

รายงานการวิจัย

เรื่อง

อิทธิพลของการลดอุณหภูมิในเนื้อที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสุกร

Chilling Effects on Quality of Pork



ภายใต้การสนับสนุนจากหมวดเงินอุดหนุนงานวิจัย
งานวิจัยประยุกต์สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประจำปีงบประมาณ 2540

RCH
TX
556.P8

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพฯ

๑๖๓/๗

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 34414

วัน, เดือน, ปี- 1 พ.ย. 2542

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมีการดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากหมวดเงินทุนอุดหนุนงานวิจัย งานวิจัยประยุกต์สาขา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปีงบประมาณ 2540 โดยได้รับความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล จาก น.ส. อมรรัตน์ ตันบุญจิตต์ และ น.ส. สายชล เลิศสุวรรณ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล คณะผู้จัดทำการวิจัยใคร่ขอ ขอบพระคุณที่ได้มีส่วนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คณะผู้ทำงานวิจัย

14 กรกฎาคม 2542



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วในเนื้อ ที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสุกร โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกศึกษาถึงอิทธิพลของการลดอุณหภูมิที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสุกร ทำการวางแผนการทดลองแบบ 2x3 factorial in Completely Randomized Design (factorial in CRD) โดยศึกษาผลของวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม โดยเก็บเนื้อไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 6 ชั่วโมงและการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็ว โดยเก็บเนื้อไว้ที่อุณหภูมิ -18 °ซ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง หลังจากนั้นย้ายเนื้อจากวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม และแบบรวดเร็วมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °ซ ในระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ส่วนการทดลองที่ 2 ศึกษาถึงอิทธิพลของการลดอุณหภูมิที่มีผลต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อ วางแผนการทดลองแบบ 2x5 factorial in CRD โดยศึกษาผลของวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม และแบบรวดเร็วในระยะเวลา 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย จากการทดลองที่ 1 พบว่าการสูญเสียน้ำของเนื้อไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติ ส่วนความนุ่มของเนื้อพบว่าเนื้อที่ได้จากการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิมมีความนุ่มมากกว่าเนื้อที่ได้จากการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็ว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 4.94 และ 5.62 กิโลกรัม ทางด้านสีของเนื้อพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าค่าสีของเนื้อที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วจะมีความเข้มสีมากกว่า ส่วนการทดลองที่ 2 พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อจากการลดอุณหภูมิทั้ง 2 วิธีการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Abstract

This experiment was studies about the rapid chilling effects on quality of pork. The experiment's divided two parts. The first part was study of the chilling effects on quality of pork. This experiment was conducted to 2x3 factorial in CRD. By the effect of conventional chilling method, it's derived from keeping meat at 4 °C for 6 hours and the effect of rapid chilling method's come from maintaining meat at -18 °C for 6 hours. And then the meat from rapid chilling and conventional chilling were moved to keep at 4 °C for 24, 48 and 72 hours post mortem. The other part was study of the chilling effects on quantity of microbial on pork. This experiment was planned to 2x5 factorial in CRD. By the effects of conventional chilling and rapid chilling, they were studied for 6, 12, 24, 48 and 72 hours post mortem. The first experiment found that values of evaporation loss were no significant differences and in the tenderness values, meat from conventional chilling was significantly higher than meat from rapid chilling (Shear Forces equal 4.94 and 5.62 kg.). The color value of meat was found that had no significance but the colored inclination of meat derived from rapid chilling was more color than meat from conventional chilling. And the last, the quantity of microbial had no significance that was derived from the both chilling.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
อุปกรณ์และวิธีการ	7
ผลและวิจารณ์	11
สรุป	16
เอกสารอ้างอิง	17
ภาคผนวก	19
ประวัติผู้วิจัย	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำของเนื้อ	11
2	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิใจกลางเนื้อสันนอกจากวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม และแบบรวดเร็ว ในช่วงเวลา 6, 12, 18, 24, 48 และ 72 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย	12
3	ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ในกล้ามเนื้อสันนอกจากวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม และแบบรวดเร็ว ในช่วงเวลา 6, 12, 18, 24, 48 และ 72 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย	12
4	อิทธิพลของระยะเวลาเก็บรักษาเนื้อที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำของเนื้อ	13
5	อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ	13
6	อิทธิพลของระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ	14
ตารางผนวกที่		
1	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของกล้ามเนื้อสันนอก <i>M. longissimus dorsi</i>	20
2	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Least Squares Means ของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อสันนอก <i>M. longissimus dorsi</i>	20
3	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความนุ่มของเนื้อสันนอก <i>M. longissimus dorsi</i>	21
4	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Least Squares Means ของค่าความนุ่มของเนื้อสันนอก <i>M. longissimus dorsi</i>	21
5	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเข้มข้นสีในกล้ามเนื้อสันนอก <i>M. longissimus dorsi</i>	22
6	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Least Square Means ของค่าความเข้มของสีเนื้อสันนอก <i>M. longissimus dorsi</i>	22
7	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในกล้ามเนื้อสันนอก <i>M. longissimus dorsi</i>	23

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กราฟแสดงแนวโน้มค่าความเข้มของสีเนื้อที่ได้รับการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม และแบบรวดเร็ว	15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของการลดอุณหภูมิในเนื้อที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสุกร

Chilling Effects on Quality of Pork

จตุรรัตน์ เศรษฐกุล¹ ภัทรภรณ์ เชื้อนันทา² และ รุจริน ลิ้มศุภวานิช²

Jutarat Sethakul, Pattaraporn Chuananta and Rucharin Limsupavanich

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล. กรุงเทพฯ 10520

Dep. of Animal Production Technology, Fac. of Agricultural Technology, KMITL, Bangkok 10520

²ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. กรุงเทพฯ 10520

Dep. of Agricultural Education, Fac. of Industrial Education, KMITL, Bangkok 10520

คำนำ

การจัดการเนื้อสัตว์ภายหลังกระบวนการฆ่าเพื่อให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพดีโดยเฉพาะคุณสมบัติทางด้านความนุ่มของเนื้อ (tenderness) และกลิ่น (flavor) นั้นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ภายหลังจากการตายกล้ามเนื้อจะเกิดการเกร็งตัว (rigor mortis) ทำให้เนื้อมีความเหนียวมาก ดังนั้นขั้นตอนการบ่มเนื้อ (ageing) จึงมีความจำเป็นเพื่อให้เอ็นไซม์ที่อยู่ในกล้ามเนื้อทำการย่อยสลายโปรตีนในเนื้อให้เล็กลง ซึ่งขั้นตอนการบ่มเนื้อจะต้องให้ความเย็นหรือลดอุณหภูมิในเนื้อ (chilling) เพื่อเป็นการรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น กระบวนการลดอุณหภูมิเนื้อสัตว์หรือซากสัตว์ภายหลังกระบวนการฆ่ามักปฏิบัติโดยการเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 0-4 °C จนอุณหภูมิใจกลางเนื้อประมาณ 4 °C ซึ่งประโยชน์ของการลดอุณหภูมียังช่วยลดการปนเปื้อนและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อีกด้วย

โรงฆ่าสัตว์ในประเทศไทยในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังไม่ได้นำเอาวิธีการลดอุณหภูมิมาใช้ เนื่องจากความรู้ในเรื่องเกี่ยวกับการลดอุณหภูมิซากยังไม่แพร่หลาย การลดอุณหภูมิเนื้อส่วนใหญ่จะมีการกระทำในส่วนของผู้บริโภค เช่น การวางขายเนื้อสัตว์ในรูปแบบเนื้อบรรจุภาชนะแช่เย็น หรือการที่ผู้บริโภคซื้อเนื้อมาเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นซึ่งเป็นการดำเนินการที่ล่าช้ามีผลทำให้คุณภาพของเนื้อลดลง ดังนั้นจึงควรทำการศึกษากระบวนการลดอุณหภูมิของซากหรือเนื้อขณะที่อยู่ในโรงฆ่าสัตว์ หรือเนื้อที่ผ่านกระบวนการฆ่าเป็นระยะเวลาไม่นาน เพื่อให้ได้เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพที่ดีทั้งในด้านความนุ่ม ความสะอาด และรสชาติ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคภายในประเทศที่จะได้รับสินค้าที่มีคุณภาพมากขึ้นกว่าเป็นอยู่ในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงผลของการลดอุณหภูมิในเนื้อ ที่มีต่อคุณภาพเนื้อสุกร
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม (conventional chilling) และแบบรวดเร็ว (rapid chilling) เมื่อเก็บรักษาในระยะเวลาต่างกัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการเนื้อสัตว์ภายหลังกระบวนการฆ่า โดยทั่วไปแล้วจะนำซากไปเก็บไว้ในห้องเย็น อุณหภูมิประมาณ $0-5^{\circ}\text{C}$ เพื่อให้อุณหภูมิใจกลางเนื้อได้ประมาณ $7-10^{\circ}\text{C}$ ทั้งนี้เนื่องจากภาย หลังสัตว์ตายกล้ามเนื้อเกิดการเกร็งตัวทำให้เนื้อมีความเหนียวมากจึงต้องทำการบ่มซากเพื่อให้ เ็นไซม์ที่อยู่ในเนื้อออกมาย่อยเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้เนื้อมีความนุ่ม (Koochmaraie, 1994) ดังนั้นการลดอุณหภูมิในเนื้อจึงมีวัตถุประสงค์ในการยับยั้งการเจริญเติบโต ของเชื้อจุลินทรีย์ควบคุมคุณภาพเนื้อให้คงสภาพนานที่สุด และนอกจากนี้ยังทำให้เกิดความ สะดวกในการตัดแต่งอีกด้วย

วิธีการลดอุณหภูมิเนื้อ

การลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม (Conventional chilling)

จุฑารัตน์ (2540) ได้กล่าวถึงวิธีการจัดการเนื้อสัตว์ภายหลังกระบวนการฆ่า โดยการนำ เนื้อไปเก็บไว้ในห้องเย็นซึ่งมีอุณหภูมิระหว่าง $0-4^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิใจกลางเนื้อ (core temperature) ลดลงถึง 4°C หรือให้อุณหภูมิของเนื้อที่บริเวณผิวนอกสูงไม่เกิน 7°C ระหว่างที่อุณหภูมิของเนื้อค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ นี้อาจมีผลต่อคุณภาพเนื้อ ซึ่งได้แก่ปริมาณ เชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อเพิ่มมากขึ้น และปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเนื้อ (anaerobic glycolysis) จะเกิดขึ้นเร็วกว่าวิธีการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว Henrickson และ Asghar (1985) ได้รายงานว่าความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา glycolysis ในกล้ามเนื้อให้เกิดเร็วขึ้นทำให้ได้ผลผลิต คือกรดแลคติกและความร้อนเกิดขึ้นมาก ซึ่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นนี้จะไปมีผลทำให้ค่า pH ภายใน กล้ามเนื้อลดลง

การลดอุณหภูมิแบบรวดเร็ว (Rapid chilling)

เป็นการนำเนื้อไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C ซึ่งระดับอุณหภูมิจะต่ำมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าต้องการย่นระยะเวลาของการลดอุณหภูมิให้เร็วหรือช้า เมื่ออุณหภูมิของเนื้อลดลงได้ถึงประมาณ $4-7^{\circ}\text{C}$ ก็จะนำเนื้อนั้นไปเก็บที่อุณหภูมิ $0-4^{\circ}\text{C}$ (Gigiel และคณะ, 1989) ทั้งนี้การลดอุณหภูมิเนื้ออย่างรวดเร็วควรระวังเรื่องการเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากความเย็น (cold shortening) โดยเฉพาะอย่างยิ่งมักเกิดขึ้นกับเนื้อโค และเนื้อแกะ แต่สำหรับเนื้อสุกรและเนื้อสัตว์ปีกนั้นโอกาสที่จะเกิดน้อยมาก ยกเว้นถ้าการลดอุณหภูมิของเนื้อต่ำกว่า 7°C ภายในเวลาน้อยกว่า 3 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายจะมีโอกาสเกิดสูง วิธีการลดอุณหภูมิที่อาจป้องกันการเกิด cold shortening ในเนื้อโค และเนื้อแกะคือ การลดอุณหภูมิภายในเนื้อหลังสัตว์ตาย 10 ชั่วโมงไม่ควรต่ำกว่า 10°C หรือไม่ทำให้อุณหภูมิกายในเนื้อลดต่ำกว่า 10°C ก่อนที่ค่า pH ในเนื้อจะลดลงน้อยกว่า 6.2 (Pisula และ Tyburcy, 1996)

จุฑารัตน์ (2540) ได้กล่าวว่าวิธีการลดอุณหภูมิเนื้อแบบรวดเร็วที่นิยมกระทำกันมีอยู่ 3 แบบดังนี้

1. Rapid chilling หมายถึง การลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยนำเนื้อไปเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ -1 ถึง 1°C ความชื้นสัมพัทธ์ 85-90% ความเร็วลม 1-4 เมตร/วินาที สำหรับเนื้อสุกรจะใช้เวลาประมาณ 15-18 ชั่วโมง และเนื้อโคจะใช้เวลาประมาณ 15-36 ชั่วโมง เพื่อที่จะลดอุณหภูมิเนื้อลงได้ถึง 7°C
2. Shock chilling หรือ Very rapid chilling หมายถึง การลดอุณหภูมิเนื้อลงอย่างรวดเร็วมาก ทั้งนี้เพื่อให้อุณหภูมิกายในเนื้อลดลงถึง 7°C ภายในระยะเวลาที่รวดเร็ว ซึ่งการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วนี้จะทำให้มีโอกาสที่จะเกิด cold shortening ขึ้นได้มาก ดังนั้นการลดอุณหภูมิโดยวิธีการนี้ควรกระทำเป็น 2 ช่วงคือ

ช่วงแรก กระทำโดยนำซากไปเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ -5 ถึง -8°C ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ความเร็วลม 1-4 เมตร/วินาที

ช่วงต่อมา กระทำโดยนำซากไปเก็บในห้องเย็นที่อุณหภูมิ $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ 90% ความเร็วลม 0.1-0.3 เมตร/วินาที เป็นเวลา 12-13 ชั่วโมง

เพื่อให้อุณหภูมิกายในเนื้อต่ำกว่า 7°C ซึ่งจะใช้เวลารวม 2 ช่วงน้อยกว่าวิธี Rapid chilling

3. Ultra rapid chilling หมายถึง วิธีการที่สามารถทำให้น้ำเนื้อลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วมากขึ้น โดยการนำเนื้อไปเก็บไว้ที่ห้องที่มีอุณหภูมิ -20 ถึง -30 °ซ ความชื้นสัมพัทธ์ 100% ความเร็วลม 0.2 เมตร/วินาที เป็นเวลา 11-13 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้เนื้อนั้นมีอุณหภูมิต่ำกว่า 7 °ซ ซึ่งจะใช้เวลาสั้นที่สุด และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการระเหยของน้ำ (evaporation loss) ในระหว่างการเก็บเย็นน้อยที่สุด.

อิทธิพลของการลดอุณหภูมิในเนื้อที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ

อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิในเนื้อที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำของเนื้อ

Boakye และ Mittal (1993) กล่าวว่า การสูญเสีย น้ำของเนื้อ มีความสัมพันธ์กับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity) โดยเนื้อที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำก็ จะทำให้มีการสูญเสีย น้ำของเนื้อสูง เนื่องจากขบวนการ glycolysis ที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อ ภายหลังสัตว์ตายจะทำให้เกิดกรดแลคติกขึ้น ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นในเนื้อนี้จะมีผลทำให้โปรตีนในกล้ามเนื้อสูญเสียความสามารถในการจับกับโมเลกุลน้ำภายในเนื้อ ทำให้น้ำที่อยู่ในกล้ามเนื้อถูกปลดปล่อยออกมา ดังรายงานของ Lopez-Bote และคณะ (1989) กล่าวว่า ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อมีความสำคัญต่อคุณภาพของเนื้อ โดยเนื้อที่มีคุณสมบัติของการอุ้มน้ำต่ำจะมีการสูญเสีย น้ำออกจากเนื้อในระหว่างการเก็บรักษา (shrinkage loss) เช่น การเก็บเนื้อในห้องเย็นซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการสูญเสีย น้ำหนักของเนื้อได้ ถ้าโปรตีนในเนื้ออุ้มน้ำไว้ไม่ดีจะทำให้มีการสูญเสีย น้ำระหว่างกระบวนการผลิตสูงทำให้เนื้อค่อนข้างแห้งกระด้างไม่น่าบริโภค Kastner และคณะ (1973) รายงานว่าการสูญเสีย น้ำของเนื้อในระหว่างการเก็บในห้องเย็นปกติจะมีค่าประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ใน 24 ชั่วโมงแรก และจะเพิ่มขึ้นในระยะเวลาต่อมา ดังนั้นเพื่อลดการสูญเสีย น้ำของเนื้อในระหว่างการเก็บเย็นจึงได้นำเอาวิธีการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วมาใช้เพื่อลดการสูญเสีย น้ำเนื่องจากการระเหย และยังทำให้สามารถเก็บรักษาเนื้อได้นานยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ James และคณะ (1983) เปรียบเทียบวิธีการลดอุณหภูมิเนื้อแบบรวดเร็วโดยใช้ อุณหภูมิ -30 °ซ ความเร็วลม 1 เมตร/วินาที เป็นเวลา 4 ชั่วโมง และการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าวิธีการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วช่วยลดการสูญเสีย น้ำได้ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ และลดระยะเวลาในการบ่มซากในห้องเย็นจาก 14 ชั่วโมง เป็น 4 ชั่วโมง ทำให้นเนื้อมีการหมუნเวียนในห้องเย็นได้มากกว่าเดิม 3 เท่า ทำให้ช่วยลดปัญหาพื้นที่ในห้องเย็นอีกด้วย

อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิในเนื้อที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ

Rhonda (1994) ได้กล่าวว่าความนุ่มของเนื้อนั้นมีความสัมพันธ์เป็นอย่างมากกับเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) และ ลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) โดยเนื้อที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในปริมาณมากก็จะมีคามเหนียวมาก กล้ามเนื้อส่วนที่มีลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หยาบและมีขนาดใหญ่จะมีความเหนียวมากกว่ากล้ามเนื้อที่มีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อเล็ก นอกจากนี้ขนาดของ sarcomere ในเส้นใยกล้ามเนื้อก็มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ โดยปกติการยืดหดตัวของกล้ามเนื้อ (contraction) หมายถึงการหดตัวและคลายตัวออกที่ระดับซาร์โคเมียร์ในเส้นใยย่อยของกล้ามเนื้อ ซัยณรงค์ (2529) ได้อธิบายกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อไว้ว่า กล้ามเนื้อในขณะที่พักตัว Ca^{2+} ส่วนใหญ่ถูกเก็บไว้ในซาร์โคพลาสติคเรติคิวลัม ในขณะที่ ATP อยู่ในรูป ATP-complex ทำหน้าที่ป้องกันการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยไม่ให้แอกตินทำปฏิกิริยากับไมโอซินเกิดแอกโตไมโอซินขึ้น นอกจากนี้โปรตีนโทรโปนินและโทรโปไมโอซินก็ยังช่วยทำหน้าที่ป้องกันการเกิดแอกโตไมโอซินอีกด้วย เมื่อมีกระแสประสาทมามายังเส้นใยกล้ามเนื้อจะไปมีผลทำให้ Ca^{2+} ถูกปล่อยออกมาไปยังซาร์โคพลาสซึม โดย Ca^{2+} จะไปจับกับโทรโปนินทำให้เกิดการปลดปล่อยโทรโปนินและโทรโปไมโอซิน จึงทำให้ไม่สามารถป้องกันการเกิดแอกโตไมโอซินได้ โดยไมโอซินจะทำการดึงเอาแอกตินเข้าสู่ใจกลางของซาร์โคเมียร์เกิดการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อขึ้น เมื่อเนื้อได้รับความเย็นอย่างรวดเร็ว Henrickson และ Asghar (1985) ได้อธิบายว่า Ca^{2+} ที่ออกจากซาร์โคพลาสติคเรติคิวลัมไม่สามารถกลับเข้าที่เดิมได้ ดังนั้นจึงมี Ca^{2+} อุดหนุนอยู่ในซาร์โคพลาสซึมมากเป็นผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวอย่างรุนแรงขึ้น (cold shortening) ทำให้ขนาดของ sarcomere สั้นลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Tatum และคณะ (1980) พบว่าเนื้อโคที่ได้รับการลดอุณหภูมิอย่างช้า ๆ จะมีความนุ่มกว่าเนื้อที่ได้รับการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้การทดลองของ van der Wal และคณะ (1995) ก็พบว่ากล้ามเนื้อสันนอกของสุกรที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) สูงกว่าเนื้อที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเนื่องจากความเย็น

อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิในเนื้อที่มีผลต่อสีของเนื้อ

จุฑารัตน์ (2540) กล่าวว่า สีของเนื้อจะมีความเข้มมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ ชนิดของสัตว์ อายุของสัตว์ เพศของสัตว์ ปริมาณเม็ดสีในเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดต่างภายในกล้ามเนื้อสัตว์ก่อนและภายหลังสัตว์ตาย Vanlaak และ Smulders (1987) กล่าวว่า สีของเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดจากสารสีในเนื้อสัตว์ (myoglobin) การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อขึ้นอยู่กับสภาวะทางเคมีของธาตุเหล็กในโมเลกุลของสารสี ปกติแล้วไมโอโกลบินในเนื้อจะมีอยู่ 3 รูปแบบ ได้แก่ purple myoglobin (Mb) ซึ่งอยู่ในสภาพรีดิวซ์ (รีดิวซ์ เป็นเฟอร์รัส) โดยธาตุเหล็กในโมเลกุลของไมโอโกลบินจะสามารถรวมตัวกับโมเลกุลของน้ำหรือออกซิเจน cherry-red oxymyoglobin (Mbo) อยู่ในสภาพที่ไม่โอโกลบินรวมตัวกับออกซิเจน และ greyish-brown metmyoglobin (Mmb) อยู่ในสภาพออกซิไดซ์ (เป็นเฟอร์ริก) ซึ่งจะไม่สามารถทำปฏิกิริยารวมตัวกับสารตัวใด ๆ ได้อีก โดยปกติแล้วไมโอโกลบินทั้งสามนี้สามารถที่จะเปลี่ยนรูปไปมาได้

จากการทดลองของ Jones และคณะ (1991) ศึกษาเปรียบเทียบผลของการลดอุณหภูมิในเนื้อโดยการจุ่มในไนโตรเจนเหลวและการลดอุณหภูมิเนื้อแบบดั้งเดิม พบว่าสีของเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งแตกต่างกับการทดลองของ Boakye และ Mittal (1996) พบว่าสีของเนื้อที่ผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วจะค่อนข้างเข้มกว่าเนื้อที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิต่ำจะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (oxygenation) ของไมโอโกลบิน ทำให้สารสีของเนื้ออยู่ในสภาพ oxymyoglobin น้อย ส่วนใหญ่เปลี่ยนสภาพไปอยู่ในรูป metmyoglobin ดังนั้นจึงทำให้เนื้อมีสีที่เข้มขึ้น นอกจากนี้ Vanlaak และ Smulders (1987) ได้ทำการศึกษาพบว่า ความเย็นมีผลทำให้ออกซิเจนและไมโทครอนเดรียภายในเซลล์มีการจับตัวกันอย่างรวดเร็ว ทำให้ไม่มีออกซิเจนเหลือมากพอที่จะจับกับไมโอโกลบิน จึงทำให้เนื้อที่ได้รับความเย็นอย่างรวดเร็วมีสีที่เข้มขึ้น

อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิในเนื้อที่มีผลต่อจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อ

จตุรรัตน์ (2540) ได้กล่าวว่า การนำเนื้อสดไปเก็บรักษาโดยวิธีการเก็บเย็น (cold storage) จะต้องทำการลดอุณหภูมิใจกลางเนื้อให้ถึง $0-2^{\circ}\text{C}$ และเก็บรักษาเนื้อในห้องเย็น อุณหภูมิ ± 0 ถึง 2°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิของห้องเย็นที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้อายุการเก็บรักษาเนื้อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อสัตว์ และปริมาณการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ภายหลังกระบวนการฆ่า พบว่าเนื้อโคที่มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่ 10^3 โคโลนี/กรัม ถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20°C จะเก็บได้ 2 วัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 10°C เก็บได้นาน 4 วัน เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5°C เก็บได้นาน 9 วัน และที่อุณหภูมิ 0°C เก็บได้นาน 17 วัน จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในเนื้อลดลงจาก 10^3 เป็น 0 อายุการเก็บรักษาจะเพิ่มขึ้น 4 เท่า ทั้งนี้จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในเนื้อสัตว์ที่ถือว่าทำให้เนื้อสัตว์เริ่มเน่าเสีย (putrification) จะมีค่าประมาณ 10^7 โคโลนี/กรัม ชัยณรงค์ (2529) กล่าวว่า ภายหลังกระบวนการฆ่าควรนำเนื้อไปเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 3°C เพื่อให้เนื้อมีความคงตัว และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิที่ต่ำนี้จะช่วยชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยอุณหภูมิต่ำ (0-4 °C) จะไปยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ในกระบวนการเมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์ ซึ่งคล้ายกับรายงานของ Gill และ Newton (1982) ที่ว่าอุณหภูมิต่ำ (0-4 °C) มีผลในการลดปริมาณการเจริญเติบโตของเชื้อ psychrophilic bacteria บนผิวของเนื้อได้ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำจะทำให้ช่วง lag phase ขยายออกไป และอัตราการเจริญของเชื้อลดลง Greer และ Murry (1991) ได้รายงานว่าเนื้อสุกรที่แช่แข็งที่อุณหภูมิ -30 °C เป็นเวลา 90 วัน สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในช่วง lag phase ลงได้ นอกจากนี้ Kilchell และ Ingram (1996) ได้กล่าวสนับสนุนว่าการรักษาเนื้อโดยการแช่แข็ง สามารถลดจำนวนแบคทีเรียก่อนจะถึงช่วงที่มีการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (log phase) Gigiel และคณะ (1989) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการลดอุณหภูมิที่มีต่อจำนวน mesophilic bacteria เปรียบเทียบวิธีการลดอุณหภูมิซากโดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 1 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และการลดอุณหภูมิซากโดยการจุ่มซากในไนโตรเจนเหลว เป็นเวลา 1 นาทีและ 3 นาที พบว่าจำนวนจุลินทรีย์จากทั้ง 2 วิธีการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และจากการทดลองของ Carr และคณะ (1996) ทำการศึกษอิทธิพลของการลดอุณหภูมิ และการตัดแต่งที่มีผลต่อการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์บนซากสุกร พบว่าเนื้อที่ไม่ตัดแต่งเอาไขมันออกและลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิมจะมี Coliform และ *Staphylococcus spp.* ในปริมาณสูงสุด ส่วนซากที่ทำการตัดแต่งเอาไขมันออกและทำการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็ว จะพบแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกในปริมาณต่ำที่สุด ดังนั้นเพื่อเป็นการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ประเภท Coliform , *Staphylococcus spp* และแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติก ควรตัดแต่งเอาไขมันออกจากซากและทำการลดอุณหภูมิซากอย่างรวดเร็ว

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เนื้อสุกรทดลอง

เนื้อสันนอกจากซากสุกร 12 ตัว ผ่านการฆ่าที่ไม่ถูกหลักสุขาภิบาลจากโรงฆ่าเขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๙ ประมาณ 6 ชั่วโมง โดยนำเนื้อสันนอกที่ตำแหน่งระหว่างซี่โครงที่ 4 และ 5 และกระดูกสันหลังตอนปลาย (*lumbra vertebrae*) ระหว่างซี่ที่ 5 และ 6 ทั้งซี่ซ้ายและขวา มีน้ำหนักประมาณ 3-4 กิโลกรัมต่อซี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อาหารเลี้ยงเชื้อ

Plate count agar (PCA)

3. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. NaOH 0.1 normal
2. Ethanol absolute 70, 95 %
3. Sodium chloride 0.85 %
4. Lactic acid acid 5 %
5. น้ำกลั่น

4. เครื่องมือ

1. เครื่องวัดอุณหภูมิเนื้อ (thermometer)
2. เครื่องวัดความเป็นกรด ด่าง (pH meter) WTW WISS. TECNNWERKSTA TTEN D 812 WEILHEIM NR. 7830706
3. เครื่องวัดสีในเนื้อ Goefo meter ของ SCHUTT instrument, Germany
4. เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (Digital balancin
5. เครื่องวัดความนุ่มของเนื้อ (Instron Model 1011) ที่ติดกับอุปกรณ์ Warner Bratzler)
6. เครื่องนับจุลินทรีย์ (Colony counter)
7. เครื่องปั่นเนื้อ (Mulinex)
8. ตู้อบเพาะเชื้อ (Incubator)

วิธีการ

1. การทดลองแบ่งเป็น 2 ตอน

1.1 วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียของน้ำ ค่าสีของเนื้อ และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD ทำการศึกษา 2 ปัจจัยคือ

ปัจจัยที่ 1 วิธีการลดอุณหภูมิ 2 ระดับ คือ การลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม

(Conventional chilling) และการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็ว (Rapid chilling)

ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อสันนอกสุกร แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

24, 48 และ 72 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

วางแผนการทดลองแบบ 2x5 Factorial in CRD ทำการศึกษา 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 วิธีการลดอุณหภูมิ 2 ระดับ คือ การลดอุณหภูมิภายในเนื้อแบบดั้งเดิม (Conventional chilling) และการลดอุณหภูมิภายในเนื้ออย่างรวดเร็ว (Rapid chilling) ปัจจัยที่ 2 ระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อสันนอกสุกร แบ่งเป็น 5 ระดับ คือ 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

2. วิธีการทดลอง

1. นำเนื้อสันนอกจากสุกรทั้งซีกซ้ายและขวา ที่ผ่านการฆ่าประมาณ 6 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดต่าง พร้อมทั้งสุ่มตัวอย่างเนื้อเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวมเริ่มต้น

2. นำเนื้อซีกซ้ายไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0-4 °ซ และนำเนื้อซีกขวาไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -18 °ซ

3. หลังจากเก็บเนื้อไว้ในห้องเย็นเป็นเวลา 6 ชั่วโมงแล้ว นำเนื้อออกมาวัดอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดต่าง และสุ่มตัวอย่างเนื้อครั้งที่ 2 เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์รวม

4. จากนั้นให้แบ่งเนื้อในแต่ละซีกออกเป็น 9 ส่วน 6 ส่วนแรกทำการชั่งน้ำหนักเนื้อเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำของเนื้อ และค่าสีของเนื้อ จากนั้นนำเนื้อทุกส่วนมาใส่ถาดโฟม และห่อด้วยพลาสติกใส แล้วนำไปเก็บไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 4 °ซ ส่วนเนื้ออีก 3 ส่วน นำไปบรรจุในถุงฆ่าเชื้อ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °ซ เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

5. เมื่อถึงเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย นำเนื้อออกมาวัดอุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดต่างโดยใช้เนื้อส่วนเดิม ชั่งน้ำหนักเพื่อหาค่าน้ำหนักที่สูญหายไประหว่างการเก็บรักษา วัดสีของเนื้อ วัดความนุ่มของเนื้อ และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์

6. หลังจากนั้นเมื่อถึงเวลา 48 และ 72 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย ก็นำเนื้อออกมาปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อที่ 5

3. การบันทึกข้อมูล

1. วัดอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรดต่าง ในกล้ามเนื้อสันนอกที่ระยะเวลา 6, 12, 18, 24, 48 และ 72 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย

2. ชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งหลังจากช่วงระยะเวลา 6 ชั่วโมง ในการลดอุณหภูมิทั้งสองแบบ และนำออกมาชั่งภายหลังจากการที่มีการเก็บรักษาเนื้อไว้ได้ 24, 48 และ 72 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วัดค่าสีของเนื้อ โดยวัดความเข้มของสีเนื้อที่พื้นที่หน้าตัดสันนอก ภายหลังจากสัตว์ตาย 24, 48 และ 72 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย

4. วัดค่าความนุ่มของเนื้อ โดยใช้ชิ้นเนื้อที่ผ่านการต้มสุกที่อุณหภูมิประมาณ 78-80 °ซ และมีการตัดตามแนวยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อให้ได้ขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใช้ประมาณ 10 ชิ้น จากนั้นใช้อุปกรณ์ Warner Bratzler ที่ติดตั้งกับเครื่อง Instron Model 1011 เพื่อวัดชิ้นเนื้อดังกล่าว โดยการตัดตามขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ ภายหลังจากสัตว์ตาย 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

5. บันทึกจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น และหลังจากการเก็บรักษาเนื้อเป็นเวลา 6, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทริตเมนต์ โดยวิธี Least Square Means โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1985)

ผลและวิจารณ์

อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บรักษาเนื้อที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำ

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำในระหว่างเก็บเย็นจากวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม และแบบรวดเร็วที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมื่อศึกษาถึงอิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำของเนื้อ พบว่าการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม และแบบรวดเร็วให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 1.69 และ 1.89 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำของเนื้อ

วิธีการลดอุณหภูมิในเนื้อ	เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำของเนื้อ
แบบดั้งเดิม (4 ° ซ)	1.69 ^{ns}
แบบรวดเร็ว (-18 ° ซ)	1.89 ^{ns}

^{ns} : ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การที่เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำจากสองวิธีการไม่แตกต่างกันเนื่องจากการลดลงของอุณหภูมิภายในเนื้อในแต่ละระยะเวลาเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ดังแสดงในตารางที่ 2 อุณหภูมิของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์กับค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำ โดยอุณหภูมิเนื้อที่สูงจะช่วยเร่งปฏิกิริยา glycolysis ให้เกิดเร็วขึ้น ทำให้ค่า pH ในกล้ามเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งค่า pH นี้มีความสัมพันธ์กับค่าความสามารถในการกักน้ำของเนื้อ (WHC) เนื้อที่มีค่า pH ต่ำ เป็นผลมาจากภายหลังสัตว์ตายจะเกิดปฏิกิริยา glycolysis ขึ้นเร็ว ทำให้มีปริมาณกรดแลคติกในกล้ามเนื้อสูง จึงมีผลทำให้โปรตีนในกล้ามเนื้อสูญเสียความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำภายในเนื้อ ทำให้น้ำที่อยู่ภายในเนื้อถูกปลดปล่อยออกมา (Honikel และ Reagan, 1987) ดังนั้นเนื้อที่อุ้มน้ำได้น้อยจะทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำสูง (Offer, 1991)

เกิดการสูญเสียน้ำหนัก ดังนั้นการเก็บเย็นเนื้อเป็นระยะเวลาสั้นก็ยิ่งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักมากขึ้น

ตารางที่ 4 อิทธิพลของระยะเวลาเก็บรักษาเนื้อที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อ

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาเนื้อ (ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย)	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก (%)
24	0.80 ⁿ
48	2.53 ^a
72	2.05 ^a

^{n, a} : อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บรักษาเนื้อที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ

ผลการศึกษาค่าความนุ่มของเนื้อจากวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิมและแบบรวดเร็ว ที่ระยะเวลาเก็บรักษา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อเปรียบเทียบวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิมและแบบรวดเร็วต่อความนุ่มของเนื้อ พบว่าความนุ่มของเนื้อจากวิธีการลดอุณหภูมิทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 4.98 และ 5.62 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ

วิธีการลดอุณหภูมิ	ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (ก.ก)
แบบดั้งเดิม (4 ° ซ)	4.98 ⁿ
แบบรวดเร็ว (-18 ° ซ)	5.62 ^a

^{n, a} : อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เนื้อที่ได้จากการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วมีความเหนียวมากกว่าเนื้อที่ได้จากการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิมอย่างเห็นได้ชัด ผลที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากการเกิดขบวนการหดตัวของ

กล้ามเนื้อเนื่องจากความเย็น (Cold shortening) ทั้งนี้เพราะการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็ว -18 ° ซ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลา 6 ชั่วโมง มีผลทำให้อุณหภูมิภายในเนื้อลดลงถึง 0.64°C ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิใจกลางเนื้อที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม 4°C ระยะเวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.58°C ดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Tatum และคณะ (1980) และ van der Wal และคณะ (1995) ที่ได้กล่าวว่าเนื้อที่ผ่านขบวนการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วภายหลังสัตว์ตายนั้นจะมีโอกาสเกิดขบวนการหดตัวของเนื้อเนื่องจากความเย็นมากขึ้น

ผลจากการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่มีต่อความนุ่มของเนื้อดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อนั้นมีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อมาก ซึ่งพบว่ามี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระยะเวลาเก็บรักษา และยังพบว่าระยะเวลาเก็บรักษาเนื้อที่มากขึ้นจะทำให้เนื้อมีความนุ่มมากขึ้นด้วย เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ย่อยสลายโปรตีนที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ ซึ่งได้แก่ Calpain และ cathepsin โดยจะทำหน้าที่ภายหลังจากกล้ามเนื้อเกิดการเกร็งตัวอย่างถาวร (rigor mortis) เอนไซม์นี้จะเข้าทำการย่อยสลายโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อสัตว์ ซึ่งมีผลทำให้เนื้อสัตว์นุ่มขึ้นเรื่อย ๆ ภายใต้อายุระยะเวลาการเก็บรักษาที่นานขึ้น (จุฑารัตน์, 2540)

ตารางที่ 6 อิทธิพลของระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ

ระยะเวลาเก็บรักษาเนื้อ (ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย)	ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (ก.ก)
24	6.32 ^a
48	5.47 ^b
72	4.06 ^c

ก. ข.ค : อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บรักษาเนื้อที่มีผลต่อสีของเนื้อ

จากการทดลองพบว่าความเข้มของสีเนื้อที่ได้รับการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม และแบบรวดเร็วไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะพบแนวโน้มว่าเนื้อที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วจะมีค่าความเข้มสีที่มากกว่าเนื้อที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Van der Wal และคณะ (1995) ที่ทำการทดลองในเนื้อสุกรสันนอก เปรียบเทียบวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม โดยเก็บเนื้อไว้ที่อุณหภูมิ 4°C ความเร็วลม 0.5 เมตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และวิธีการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วทำการเก็บเนื้อไว้ที่อุณหภูมิ -5°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และอุณหภูมิ -30°C เป็นเวลา 30 นาที ความเร็วลม 4 เมตร/วินาที เมื่อทำการวัดความเข้มสีเนื้อโดยวิธีการ Hunter L* พบว่ามีค่าเท่ากับ 56.2, 55.3 และ 55.5 ตามลำดับ ค่าที่ได้นี้ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มที่ว่าเนื้อที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วจะมีสีเข้มกว่าเนื้อที่ผ่านการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม ซึ่ง Boakye และ Mittal (1996) ได้ให้เหตุผลว่าอุณหภูมิต่ำมีผลยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ในปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน (oxygenation) ของไมโอโกลบิน Vanlaak และ Smulders (1987) ได้กล่าวสนับสนุนว่าความเย็นจะทำให้ ออกซิเจนจับตัวกับไมโตครอนเดรียในเซลล์อย่างรวดเร็ว ทำให้ออกซิเจนไม่สามารถจับกับไมโอโกลบิน ดังนั้นจึงทำให้สารสีเปลี่ยนสภาพไปอยู่ในรูป metmyoglobin เกิดสีน้ำตาลคล้ำขึ้น



ภาพที่ 1 กราฟแสดงแนวโน้มค่าความเข้มของสีเนื้อเมื่อได้รับการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม และแบบรวดเร็ว

อิทธิพลของวิธีการลดอุณหภูมิและระยะเวลาเก็บรักษาเนื้อที่มีผลต่อเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อ

ผลการศึกษาระดับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิมและแบบรวดเร็ว ที่ระยะเวลา 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิมและแบบรวดเร็วต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวิธีการลดอุณหภูมิทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 6.29 และ 6.26 log CFU/ กรัม ตามลำดับ ส่วนเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาเก็บรักษาเนื้อต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จากระยะเวลาเก็บรักษาเนื้อที่ 6, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 6.32, 6.25, 6.22, 6.29 และ 6.30 CFU/ กรัม ตามลำดับ สาเหตุที่เชื้อจุลินทรีย์ไม่เพิ่มจำนวนขึ้น เนื่องจากการลดลงของอุณหภูมิภายในเนื้อในช่วง 6 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายต่ำกว่า 4°C ซึ่งอุณหภูมิในช่วงนี้ มีผลยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ในขบวนการเมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ชะลอการเจริญเติบโตและขยายจำนวน (Gill และ Newton, 1982)

สรุป

จากการศึกษาผลของวิธีการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิมและแบบรวดเร็ว และระยะเวลาเก็บรักษาเนื้อที่มีต่อคุณภาพเนื้อสุกสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำ ในระยะเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายพบว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำของเนื้อที่ได้รับการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วมีแนวโน้มที่จะมีค่าน้อยกว่าเนื้อที่ได้รับการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิม ซึ่งอาจมีผลทำให้น้ำหนักสุกหายระหว่างเก็บเนื้อน้อยลงได้
2. ผลที่มีต่อความนุ่มของเนื้อ พบว่าเนื้อที่ได้รับการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วมีค่าความนุ่มของเนื้อน้อยกว่าเนื้อที่ได้รับการลดอุณหภูมิแบบดั้งเดิมอย่างชัดเจน
3. ผลที่มีต่อค่าความชื้นสีของเนื้อ พบว่าค่าความชื้นสีของเนื้อจากการลดอุณหภูมิทั้งสองไม่แตกต่างกัน แต่เนื้อที่ได้รับการลดอุณหภูมิแบบรวดเร็วมีแนวโน้มของค่าความชื้นสีที่ต่ำกว่า
4. ผลที่มีต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเนื้อจากวิธีการลดอุณหภูมิทั้งสองไม่มีความแตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2540. การจัดการโรงฆ่าสัตว์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 260 น.
- ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.
- Boakye, K. and G. S. Mittal. 1993. Changes in pH and Water Holding Properties of *Longissimus dorsi* Muscle During Beef Ageing
- Boakye, K. and G. S. Mittal. 1996. Changes in Color of Beef *M. longissimus dorsi* Muscle During Ageing. J. Meat Sci. 42: 347-354.
- Carr, M. A., L. D. Thompson, M. F. Miller and C. B. Ramsey. 1996. Chill and Trim effect on microbial load of pork carcasses. J. Anim.Sci. 74: 161.
- Gigiell, A.,F. Butler and B. Hudson. 1989. Alternative Methods of Pig Chilling. J. Meat Sci. 26: 67-83.
- Gill, C. O. and K. G. Newton. 1982. Effect of lactic acid concentration on growth on meat of gram negative psychrotrophs from a meat works. Appl. Environ. Microbiol. 43: 284-288.
- Greer, G. G. and A. C. Murry. 1991. Freezing effects on quality, bacteriology and retail-caselife of pork. J. Food Sci. 56: 891-894.
- Henrickson, R. L. and A. Ashar. 1985. Cold Storage Energy Aspects of Electrically Stimulate Hot-boned meat. In Pearson, A. M. and T. R. Dutson(eds). Advances in Meat Research Vol.:1 Electrical Stimulation. Connecticut: AVI publishing Company, INC.
- Honikel, K. O., J. O. Reagan. 1987. Hot boning pig carcass: Influence of chilling condition on meat quality. In A. Romita. C. Valin and A. A. Taylor (eds). Accelerate processing of meat. London: Elsevier Applied Science Publ.
- James, S. J. , A. J. Gigiell and W. R. Hudson. 1983. The ultra-rapid of pork. J. Meat Sci. 8: 63-78.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของกล้ามเนื้อสันนอก

M. longissimus dorsi

SOV	df	MS	F Value	Pr>F
Model	5	9.116	1.99	0.0909
Temp	1	0.765	0.17	0.6838
Time	2	19.162	4.19	0.0193*
Temp×Time	2	3.245	0.71	0.4953
Error	66	4.570		
Total	71			
% CV = 119.29				

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Least Squares Means ของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ของเนื้อสันนอก *M. longissimus dorsi*

Temp	Time	LSMEAN	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃
A ₁	B ₁	1.01	-	0.2513	0.2425	0.6286	0.0235	0.2299
A ₁	B ₂	2.02		-	0.9825	0.1051	0.24994	0.9568
A ₁	B ₃	2.04			-	0.1006	0.2584	0.9742
A ₂	B ₁	0.59				-	0.0066**	0.0943
A ₂	B ₂	3.03					-	0.2720
A ₂	B ₃	2.07						-

หมายเหตุ	A ₁	ปัจจัยในด้านอุณหภูมิที่ 4 °ซ
	A ₂	ปัจจัยในด้านอุณหภูมิที่ -18 °ซ
	B ₁	ปัจจัยในด้านระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่ 24 ชั่วโมง
	B ₂	ปัจจัยในด้านระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่ 48 ชั่วโมง
	B ₃	ปัจจัยในด้านระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่ 72 ชั่วโมง
	*	มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
	**	มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความนุ่มของเนื้อสันนอก *M. longissimus dorsi*

SOV	df	MS	F Value	Pr>F
Model	5	14.327	10.63	0.0001***
Temp	1	8.316	6.17	0.0155*
Time	2	31.340	23.25	0.0001***
Temp×Time	2	0.320	0.24	0.7894
Error	66	1.348		
Total	71			
% CV = 21.98				

หมายเหตุ *** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.001)

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Least Squares Means ของค่าความนุ่มของเนื้อสันนอก *M. longissimus dorsi*

Temp	Time	LSMEAN	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃
A ₁	B ₁	5.89	-	0.1872	0.0001***	0.0720	0.6592	0.0031**
A ₁	B ₂	5.26	-		0.0015**	0.0024**	0.3769	0.0873
A ₁	B ₃	3.68	-			0.0001***	0.0001***	0.0079
A ₂	B ₁	6.75	-				0.0264*	0.0001***
A ₂	B ₂	5.68	-					0.0108*
A ₂	B ₃	4.43	-					-

หมายเหตุ A₁ ปัจจัยในด้านอุณหภูมิที่ 4 °C

A₂ ปัจจัยในด้านอุณหภูมิที่ -18 °C

B₁ ปัจจัยในด้านระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่ 24 ชั่วโมง

B₂ ปัจจัยในด้านระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่ 48 ชั่วโมง

B₃ ปัจจัยในด้านระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่ 72 ชั่วโมง

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

*** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเข้มข้นในกล้ามเนื้อ *M. longissimus dorsi*

SOV	df	MS	F Value	Pr>F
Model	5	18.645	0.63	0.6801
Temp	1	21.670	0.73	0.3966
Time	2	34.000	1.14	0.3252
Temp×Time	2	1.774	0.06	0.9422
Error	66	29.760		
Total	71			
% CV = 8.84				

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Least Squares Means ของค่าความเข้มข้นของกล้ามเนื้อ *M. longissimus dorsi*

Temp	Time	LSMEAN	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃
A ₁	B ₁	62.25	-	0.8086	0.2283	0.6820	0.9554	0.6549
A ₁	B ₂	61.71		-	0.3342	0.5149	0.7656	0.8376
A ₁	B ₃	59.54			-	0.1084	0.2078	0.4458
A ₂	B ₁	63.17				-	0.7234	0.3926
A ₂	B ₂	62.38						0.6151
A ₂	B ₃	61.25						-

หมายเหตุ	A ₁	ปัจจัยในด้านอุณหภูมิที่ 4 ° ซ
	A ₂	ปัจจัยในด้านอุณหภูมิที่ -18 ° ซ
	B ₁	ปัจจัยในด้านระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่ 24 ชั่วโมง
	B ₂	ปัจจัยในด้านระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่ 48 ชั่วโมง
	B ₃	ปัจจัยในด้านระยะเวลาการเก็บรักษาเนื้อที่ 72 ชั่วโมง
	*	มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)
	**	มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)
	***	มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ในกล้ามเนื้อสันนอก

M. longissimus dorsi

SOV	df	SS	MS	F	Pr>F
Model	9	0.48	0.05	0.45	0.90
Temp	1	0.02	0.02	0.19	0.66 ^{ns}
Time	4	0.15	0.44	0.32	0.87 ^{ns}
Temp×Time	4	0.31	0.08	0.65	0.63 ^{ns}
Error	110	12.89	0.12		
Total	119	13.37			
CV = 5.45					

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ประวัติผู้วิจัย

1. นางจุฑารัตน์ เศรษฐกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กทม. 10520 โทรศัพท์ 3266138 โทรสาร 3266138

วุฒิการศึกษา : วท.ม สัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dr. Sci. agr. (cum laude), Animal Nutrition, Hohenheim
University Germany

ตำแหน่งปัจจุบัน : รองศาสตราจารย์ ระดับ 9

2. น.ส. ภัทราภรณ์ เชื้อนันทา

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กทม. 10520

วุฒิการศึกษา : วท.บ (สัตวศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับสอง

: วท.ม (สัตวศาสตร์) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์ ระดับ 4

3. น.ส. รุจรีน ลิ้มศุภวานิช

ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กทม. 10520

วุฒิการศึกษา : วท.บ สัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

: M.S. Food Science, Oklahoma University USA

ตำแหน่งปัจจุบัน : อาจารย์ ระดับ 5