 0.051088 C.V. = 3.826309 Root MSE = 0.250469 pH Mean = 6.54596184

pH คือ ความเป็นกรด- ด่างในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาที ภายหลังสัตว์ตาย

SEX คือ เพศ

WT คือ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า

TIME คือ ระยะเวลาการขนย้ายสุกร

LAIR คือ ระยะเวลาในการพักสัตว์

**ตารางภาคผนวกที่ ง 4** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยด้าน เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 2

Dependent Variable: $Temp_1$

| Source | DF | SS | MS | F | Pr > F |
|---|---|---|---|---|---|
| Model | 6 | 420.1525124 | 70.0254187 | 105.29 | 0.0001 |
| Error | 622 | 413.6645306 | 0.6650555 | | |
| Corrected Total | 628 | 833.8170429 | | | |
| Source | DF | Type III SS | MS | F | Pr > F |
| SEX | 1 | 0.0077749 | 0.0077749 | 0.01 | 0.9139 |
| WT | 3 | 167.6885743 | 55.8961914 | 84.05 | 0.0001 |
| TIME | 1 | 199.8295844 | 199.8295844 | 300.47 | 0.0001 |
| LAIR | 1 | 203.2928468 | 203.2928468 | 305.68 | 0.0001 |

R-Square = 0.503891 C.V. = 2.070138 Root MSE = 0.815509 Temp Mean = 39.3939587

Temp คือ อุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

SEX คือ เพศ

WT คือ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า

TIME คือ ระยะเวลาการขนย้ายสุกร

LAIR คือ ระยะเวลาในการพักสัตว์

**ตารางภาคผนวกที่ ง 5** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยด้าน เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ ที่มีอิทธิพลต่อค่า pH ภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 3

Dependent Variable: $pH_1$

| Source | DF | SS | MS | F | Pr > F |
|---|---|---|---|---|---|
| Model | 7 | 6.65067059 | 0.95009580 | 10.89 | 0.0001 |
| Error | 326 | 28.43752702 | 0.08723168 | | |
| Corrected Total | 333 | 35.08819760 | | | |
| Source | DF | Type III SS | MS | F | Pr > F |
| RA | 1 | 0.89401443 | 0.89401443 | 10.25 | 0.0015 |
| SEX | 1 | 0.26768906 | 0.26768906 | 3.07 | 0.0808 |
| WT | 3 | 0.32410675 | 0.10803558 | 1.24 | 0.2957 |
| LAIR | 2 | 0.20732281 | 0.10366141 | 1.19 | 0.3060 |

R-Square = 0.189542 C.V. = 4.650612 Root MSE = 0.295350 pH Mean = 6.35077844

pH คือ ความเป็นกรด- ด่างในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาที ภายหลังสัตว์ตาย

RA คือ เพศ

SEX คือ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า

WT คือ ระยะเวลาการขนย้ายสุกร

LAIR คือ ระยะเวลาในการพักสัตว์

**ตารางภาคผนวกที่ ง 6** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปัจจัยด้าน เพศ น้ำหนักส่งเข้าฆ่า ระยะเวลาในการขนย้ายสุกร และระยะเวลาในการพักสัตว์ ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิภายหลังสัตว์ตาย 45 นาที ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของโรงฆ่าสุกรที่ 3

Dependent Variable: $Temp_1$

| Source | DF | SS | MS | F | Pr > F |
|---|---|---|---|---|---|
| Model | 7 | 1351.587814 | 193.083973 | 26.91 | 0.0001 |
| Error | 326 | 2338.782126 | 7.174178 | | |
| Corrected Total | 333 | 3690.369940 | | | |
| Source | DF | Type III SS | MS | F | Pr > F |
| RA | 1 | 261.1246245 | 261.1246245 | 36.40 | 0.0001 |
| SEX | 1 | 3.5775474 | 3.5775474 | 0.50 | 0.4806 |
| WT | 3 | 93.3900704 | 31.1300235 | 4.34 | 0.0051 |
| LAIR | 2 | 768.6405639 | 384.3202819 | 53.57 | 0.0001 |

R-Square = 0.366247 C.V. = 7.642691 Root MSE = 2.678466 Temp Mean = 35.0461078

Temp คือ อุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

RA คือ เพศ

SEX คือ น้ำหนักมีชีวิตส่งฆ่า

WT คือ ระยะเวลาการขนย้ายสุกร

LAIR คือ ระยะเวลาในการพักสัตว์

**ตารางภาคผนวกที่ ง 7** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านปัจจัยของรูปแบบของการจัดการ 3 โรงฆ่าที่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เวลา 45 นาที ภายหลังสัตว์ตาย ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*)

Dependent Variable: $pH_1$

| Source | DF | SS | MS | F | Pr > F |
|---|---|---|---|---|---|
| Model | 2 | 43.35716431 | 21.67858216 | 207.16 | 0.0001 |
| Error | 1266 | 132.48564483 | 0.10464901 | | |
| Corrected Total | 1268 | 175.84280914 | | | |
| Source | DF | Type III SS | MS | F | Pr > F |
| S | 2 | 43.35716431 | 21.67858216 | 207.16 | 0.0001 |

R-Square = 0.246568 C.V. = 4.921849 Root MSE = 0.323495 pH Mean = 6.57263199

pH คือ ความเป็นกรด- ด่างในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาที ภายหลังสัตว์ตาย

S คือ รูปแบบของการจัดการแต่ละโรงฆ่า

**ตารางภาคผนวกที่ ง 8** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านปัจจัยของรูปแบบของการจัดการ 3 โรงฆ่าที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิ ที่เวลา 45 นาที ภายหลังสัตว์ตายในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*)

Dependent Variable: $Temp_1$

| Source | DF | SS | MS | F | Pr > F |
|---|---|---|---|---|---|
| Model | 2 | 25700.57334 | 12850.28667 | 1997.04 | 0.0001 |
| Error | 1266 | 8146.27355 | 6.43466 | | |
| Corrected Total | 1268 | 33846.84690 | | | |
| Source | DF | Type III SS | MS | F | Pr > F |
| S | 2 | 25700.57334 | 12850.28667 | 1997.04 | 0.0001 |

R-Square = 0.759320 C.V. = 7.128798 Root MSE = 2.536662 Temp Mean = 35.5833097

Temp คือ อุณหภูมิในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ที่เวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย

S คือ รูปแบบของการจัดการแต่ละโรงฆ่า

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นางสาวอารีรัตน์ นิลวัฒนา |
| วัน เดือน ปีเกิด | วันที่ 7 เดือนกันยายน พ.ศ. 2518 |
| ที่อยู่ | 591/2 หมู่ที่ ตำบลหนองปลิง อำเภอเมืองนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ 60000 |
| ประวัติการศึกษา | พ.ศ. 2536 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์<br>พ.ศ. 2541 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (วิทยาศาสตรบัณฑิต) สาขาสัตวศาสตร์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร |
| ผลงานวิจัย | |
| พ.ศ. 2549 | การลดลงของ pH และอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อ Semimenbranosus ภายหลังกระบวนการฆ่าในโรงฆ่าสุกรขนาดใหญ่และโรงฆ่าสุกรขนาดเล็ก. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 35 น. |
| พ.ศ. 2551 | อิทธิพลของปัจจัยก่อนกระบวนการฆ่าบางประการที่มีผลต่อค่า $pH_1$ ในกล้ามเนื้อสันนอก (M. *longissimus dorsi*) ของสุกรทางการค้า. การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 4. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 149-153 น. |