

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยผลพลอยได้
จากเปลือกสับประดหรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

EFFECT OF AGEING PERIODS ON MEAT QUALITY OF FINISHED
DAIRY COW FED WITH PINEAPPLE OR CORN BY-PRODUCT
SILAGE AS A ROUGHAGE SOURCE



อพ.
ค 285 พ
2553

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **110607**
วัน,เดือน,ปี..... - 9 11 2553

b..... 1225574A
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2553

KMITL-2010-AG-M-031-059

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**EFFECT OF AGEING PERIODS ON MEAT QUALITY OF FINISHED
DAIRY COW FED WITH PINEAPPLE OR CORN BY-PRODUCT
SILAGE AS A ROUGHAGE SOURCE**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2010

KMITL-2010-AG-M-031-059

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2010

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วย ผลพลอยได้จากเปลือกสับประรดหรือข้าวโพคหมักเป็นแหล่ง อาหารหยาบ
นักศึกษา	นางสาวสุวรรณกมล น้อยคัต
รหัสประจำตัว	50065403
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.รุจริน ลิ้มศุภวานิช

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอาหารและระยะเวลาการบ่มเนื้อที่ 1 7 14 21 และ 30 วัน ที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส ต่อคุณภาพกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ของแม่โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์เฟรีเซียนระดับเลือด 68.75 เปอร์เซนต์ขึ้นไป อายุ 3.5 ปี ที่เลี้ยงด้วยอาหารข้นที่มีระดับโปรตีน 11 เปอร์เซนต์ วันละ 4 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ร่วมกับเปลือกสับประรดหมัก (PS, n=5) หรือข้าวโพคหมัก (CS, n=5) เป็นแหล่งอาหารหยาบ ผลการศึกษาพบว่า ชนิดของอาหารหยาบมีผลต่อค่า L* (ความสว่าง) และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยเนื้อแม่โคนม PS มีค่า L* สูงกว่าเนื้อแม่โคนม CS (41.21 และ 38.83) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ขณะที่เนื้อแม่โคนม PS มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อน้อยกว่าเนื้อแม่โคนม CS (4.22 และ 4.83 กิโลกรัม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ชนิดอาหารหยาบไม่มีผลต่อค่า pH เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มในถุงสุญญากาศ เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก ค่า a* (สีแดง) และค่า b* (สีเหลือง) ($p > 0.05$) เมื่อศึกษาถึงอิทธิพลของระยะเวลาการบ่ม พบว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ค่า a* ค่า b* และ เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก ($p > 0.05$) แต่พบว่า เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มในถุงสุญญากาศมีค่าเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) เนื้อที่บ่ม 7 วันขึ้นไปมีค่า L* ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่มีค่ามากกว่า (สว่างมากกว่า) เนื้อที่บ่ม 1 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 37.57 40.23 40.26 40.72 และ 41.29 เมื่อบ่มนาน 1 7 14 21 และ 30 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ค่าแรงตัดผ่านเนื้อมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 5.87 4.94 4.61 3.81 และ 3.38 กิโลกรัม เมื่อบ่มนาน 1 7 14 21 และ 30 วัน ตามลำดับ เนื้อสันนอกจากแม่โคนมขุนที่บ่มเป็นเวลา 14 วันมีแนวโน้มให้ค่าแรงตัดผ่านที่อยู่ในระดับเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายของกล้ามเนื้อส่วนหลัง (*Longissimus lumborum*) พบว่าระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ ค่า L* ค่า a* และค่า b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อค่า pH ($p > 0.05$) โดยระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.17 1.89 2.61 และ 3.28 เปอร์เซ็นต์ เมื่อจำลองการวางจำหน่ายวันที่ 1 3 5 และ 7 วัน ตามลำดับ ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อที่บ่ม 7 14 และ 21 วัน มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม โดยมีค่าเท่ากับ 0.153 0.163 และ 0.195 มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อ กิโลกรัม ตามลำดับ ($p < 0.05$) สำหรับค่าสีของเนื้อ ได้แก่ ค่า L* (ความสว่าง) ค่า a* (สีแดง) และ ค่า b* (สีเหลือง) พบว่าค่าสีของเนื้อที่จำลองการวางจำหน่ายวันที่ 1 มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่เมื่อระยะเวลาในการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นค่าสีของเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effect of Ageing periods on Meat Quality of Finished Dairy Cow Fed with Pineapple or Corn By-product Silage as a Roughage Source
Student	Miss. Sawankamol Noidad
Student ID.	50065403
Degree	Master of Science
Program	Animal Science
Year	2010
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Jutarat Sethakul
Thesis Co-Advisor	Dr. Rutcharin Limsupavanich

ABSTRACT

This research investigated the effect of different rations and ageing periods (1, 7, 14, 21 and 30 days at 0-4°C) on quality of *Longissimus dorsi* (LD) muscles from 3.5 year-old dairy cows (at least 68.75% Holstein Friesian crossbred), fattened with concentrate, containing 11% CP, at the rate 4.0 kg/cow/day and pineapple (PS, n=5) or corn by-product silage (CS, n=5) as a roughage source. The results showed that dietary treatment affected ($p < 0.05$) L* (lightness) and Warner-Bratzler shear force (WBSF). The PS meat was lighter (41.21 vs 38.83) and more tender (4.22 vs 4.83 kg) than CS meat ($p < 0.05$). Dietary treatment did not affect pH values, drip loss, cooking loss, a* (redness) and b* (yellowness) ($p > 0.05$). Ageing period has no effect on pH, a* values, b* values and cooking loss ($p > 0.05$), but drip loss increased ($p < 0.05$) with extended ageing. The LD muscles aged for 7, 14 and 21 days had no significant difference in color lightness ($p > 0.05$), but were lighter than that aged for 1 day ($p < 0.05$). The L* values of LD aged for 1, 7, 14, 21 and 30 days were 37.57, 40.23, 40.26, 40.72 and 41.29 respectively. As ageing time increased, WBSF of LD decreased ($p < 0.05$). The WBSF values of LD aged for 1, 7, 14, 21 and 30 days were 5.87, 4.94, 4.61, 3.81 and 3.38 kg respectively. The 14 day aged LD tends to provide acceptable WBSF.

The effect of display times (0-7 days at 0-4°C) on meat quality of *Longissimus lumborum* (LL) muscles were investigated. The results showed that display time affected purge loss TBARS value, L* value, a* value and b* value ($p < 0.05$). Display times had no influence on pH values ($p > 0.05$), but purge loss and TBARS value increased ($p < 0.05$) with extended display times. The purge loss values of LL display times for 1, 3, 5 and 7 days were 1.17, 1.89, 2.61 and 3.28 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

respectively. The TBARS values of LL aged for 7, 14 and 21 days increased were significantly ($p<0.05$) with the values of 0.153, 0.163 and 0.195 mg MDA / kg meat sample, respectively. It was shown that display time affected ($p<0.05$) TBARS values. The TBARS values of LL display time for day 7 were higher than that for day 0 (0.187 and 0.154 mg MDA / kg meat sample, respectively). The colour of meat (L^* a^* and b^* value) of LL displayed for 1 day were the highest ($p<0.05$). Colour of meat of LL decreased ($p<0.05$) with extended display times.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.รุจริน ลิ้มสุกวานิช ที่ให้คำปรึกษา และแนะนำอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ผู้วิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์ รศ.วิชัย สุกลักษณ์ และ รศ.ดร.ณูมานิน โอภาส พัฒนกิจ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนชี้แนะในการทำวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.คมแห พิลาสสมบัติ และ ดร.จตุพร บัณฑิต ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำ ในระหว่างการวิจัย

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ และ ผศ.ดร.นภาพันท์ ปิยะเสถียร ซึ่งให้ คำปรึกษาและแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการวิจัย สหกรณ์โคนมบ้านบึง จังหวัดชลบุรี โรงฆ่าสัตว์บริษัททรักเศรษฐกิจ จำกัด จังหวัดชลบุรี และ โรงฆ่าสัตว์ ระยะเวลาฟาร์ม กรุงเทพฯ ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาการเก็บรวบรวมข้อมูลและตัวอย่างใน การวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากโครงการการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการตลาด ของโคนมและผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของสหกรณ์โคนมบ้านบึง โดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุน โครงสร้างการผลิตภาคการเกษตรเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันของประเทศ กระทรวงพาณิชย์

ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้อง และเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโททุกท่านสำหรับกำลังใจและความ ช่วยเหลือในระหว่างการทำวิจัยตลอดมา ขอขอบคุณ คุณสุรินทร์ กุระ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ นางสาววราภรณ์ จันทร์วงศ์ นายฉัฐพล ยวงสะอาด นายศิริโชค หาญกลาง และนายเฉลิมชัย ทิพย์ต์ ผู้ช่วยวิจัยศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ที่ให้ความช่วยเหลือ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ นาวาอากาศโทสุภชัย น้อยตัด คุณพ่อ และนางชมัยพร น้อยตัด คุณแม่ ที่สนับสนุนทุนการศึกษา นายชยพล น้อยตัด น้องชาย และสมาชิกทุกท่านในครอบครัวที่ คอยเป็นกำลังใจเสมอมา คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณ ทุกท่าน ตลอดจนผู้ที่สามารถนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ผ่านการคำ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญภาพ.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	2
1.3 สถานที่ดำเนินการ.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
1.5 ระยะเวลาการศึกษา.....	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ระบบการเลี้ยงโคเนื้อในประเทศไทย.....	4
2.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความนุ่มเหนียวของเนื้อโค.....	5
2.2.1 การเกร็งของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย (rigor mortis).....	5
2.2.2 ขั้นตอนและผลของกระบวนการเกิด rigor mortis.....	7
2.2.3 ระยะเวลาการบ่ม.....	10
2.3 ปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มเหนียวของเนื้อโค.....	11
2.3.1 พันธุ์.....	11
2.3.2 อายุและเพศ.....	13
2.3.3 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน.....	14
2.3.4 ไขมันแทรก.....	15
2.3.5 ชนิดของกล้ามเนื้อ.....	16
2.3.6 ชนิดและขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ.....	17
2.3.7 ค่า pH ของเนื้อและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อ.....	19
2.3.8 อาหารหยาบและอาหารข้น.....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 สีของเนื้อและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
2.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีของไมโอโกลบิน.....	23
2.4.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกลิ่นรสของเนื้อ.....	25
2.4.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดออกซิเดชัน.....	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	30
3.1 สัตว์ทดลอง.....	30
3.2 การเตรียมตัวอย่างเนื้อโค.....	31
3.3 วิธีการศึกษาคุณภาพเนื้อ.....	32
3.3.1 การศึกษาอิทธิพลของชนิดของอาหารหยานและระยะเวลาการบ่ม ที่มีต่อคุณภาพเนื้อ.....	32
1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค.....	32
1.1 อุปกรณ์.....	32
1.2 วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค.....	32
2. การประเมินคุณภาพเนื้อ (meat quality evaluation).....	33
2.1 อุปกรณ์.....	33
2.2 วิธีการประเมินคุณภาพเนื้อ.....	33
3.3.2 การศึกษาอิทธิพลของชนิดของอาหารหยานและระยะเวลาการบ่มที่มีต่อ คุณภาพเนื้อในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย.....	34
1. การเปลี่ยนแปลงของสี และการสูญเสียน้ำหนักในระหว่าง การจำลองการวางจำหน่าย.....	34
1.1 อุปกรณ์.....	34
1.2 วิธีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี และการสูญเสียน้ำหนัก ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย.....	34
2. การศึกษาการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อด้วยเทคนิค TBARS test.....	35
2.1 อุปกรณ์.....	35
2.2 สารเคมี.....	36
2.3 วิธีการวิเคราะห์การออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ (TBARS test).....	36
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

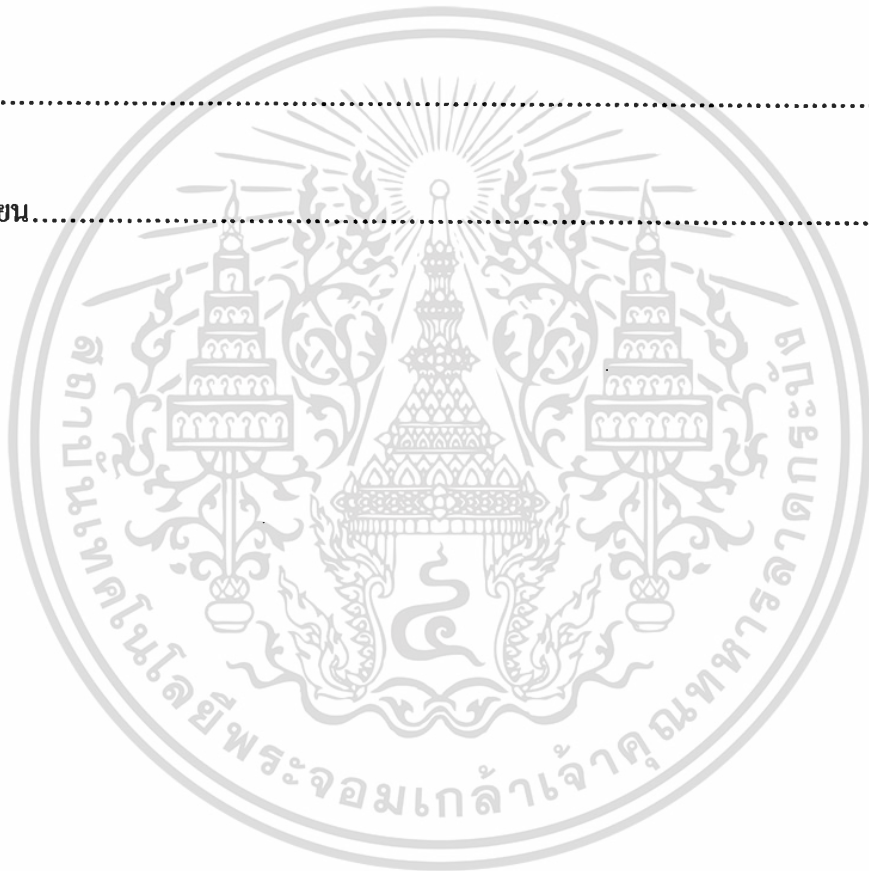
สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	40
4.1 อิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบที่แตกต่างกันต่อองค์ประกอบทางเคมี ของกล้ามเนื้อสันนอก (<i>Longissimus thoracis</i>)	40
4.2 อิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบที่แตกต่างกันและระยะเวลาการบ่ม ต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุน (<i>Longissimus thoracis</i>).....	41
4.2.1 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อค่า pH.....	41
4.2.2 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อค่าสีของเนื้อ.....	41
4.2.2.1 ค่าความสว่าง (lightness; L*).....	41
4.2.2.2 ค่าสีแดง (redness; a*).....	41
4.2.2.3 ค่าสีเหลือง (yellowness; b*).....	42
4.2.3 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักในระหว่างการบ่ม (drip loss).....	42
4.2.4 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักในระหว่างการปรุงสุก (cooking loss).....	42
4.2.5 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (WBSF)	43
4.3 อิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มในระหว่างการจำลอง การวางจำหน่ายต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุน (<i>Longissimus lumborum</i>).....	45
4.3.1 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อค่า pH เนื้อ ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย.....	45
4.3.2 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักในการจำลองการวางจำหน่าย (purge loss).....	46
4.3.3 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อค่าการออกซิเดชัน ของเนื้อ (TBARS value) ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย.....	48
4.3.4 ผลของระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่าสีของเนื้อ.....	49
4.3.4.1 ค่าความสว่าง (lightness; L*).....	49
4.3.4.2 ค่าสีแดง (redness; a*).....	49
4.3.4.3 ค่าสีเหลือง (yellowness; b*).....	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 วิจัยผลลัพธ์การทดลอง.....	54
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	62
6.1 สรุป.....	62
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	62
บรรณานุกรม.....	64
ภาคผนวก.....	72
ประวัติผู้เขียน.....	94



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่า pH อุณหภูมิ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และความยาวซาร์โคเมอร์จากการลดอุณหภูมิที่แตกต่าง กันในกล้ามเนื้อสันนอก (<i>Longissimus M.</i>) และเนื้อหมอน (<i>Semitendinosus M.</i>).....	8
2.2 ปริมาณเอนไซม์ calpain และ calpastatin ในกล้ามเนื้อสันนอกของ โคลูกผสมพันธุ์ แอ่งกัสและบราห์มันที่ระดับเลือดที่แตกต่างกัน.....	12
2.3 อิทธิพลของชนิดสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ.....	18
2.4 ค่าเฉลี่ยของค่าแรงตัดผ่านเนื้อในแต่ละกล้ามเนื้อ 9 ชนิดของกระบือปลัก โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน และโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน.....	18
2.5 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และจำนวนอาหารที่กินเฉลี่ย/ตัวของ โคทดลอง ใช้หญ้าสดและอาหารผสมครบสูตร.....	21
2.6 ปริมาณไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อของสัตว์แต่ละชนิด.....	22
2.7 สภาพทางเคมีของไมโอโกลบิน.....	24
3.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารโค.....	30
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อสันนอกแม่โคนมขุน.....	40
4.2 อิทธิพลของชนิดอาหารหยางและระยะเวลาการบ่มที่ 1 7 14 21 และ 30 วัน ต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุน.....	44
4.3 อิทธิพลร่วมของชนิดอาหารหยางและระยะเวลาการบ่มในระหว่างการจำลอง การวางจำหน่ายที่ 0 1 3 5 และ 7 วัน ต่อค่า pH.....	46
4.4 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการบ่ม และระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 1 3 5 และ 7 วัน ต่อค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย.....	47
4.5 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่มและระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า a*.....	50
4.6 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า b*.....	51
4.7 อิทธิพลของชนิดอาหารหยางและระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อ แม่โคนมขุนในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย.....	53
ภาคผนวก ข.....	76
ภาคผนวก ค.....	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความนุ่มเหนียวของเนื้อโค.....	7
2.2 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของ โคนม โตเต็มวัยในช่วงอายุที่แตกต่างกัน.....	14
3.1 ตำแหน่งชั้นเนื้อที่สุ่มจากกล้ามเนื้อสันนอกส่วนอก (<i>Longissimus thoracis</i>).....	31
3.2 การเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกส่วนหลังของแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วย อาหารหยาบต่างชนิดกันที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ.....	35
4.1 อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มเนื้อระหว่างการจำลอง การวางจำหน่ายต่อค่า pH ของเนื้อ.....	46
4.2 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่มและระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่าย ต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อในการจำลองการวางจำหน่าย.....	48
4.3 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่าย ต่อค่า a* ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย.....	50
4.4 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่าย ต่อค่า b* ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

ปัจจุบันการเลี้ยงโคเนื้อในประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้องการในการบริโภคเนื้อสูงขึ้นและมีการส่งเสริมจากภาครัฐจึงทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงโคเนื้อกันมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงโคขุน โดยใช้โคลูกผสมเลือดชาร์โลเลส์ หรือโคเลือดยุโรปมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ที่มีน้ำหนักประมาณ 300-350 กิโลกรัม มาขุนด้วยอาหารข้น (concentrate feed) ที่มีพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตสูง ร่วมกับหญ้าหรือฟางข้าวเป็นเวลา 8-12 เดือน มีน้ำหนักมีชีวิต 550-650 กิโลกรัม จะได้เนื้อโคคุณภาพดี เนื้อนุ่ม และมีไขมันแทรก (marbling หรือ intramuscular fat) ซึ่งการขุนในลักษณะนี้อาจจะทำโดยใช้โคนมเพศผู้ก็ได้ แต่ในประเทศฝรั่งเศสการขุนแม่โคนมคัดทิ้งเพื่อการผลิตเนื้อคิดเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ของการผลิตเนื้อทั้งหมด (โคสาว 20 เปอร์เซ็นต์ และแม่โคนมคัดทิ้ง 80 เปอร์เซ็นต์) อีก 25 เปอร์เซ็นต์เป็นโคเพศผู้ตอน ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในยุโรปและสหรัฐอเมริกาอย่างมาก (30 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของการผลิตเนื้อ) (Jurie *et al.* 2007) การนำแม่โคนมคัดทิ้งมาขุนก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรได้ ประกอบกับในปัจจุบันตลาดเนื้อโคคุณภาพสูงที่มาจากโคเลือดยุโรปมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ขณะที่กำลังการผลิตเนื้อโคขุนคุณภาพสูงไม่เพียงพอ

ปัจจุบันมีการนำเปลือกสับประดหมักและข้าวโพดหมักมาใช้ในการเลี้ยงโคมากขึ้น เนื่องจากเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีมาก และโคสามารถเพิ่มน้ำหนักได้เร็ว อีกทั้งเปลือกสับประดและข้าวโพดหมักมีกลิ่นหอมของกรดแลคติก เนื่องจากกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ ทำให้โคกินได้มาก ซึ่งให้พลังงานถึง 65-68 เปอร์เซ็นต์ และเป็นพลังงานที่มาจากเชื้อยีสที่มีคุณภาพเหมาะแก่การทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก นอกจากนี้อาหารและระบบการเลี้ยงมีผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยโคที่เลี้ยงด้วยอาหารพลังงานสูงจะมีการสะสมไขมันมากกว่าจึงมีผลทำให้เนื้อมีความนุ่มและค่าความสว่างของสีเนื้อมีค่าสูงกว่าโคที่เลี้ยงด้วยอาหารพลังงานต่ำ นอกจากนี้ระยะเวลาการบ่มมีผลต่อคุณภาพเนื้อเช่นกัน โดยค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อของเนื้อสันนอกที่บ่มนานขึ้นทำให้เนื้อนุ่มขึ้น

ดังนั้นการขุนแม่โคนมคัดทิ้งที่มีปัญหาเรื่องประสิทธิภาพการผสมติดต่ำ หรือมีปัญหาด้านนมอักเสบจึงเป็นอีกช่องทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่เนื้อโคนมขุน การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณภาพของเนื้อแม่โคนมคัดทิ้งที่นำมาขุน โดยใช้เปลือกสับประดหมักหรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารขยาย รวมถึงอิทธิพลของการบ่มเนื้อแม่โคนมขุนในอุณหภูมิอากาศที่ระยะเวลาต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาดที่ต่างกันและระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยผลพลอยได้จากเปลือกสับประดหรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาด

1.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาดที่ต่างกันและระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อของของแม่โคนมขุนในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

1.3 สถานที่ดำเนินการ

1.3.1 สหกรณ์โคนมบ้านบึง อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

1.3.2 โรงฆ่าสัตว์สะพานพะยอม เขตหนองจอก กรุงเทพฯ

1.3.3 โรงฆ่าสัตว์บริษัทกรู๊ปเศรษฐกิจ จำกัด อำเภอสรีราชา จังหวัดชลบุรี

1.3.4 ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

1.3.5 ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

1.3.6 ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ศึกษาอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาดและระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อของแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยผลพลอยได้จากเปลือกสับประดหรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาด

1.4.2 ศึกษาอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาดและระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

1.5 ระยะเวลาการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการรวม 18 เดือน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบถึงอิทธิพลของชนิดอาหารหยาดและระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อของแม่โคนมขุน

1.6.2 ทราบถึงผลของชนิดของอาหารหยาดและระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุนในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายของเนื้อแม่โคนมขุน

1.6.3 ทราบข้อมูลพื้นฐานด้านคุณภาพเนื้อของแม่โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียนที่ขุนด้วยผลพลอยได้จากสับประรดและข้าวโพดหมัก

1.6.4 ทราบถึงแนวทางในการพัฒนาการเลี้ยงแม่โคนมขุน เพื่อผลิตเนื้อโคขุนคุณภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การผลิตเนื้อโคขุนคุณภาพในประเทศไทย

การผลิตเนื้อโคในประเทศไทยอาจแบ่งเป็น 3 ระบบ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และฉวีฉวี โอภาส พัฒนกิจ, 2548)

1) ตลาดระดับสูง เนื้อโคขุนคุณภาพสูงส่วนมากนิยมใช้โคลูกผสมสายเลือดยุโรป ได้แก่ พันธุ์ชาโลเลส์ ลิมุซัน เฮียร์ฟอร์ด โดยมีเลือดโคยุโรปมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โดยเริ่มการเลี้ยงขุนโคลูกผสมเริ่มต้นที่น้ำหนักตัว 300-350 กิโลกรัม จะได้รับอาหารข้น (concentrate feed) ที่มีพลังงานจากคาร์โบไฮเดรตสูง รวมถึงการให้หญ้าสดและฟาง เป็นเวลา 8-12 เดือน อาจมีการเสริมกากน้ำตาลหลังจากขุนไปแล้ว 4 เดือน ก่อนสิ้นสุดการขุนที่น้ำหนักโคมีชีวิต 550-650 กิโลกรัม เป็นเนื้อโคที่เน้นความนุ่มและปริมาณไขมันแทรกในเนื้อ (marbling หรือ intramuscular fat) และผ่านขั้นตอนการบ่มเนื้อในห้องเย็น 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 7-14 วันก่อนการจำหน่าย ได้แก่ เนื้อโคขุนโพนยางคำ หรือเนื้อโค Thai-French จากโคของสมาชิกสหกรณ์การเลี้ยงปศุสัตว์กรป.กลาง โพนยางคำ จำกัด จังหวัดสกลนคร และเนื้อโคขุนเคยูบีพี (KU-Beef) ของสหกรณ์โคเนื้อกำแพงแสน ซึ่งเป็นเนื้อที่มีไขมันแทรกพอสมควรแต่ไม่เน้นไขมันแทรกเท่าเนื้อโคขุนโพนยางคำ ใช้ระยะเวลาในการขุน 8-10 เดือน แต่เน้นที่ความนุ่มของโคขุนอายุน้อย

2) ตลาดระดับกลาง เนื้อโคประเภทนี้อาจมาจากโคขุนลูกผสมเลือดบราห์มันเป็นส่วนใหญ่ โดยจะเริ่มขุนโคที่อายุไม่ถึง 2 ปี น้ำหนักตัว 250-300 กิโลกรัม เลี้ยงด้วยอาหารข้นและหญ้าสดคุณภาพสูง ระยะเวลาขุนจะสั้นเพียง 4-5 เดือน ซึ่งไม่เน้นปริมาณไขมันแทรกในเนื้อ น้ำหนักส่งฆ่าประมาณ 450-500 กิโลกรัม และเนื้อโคขุนที่ได้จะมีไขมันแทรกและเนื้อมีความนุ่มน้อยกว่าเนื้อโคขุนลูกผสมเลือดยุโรป ผู้เลี้ยงโคขุนชนิดนี้จะเป็นเกษตรกรที่มีเงินทุนสูงและมีเครือข่ายที่ดีกับผู้รับซื้อโคเข้าโรงฆ่า ซึ่งจะเป็นผู้หาตลาดเนื้อโค และโรงฆ่า ปัจจุบันเป็นโรงฆ่าที่ไม่ได้มาตรฐานเกือบทั้งหมด แต่พ่อค้าจะนำมาคัดแต่งและเก็บรักษาภายใต้การควบคุมอุณหภูมิที่ถูกต้องในโรงงานคัดแต่งของตนเองก่อนส่งออกจำหน่าย

3) ตลาดระดับล่าง เนื้อโคประเภทนี้มาจากโคที่เลี้ยงด้วยหญ้า ได้แก่ โคพื้นเมือง โคลูกผสมบราห์มัน หรืออาจเป็นโคอายุมากและได้รับการขุนด้วยอาหารข้นและอาหารหยาบ เป็นระยะเวลาสั้นๆ ก่อนส่งโรงฆ่าประมาณ 2-3 เดือน เนื้อประเภทนี้ได้มาจากโคที่เข้าฆ่าในวันเดียวกับวันที่จำหน่ายในตลาด ซึ่งจะนำไปประกอบอาหารแบบไทย ดังนั้นเนื้อที่ต้องการจึงไม่จำเป็นต้องเป็นเนื้อที่นุ่ม กลุ่มการผลิตเนื้อกลุ่มนี้มีความหลากหลายทางด้านแหล่งที่มาของโคมีชีวิต ตั้งแต่โคพื้นเมือง โคใช้งานอายุมาก โคนมคัดทิ้งและโคผ่านมาจากชายแดนพม่า ซึ่งผู้เลี้ยงสามารถเลี้ยงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ ส่วนใหญ่จะปล่อยเลี้ยงตามธรรมชาติ อาจมีการเสริมอาหารชั้นบ้างเล็กน้อย เพื่อให้โคมีการพัฒนากล้ามเนื้อขึ้น สำหรับขายในตลาดสดและโรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์

สำหรับโคนมขุนสามารถพัฒนาให้เป็นเนื้อโคขุนคุณภาพได้ เนื่องจากมาจากเป็นโคที่มีเลือดยุโรปสูง เนื้อมีไขมันแทรกมากจึงมีความนุ่ม สำหรับประเทศไทยนั้นยังไม่มีการผลิตเนื้อโคนมขุนในทางการค้า เนื่องจากยังเน้นไปที่การผลิตน้ำนมเป็นส่วนใหญ่เมื่อแม่โคนมถูกปลดระหว่างเนื้อจะจำหน่ายลงสู่ตลาดระดับล่างซึ่งยังไม่มีการผลิตอย่างจริงจัง ในประเทศเดนมาร์กเนื้อโคที่บริโภครายในประเทศเป็นเนื้อแม่โคนมปลดระหว่าง (Vestergaard *et al.* 2007) สำหรับประเทศฝรั่งเศสการขุนแม่โคนมคัดทิ้ง (cull dairy cows) เพื่อการผลิตเนื้อคิดเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ของการผลิตเนื้อทั้งหมด (โคสาว (heifer) 20 เปอร์เซ็นต์ และแม่โคนมคัดทิ้ง 80 เปอร์เซ็นต์) อีก 25 เปอร์เซ็นต์เป็นโคเพศผู้ตอน (steers) ซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคในยุโรปและสหรัฐอเมริกาอย่างมาก (30 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของการผลิตเนื้อ) (Dransfield *et al.* 2003; Jurie *et al.* 2007) ในประเทศไทยเนื้อโคขุนคุณภาพดีมีส่วนแบ่งทางการตลาดน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ และเป็นตลาดระดับสูง ได้แก่ โรงแรม ภัตตาคาร และ โมเดิร์นเทรด เป็นต้น การพัฒนาคุณภาพเนื้อโคนมให้ไปสู่ตลาดเนื้อโคคุณภาพสูงนั้นสามารถทำได้ เนื่องจากโคนมที่เลี้ยงภายในประเทศเป็นโคลูกผสมสายเลือดยุโรปสูง ทำให้โคมีการสะสมไขมันแทรกได้มากเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังสามารถลดการนำเข้าเนื้อโคคุณภาพสูงจากต่างประเทศได้ เพราะอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อโคในประเทศมีโคนมปลดระหว่างเข้ามาประมาณ 20,000 ตัวต่อปี ขณะที่โคเนื้อขุนคุณภาพสูงมีปริมาณการเข้ามาประมาณ 12,200 ตัวต่อปี ซึ่งสามารถชดเชยการนำเข้าเนื้อโคคุณภาพจากต่างประเทศ และสามารถเข้าไปมีส่วนแบ่งในตลาดทดแทนเนื้อโคคุณภาพสูงภายในประเทศได้

2.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความนุ่มเหนียวของเนื้อโค

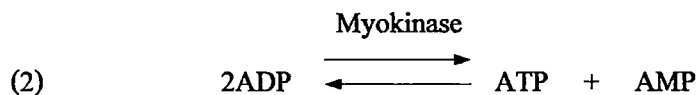
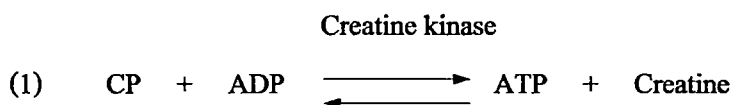
2.2.1 การเกร็งตัวของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย (rigor mortis)

ภายหลังสัตว์ตายจะเกิดขบวนการการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในเซลล์กล้ามเนื้อ มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในกล้ามเนื้อ และมีผลต่อคุณภาพเนื้อในด้านการบริโภค (eating value) ซึ่งหมายถึง ความนุ่มเหนียวของเนื้อ สี และลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อ เป็นต้น ภายหลังสัตว์ตายกล้ามเนื้อของสัตว์ไม่ได้หยุดทำงานในทันทีโดยยังมีการหดและคลายตัว เนื่องจากภายในกล้ามเนื้อยังคงมีพลังงานสะสมอยู่จึงสามารถทำงานต่อไปได้ เมื่อพลังงานที่สะสมอยู่นั้นถูกใช้จนหมดไปการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อจะหยุดลง โดยพลังงานที่สะสมไว้นี้อยู่ในรูปของพลังงานเคมี คือ adenosine triphosphate (ATP)

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่า เมื่อสัตว์ตาย ATP จะได้จากกระบวนการ anaerobic metabolism ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน (oxygen; O₂) นอกจากนี้ยังได้มาจากปฏิกิริยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

resynthesis ของ ATP โดยการแลกเปลี่ยนกลุ่มฟอสเฟตระหว่าง creatine phosphate (CP) และ adenosine diphosphate (ADP) ดังสมการ (1) และปฏิกิริยาการรวมกันระหว่าง 2 ADP ดังสมการ (2)



กระบวนการดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นได้ไม่นาน ATP ก็จะไม่ถูกสร้างขึ้นได้ใหม่ เนื่องจากในร่างกายสัตว์จะสะสม CP ไว้ในกล้ามเนื้อไม่มากนัก ประกอบกับปริมาณไกลโคเจน (glycogen) ในกล้ามเนื้อหมดลงมีผลทำให้ปริมาณ ATP ในกล้ามเนื้อลดลงอย่างมากเหลือ 1.0 mol/g นอกจากนี้กล้ามเนื้อจะมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลผลิตของกระบวนการ anaerobic metabolism นั่นก็คือ กรดแลคติก (lactic acid) และความร้อน เมื่อพลังงานภายในกล้ามเนื้อถูกใช้หมดไปทำให้กล้ามเนื้อเกิดการแข็งตัวอย่างถาวร เรียกว่า rigor mortis (สัญญาชัย จตุรสิทธิ์ธา. 2543)

Livisay *et al.* (1995) กล่าวว่า ภายหลังจากสัตว์ตายกล้ามเนื้อซึ่งพลังงานที่สะสมไว้ออกมาใช้ เนื่องจากภายหลังจากสัตว์ตายออกซิเจนภายในกล้ามเนื้อจะมีอยู่อย่างจำกัดจึงใช้พลังงานที่ยังคงเหลืออยู่ผ่านทาง anaerobic metabolism โดยกระบวนการนี้ผลิตที่ได้ คือ กรดแลคติกและความร้อน เมื่อกล้ามเนื้อสะสมกรดแลคติกทำให้ค่า pH ในกล้ามเนื้อลดลงในช่วง 1 ชั่วโมงแรกภายหลังจากสัตว์ตาย โดยอุณหภูมิในกลางซากมีค่าระหว่าง 37-40 องศาเซลเซียส โดยที่ค่า pH ปกติจะลดลงจาก 7.2 ไปสู่ 6.2 แต่ถ้าวัดระดับไกลโคเจนภายในกล้ามเนื้อมีน้อยและค่า pH โดยรวมลดลงเพียงเล็กน้อย ค่า pH สุดท้ายมีค่ามากกว่า 6.0 มีผลทำให้เนื้อที่มีลักษณะคล้ำ แข็งและแข็ง เรียกเนื้อที่มีลักษณะเช่นนี้ว่า dark firm dry (DFD) ในทางกลับกันถ้าอัตราการเกิดไกลโคไลซิส (glycolysis) เร็วและค่า pH ของเนื้อนั้นลดลงรวดเร็วมาก คือ ภายหลังจากสัตว์ตาย 1 ชั่วโมง ค่า pH ต่ำกว่า 6.0 มีผลทำให้เนื้อซีดและฉ่ำน้ำ เรียกเนื้อลักษณะนี้ว่า pale soft and exudative (PSE)

Maddock *et al.* (2005) รายงานว่าภายหลังจากสัตว์ตาย ระบบการหมุนเวียนต่างๆ ภายในร่างกายจะหยุดลง ปริมาณออกซิเจนภายในกล้ามเนื้อลดลงอย่างมาก แต่ร่างกายยังคงมีการสร้างพลังงานจากไกลโคเจนที่สะสมในตับ และกล้ามเนื้อต่อไป ทางกระบวนการเมตาบอลิซึมแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งผลิตผลจากกระบวนการนี้นอกจากได้พลังงานจำนวนน้อยแล้วยังเกิดกรดแลคติกและความร้อนอีกด้วย ดังนั้นจึงเกิดการสะสมของกรดแลคติกภายในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ค่า pH ภายในกล้ามเนื้อค่อยๆ ลดลง เมื่อกรดแลคติกจะถูกสร้างขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งปริมาณไกลโคเจนที่สะสมภายในตับและกล้ามเนื้อหมดลง ค่า pH ไม่ลดลงอีกต่อไป (ultimate pH)

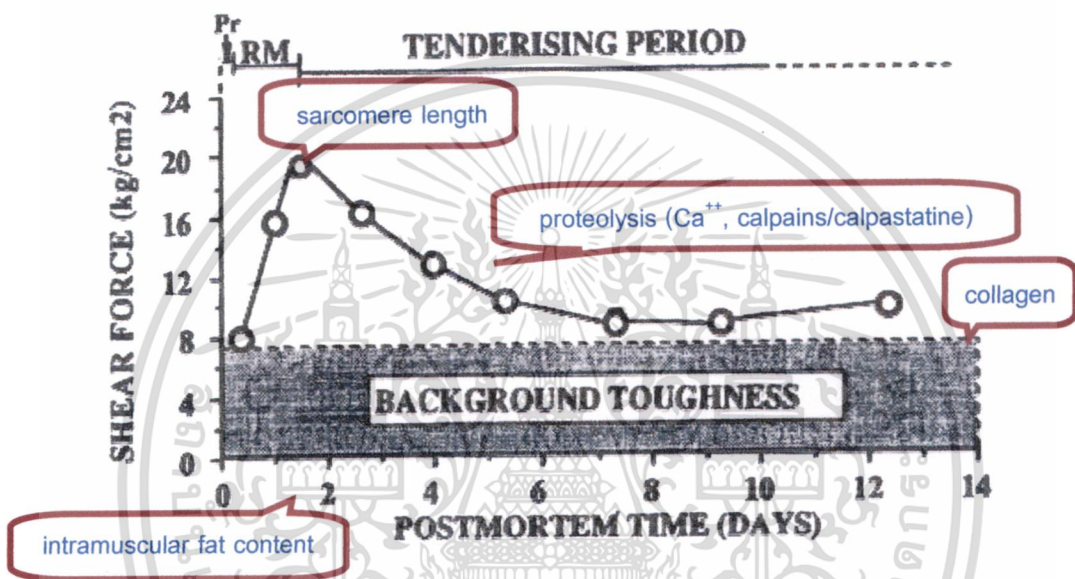
ในกล้ามเนื้อของสัตว์ที่ยังมีชีวิตค่า pH จะอยู่ที่ประมาณ 7-7.4 ภายหลังจากสัตว์ตาย ค่า pH ในกล้ามเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะลดลง กลายเป็น 5.6–5.7 ภายในเวลา 6–8 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย จนกระทั่งที่เวลา 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย ค่า pH ของกล้ามเนื้อจะอยู่ที่ประมาณ 5.3–5.6 ซึ่งเป็นค่า pH ที่ไม่สามารถลดลงไปได้อีกแล้ว เรียก ultimate pH นอกจากนี้กล้ามเนื้อของสัตว์ที่มีอัตราเมทาบอลิซึมสูงภายหลังสัตว์ตายจะมีอัตราการสลายไกลโคเจนและการลดลงของค่า pH เร็วกว่ากล้ามเนื้อของสัตว์ที่มีอัตราเมทาบอลิซึมต่ำหรือเป็นปกติ ซึ่งอัตราการลดลงของค่า pH จะมีผลอย่างมากต่อคุณภาพเนื้อ

2.2.2 ขั้นตอนและผลของกระบวนการเกิด rigor mortis



ภาพที่ 2.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความนุ่มเหนียวของเนื้อโค

ที่มา : DeSmet (2004)

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่ากระบวนการเกิด rigor mortis มีลำดับขั้นตอนและผลที่เกิดขึ้น โดยเมื่อ Ca^{2+} ถูกขับออกจากซาร์โคพลาสมิก เรติคูลัม (sarcoplasmic reticulum) เข้าสู่ไซโตซอล (cytosol) เนื่องจากขาด พลังงานที่กล้ามเนื้อจะช่วยทำหน้าที่ในการควบคุมกลับของ Ca^{2+} เข้าสู่ซาร์โคพลาสมิก เรติคูลัม เมื่อขาด Mg-ATP ที่ทำหน้าที่ให้เกิดการเคลื่อนตัวออกกระหว่างแอกติน (actin) และไมโอซิน (myosin) จากนั้น Ca^{2+} จะเข้าไปเกาะกับโทรโปนิน (troponin) เพื่อกระตุ้นการทำงานของ myosin ATP-ase ทำให้เกิดการเคลื่อนตัวเข้าหากันระหว่าง แอกตินและไมโอซิน (Ca^{2+} act as rigor agent) โดยแอกตินและไมโอซินจะเคลื่อนชิดกันเต็มที่เกิด crosslinkage ที่เกาะเกี่ยวกันแน่นมากเกือบ 100 เปอร์เซนต์ ในขณะที่สัตว์ยังมีชีวิตจะเกิดการหดตัวและเกาะกันของ crosslinkage ระหว่างแอกตินและไมโอซินเพียง 20 เปอร์เซนต์ ทำให้ระยะของซาร์โคเมียร์สัน และกล้ามเนื้อเกิดการแข็งตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่ทำให้เนื้อมีความเหนียวและซาร์โคเมอร์หดตัวสั้นที่สุด (sarcomere length) หรือค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler Shear Force) สูงที่สุด นอกจากการเกิด rigor mortis จะมีผลต่อความนุ่มเหนียวเนื้อแล้ว ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กระบวนการย่อยสลายโปรตีน (proteolysis) โดยเอนไซม์ภายในกล้ามเนื้อ ได้แก่ calpains และ cathepsins ออกมาย่อยสลาย myofibrillar proteins และ connective tissue proteins ทำให้เกิดการฉีกขาดของเส้นใยโปรตีนเนื้อจึงนุ่มขึ้น นอกจากนี้ปริมาณไขมันแทรกยังมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความนุ่มของเนื้อเช่นกัน (DeSmet, 2004) ดังแสดงในภาพที่ 2.1

จากการศึกษาของ Hwang *et al.* (2004) พบว่าอุณหภูมิระหว่างการบ่มเนื้อมีผลต่ออัตราการลดลงของค่า pH ในกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย โดยจะเกี่ยวข้องกับอัตราการเกิด rigor mortis เร็วหรือช้า โดยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการหดและเกร็งตัวของกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus M.*) และเนื้อหมอน (*Semitendinosus M.*) ในโคเพศผู้ตอน โดยการบ่มซากหลังสัตว์ตายที่อุณหภูมิ 5 15 และ 36 องศาเซลเซียส พบว่า ที่ 3 และ 6 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกและเนื้อหมอนที่บ่มไว้ที่ 36 องศาเซลเซียส มีค่า pH ลดลงเร็วที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกและเนื้อหมอนที่บ่มไว้ที่ 5 และ 15 องศาเซลเซียสไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ค่า pH อุณหภูมิ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และความยาวซาร์โคเมอร์จากการลดอุณหภูมิที่แตกต่างกันในกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus M.*) และเนื้อหมอน (*Semitendinosus M.*)

	<i>Longissimus M.</i>			<i>Semitendinosus M.</i>			SE
	5 °c	15 °c	36 °c	5 °c	15 °c	36 °c	
ค่า pH 3 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย	6.68 ^a	6.66 ^a	6.12 ^b	6.32 ^b	6.32 ^b	5.92 ^c	0.072
ค่า pH 6 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย	6.34 ^a	6.32 ^a	5.69 ^b	6.02 ^c	6.02 ^c	5.57 ^b	0.076
อุณหภูมิ 3 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย	13.9 ^a	16.1 ^b	37.3 ^c	14.8 ^{ab}	16.8 ^b	37.5 ^c	0.780
อุณหภูมิ 6 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย	8.4 ^a	15.5 ^b	37.2 ^c	8.8 ^a	15.5 ^b	37.1 ^c	0.500
เวลาที่ pH ที่ 6.2 (ชั่วโมง)	8.0 ^a	7.4 ^a	3.1 ^{bc}	5.0 ^b	4.4 ^b	2.0 ^c	0.890
อุณหภูมิ pH ที่ 6.2 (°c)	7.7 ^a	15.0 ^b	37.4 ^c	13.9 ^b	15.8 ^b	37.4 ^c	0.820
cooking loss (%)	18.2 ^a	17.7 ^a	24.6 ^{bc}	25.0 ^c	21.5 ^b	31.7 ^d	1.25
ความยาวซาร์โคเมอร์ (µm)	1.52 ^a	1.76 ^b	1.45 ^a	1.52 ^a	1.76 ^b	1.42 ^a	0.056

^{a b c d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ที่มา : คัดแปลงจาก Hwang *et al.* (2004)

นอกจากนี้การเกิด rigor mortis ยังขึ้นกับสุขภาพสัตว์ ถ้าสัตว์อ่อนแอหรือ ได้รับยาตลอด ขบวนการนี้อาจไม่เกิดขึ้นเลยเนื่องจากกล้ามเนื้อไม่มีการสะสมพลังงานเลย การทำงานของ กล้ามเนื้อในช่วงเวลาก่อนถูกฆ่า กล้ามเนื้อที่มีการใช้งานสูง เช่น กล้ามเนื้อบริเวณขา ต้นคอ หรือ สัตว์ที่มีการออกกำลังกายก่อนการฆ่า พบว่าจะเกิด rigor mortis เร็วกว่าสัตว์ที่ได้รับการพักผ่อนในระยะ ก่อนการฆ่า รวมทั้งการกระตุ้นซากด้วยไฟฟ้าทันทีที่ขบวนการฆ่าสิ้นสุดลง จะช่วยไปเร่งการ ปลดปล่อย Ca^{2+} ออกจากซาร์โคพลาสมิก เรติคูลัม ซึ่งจะมีผลทำให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวอย่าง รวดเร็ว ขบวนการสร้างพลังงานโดยผ่านทาง aerobic metabolism เกิดขึ้นและหมดลงอย่างรวดเร็ว มีผลทำให้เกิด rigor mortis ได้ในเวลาที่รวดเร็วยิ่งขึ้น (จุฬารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

ภายหลังกล้ามเนื้อหดตัวอย่างถาวรจะเป็นระยะเริ่มการทำงานของเอนไซม์ในเนื้อ (ageing or ripening stage) โดยการย่อยสลายโปรตีนภายในกล้ามเนื้อ

Livisay *et al.* (1995) กล่าวว่า กระบวนการย่อยสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย (proteolysis) มีผลต่อความนุ่มเหนียวของเนื้อสัตว์อย่างมาก เนื่องจากกระบวนการย่อยสลาย โปรตีนในกล้ามเนื้อเกิดขึ้น เพราะการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งจะทำให้เกิดการลึกลงของเส้นใย กล้ามเนื้อ หรืออาจกล่าวได้ว่าการทำงานของเอนไซม์ภายในกล้ามเนื้อจะทำให้เกิดการสลายตัวของ myofibrillar protein เนื้อจึงนุ่มขึ้น

การย่อยสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะที่บริเวณ z-line เป็นผลมาจากการทำงาน ของเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายโปรตีน (proteolytic enzyme) ซึ่งส่งผลให้กล้ามเนื้อนุ่มขึ้น โดยกระบวนการนี้จะเกิดขึ้นหลังจากเนื้อผ่านช่วงของการเกิด rigor mortis ไปแล้ว Koochmaraie (1994) กล่าวถึงระบบเอนไซม์ที่ช่วยย่อยสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อ ได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. lysosomal proteinase หรือ cathepsins ทำงานได้ดีในสภาพที่เป็นกรด (ค่า pH 5.0-5.4) และ อุณหภูมิภายในเนื้อประมาณ 37 องศาเซลเซียส ซึ่งแหล่งที่พบเอนไซม์ชนิดนี้ คือ ไลโซโซม (lysosome) โดยเอนไซม์ชนิดนี้ประกอบด้วย cathepsins D, B, L และ H โดยชนิดที่มีความสำคัญ คือ cathepsins D และ B เนื่องจากทำหน้าที่ในการย่อยสลายแอคตินและไมโอซิน จากการศึกษา ของ Koochmaraie (1994) พบว่า cathepsins มีความสำคัญไม่มากนักในการย่อยสลายโปรตีนภายใน กล้ามเนื้อ เนื่องจากสภาพที่เหมาะสมกับการทำงานยังสามารถทำงานได้ดีในสภาพที่อุณหภูมิ ภายในเนื้อสูง และแหล่งที่อยู่ของเอนไซม์ชนิดนี้อยู่ในไลโซโซม ถ้าต้องการให้เอนไซม์ทำงานต้อง ทำให้เอนไซม์ถูกปลดปล่อยออกจากไลโซโซมออกมาสู่ไซโตซอล จากการทดลองกระตุ้นซากด้วย กระแสไฟฟ้าแล้วนำซากไปบ่มไว้ที่ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 28 วัน พบว่าเอนไซม์ cathepsins ยังคงถูกกักเก็บไว้ในไลโซโซมตามเดิมไม่ถูกปลดปล่อยมาสู่ไซโตซอลจึงทำงานไม่ได้

2. multicatalytic proteinase complex เป็นเอนไซม์ที่มีความต้องการ ATP มาเป็นตัวกระตุ้น การทำงาน โดยทำงานได้ดีในเนื้อที่มีค่า pH สูง (ค่า pH 8.5-9.0) ทำหน้าที่ในการย่อยสลาย myofibrillar proteins และ sarcoplasmic proteins โดยการย่อยสลาย myofibrillar proteins จะเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่อยสลายเฉพาะ troponin-C และ ไมโอซินสายสั้นๆ เท่านั้นจึงไม่มีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงความนุ่มของเนื้อมากนัก เนื่องจากสภาวะของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตายไม่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์ในระบบนี้

3. calcium-dependent proteinase หรือ calpains เป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญอย่างมากในการย่อยสลายโปรตีน มีผลทำให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น เนื่องจากการย่อยสลายเส้นใยกล้ามเนื้อบริเวณ z-line โดย calpains เป็นเอนไซม์ที่ทำงานบริเวณ sarcoplasm เพียงชนิดเดียวที่มีบทบาทในกระบวนการทำให้เนื้อนุ่ม และเอนไซม์ชนิดนี้ต้องการ Ca^{2+} มากระตุ้นการทำงาน แต่ก็จะมี calpastatins เป็นตัวยับยั้งการทำงานของ calpains

Morgan *et al.* (1993) กล่าวว่าเอนไซม์ในกลุ่มนี้สามารถแบ่งออกตามสภาพการทำงานที่เหมาะสมได้ 2 ชนิด คือ calpain I หรือ μ -calpain จะทำงานที่ระดับความเข้มข้นของ Ca^{2+} ต่ำ คือที่ระดับ 10^{-6} โมลาร์ และ calpain II หรือ m-calpain จะทำงานที่ระดับความเข้มข้นของ Ca^{2+} สูงที่ประมาณ 10^{-3} โมลาร์

Geesink and Koochmarai (1999) กล่าวว่า เอนไซม์ในกลุ่ม calcium-dependent proteinase หรือ calpains นี้มีความสำคัญอย่างมากต่อกระบวนการทำให้เนื้อนุ่มภายหลังสัตว์ตาย เนื่องจาก calpains จะเข้าสลายโปรตีนบริเวณ z-line โดยการทำงานของ μ -calpain จะเข้าสลายโปรตีนบริเวณ z-line ประมาณ 66 เปอร์เซ็นต์ บริเวณ I-band ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และบริเวณ A-band ประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์

2.2.3 ระยะเวลาการบ่ม

Pearson and Young (1989) กล่าวว่าระยะเวลาการบ่มมีส่วนช่วยทำให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น เนื่องจากเอนไซม์ภายในกล้ามเนื้อออกมาย่อยสลายโปรตีน ซึ่งนอกจากทำให้เนื้อนุ่มแล้วยังทำให้รสชาติดีขึ้นด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ Hian *et al.* (2004) กล่าวว่า การบ่มเนื้อเป็นวิธีปรับปรุงคุณภาพเนื้อให้มีความนุ่มเพิ่มขึ้นและทำให้เนื้อมีรสชาติดีขึ้นน่ารับประทาน เนื่องจากเนื้อที่บ่มจะมีอุณหภูมิ และ pH ที่เหมาะสมกับการทำงานของเอนไซม์ calpains ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยสลายโปรตีนภายในกล้ามเนื้อของสัตว์

เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น โดยจากการศึกษาของ วิจิต พรหมอินทร์ (2549) พบว่าอิทธิพลของระยะเวลาการบ่มที่มีผลต่อความนุ่มของเนื้อโคขุนภายใต้ระบบการผลิตของสหกรณ์โคเนื้อกำแพงแสนที่ระยะเวลาการบ่ม 1 5 7 14 และ 20 วัน พบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 7.39 5.99 4.99 4.46 และ 3.92 กิโลกรัม ตามลำดับ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ ชนนันท์ ศุภกิจจานนท์ (2547) รายงานว่าอิทธิพลของระยะเวลาการบ่มของกล้ามเนื้อสันนอกโคเนื้อลูกผสมอเมริกันบราห์มัน (ระดับเลือด 75 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป) ที่

ระยะเวลาการบ่ม 5 และ 20 วัน พบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 7.23 และ 4.85 กิโลกรัม ตามลำดับ ($p < 0.05$)

Monson *et al.* (2005) ทำการศึกษาในโคพันธุ์ต่างๆ คือ Spanish Holstein (HO) Brown Swiss (BS) French Limousin (LI) และ French Blonde d'Aquitaine (BA) จำนวน 10 ตัวต่อพันธุ์ อายุเริ่มต้น 9 1/2 เดือน โดยบ่มที่ 1 3 7 14 21 และ 35 วัน พบว่า พันธุ์และระยะเวลาการบ่มมีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อ ($p < 0.05$) โดยเนื้อโค LI มีความนุ่มที่สุดรองลงมาคือ BS BA และ HO ตามลำดับ และเมื่อระยะเวลาการบ่มเนื้อมานานขึ้นเนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และอายุอีกด้วย ($p < 0.05$)

Riley *et al.* (2005) รายงานว่าเนื้อโคพันธุ์บราห์มันเมื่อระยะเวลาในการบ่มเนื้อมานานขึ้นจะส่งผลทำให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) โดยมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 5.51 4.90 และ 4.47 กิโลกรัม ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 21 วัน ตามลำดับ

2.3 ปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มเหนียวของเนื้อโค

Gatellier *et al.* (2005) กล่าวว่าสีและความนุ่มเหนียวเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญในการพิจารณาเลือกซื้อเนื้อ โดยสีและความนุ่มเหนียวของเนื้อมีอิทธิพลมาจากลักษณะของกล้ามเนื้อและการเปลี่ยนแปลงภายหลังสัตว์ตายในระหว่างการบ่มเนื้อ (Jurie *et al.* 2007) ในเรื่องของความนุ่มเหนียวของเนื้อ โคนั้นมีปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนี้

2.3.1 พันธุ์

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และญาณิน โอภาสพัฒนกิจ (2548) กล่าวว่าโคสายเลือดยุโรปและโคสายเลือดอินเดียมีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อ โดยเนื้อที่มาจากโคที่มีเลือดยุโรปสูงจะมีความนุ่มมากกว่า หรือโคสายเลือดอินเดียจะมีความเหนียวมากกว่า เนื่องจากเนื้อโคสายเลือดอินเดียมีระดับเอนไซม์ calpastatins สูง ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ calpains ที่ทำให้เนื้อนุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับ Wheeler *et al.* (1990) ซึ่งทำการศึกษาเกี่ยวกับความแปรปรวนของกระบวนการทำให้เนื้อนุ่มในโคพันธุ์บราห์มันและโคพันธุ์เฮียฟอร์ด จากการศึกษาพบว่าโคพันธุ์บราห์มันเป็นพันธุ์อินเดียหรือ *Bos indicus* ถ้าระดับเลือดเพิ่มสูงขึ้นจะมีความสัมพันธ์ในทางลบกับความนุ่ม คือ ถ้าโคมีเลือดของ *Bos indicus* มากขึ้นเนื้อโคจะมีความนุ่มลดลง และโคพันธุ์เฮียฟอร์ดเป็นโคเลือดยุโรปหรือ *Bos taurus* เนื้อโคในกลุ่มนี้จะมีความนุ่มมากกว่าแม้จะมีระดับไขมันแทรกที่เท่ากันก็ตาม และในโคลูกผสมที่มีสายเลือด *Bos indicus* ที่เพิ่มสูงขึ้นเนื้อจะมีความเหนียวมากเมื่อเทียบกับเนื้อโคลูกผสมที่มีสายเลือด *Bos taurus*

จากการศึกษาของ Pringle *et al.* (1997) ศึกษาาระบบของเอนไซม์ calpain proteinase system ที่ช่วยย่อยสลายโปรตีนในเนื้อที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อของโคลูกผสมพันธุ์แองกัส x บราห์มัน พบว่า โคลูกผสมที่มีระดับสายเลือดบราห์มัน 0 25 50 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณเอนไซม์ μ -calpain ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับปริมาณเอนไซม์ calpastatins และสัดส่วนของ calpastatins ต่อ μ -calpain เพิ่มขึ้นเมื่อระดับเลือดบราห์มันสูงขึ้น (ตารางที่ 2.2) และพบว่าปริมาณเอนไซม์ μ -calpain มีความสัมพันธ์กับค่าคะแนนทดสอบระดับความนุ่มด้วยประสาทสัมผัสจากการชิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยถ้ามีปริมาณเอนไซม์ μ -calpain มาก ค่าแรงตัดผ่านจะต่ำเนื้อจะนุ่มเพราะการทำงานของเอนไซม์ μ -calpain (ตารางที่ 2.2) ปริมาณเอนไซม์ calpastatins จะสัมพันธ์กับระดับเลือดของโคบราห์มัน โดยปริมาณเอนไซม์ calpastatins จะเพิ่มขึ้นและสัดส่วนของ calpastatins ต่อ μ -calpain จะสูงขึ้นเมื่อระดับเลือดบราห์มันเพิ่มขึ้น เนื่องจากเอนไซม์ calpastatins มีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังสัตว์ตายมีผลทำให้ calpains ทำงานได้น้อยลง ส่งผลทำให้เนื้อมีความนุ่มลดลง เพราะเอนไซม์ calpastatins ทำหน้าที่ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ calpains

ตารางที่ 2.2 ปริมาณเอนไซม์ calpains และ calpastatins ในกล้ามเนื้อสันนอกของโคลูกผสมพันธุ์แองกัสและบราห์มันที่ระดับเลือดที่แตกต่างกัน

	ระดับเลือดของโคบราห์มัน (เปอร์เซ็นต์)					
	0	25	37	50	75	100
μ -calpain	60.4 ^b	58.2 ^{bc}	72.1 ^a	58.4 ^{bc}	53.0 ^{bc}	49.7 ^c
m-calpain	47.7	49.2	48.4	46.2	41.1	49.0
calpastatins	173.8 ^c	193.8 ^{bc}	181.4 ^{bc}	198.1 ^{bc}	205.8 ^{ab}	227.7 ^a
calpastatins ต่อ μ -calpain	3.03 ^{bc}	3.36 ^{bc}	2.60 ^a	3.66 ^b	4.40 ^a	4.68 ^a

^{abc} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ที่มา : คัดแปลงจาก Pringle *et al.* (1997)

Jurie *et al.* (2007) ทำการศึกษาในโคนมคัดทิ้งพันธุ์โฮลสไตน์ฟริเชียนและโคเนื้อคัดทิ้งของประเทศฝรั่งเศส โดยทั้ง 2 สายพันธุ์นี้มีอายุประมาณ 6.6 ± 0.2 ปี เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ ชนิดของกล้ามเนื้อ และความนุ่มของเนื้อ พบว่าโคนมคัดทิ้งและโคเนื้อคัดทิ้งที่น้ำหนักเข้ามา อายุ และคะแนนการสะสมไขมันของร่างกายเท่ากัน คุณภาพเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อาจเป็นเพราะโคทั้งสองสายพันธุ์นี้เป็นโคสายเลือดยุโรปเช่นเดียวกัน

Monson *et al.* (2005) ซึ่งทำการศึกษาในโคนมสายพันธุ์ต่างๆ โดยพบว่าสายพันธุ์และระยะเวลาการบ่มมีผลต่อคุณภาพเนื้อด้านการบริโภค เช่น การเพิ่มความนุ่ม การสะสมไขมันแทรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

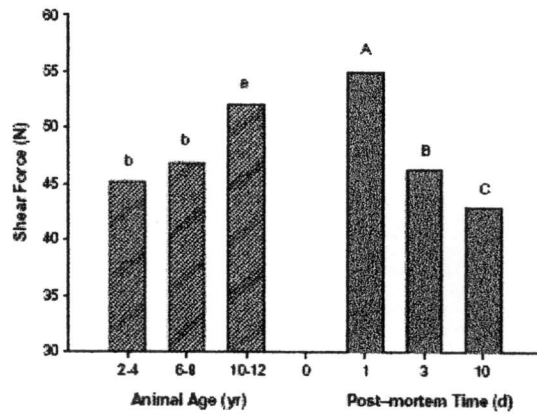
สี และการเกิดกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ได้เช่นกัน Merciera *et al.* (2004) กล่าวว่า การเกิดกลิ่นรสไม่พึงประสงค์นี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของไขมันและการสะสมไขมันแทรกในเนื้อ

Dunne *et al.* (2004) ทำการศึกษาเปรียบเทียบสีของกล้ามเนื้อ และสีของเนื้อเยื่อไขมันในโคเพศผู้ 3 พันธุ์ คือ นิวซีแลนด์ ฟรีเชียน ไอริช ฟรีเชียน และ โคลูกผสมพันธุ์เบลเยียม บลูกับโฮลสไตน์ ฟรีเชียน พบว่าสีของกล้ามเนื้อส่วนนอกของโคลูกผสมพันธุ์เบลเยียม บลูกับโฮลสไตน์ ฟรีเชียน มีค่าความสว่าง (L^*) สูงกว่า และปริมาณ heme pigment ต่ำกว่า โคนมพันธุ์ นิวซีแลนด์ ฟรีเชียน สำหรับเนื้อเยื่อไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat) ของโคสายพันธุ์นิวซีแลนด์ ฟรีเชียน มีค่าสีเหลือง (b^*) สูงกว่า โคนพันธุ์ไอริช ฟรีเชียน และ โคนมลูกผสมเบลเยียม บลูกับโฮลสไตน์ ฟรีเชียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับเนื้อเยื่อไขมันของโคนิวซีแลนด์ ฟรีเชียน มีค่า chroma (c^*) สูงกว่า โคนพันธุ์ไอริช ฟรีเชียน และ โคลูกผสมพันธุ์เบลเยียม บลูกับโฮลสไตน์ ฟรีเชียน ทั้งนี้เนื่องจากระบบการเลี้ยงโคในประเทศนิวซีแลนด์ส่วนมากเป็นการเลี้ยงแบบปล่อยแทะเล็ม ให้โคแทะเล็มหญ้าในแปลง สีของเนื้อโคจนจึงสีเข้ม และไขมันจะมีสีเหลืองกว่า โคนพันธุ์อื่นๆ นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลมาจากสายพันธุ์ เช่น โคสายพันธุ์เจอร์ซี (jersey) และ โคสายพันธุ์เกิร์นซี (guernsey) จะมีไขมันสีเหลืองมากกว่า โคนพันธุ์อื่นๆ เนื่องจากมีปริมาณแคโรทีน (carotene) ในไขมันสูง เพราะการดูดซึมของลำไส้สูงหรือการเปลี่ยนแปลงแคโรทีนไปเป็นวิตามินเอได้ต่ำ ต่างจากในแกะที่พบว่าปริมาณของรงควัตถุแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) ในเนื้อเยื่อไขมันต่ำ ดังนั้นสีของไขมันจึงมีสีขาวครีม แต่จากการศึกษาในประเทศไอซ์แลนด์พบว่า มีแกะบางสายพันธุ์ที่มีการสะสมแซนโทฟิลล์สูง ทั้งนี้เนื่องมาจากการมียีนด้อย (recessive gene)

2.3.2 อายุและเพศ

สัตว์ที่มีอายุมากจะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่เป็นพวก inter และ intra-molecular crosslinking ระหว่าง polypeptide ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูง ซึ่งมีผลทำให้ความร้อนและเอนไซม์เข้าทำลายได้ยากขึ้น นอกจากนี้ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อก็ขึ้นกับอายุสัตว์เช่นกัน โดยสัตว์อายุมากขึ้นเนื้อจะมีความเหนียวเพิ่มขึ้น แต่โคที่อายุมากมีอัตราส่วนของกล้ามเนื้อลดลง เพราะมีการสะสมไขมันเพิ่มขึ้น หากพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับไขมันแทรก พบว่าเมื่อโคอายุมากขึ้นระดับของไขมันแทรกในเนื้อจะสูงขึ้นตามไปด้วย (ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529; จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

Xiong *et al.* (2007) ทำการศึกษาถึงคุณภาพเนื้อของโคนมในช่วงอายุที่แตกต่างกัน โดยใช้แม่โคลูกผสมพันธุ์แองกัสและซิมเมนทอล จำนวน 18 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ตัว โดยใช้แม่โคอายุ 2-4 6-8 และ 10-12 ปี พบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อของแม่โคอายุ 10-12 ปี มีค่าสูงกว่าแม่โคอายุ 2-4 และ 6-8 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 5.50 4.75 และ 4.52 กิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 2.2)



ภาพที่ 2.2 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของโคนมโตเต็มวัยในช่วงอายุที่แตกต่างกัน

ที่มา: Xiong *et al.* (2007)

นอกจากนี้เมื่อนำตัวอย่างเนื้อจากโคนมทั้ง 3 กลุ่มนี้มาบ่มที่ 3 องศาเซลเซียส พบว่าเนื้อจะมีความนุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ยของค่าแรงตัดผ่านเนื้อในวันที่ 1 ภายหลังสัตว์ตายจะมีค่าสูงที่สุด รองลงมา คือ วันที่ 3 และวันที่ 10 ภายหลังสัตว์ตาย ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงภายในของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตายที่เกิดขึ้นภายหลังการบ่มเนื้อที่ 0-4 องศาเซลเซียส เนื่องจากในระหว่างการบ่มเนื้อภายหลังสัตว์ตายจะมีเอนไซม์ย่อยโปรตีนออกมาทำให้เนื้อนุ่ม โดยจะย่อยสลาย myofibrillar proteins อย่างไรก็ดีตามความแตกต่างกันของอัตราการย่อยสลายโปรตีนภายในกล้ามเนื้อสัตว์มีผลมาจากความแปรปรวนด้านอายุสัตว์ และระยะเวลาในการบ่มร่วมกัน (Xiong *et al.* 2007)

จากการศึกษาของ Kolczak *et al.* (2003) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ myofibrillar proteins ในลูกโคอายุ 3 เดือน โคสาวอายุ 18 เดือน และแม่โคอายุ 8 ปี ในวันที่ 1 6 และ 12 วัน ภายหลังสัตว์ตาย พบว่า ลูกโคมีอัตราการย่อยสลายโปรตีนเร็วที่สุด รองลงมาคือโคสาว และแม่โค ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลทำให้เนื้อลูกโคมีความนุ่มมากกว่าเนื้อโคสาว และเนื้อโคสาวมีความนุ่มมากกว่าเนื้อแม่โค จากการทดลองพบว่าถ้า titin ซึ่งเป็น cytoskeletal proteins ที่มีขนาดใหญ่ถูกย่อยสลายจะพบแถบของ polypeptide ที่ 30 kDa เนื่องจากถูกเอนไซม์ภายในกล้ามเนื้อย่อยเนื้อจึงนุ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการบ่มเนื้อด้วย การที่เนื้อของโคอายุมากมีความนุ่มน้อยกว่าโคอายุน้อย อาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณของเอนไซม์ calpastatins ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ calpains ทำให้ไม่สามารถย่อยสลายโปรตีนได้ (Huff-Lonergan *et al.* 1995)

2.3.3 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเป็นเนื้อเยื่อที่ห่อหุ้มโครงสร้างในร่างกายของสัตว์ โดยกล้ามเนื้อจะถูกห่อหุ้มด้วย อีพิมิเซียม (epimysium) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่รอบๆ กล้ามเนื้อ โครงสร้างและห่อหุ้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มัดกล้ามเนื้อหลายๆ มัดให้อยู่รวมกันเป็นกล้ามเนื้อโครงร่าง มัดกล้ามเนื้อถูกห่อหุ้มด้วย เพอริไมเซียม (perimysium) เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่อยู่รอบๆ มัดกล้ามเนื้อและห่อหุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อหลายๆ เส้นให้รวมเป็นมัดกล้ามเนื้อ และเส้นใยกล้ามเนื้อนี้จะถูกห่อหุ้มด้วย เอนโดไมเซียม (endomysium) ซึ่งมีเส้นเลือดฝอยทำหน้าที่ขนส่งออกซิเจนสู่เซลล์ของกล้ามเนื้อ ทั้งนี้องค์ประกอบที่สำคัญของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันและมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อมากที่สุด คือ เส้นใยคอลลาเจน (collagen fiber) กล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวมากจะมีปริมาณของ endomysium และ perimysium สูง

จุฑารัตน์ เสรษฐกุล และคณะ (2552) ทำการศึกษาคุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองที่เลี้ยงปล่อยแพะเต็มหญ้าตามธรรมชาติ และ โคลูกผสมพันธุ์ต่างๆ ภายใต้ระบบการผลิตเนื้อโคในประเทศไทย พบว่าเนื้อโคพื้นเมืองที่ปล่อยแพะเต็มหญ้าตามธรรมชาติมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูงที่สุด ($p < 0.05$) เนื่องจากกล้ามเนื้อมีการทำงานตลอดเวลา ประกอบกับ โคมีอายุน้อย สอดคล้องกับ Johnson *et al.* (1990) รายงานว่าปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ในโคที่มีอายุน้อยจะสูงกว่าในโคที่มีอายุมาก

2.3.4 ไขมันแทรก

ไขมันแทรกเป็นไขมันที่สะสมอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อบริเวณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ห่อหุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อ (endomysium) และที่ห่อหุ้มมัดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (perimysium) สามารถมองเห็นเป็นจุด หรือเส้นสีขาวภายในกล้ามเนื้อ การสะสมของไขมันแทรกในส่วนต่างๆ ของร่างกาย โคจะเกิดขึ้นไม่เท่ากัน โดยจะมีปริมาณการสะสมจากส่วนหัวไปยังส่วนท้ายของลำตัว และไขมันจะถูกสะสมในร่างกายเป็นลำดับสุดท้าย แต่จะถูกนำไปใช้เป็นอันดับแรกเมื่อร่างกายขาดแคลนพลังงาน (Chambaz *et al.* 2003) ซึ่งการสะสมไขมันของสัตว์มีอิทธิพลมาจากพันธุกรรมเป็นปัจจัยสำคัญต่อปริมาณการสะสมไขมันแทรก พบว่าโคที่มีระดับเลือด *Bos indicus* เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ระดับไขมันแทรก ขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก และเกรดคุณภาพซากลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (King *et al.* 2005)

Savell and Cross (1988) กล่าวว่าไขมันแทรกมีความสัมพันธ์กับความนุ่มและความน่ากินของเนื้อ โดยสามารถอธิบายได้จากทฤษฎีของไขมันแทรก ดังนี้

1) ทฤษฎีเรื่องความหนาแน่น (bulk density theory) โดยทั่วไปจะพบว่าไขมันแทรกมีความหนาแน่นต่ำกว่าโปรตีนในเนื้อ แต่หากมีปริมาณไขมันแทรกในเนื้อเพิ่มขึ้น ไขมันแทรกจะไปลดความหนาแน่นโดยรวมของเนื้อ จึงทำให้รู้สึกว่เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น

2) ทฤษฎีการหล่อลื่น (lubrication effect theory) ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่เป็น triglycerides ที่สะสมแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นใน (perimysium) ที่ห่อหุ้มระหว่างมัดกล้ามเนื้อแต่ละมัด เมื่อเนื้อได้รับการปรุงสุก triglycerides ในเนื้อจะหลอมละลาย และจะไปเคลือบ

ทั่วเส้นใยกล้ามเนื้อ ดังนั้นเมื่อเคี้ยวเนื้อไขมันก็จะไหลออกมา ซึ่งมีผลไปกระตุ้นให้มีการหลั่งน้ำลายจึงทำให้รู้สึกวุ้นเนื้อมีความนุ่ม ฉ่ำน้ำ และเคี้ยวง่าย

3) ทฤษฎีการเป็นฉนวน (insurancce theory) เนื่องจากไขมันสามารถป้องกันโปรตีนไม่ให้เกิดการเสื่อมสภาพในระหว่างการปรุงสุกได้ โดยปกติแล้วโปรตีนจะทำหน้าที่เกี่ยวกับการจับน้ำในเนื้อ เมื่อเนื้อผ่านการปรุงสุกโปรตีนจะถูกความร้อนทำให้โปรตีนเกิดการเสื่อมสภาพเป็นผลทำให้ความสามารถในการจับกับน้ำลดลง ไขมันจะไปทำหน้าที่เป็นฉนวนความร้อน โดยการชะลอการส่งผ่านความร้อนให้แก่โปรตีน ส่งผลให้เนื้อเกิดการสูญเสียความชื้นลดลงในระหว่างการปรุงสุก

4) ทฤษฎีการลดความตึงตัว (strain theory) ทฤษฎีนี้เกี่ยวข้องกับการลดลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นในที่ห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อ เนื่องจากไขมันแทรกเป็นเซลล์ไขมันที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นใน ดังนั้นในเนื้อที่มีการสะสมไขมันแทรกสูง ไขมันแทรกจะไปบีบคั้นพื้นที่ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันลดความตึงตัวลง เนื้อจึงมีความนุ่มมากขึ้น

Vestergaraard *et al.* (2007) ทำการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาขุ่นต่อคุณภาพเนื้อด้านประสาทสัมผัสต่อปริมาณ ไขมันแทรกของ โคนมเพศเมียตัดทิ้งสายพันธุ์เดนิส ฟรีเซียน พบว่าเมื่อระยะเวลาในการขุ่นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณ ไขมันแทรกเพิ่มขึ้นเช่นกัน ($p < 0.01$) หากพิจารณาถึงค่าแรงตัดผ่านเนื้อพบว่าเนื้อ โคที่มีการสะสม ไขมันแทรกสูงมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น ดังนั้นการขุ่นโคนมเป็นระยะเวลานานสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อด้านการบริโภคให้ดีขึ้นได้ เช่น สี กลิ่น รสชาติ และความชุ่มฉ่ำของเนื้อ

ไขมันมีบทบาทสำคัญในการเกิดกลิ่นรสของเนื้อ โดยไขมันจะหลอมละลาย และไปเคลือบทั่วเส้นใยกล้ามเนื้อในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน หรือการปรุงสุก ซึ่งความร้อนจะเร่งให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อได้ โดยจะทำปฏิกิริยากับเนื้อและไขมันในเนื้อ ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่แตกต่างกันออกไป (Moody, 1983)

2.3.5 ชนิดของกล้ามเนื้อ

Dransfield *et al.* (1994) กล่าวว่า ชนิดของกล้ามเนื้อมีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณภาพเนื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านของความนุ่ม จากการทดลองของ Rhee *et al.* (2004) ซึ่งทำการศึกษาความสัมพันธ์ของความนุ่มกับกล้ามเนื้อ ทั้ง 11 ชนิด ได้แก่ กล้ามเนื้อสันนอกส่วนนอก (*Longissimus thoracis*) กล้ามเนื้อสันนอกส่วนหลัง (*Longissimus lumborum*) กล้ามเนื้อสันใน (*Psoas major*) กล้ามเนื้อหางจรเข้ (*Gluteus medius*) กล้ามเนื้อพับใน (*Semimembranosus*) กล้ามเนื้อพับนอก (*Biceps femoris*) กล้ามเนื้อหมอน (*Semitendinosus*) กล้ามเนื้อลูกมะพร้าว (*Rectus femoris*) กล้ามเนื้อตะพาบ (*Triceps brachii*) กล้ามเนื้อใบพาย (*Infraspinatus*) และกล้ามเนื้อสันในเทียม (*Supraspinatus*) พบว่ากล้ามเนื้อสันใน และกล้ามเนื้อใบพายมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำ (WBSF) และมีคะแนนความนุ่มสูงกว่ากล้ามเนื้อชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากการศึกษาของ Shackelford *et al.* (1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อในกล้ามเนื้อชนิดต่างๆ มีค่าจากน้อยไปหามากดังนี้ คือ *Psoas major* (2.60 กิโลกรัม) *Triceps brachii* (3.90 กิโลกรัม) *Longissimus dorsi* (4.10 กิโลกรัม) *Biceps femoris* (4.30 กิโลกรัม) *Semimembranosus* (4.30 กิโลกรัม) และ *Gluteus medius* (4.40 กิโลกรัม) ในขณะที่พัชรา เอื้อพัฒนพงศ์ และคณะ (2552) ซึ่งทำการศึกษาค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อแต่ละชนิดในเนื้อโคพื้นเมือง พบว่า *Psoas major* มีความนุ่มที่สุด โดยมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 5.60 กิโลกรัม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับ *Longissimus dorsi* *Biceps femoris* และ *Triceps brachii* ทั้งนี้ กล้ามเนื้อที่มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงที่สุด คือ *Gluteus medius* และ *Semimembranosus*

2.3.6 ชนิดและขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

จากคุณสมบัติทางชีวเคมีและกายภาพของเส้นใยกล้ามเนื้อ สามารถจัดแบ่งเส้นใยกล้ามเนื้อได้ 3 ชนิด ดังนี้ (DeSmet, 2004)

1) Type I (red fiber หรือ slow twitch oxidative muscle) มีความสามารถในการหดตัวช้า มีหลอดเลือดฝอย ไมโทคอนเดรีย (mitochondria) และไมโอโกลบินจำนวนมาก ทำให้กล้ามเนื้อมีสีแดง กล้ามเนื้อชนิดนี้สามารถขนส่งออกซิเจนได้มากและมีเมแทบอลิซึมแบบใช้ออกซิเจน (aerobic metabolism)

2) Type IIa (fast twitch oxidative muscle) คล้ายกล้ามเนื้อ slow twitch คือมีเมแทบอลิซึมแบบใช้ออกซิเจน มีไมโทคอนเดรีย และหลอดเลือดฝอยจำนวนมากทำให้มีสีแดง แต่มีความสามารถในการหดตัวเร็ว

3) Type IIb (white fiber หรือ fast twitch glycolytic muscle) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่มีความสามารถในการหดตัวเร็ว มีเมแทบอลิซึมแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism) ใช้พลังงานจากกระบวนการไกลโคไลซิส มีไมโทคอนเดรียและไมโอโกลบินน้อย

ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ เส้นใยกล้ามเนื้อละเอียด (fine texture) และเส้นใยกล้ามเนื้อหยาบ (coarse texture) โดยเนื้อในกลุ่มเส้นใยกล้ามเนื้อละเอียดจะมีความนุ่มมากกว่ากลุ่มเส้นใยกล้ามเนื้อหยาบ ซึ่งขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับ อายุ ชนิดสัตว์ และ ชนิดของกล้ามเนื้อ

จากผลการศึกษาของ ปิยะดา ทวีขศรี (2544) ที่ทำการศึกษาอิทธิพลของชนิดสัตว์เดี่ยว เอื้องและอัตราการผลิตเนื้อโคที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยใช้กระบือปลัก โคนมลูกผสมพันธุ์ไฮลอสไนด์ฟรีเซียน (ระดับเลือด 75 % ขึ้นไป) และโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 150 กิโลกรัม และน้ำหนักสุดท้ายก่อนเข้าฆ่าประมาณ 400 กิโลกรัม พบว่าโคนมลูกผสมพันธุ์ไฮลอสไนด์ฟรีเซียน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กกว่าโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ทั้งนี้มีความสัมพันธ์กับค่าแรงตัดผ่านเนื้อของโคนมลูกผสมที่มีค่าน้อยกว่ากระบือปลัก และโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 อิทธิพลของชนิดสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ

ชนิดสัตว์เคี้ยวเอื้อง	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ (ไมครอน)		ค่าเฉลี่ย
	ของกล้ามเนื้อสันนอก (LD)		
	อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัมต่อวัน)		
	0.5	1.0	
กระบือปลัก	70.62±5.53	71.51±3.22	70.01±3.95 ^{ab}
โคนมลูกผสม	64.32±2.38	70.37±2.87	67.35±1.85 ^a
โคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน	76.15±1.67	74.07±1.67	78.23±3.27 ^b

^{ab} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ที่มา : ปิยะดา ทวีศรี (2544)

ตารางที่ 2.4 ค่าเฉลี่ยของค่าแรงตัดผ่านเนื้อในแต่ละกล้ามเนื้อ 9 ชนิด

ชนิดกล้ามเนื้อ	ชนิดของสัตว์เคี้ยวเอื้อง			ระดับนัยสำคัญ
	กระบือปลัก	โคนมลูกผสม	โคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน	
LD	4.97±1.50	8.22 ±0.70	10.05 ±1.24	ns
PM	3.84±0.58 ^b	5.07 ±0.27 ^b	6.26 ±0.48 ^a	*
SM	5.25±0.86 ^b	7.09±0.40 ^b	9.56 ±0.71 ^a	**
BF	6.59±0.72	7.47±0.34	7.48 ±0.60	ns
ST	5.27±1.00	6.49±0.47	6.79±0.82	ns
RF	5.26±0.80 ^b	7.96±0.38 ^b	8.42 ±0.67 ^a	*
SS	5.40±0.79	7.44±0.37	8.41 ±0.65	ns
IF	4.77±1.00 ^b	7.16±0.47 ^b	9.32±0.83 ^a	*
TB	5.00±0.72	7.19±0.34	7.95±0.59	ns

LD: *Longissimus dorsi*, PM: *Psoas major*, SM: *Semimembranosus*, BF: *Biceps femoris*,

ST: *Semitendinosus*, RF: *Rectus femoris*, SS: *Supraspinatus*, IF: *Infraspinatus* และ TB: *Triceps brachii*

^{ab} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* เครื่องหมายที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

** เครื่องหมายที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

^{ns} ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ที่มา : ปิยะดา ทวีศรี (2544)

จากการศึกษาของ Tuma *et al.* (1962) พบว่าโคพินธุ์เฮียร์ฟอร์ดที่มีอายุมากขึ้นจะมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่ขึ้น ขณะที่จุฬารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ (2545) รายงานว่าโคพินธุ์ไฮลด์สไตน์ฟรีเซียนที่ได้รับอาหารชั้นในระดับสูงจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นในระดับต่ำกว่า เนื่องจากโคที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานสูงจะส่งผลทำให้การสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อสูงขึ้นด้วย

2.3.7 ค่า pH ของเนื้อและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อ

ความเร็วในการทำงานของเอนไซม์นั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิด้วย โดยถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะมีผลทำให้เอนไซม์เสียสภาพไป แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้เอนไซม์ถูกยับยั้งการทำงานได้ ดังนั้นเอนไซม์แต่ละชนิดจะทำงานได้ดีในสภาวะที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งการทำงานที่มีประสิทธิภาพของเอนไซม์นั้นไม่เพียงมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิเท่านั้นยังมีความสัมพันธ์กับค่า pH ในเนื้อ รวมทั้งยังมีความสัมพันธ์กับสารกระตุ้นการทำงาน ความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ของเอนไซม์ด้วย (ปิยะดา ทวีศรี. 2544)

Hwang *et al.* (2004) ทำการศึกษากล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* และ *Semitendinosus* ของโคเพศผู้ตอนพันธุ์ Hanwoo ซึ่งเป็นโคพื้นเมืองของประเทศเกาหลี จำนวน 8 ตัว อายุประมาณ 26 เดือน น้ำหนักเข้าฆ่าที่ 685 ± 17 กิโลกรัม โดยแบ่งกล้ามเนื้อออกเป็นชนิดละ 3 กลุ่ม เพื่อนำไปบ่มที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน คือ 5 15 และ 36 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์ในเนื้อและการย่อยสลายของโปรตีน troponin T จนครบ 24 ชั่วโมง พบว่าที่ 3 และ 6 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตายตัวอย่าง *Longissimus dorsi* และ *Semitendinosus* ที่บ่มไว้ที่ 36 องศาเซลเซียส มีค่า pH ลดลงเร็วที่สุด ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่การบ่ม 5 และ 15 องศาเซลเซียส ($p > 0.05$) และเกิดการย่อยสลายโปรตีนโดยการทำงานของเอนไซม์ μ -calpain และการย่อยโปรตีนสลาย troponin T ที่ลดอุณหภูมิการเก็บ 5 และ 15 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ($p > 0.05$) แต่เมื่อลดอุณหภูมิลงที่ 36 องศาเซลเซียส พบว่าเกิดการย่อยสลายโปรตีนโดยการทำงานของ μ -calpain และการย่อยสลายโปรตีน troponin T ที่ดีกว่าอุณหภูมิในช่วงอื่นๆ และใน *Semitendinosus* การย่อยสลายโปรตีน troponin T มีแนวโน้มเกิดขึ้นเร็วกว่าใน *Longissimus dorsi* และมีค่า pH สูงกว่า *Semitendinosus* เนื่องจาก *Longissimus dorsi* มีส่วนประกอบเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว (white fiber type) น้อยกว่า *Semitendinosus* จึงทำให้ค่า pH เริ่มต้นของ *Semitendinosus* ต่ำกว่านั่นเอง การบ่มในอุณหภูมิสูงจะช่วยเร่งการทำงานของเอนไซม์ในกล้ามเนื้อให้ทำงานดีขึ้น และทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาไกลโคไลซิสเกิดขึ้นในทุกกล้ามเนื้อ การเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาไกลโคไลซิสนี้จะเห็นได้ชัดเจนในกล้ามเนื้อที่บ่มที่ 36 องศาเซลเซียส

2.3.8 อาหารหยานและอาหารขึ้น

จากการศึกษาของ Nuernberg *et al.* (2005) พบว่าอาหารและระบบการเลี้ยงมีผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยทำการศึกษาในโคเพศผู้พันธุ์เยอรมัน โฮลสไตน์ฟรีเซียน และเยอรมันซิมเมนทอล การจัดการเลี้ยงแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เลี้ยงในโรงเรือน โดยให้อาหารขึ้นเป็นอาหารหลัก ช่วงฤดูหนาวให้อาหารขึ้นผสมกากถั่วเหลือง ข้าวบาร์เลย์และกากน้ำตาล และกลุ่มที่ 2 ที่เลี้ยงโดยให้หญ้าเป็นหลักปล่อยให้โคแทะเล็มในทุ่งหญ้าช่วงฤดูร้อนและในช่วงฤดูหนาวเลี้ยงภายในโรงเรือน จากนั้น 3 เดือนก่อนเข้าฆ่าให้หญ้าหมัก ฟางข้าวและอาหารขึ้นผสมเมล็ดลินซีด 10 เปอร์เซ็นต์ โคเข้าฆ่าที่น้ำหนัก 620 กิโลกรัม พบว่าค่าสีของเนื้อโคทั้ง 2 สายพันธุ์ในกลุ่มที่ 1 มีค่า L* (ความสว่าง) 35.78 และ 32.2 และกลุ่มที่ 2 มีค่า 33.08 และ 29.25 ตามลำดับ แสดงว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าเป็นหลัก สีของเนื้อจะคล้ำกว่าที่เลี้ยงด้วยอาหารขึ้นเป็นหลักและพบว่าโคในกลุ่มที่ 1 ซึ่งเลี้ยงด้วยอาหารขึ้นเป็นหลักมีเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกเพิ่มขึ้นและค่าแรงตัดผ่านเนื้อน้อยกว่าโคในกลุ่มที่ 2 เลี้ยงด้วยหญ้าเป็นหลัก ($p < 0.05$) เนื่องจากโคที่เลี้ยงด้วยอาหารขึ้นจะมีการสะสมไขมันมากกว่าจึงส่งผลให้เนื้อมีความนุ่ม และค่าความสว่างของเนื้อมีค่าสูงกว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้า และโคพันธุ์เยอรมัน โฮลสไตน์ฟรีเซียนที่เลี้ยงด้วยหญ้าเป็นหลักมีการปล่อยให้โคแทะเล็มในทุ่งหญ้าเนื้อจึงมีความเหนียวมากกว่าโคในกลุ่มอื่น

ปัจจุบันมีการนำเปลือกสับประรดหมักและข้าวโพดหมักมาใช้ในการเลี้ยงโคมากขึ้น เนื่องจากเป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรที่มีมาก และโคสามารถเพิ่มน้ำหนักได้เร็ว อีกทั้งเปลือกสับประรดและข้าวโพดหมักมีกลิ่นหอมของกรดแลคติก เนื่องจากกระบวนการหมักที่สมบูรณ์ ทำให้โคกินได้มาก ซึ่งให้พลังงานถึง 65-68 เปอร์เซ็นต์ และเป็นพลังงานที่มาจากเชื้อยีสที่มีคุณภาพเหมาะสมแก่การทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าหมักคุณภาพปานกลางมักมีกลิ่นฉุนของกรดอะซิติก หรือ กลิ่นเหม็นของกรดบิวทีริก ทำให้โคกินได้น้อยมีพลังงานประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์

จินดา สนิทวงศ์ฯ และคณะ (2524) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้หญ้าสดและอาหารผสมครบสูตร (เปลือกสับประรด 75 ส่วน ฟางข้าว 15 ส่วน และ ข้าวโพด 10 ส่วน) เป็นหลัก โดยใช้โคเนื้อลูกผสมเพศผู้จำนวน 20 ตัว อายุประมาณ 10-18 เดือน แบ่งเป็นกลุ่ม 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว (ตารางที่ 2.5) จากการศึกษาพบว่าจำนวนอาหารที่โคกินเฉลี่ยต่อตัวต่อวันในอาหารทดลอง 5 ชนิด โคทดลองในกลุ่มที่ 5 กินอาหารน้อยที่สุด คือ 7.44 กิโลกรัมต่อวัน โคในกลุ่มที่ 3 กินอาหารเฉลี่ยต่อวันได้เท่ากับ 10.81 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่ากลุ่มที่ 5 ซึ่งทั้งสองกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่ให้อาหารผสมเปลือกสับประรดเพียงอย่างเดียว จากการวิเคราะห์ทางเคมีของอาหารผสมของกลุ่มที่ 5 มีปริมาณโปรตีนสูงสุด เนื่องจากการผสมยูเรียลงไป สำหรับกลุ่มที่ 1 และ 2 โคกินอาหารเฉลี่ยต่อวันจำนวนเท่ากัน คือ 14.68 และ 14.99 กิโลกรัม

ตารางที่ 2.5 น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน และจำนวนอาหารที่กินเฉลี่ย/ตัว/วัน ของโคทดลองใช้
หญ้าสดและอาหารผสมครบสูตร

รายการ	หญ้าสด	หญ้าสด + อาหารผสม ครบสูตร	อาหาร ผสมครบ สูตร	หญ้าสด + อาหารผสมครบ สูตร + ยูเรีย + กากน้ำตาล	อาหารผสม ครบสูตร + ยูเรีย + กากน้ำตาล
ระยะเวลา (เดือน)	6	6	6	6	6
น้ำหนักเฉลี่ยเริ่มทดลอง (กก)	167.0	161.6	152.8	168.8	161.9
น้ำหนักเฉลี่ยสิ้นสุดการทดลอง (กก)	162.7	175.6	164.3	202.7	145
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยตลอดการทดลอง (กก)	-6.59	17.18	13.53	33.97	-16.93
น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน (กก)	-0.02	0.07	0.05	0.18	-0.09
รวมอาหารที่กินเฉลี่ย (กก)	14.68	14.99	10.81	16.00	7.44

ที่มา : คัดแปลงจาก จินดา สนิทวงศ์ ฯ และคณะ (2524)

2.4 สีของเนื้อและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

Gatellier *et al.* (2005) และ Insani *et al.* (2007) กล่าวว่านอกจากความนุ่มเหนียวของเนื้อแล้วสีและกลิ่นรสของเนื้อมีความสำคัญต่อการยอมรับได้ของผู้บริโภค ซึ่งใช้พิจารณาในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์นั้นๆ สีของเนื้อเกิดจากสารสีหรือรงควัตถุภายในกล้ามเนื้อของสัตว์ (heme protein) ซึ่งประกอบด้วยเม็ดสีในเนื้อหรือ ไมโอโกลบินเป็นส่วนใหญ่ และเม็ดสีในเลือดหรือฮีโมโกลบิน (haemoglobin) เป็นส่วนน้อย และยังขึ้นกับสถานภาพทางเคมีของไมโอโกลบินด้วย (Hoffman, 2005)

สีของเนื้อสามารถใช้ในการเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาคุณภาพเนื้อได้เช่นกัน เนื่องจากค่า b* หรือค่าสีเหลืองมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันแทรกภายในกล้ามเนื้อสัตว์ เนื้อที่มีค่า b* สูงอาจเป็นผลมาจากการที่กล้ามเนื้อนั้นๆ มีการสะสมของไขมันแทรกมาก สีของเนื้อและปริมาณไขมันแทรกที่ปรากฏที่แตกต่างกันนั้น เนื่องมาจากอิทธิพลของอาหารเป็นหลักและสีของเนื้อยังเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะค่า b* ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเข้มของสีไขมัน และมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากความหืนของไขมันในเนื้อ (rancidity) ทำให้ไขมันมีสีออกเหลือง โดยเนื้อที่ผ่านการบ่ม 7 14 21 และ 28 วันจะมีค่า b* เท่ากับ 6.57 6.94 6.95 และ 7.66 ตามลำดับ (Berruga *et al.* 2005)

ปริมาณไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อสัตว์จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ด้วย โดยเนื้อโคมีปริมาณไมโอโกลบินสูงกว่าเนื้อสุกรและเนื้อไก่ตามลำดับ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอายุสัตว์เพศ อาหาร และชนิดของกล้ามเนื้ออีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.6 (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโอโกลบินเป็นโครโมโปรตีน (chromoprotein) ที่มีฮีม (heme) เป็นองค์ประกอบคล้ายกับฮีโมโกลบิน ไมโอโกลบินทำหน้าที่ในการขนส่งออกซิเจนในเซลล์กล้ามเนื้อ สีของเนื้อขึ้นอยู่กับปริมาณไมโอโกลบินถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และขึ้นกับฮีโมโกลบินอีก 10 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปในกล้ามเนื้อลายจะพบไมโอโกลบินประมาณ 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ของโปรตีนทั้งหมด แต่ในกล้ามเนื้อที่ทำงานหนักและต้องการพลังงานมาก เช่น กล้ามเนื้อหัวใจจะพบปริมาณไมโอโกลบินเป็นจำนวนมาก (สัญญาชัช จตุรสิทธา. 2550)

ตารางที่ 2.6 ปริมาณไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อของสัตว์แต่ละชนิด

ชนิดสัตว์	อายุสัตว์ (เดือน)	ชนิดกล้ามเนื้อ	ปริมาณไมโอโกลบิน (เปอร์เซ็นต์)
ลูกโค	12 วัน	สันนอก (<i>Longissimus dorsi</i>)	0.070
โคตัวผู้	36	สันนอก (<i>Longissimus dorsi</i>)	0.460
สุกร	5	สันนอก (<i>Longissimus dorsi</i>)	0.030
สุกร	7	สันนอก (<i>Longissimus dorsi</i>)	0.044
สุกร	12	สันใน (<i>Psoas major</i>)	0.156
ไก่	40 วัน	กล้ามเนื้อหน้าอก (<i>Pectoralis</i>)	0.005

ที่มา : ดัดแปลงจาก Swatland (1994) อ้างโดย จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539)

Gatellier *et al.* (2005) ทำการศึกษาในโคสายพันธุ์ชาโลเลส์ 3 ประเภท คือ โคเพศผู้ตอน (steers) โคสาว (heifers) และ โคนาง (cows) พบว่า โคเพศผู้ตอนที่ให้อาหารผสมระหว่างข้าวโพดหญ้าหมัก และหญ้าแห้งสีของเนื้อมีความสว่างมากกว่าโคเพศผู้ตอนที่ให้หญ้าเป็นอาหาร นอกจากนี้ยังมีค่ามากกว่าโคสาว และ โคนางที่ได้รับอาหารชนิดเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากอาหารและเพศเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อสัตว์ สัตว์ต่างชนิดกันมีปริมาณไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อแตกต่างกัน เช่น เนื้อโคจะมีปริมาณไมโอโกลบินมากกว่าเนื้อสุกรจึงทำให้เนื้อโคมีสีเข้มกว่าเนื้อสุกร อายุของสัตว์ที่แตกต่างกัน ทำให้มีปริมาณไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อแตกต่างกันด้วย เช่น โคอายุมากหรือโคนางจะมีปริมาณไมโอโกลบิน มากกว่าโคอายุน้อยหรือโคสาว เนื้อโคอายุมากจึงมีสีเข้มกว่าเนื้อโคที่อายุน้อย จากการทดลองพบว่าเนื้อสัตว์ชนิดเดียวกันก็มีสีที่แตกต่างกัน โดยเนื้อโคเพศผู้ตอนมีปริมาณไมโอโกลบินมากกว่าเนื้อโคเพศเมีย

จากการศึกษาของ Priolo *et al.* (2002) พบว่าชนิดของอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงมีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้ออย่างชัดเจน โดยโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าเป็นหลักจะมีสีของเนื้อคล้ำกว่าโคที่เลี้ยงด้วยอาหารขึ้น สำหรับเนื้อจากโคที่เลี้ยงด้วยอาหารขึ้นเป็นหลักสีของไขมันได้ผิวหนังจะมีสีเหลืองกว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าเป็นหลัก และการสะสมของไขมันจะมีมากขึ้นเมื่อเลี้ยงด้วยอาหารขึ้น ทั้งนี้ O'Neill

et al. (1998) กล่าวว่าอาหารและระยะเวลาการบ่มมีผลต่อการเกิดกลิ่นรสของเนื้อ ซึ่งเกิดจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ ทำให้เนื้อเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (off-odor) สูญเสียรสชาติ นอกจากนี้การออกซิเดชันของไขมันในเนื้อมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา (shelf life) อีกด้วย

ระบบการวัดสีสามารถแบ่งได้ 3 ระบบ คือ ระบบ Munsell ระบบ CIE (International Commission on Illumination) และระบบ hunter Lab โดยระบบ CIE ถูกกำหนดเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นกับ CIE Yxy color space เนื่องจากสีที่ต่างกันในระยะเท่ากันใน Yxy color space ให้ความแตกต่างของสีไม่เหมือนกัน ทั้งนี้เนื่องจากหน่วยวัดไม่เป็นสเกลระบบใหม่ที่ CIE กำหนดขึ้น คือ $L^* a^* b^*$ color space โดยที่แกน L^* (lightness) จะบ่งบอกถึงค่าความสว่างของสี โดยมีค่าตั้งแต่ 0 (สีดำ) ถึง 100 (สีขาว) แกน a^* จะบ่งถึงสีแดงและสีเขียว โดยค่าเป็นบวกก็จะเป็นสีแดงมากขึ้น และถ้าค่าเป็นลบก็จะเป็นสีเขียวมากขึ้น และแกน b^* จะบ่งถึงสีเหลืองและสีน้ำเงิน โดยค่าเป็นบวกก็จะเป็นสีเหลือง ถ้าค่าเป็นลบก็จะเป็นสีน้ำเงินมากขึ้น การวัดสีของไมโอโกลบินสามารถทำได้โดยการวัดความเข้มข้นของแสง โดยใช้เครื่อง photoelectric colorimeter หรืออาจใช้เครื่อง spectrophotometer ได้ โดยการวัดสีของเนื้อสามารถทำได้โดยนำชิ้นเนื้อมาตัดเปิดให้หน้าตัดของชิ้นเนื้อสัมผัสอากาศนาน 45 นาที จากนั้นจึงวัดค่าสีบริเวณหน้าตัดชิ้นเนื้อด้วยเครื่องวัดสี ซึ่งจะแสดงผลในรูปของค่า L^* (lightness) a^* (redness) และ b^* (yellowness) สีเป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนออกมาจากวัตถุซึ่งพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนออกมาต้องอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 380–770 นาโนเมตร ค่าสีแดงมีค่าอยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 700 นาโนเมตร สีเขียวประมาณ 525 นาโนเมตร (Pomeranz and Meloan, 1994)

2.4.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีของไมโอโกลบิน

การเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีของไมโอโกลบินเป็นผลจากหลายสาเหตุ เช่น ความร้อน แสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet light; UV) การกระตุ้นจากแร่ธาตุ การเปิดพื้นที่หน้าตัดเนื้อให้สัมผัสกับอากาศมากเกินไป เอนไซม์ ปริมาณของออกซิเจน และอนุมูลภายในเนื้อ ซึ่งสิ่งเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของโปรตีนภายในกล้ามเนื้อสัตว์โดยความร้อนจะทำให้โปรตีนเสื่อมสภาพและเสียสภาพไป การถูกกระตุ้นจากแร่ธาตุต่างๆ เช่น ทองแดง (Cu) นอกจากนี้ปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนถ้าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ 4 มิลลิเมตรปรอท หรือไม่เกิน 25 มิลลิเมตรปรอท จะมีผลต่อการเร่งการเกิด metmyoglobin รวมทั้งอนุมูลภายในเนื้อสามารถชะลอการเกิด metmyoglobin เนื่องจากความเย็นไปลดกิจกรรมการทำงานของ oxygen-utilising enzymes

Insani *et al.* (2007) กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพและทางเคมีของเนื้อสัตว์ มีผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยเนื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ กลิ่นรสเปลี่ยนแปลงไป รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะเนื้อสัมผัส ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ภายในกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตาม อย่างไรก็ตามการออกซิเดชันของไมโอโกลบิน และการออกซิเดชันของไขมันใน

เนื้อในระหว่างบ่มและในระหว่างจำลองการวางจำหน่าย มีผลต่อการเสื่อมของสีและกลิ่นเนื้อซึ่งทำให้การยอมรับได้ของผู้บริโภคลดลง

อาหารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีของไมโอโกลบินซึ่งรวมถึงการเปลี่ยนแปลงของสีภายในกล้ามเนื้อและภายในไขมันของสัตว์ Dunne *et al.* (2006) ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการเลี้ยง โคปล้อยทะเล็มกับโคที่เลี้ยงยืนโรง พบว่าโคที่เลี้ยงแบบปล้อยทะเล็มและแบบยืนโรงมีน้ำหนักซากเพิ่มขึ้น คุณภาพซากมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ สีของเนื้อ สีของไขมันได้ผิวหนัง และความเข้มข้นของลูทีน (lutein) สูงขึ้น เมื่อเทียบกับกลุ่มก่อนการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่าโคที่เลี้ยงปล้อยทะเล็มกับโคที่เลี้ยงยืนโรงได้รับอาหารชั้นจากการศึกษาพบว่าโคที่เลี้ยงแบบยืนโรงที่ได้รับอาหารชั้นอย่างเดียวมีสีของไขมันหุ้มไตและสีของไขมันช่องท้องมีสีเหลืองน้อยกว่า (ค่า b^* ต่ำ) และมีความเข้มข้นของลูทีนและฮีมน้อยกว่าโคที่เลี้ยงปล้อยทะเล็ม ทั้งนี้เนื่องจากอาหารที่ได้รับมีปริมาณแคโรทีน (carotene) ต่างกัน และการใช้งานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันด้วย โดยโคที่เลี้ยงแบบปล้อยทะเล็มจะมีสีของไขมันเหลืองมากกว่าโคที่เลี้ยงยืนโรงและการใช้งานของกล้ามเนื้อในโคปล้อยทะเล็มจะใช้มากกว่า เนื่องจากต้องใช้ในการทะเล็มดังนั้นปริมาณฮีมจึงมากกว่ามีผลทำให้เนื้อของโคที่เลี้ยงปล้อยทะเล็มมีสีเข้มกว่าโคที่เลี้ยงแบบยืนโรงนั่นเอง

ตารางที่ 2.7 สภาพทางเคมีของไมโอโกลบิน

Pigment	สภาพทางเคมี	สถานะของธาตุเหล็ก	สี
Myoglobin	Deoxygenation of oxymyoglobin	Fe^{2+}	ม่วงแดง
Oxymyoglobin	Oxygenation of myoglobin	Fe^{2+} หรือ Fe^{3+}	แดงสดใส
Metmyoglobin	Oxidation of myoglobin	Fe^{3+}	น้ำตาล
Nitric oxide myoglobin	Combination of myoglobin with nitric oxide	Fe^{2+}	ชมพู
Metmyoglobin nitrite	Combination of metmyoglobin with excess nitrite	Fe^{3+}	แดงปนน้ำตาล

ที่มา : ดัดแปลงจาก Lawrie (1985)

การเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีของไมโอโกลบินและสีเนื้อบริเวณผิวหนังเนื้อ คือ ค่าความสว่าง (L^*) มีความสัมพันธ์ในทางลบกับค่า ultimate pH (Insausti *et al.* 1999) และสีเนื้อในกล้ามเนื้อต่างชนิดกันมีความแตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจาก antioxidant และ pro-oxidant ในเนื้อ ที่ควบคุมอัตราการเกิดออกซิเดชันของไมโอโกลบินได้ เช่น กล้ามเนื้อสันใน (*Psoas major*) มีความคงตัวของสีน้อย ซึ่งเป็นเพราะเนื้อสันในมีความสามารถในการออกซิเดชันได้สูง เนื่องจากมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณไมโอโกลบินสูง จึงทำให้เกิดการออกซิเดชันได้มาก การเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อจึงเกิดขึ้นรวดเร็ว (Insani *et al.* 2007)

จากการศึกษาของ Dunne *et al.* (2006) พบว่าค่า b^* ของเนื้อเยื่อไขมันได้ผิวหนังของโคสาวที่เลี้ยงยืนโรงแล้วให้กินหญ้าอย่างเดียวนั้นมีค่าสูงที่สุด ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในกลุ่มยืนโรงที่ได้รับอาหารขึ้นอย่างเดียวนั้นมีค่า b^* น้อยที่สุด แต่ปริมาณเบต้าแคโรทีนไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าสีของกล้ามเนื้อสันนอกของโคสาวที่เลี้ยงยืนโรงให้กินหญ้าอย่างเดียวนั้นมีค่าสูงกว่ากลุ่มยืนโรงที่ได้รับอาหารขึ้นอย่างเดียวนั้นมีค่า b^* จะมีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$)

Dunne *et al.* (2004) กล่าวว่าไขมันสีเหลืองจัดเป็นไขมันที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในยุโรป แต่ถ้าเป็นซากโคที่มีไขมันสีครีมขาวจะได้รับการยอมรับและจัดอยู่ในซากเกรดดีซึ่งจะได้อายุสูงกว่าโคไขมันสีเหลือง ซึ่งสอดคล้องกับ สัตวชัย จตุรติพิธา (2543) กล่าวว่าไขมันสีเหลืองในโคจัดเป็นไขมันที่ไม่พึงประสงค์ของผู้บริโภค โดยมากจะพบในโคอายุมากหรือโคที่ได้รับหญ้าเป็นอาหารหลัก นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลมาจากสายพันธุ์ เช่น โคสายพันธุ์เจอร์ซี (Jersey) และ โคสายพันธุ์เกิร์นซีย์ (Guernsey) จะมีไขมันสีเหลืองมากกว่าโคพันธุ์อื่นๆ เนื่องจากมีปริมาณแคโรทีนในไขมันสูงเพราะการดูดซึมของลำไส้สูงหรือการเปลี่ยนแปลงแคโรทีนไปเป็นวิตามินเอได้ต่ำ

2.4.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกลิ่นรสของเนื้อ

จุฬารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกลิ่นรสของเนื้อแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน ซึ่งปัจจัยภายในได้แก่ ค่า pH ในเนื้อโดยกลิ่นรสของเนื้อจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่า ultimate pH ต่ำ แต่ถ้าค่า ultimate pH สูงกลิ่นรสของเนื้อจะด้อยกว่าสำหรับช่วงระยะเวลาการบ่มเนื้อ และคุณภาพของไขมัน กลิ่นรสของเนื้อจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น คุณภาพของไขมันมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา autoxidation ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองภายใต้สภาพที่มีการให้ความร้อน รังสี UV และโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีโลหะ เช่น ทองแดง และตะกั่ว จะเป็นการเร่งให้เกิดอนุมูลอิสระและเกิดการออกซิเดชันมากขึ้น สำหรับอายุสัตว์ถ้าสัตว์ที่มีอายุมากขึ้นพบว่ากลิ่นรสจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากร่างกายมีการสะสมไขมันมากขึ้นนั่นเอง อายุสัตว์ที่มีอายุมากขึ้นจะมีกลิ่นรสมากขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้นของการสร้างสารระเหยสารตั้งต้นที่สำคัญ คือ ไขมัน

การเกิดกลิ่นรสในเนื้อสัตว์เป็นผลมาจากทั้งฟอสโฟลิปิด (phospholipids) และไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) จากการศึกษาในเนื้อตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนเปรียบเทียบกับการใช้สารสกัดด้วย hexane หรือการใช้ methanol-chloroform พบว่าการที่เนื้อตัวอย่างผ่านการสกัดด้วย hexane หรือการใช้ methanol-chloroform สามารถเกิดกลิ่นได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่จากเนื้อตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยตรง คือ การย่าง พบว่าเนื้อตัวอย่างมีกลิ่นคล้ายขนมปังกรอบ (cracker-like) โดยเฉพาะในสารที่มีความเข้มข้นของ dimethylpyrazine ซึ่งเป็นสารที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณส่วนหัวระเหยได้ง่ายโดยจะมีความสำคัญอย่างมากต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าฟอสโฟลิปิดที่พบในไขมันแทรกในเนื้อสัตว์มีความสำคัญอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของเนื้อสัตว์ และการที่เนื้อสัตว์ต่างชนิดกันจะมีปริมาณของกรดอะมิโนและคาร์โบไฮเดรตในเนื้อคล้ายคลึงกันจึงทำให้เกิดกลิ่นที่คล้ายคลึงกัน แต่กลิ่นรสที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากฟอสโฟลิปิดและไตรกลีเซอไรด์ ซึ่งฟอสโฟลิปิดมีความสำคัญต่อการเกิด volatile products ที่ให้กลิ่นรสที่แตกต่างกันมากกว่าไตรกลีเซอไรด์

Shahidi (1997) กล่าวว่า การเกิดกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เกิดมาจากการทำงานของฟอสโฟลิปิด เมื่อผ่านความร้อนปฏิกิริยา maillard reaction (MRP) ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติ นอกจากนี้ในกระบวนการ dehydrate และ deaminate ผลผลิตที่ได้ คือ furfurals, furanones และ dicarbonyl compound เป็นต้น และผลผลิตที่ได้ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนให้แอลดีไฮด์ (aldehyde) hydrogensulfide (H_2S) และแอมโมเนีย (NH_3) ต่อมาผลผลิตที่เกิดปฏิกิริยาระหว่างกัน ซึ่งปฏิกิริยาเหล่านี้จะผลิตสารที่ให้กลิ่นที่สำคัญ heterocyclic compounds ได้แก่ pyrazines, pyrones, thiazoles และ thiazolines เป็นต้น (heterocyclic compounds เป็นสารประกอบที่เป็นวงที่มีส่วนประกอบของไนโตรเจน ออกซิเจน หรือสารประกอบซัลเฟอร์) โดยผลผลิตสารที่ให้กลิ่นในระยะนี้เรียกโดยรวมว่า melanoids ให้กลิ่นรสที่ไม่พึงประสงค์ กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (burnt, onion, solvent, rancid, sweaty, cabbage) กลิ่นรสที่ดี (malty, bread crust-like, caramal, coffee, roasted) และกลิ่นที่ดี (breadly, cracker, fine malt)

สำหรับปัจจัยภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการเกิดกลิ่นรสในเนื้อสัตว์ ได้แก่ อาหารสัตว์ กลิ่นเพศ กลิ่นจากการที่เนื้อสัตว์ดูดกลิ่นจากสิ่งรอบข้าง ใกล้เคียงบริเวณที่เก็บเนื้อสัตว์ และจุลินทรีย์อาหารที่ให้สัตว์กิน โดยหญ้าที่ใช้เลี้ยงสัตว์บางชนิดมีกลิ่นติดค้าง ในเนื้อสัตว์ได้กลิ่นที่เกิดขึ้นจะเป็นกลิ่นหญ้า (grassy flavor) ซึ่งเป็นกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ลดการยอมรับจากผู้บริโภค (จุฬารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

Baublits *et al.* (2006) กล่าวว่า กลิ่นหญ้าในเนื้อ โคเกิดมาจากการออกซิเดชันของกรดไขมันและจากอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ในพืชที่ให้สัตว์กิน และพบว่าเนื่องจากกลุ่มโคที่กินหญ้ามียุทธศาสตร์ที่แข็งแรงกว่าเนื่องจากโคที่เสริมเปลือกถั่วเหลืองอัดเม็ด นอกจากนี้ยังกล่าวถึงความเป็นไปได้ของกระบวนการเกิดกลิ่นหญ้าที่รุนแรงที่ไม่พึงประสงค์อาจมีความเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูงของกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีพันธะหลายคู่ ดังนั้นเนื้อโคที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid; PUFA) และ โอเมก้า 3 สูง (omega-3) สามารถเกิดกลิ่นรุนแรงของหญ้าที่ไม่พึงประสงค์เพิ่มสูงขึ้น

การเกิดออกซิเดชันขึ้นอยู่กับปริมาณของสารต้านการออกซิเดชัน (antioxidant) ที่มีในเนื้อ โดยในโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าอาจจะเกิดการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อน้อยกว่าโคที่เลี้ยงด้วยอาหารข้นอย่างเดียว ทั้งนี้เนื่องจากในโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าจะมีการสะสมไขมันแทรกน้อยกว่าโคที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลี้ยงด้วยอาหารชั้นเพียงอย่างเดียว ประกอบกับในหญ้าหรือพืชอาหารสัตว์อาจมีปริมาณวิตามินอี เอ ซี แคลโรทีน และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ในระดับสูง ซึ่งมีส่วนช่วยในการชะลอการเกิดการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ สำหรับโคที่ได้รับอาหารชั้นร่วมกับเมล็ดธัญพืชควรเสริมวิตามินอีในลงในอาหาร เพื่อทำหน้าที่เป็นสาร antioxidant (Calkins and Hodgen, 2007) ทั้งนี้ Melton *et al.* (1982) ทำการศึกษาเปรียบเทียบโดยใช้โคเพศผู้ตอนที่ยู่นด้วยข้าวโพดหมัก หญ้าหมัก และธัญพืช นาน 90 วัน พบว่าการใช้ข้าวโพดหมักในการเลี้ยงโคทำให้เนื้อมีกลิ่นและรสเข้มข้นขึ้น เมื่อให้อาหารในปริมาณที่เท่ากันพบว่าความหนาไขมันสันหลังและค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อมีความแตกต่างกันตามระบบการเลี้ยง (Bowling *et al.* 1978) จากการศึกษาของ Berry *et al.* (1988) เปรียบเทียบการใช้ข้าวโพดหมัก หญ้า และถั่วอัลฟาฟา (alfalfa) ในการขุนโคเพศผู้ตอน พบว่าเนื้อโคที่ได้รับข้าวโพดหมักมีค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าและถั่วอัลฟาฟา ($p < 0.01$) ทั้งนี้เนื่องจากโคในกลุ่มที่ 1 ซึ่งได้รับข้าวโพดหมักเป็นอาหารมีปริมาณไขมันในเนื้อสูงกว่าโคกลุ่มอื่น ในทางตรงกันข้ามการเกิดการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อของโคกินหญ้าและโคกินธัญพืชไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) กับสัตว์ที่ถูกควบคุมการเจริญเติบโต สำหรับโคที่ได้รับธัญพืชเป็นอาหารมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าโคกินหญ้าเล็กน้อย คุณภาพเนื้อมีความแตกต่างกันซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการสังเคราะห์โปรตีนภายในกล้ามเนื้อ ทั้งนี้ Aberle *et al.* (1981) อธิบายถึงโคที่ได้รับการขุนด้วยอาหารพลังงานสูงเป็นเวลานาน โดยเฉพาะโคที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงก่อนเข้าฆ่าอัตราการสังเคราะห์โปรตีนที่เพิ่มขึ้น คลอลาเจนซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งจะมีการสร้างขึ้นใหม่ซึ่งคลอลาเจนที่สร้างขึ้นใหม่นี้จะมีส่วนที่เป็น intermolecular cross-links น้อย หรือมีปริมาณ insoluble collagen น้อย ซึ่งอาจส่งผลให้เนื้อมีความนุ่มขึ้นได้ (Fishell *et al.* 1985)

2.4.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ

เนื่องจากไขมันที่อยู่ในอาหารมีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันชนิดต่างๆ มากมาย ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี รวมทั้งความไวต่อการเกิดออกซิเดชัน นอกจากนั้นส่วนประกอบอื่น ๆ ในอาหารอาจทำหน้าที่รวมออกซิไดส์ (oxidized) หรือทำปฏิกิริยากับไขมันที่ถูกออกซิไดส์แล้ว หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการออกซิเดชัน ดังนั้นปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันของไขมัน จึงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง และค่อนข้างสลับซับซ้อน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดออกซิเดชัน มีดังนี้ (นิธิยา รัตนพนนท์, 2545)

1. ชนิดของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากชนิดของกรดไขมันในโมเลกุลของไขมัน และน้ำมันมีผลกระทบต่ออัตราเร็วของปฏิกิริยาออกซิเดชัน กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้นที่จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และอัตราเร็วของการเกิดจะแตกต่างกัน กรดไขมันที่มีพันธะคู่มากจะเกิดได้เร็วกว่า กรดไขมันที่อยู่ในรูป ซิส-ไอโซเมอร์ (cis-isomer) เกิดออกซิไดส์ได้เร็วกว่า ทรานส์-ไอโซเมอร์ (trans-isomer) และตำแหน่งที่เป็นพันธะคู่ (conjugated double bond) จะเกิดได้ไวกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่ไม่เป็นพันธะคู่ การเก็บรักษาอาหารที่อุณหภูมิห้อง กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (autoxidation) แต่จะเกิดเฉพาะกับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเท่านั้น

จากการศึกษาของ Melton *et al.* (1982) พบความสัมพันธ์ระหว่างกลิ่นและรสชาติของเนื้อกับปริมาณของกรดไขมันชนิดต่างๆ คือ C14:1 C16:1 C18:0 C18:1 C18:2 และ C18:3 แม้ว่ากลิ่นและรสชาติของเนื้อจะขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมันแล้ว ยังขึ้นอยู่กับปริมาณแอลคิลไฮด์ และคีโตน

Monson *et al.* (2005) ซึ่งทำการศึกษาในโคนมสายพันธุ์ต่างๆ โดยพบว่าสายพันธุ์และระยะเวลาการบ่มมีผลต่อคุณภาพเนื้อด้านการบริโภค เช่น การเพิ่มความนุ่ม การสะสมไขมันแทรกสี และการเกิดกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ได้เช่นกัน Merciera *et al.* (2004) กล่าวว่า การเกิดกลิ่นรสไม่พึงประสงค์นี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของไขมันและการสะสมไขมันแทรกในเนื้อ

2. ความเข้มข้นของออกซิเจน ในภาวะที่มีออกซิเจนมาก อัตราการเกิดออกซิเดชันจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน แต่ในภาวะที่มีออกซิเจนน้อยอัตราการเกิดออกซิเดชันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน รวมถึงอุณหภูมิ และพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับออกซิเจนด้วย โดยถ้าความเข้มข้นของออกซิเจนอยู่ที่ 4-25 มิลลิเมตรปรอท จะมีผลทำให้ metmyoglobin เกิดเร็วขึ้น (จุฬารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

3. อุณหภูมิ และความชื้น อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และอุณหภูมียังมีอิทธิพลต่อความดันย่อยของออกซิเจนด้วย เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการเปลี่ยนความดันย่อยของออกซิเจนจะมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่ออัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชัน เพราะการละลายของออกซิเจนในไขมันและน้ำจะลดลง นอกจากนี้อัตราเร็วของการเกิดออกซิเดชันขึ้นอยู่กับความชื้นในอาหารด้วย โดยค่า a_w (water activity) ของอาหารแห้งที่มีความชื้นต่ำมาก (a_w น้อยประมาณ 0.1) ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว เมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นถึงประมาณ 0.3 จะยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อค่า a_w เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 0.55-0.85 อัตราการเกิดออกซิเดชันจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากมีปริมาณน้ำมากพอที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของคะตะลิสต์ (catalyst) และออกซิเจน

4. radiant energy แสง แร่ธาตุ และรังสีต่างๆ เช่น visible light แสงอัลตราไวโอเลต และแกมมา-เรดิเอชัน (γ -radiation) มีผลช่วยเร่งให้เกิดออกซิเดชันได้เร็วขึ้น

5. สารต้านการออกซิเดชัน หรือสารต้านอนุมูลอิสระสามารถช่วยยับยั้ง หรือชะลอการเกิดออกซิเดชันได้ ซึ่งมีทั้งสารต้านออกซิเดชันในธรรมชาติ เช่น วิตามินอี และสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ เช่น บิวทิลไฮดรอกซีอะนิโซล (butylated hydroxyanisole, BHA) และบิวทิลไฮดรอกซีโทลูอีน (butylated hydroxytoluene, BHT) เป็นต้น จากการศึกษาของ Lee *et al.* (2009) ทำการศึกษาเปรียบเทียบในโคนมคัดทิ้งพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียนที่เลี้ยงด้วย red cover silage และหญ้าหมักเป็นอาหาร พบว่าเนื้อแม่โคนมกลุ่มที่ได้รับหญ้าหมักมีค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับ red cover silage ทั้งนี้เนื่องจากในหญ้าหมักมีปริมาณวิตามินอีสูงกว่าจึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถด้านการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อได้ Insani *et al.* (2007) กล่าวว่า α -tocopherol หรือวิตามินอี และ β -carotene มีความสัมพันธ์กับการเกิดกลิ่นของเนื้อ โดยทำหน้าที่เป็นสารต้านการออกซิเดชันหรือ antioxidation ซึ่งทำให้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไมโอโกลบินช้าลง เป็นผลทำให้สีของเนื้อมีความคงตัว นอกจากนี้ยังพบว่าวิตามินอี ให้ผลในการต้านการออกซิเดชันได้ดีกว่า β -carotene

สำหรับวิธีการชะลอปฏิกิริยาออกซิเดชัน เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาที่สามารถแบบผันกลับได้ จึงไม่สามารถจะป้องกันการเกิดได้ แต่สามารถชะลอให้เกิดช้าลง โดยการลดปริมาณความร้อนและแสงที่ตกกระทบสู่ผิวสัมผัสของเนื้อ ป้องกันการปนเปื้อนของโลหะหนักต่างๆ เนื่องจากการมีโลหะหนักสามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันให้เกิดเร็วขึ้น ป้องกันการสัมผัสออกซิเจนโดยการเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท และการใช้สารต้านอนุมูลอิสระ ทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ เพื่อหยุดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่จะเกิดขึ้นแบบลูกโซ่ (นิธิชา รัตนปนนท์, 2545)

การตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของกลิ่นรสของสามารถหาได้หลายวิธีการ เช่น peroxide value, เทคนิคโครมาโตกราฟี (HPLC GC และ GC-MS) และ TBARS value เป็นต้น ปัจจุบันใช้ TBARS value ในการตรวจหาค่าการหืนของผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยหลักการที่ไขมันถูกออกซิไดซ์จะเกิดกลิ่นเหม็นหืน เนื่องจากสารประกอบ malonaldehyde ส่วนใหญ่จะพบในรูปที่ทำปฏิกิริยากับสารอื่นแล้วได้โดยให้ความร้อน ซึ่ง malonaldehyde สามารถทำปฏิกิริยากับ TBA เกิดเป็นสีแดง ค่า TBARS value ในการหาค่าการหืนของผลิตภัณฑ์จัดเป็นมิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อกิโลกรัมตัวอย่าง โดยไขมันที่ถูกออกซิไดซ์จะเกิดกลิ่นเหม็นหืน เนื่องจากสารประกอบ malonaldehyde และส่วนใหญ่จะพบในรูปที่จับกับสารอื่นซึ่งถูกแยกออกโดยการใช้ความร้อน โดยค่า TBARS value นี้สามารถหาได้จากทั้งในอาหารที่มีไขมันสูงหรือหาได้จากไขมันโดยตรงได้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาผลของระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยผลพลอยได้จากเปลือกสับประดหรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ มีรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

3.1 สัตว์ทดลอง

แม่โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียนระดับเลือด 68.75 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป อายุ 3-5 ปี น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 355 ± 6.31 กิโลกรัม เลี้ยงภายใต้ระบบการผลิตของสหกรณ์โคนมบ้านบึงจังหวัดชลบุรี จำนวน 10 ตัว แบ่งแม่โคออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 5 ตัว เลี้ยงด้วยอาหาร 2 ชนิด คือ

กลุ่มที่ 1 อาหารข้น 4 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ร่วมกับผลพลอยได้จากเปลือกสับประดหมักที่มีเปลือกสับประดผสมเหง้าในอัตราส่วน 1:1 (Pineapple by-product silage: PS)

กลุ่มที่ 2 อาหารข้น 4 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ร่วมกับผลพลอยได้จากข้าวโพดหมัก ซึ่งผลพลอยได้ประกอบด้วยเปลือก ช้าง ฝักอ่อน และยอดต้นข้าวโพด (Corn by-product silage: CS)

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารโค

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์)	อาหารข้น	PS	CN
วัตถุแห้ง	89.05	12.80	23.40
โปรตีน	10.91	3.80	6.90
ไขมัน	4.40	1.40	3.10
เยื่อใย	-	8.50	27.00
เถ้า	6.60	4.35	4.30
ลิกโนเซลลูโลส (ADF)	-	12.15	34.00
ผนังเซลล์ (NDF)	-	26.70	58.50
คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย (NFE)	-	81.95	58.70
แคลเซียม	0.55	0.45	0.36
ฟอสฟอรัส	0.44	0.19	0.40
ค่าพลังงานรวม (cal/g)	3863.94	3871.30	3733.45

ที่มา : อัมพ์ ภูแจ้ง และคณะ (2552)

อาหารหยาบทั้ง 2 ชนิด หมักเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 7 วันก่อนให้โคกินแบบเต็มที่ (*ad libitum*) และอาหารข้นมีระดับโปรตีน 11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบด้วย มันเส้นอัดเม็ด 38 กิโลกรัม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กากถั่วเหลือง 25.5 กิโลกรัม กากปาล์ม 15 กิโลกรัม กากมะพร้าว 6 กิโลกรัม กากน้ำตาล 8 กิโลกรัม เกลือ 0.6 กิโลกรัม หินปูน 0.6 กิโลกรัม และพรีมิกซ์ 0.5 กิโลกรัม ทำการขุนเป็นระยะเวลาประมาณ 8 เดือน เมื่อมีน้ำหนักประมาณ 620 กิโลกรัม จึงส่งเข้ามาที่โรงฆ่าสัตว์สะพานฟ้า กรุงเทพมหานคร และโรงฆ่าสัตว์บริษัททรักเศรษฐ์ จำกัด จังหวัดชลบุรี

3.2 การเตรียมตัวอย่างเนื้อโค

หลังจาก 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ตัดแบ่งซากซีกซ้ายของ โคออกเป็นสี่ส่วนและสี่ส่วนหลังที่บริเวณระหว่างซี่โครงคู่ที่ 12-13 และกล้ามเนื้อสันนอกออกตัดแบ่งเป็น 2 ส่วนบริเวณระหว่างซี่โครงคู่ที่ 6-12 คือ กล้ามเนื้อสันนอกส่วนนอก (*Longissimus thoracis*) และกล้ามเนื้อสันนอกส่วนหลัง (*Longissimus lumborum*) เก็บในห้องเย็นที่ 0-4 องศาเซลเซียส

นำเนื้อส่วนที่ 1 คือ สันนอกส่วนนอกมาตัดแบ่งเป็น 6 ชิ้น โดยชิ้นแรกเริ่มตัดจากบริเวณด้านของซี่โครงคู่ที่ 12 ให้น้ำหนักประมาณ 100 กรัม เพื่อใช้ตรวจวิเคราะห์ห้องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน และเถ้า จากนั้นตัดแบ่งกล้ามเนื้อส่วนที่เหลือออกเป็น 5 ชิ้น ชิ้นละประมาณ 180 กรัม เป็นชิ้นเนื้อสแต็กที่มีความหนาประมาณ 3 เซนติเมตร สุ่มเนื้อที่ตัดมา 4 ชิ้น บันทึกน้ำหนักชิ้นเนื้อแต่ละชิ้นก่อนแยกบรรจุแบบสุญญากาศในถุงชนิด K-Nylon/LLDPE นำเข้าเก็บที่ 0-4 องศาเซลเซียส บ่มนาน 7 14 21 และ 30 วัน สำหรับเนื้ออีก 1 ชิ้นที่เหลือจากการตัดแบ่งถือเป็นการบ่ม 1 วัน เมื่อครบแต่ละระยะเวลาของการบ่มนำเนื้อมาศึกษาคุณภาพเนื้อ โดยชั่งน้ำหนักชิ้นเนื้อภายหลังจากนํ้าออกจากถุงเพื่อหาการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มในถุงสุญญากาศ ก่อนวัดค่า pH ค่าสี การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler Shear Force) ตามลำดับ (ภาพที่ 3.1)

PS					CS				
1 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	30 วัน	1 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	30 วัน
ตัวที่ 1					ตัวที่ 1				
7 วัน	14 วัน	21 วัน	30 วัน	1 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	30 วัน	1 วัน
ตัวที่ 2					ตัวที่ 2				
14 วัน	21 วัน	30 วัน	1 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	30 วัน	1 วัน	7 วัน
ตัวที่ 3					ตัวที่ 3				
21 วัน	30 วัน	1 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	30 วัน	1 วัน	7 วัน	14 วัน
ตัวที่ 4					ตัวที่ 4				
30 วัน	1 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	30 วัน	1 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน
ตัวที่ 5					ตัวที่ 5				

ภาพที่ 3.1 ตำแหน่งชิ้นเนื้อที่สุ่มจากกล้ามเนื้อสันนอกส่วนนอก (*Longissimus thoracis*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกล้ามเนื้อสันนอกส่วนหลัง (*Longissimus lumborum*) ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของชนิดอาหารและระยะเวลาการบ่ม (7 14 และ 21 วัน) ต่อคุณภาพของเนื้อในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย โดยนำกล้ามเนื้อสันนอกส่วนหลังมาตัดแบ่งออกเป็น 3 ชิ้น ชิ้นละประมาณ 600 กรัม เพื่อใช้บ่มเป็นระยะเวลา 7 14 และ 21 วัน แยกบรรจุแบบสุญญากาศเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส โดยไม่ให้สัมผัสแสงเนื่องจากแสงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีและค่าการออกซิเดชันของเนื้อ เมื่อครบตามระยะเวลาการบ่มจึงนำเนื้อมาตัดแบ่งออกเป็น 5 ชิ้น ในรูปชิ้นสี่เหลี่ยมที่มีความหนาชิ้นละ 2.5 เซนติเมตร สุ่มเก็บเนื้อ 1 ชิ้นเก็บในถุงสุญญากาศที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปศึกษาค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อก่อนการจำลองการวางจำหน่าย (display วันที่ 0) และนำเนื้อที่เหลือทั้ง 4 ชิ้นบรรจุในถาดโฟม หุ้มด้วยฟิล์มหุ้มอาหารไปวางในตู้เย็นจำลองการวางจำหน่ายเป็นเวลา 7 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายในวันที่ 0-7 วัน (display วันที่ 0-7) การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายในวันที่ 1 3 5 และ 7 วัน (display วันที่ 1 3 5 และ 7) และค่าการออกซิเดชันในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายในวันที่ 0 และ 7 (display วันที่ 0 และ 7)

3.3 วิธีการศึกษาคุณภาพเนื้อ

3.3.1 การศึกษาอิทธิพลของชนิดของอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มที่มีต่อคุณภาพเนื้อ

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค (chemical composition analysis)

1.1 อุปกรณ์

- 1) เครื่องสกัดไขมัน Soxhlet apparatus
- 2) เครื่องวิเคราะห์โปรตีนแบบวิธี Kjeldahl method
- 3) โหลดูดความชื้น (desicator)
- 4) ตู้อบแห้ง (hot air oven)
- 5) ตู้ดูดควัน (fume hood)
- 6) ถ้วยอะลูมิเนียม
- 7) เตาเผาไฟฟ้า (muffle furnace)
- 8) สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค ตามคำแนะนำของ

AOAC (2000)

1.2 วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโค

ภายหลังจากการเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus thoracis*) จากซากซีกซ้ายระหว่างซี่โครงซี่ที่ 6-12 ของโคแต่ละตัวไว้ในห้องเย็นที่ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมง ทำการสุ่มตัดชิ้นส่วนเนื้อสันนอกให้ได้น้ำหนักประมาณ 100 กรัม เพื่อใช้ตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน และไขมัน ตามวิธีการของ AOAC (2000)

2. การประเมินคุณภาพเนื้อ (meat quality evaluation)

2.1 อุปกรณ์

- 1) เครื่องวัดค่าความเป็นกรดค้างในเนื้อ (Mettler Toledo; SevenGo™ pH meter SG2, Germany)
- 2) เครื่องมือวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Instron Universal Testing Machine Model 1011 Instron Corporation, USA)
- 3) เครื่องวัดสีเนื้อ Minolta Chromameter CR-300 (Konika-minolta, Centacia, Co.Ltd., Thailand)
- 4) ถุงพลาสติกชนิดสุญญากาศ K-Nylon/LLDPE
- 5) เครื่องบรรจุสุญญากาศ (vacuum package; VAMA)
- 6) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง (TANITA; KD-200)
- 7) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath; Memment, Germany)
- 8) ที่วัดอุณหภูมิ (thermometer; Instant read)
- 9) ห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส

2.2 วิธีการประเมินคุณภาพเนื้อ

ตัวอย่างเนื้อโคที่ครบตามระยะเวลาการบ่มที่ 1 7 14 21 และ 30 วัน นำมาศึกษาคุณภาพเนื้อ ได้แก่ ค่า pH การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่มในถุงสุญญากาศ (oxygen transmission rate = $9.4 \text{ cm}^3/\text{m}^2/\text{day}/\text{bar}/23^\circ\text{C}/0\%\text{RH}$ และ water vapor transmission rate = $1.13 \text{ g}/\text{m}^2/23^\circ\text{C}/85\%\text{RH}$) ค่าสี (CIE $L^* a^* b^*$ values/Illuminant C/ 0° observer/ 8-mm dia. aperture) ซึ่งวัดภายหลังการตัดแต่งชิ้นเนื้อและปล่อยให้สัมผัสอากาศเป็นเวลา 45 นาที (oxygenation) ด้วยเครื่องวัดสี Minolta Chromameter CR-300 ตามคำแนะนำของ AMSA (1991) และ Insani *et al.* (2007) ตามลำดับ

จากนั้นนำเนื้อที่วัดสีแล้วมาตัดเนื้อให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดประมาณ 3×4 นิ้ว หนาประมาณ 1 นิ้ว บันทึกน้ำหนักแต่ละชิ้นเป็นน้ำหนักเริ่มต้น ใส่ในถุงร้อนแล้วปิดผนึกด้วยเครื่องบรรจุสุญญากาศที่ความร้อนเท่ากับ 5 ความดันเท่ากับ 0 และนำไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที หรือจนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางเนื้อเท่ากับ 70-73 องศาเซลเซียส จึงนำเนื้อที่ใส่ชิ้นเนื้อไปลดอุณหภูมิ โดยให้น้ำไหลผ่านประมาณ 30 นาที หรือจนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางเนื้อเท่ากับ 25-30 องศาเซลเซียส นำเนื้อออกจากถุงแล้วบันทึกน้ำหนักเป็นน้ำหนักสุดท้าย นำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุก แล้วนำตัวอย่างชิ้นเนื้อมาตัดเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามแนวความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด กว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 1×3×1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตัวอย่างละประมาณ 10 ชิ้น แล้วนำชิ้นเนื้อไปหาค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Instron Universal Testing Machine Model 1011 ความเร็ว 200 มิลลิเมตรต่อนาที โดยตัดแปลงจากวิธีของ Bocard *et al.* (1981)

3.3.2 การศึกษาอิทธิพลของชนิดของอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มที่มีต่อคุณภาพเนื้อ ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

1. การเปลี่ยนแปลงของสี และการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

1.1 อุปกรณ์

- 1) พลาสติกสำหรับห่ออาหาร (Polyvinyl chloride; PVC)
- 2) ถาดโฟมขนาด 14×21 เซนติเมตร (Polystyrene tray; SB-204)
- 3) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Mettler TE/J 15.1)
- 4) เครื่องวัดและบันทึกอุณหภูมิ-ความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature logger ebro EBI 20)
- 5) ตู้แช่เย็นจัดวางจำหน่าย (Refrigerated display case; Snow ball Refrigeration, Pvt. Ltd., India)
- 6) เครื่องวัดสีเนื้อ Minolta chromameter CR-300 (Konika-minolta, Centacia, Co.Ltd., Thailand)

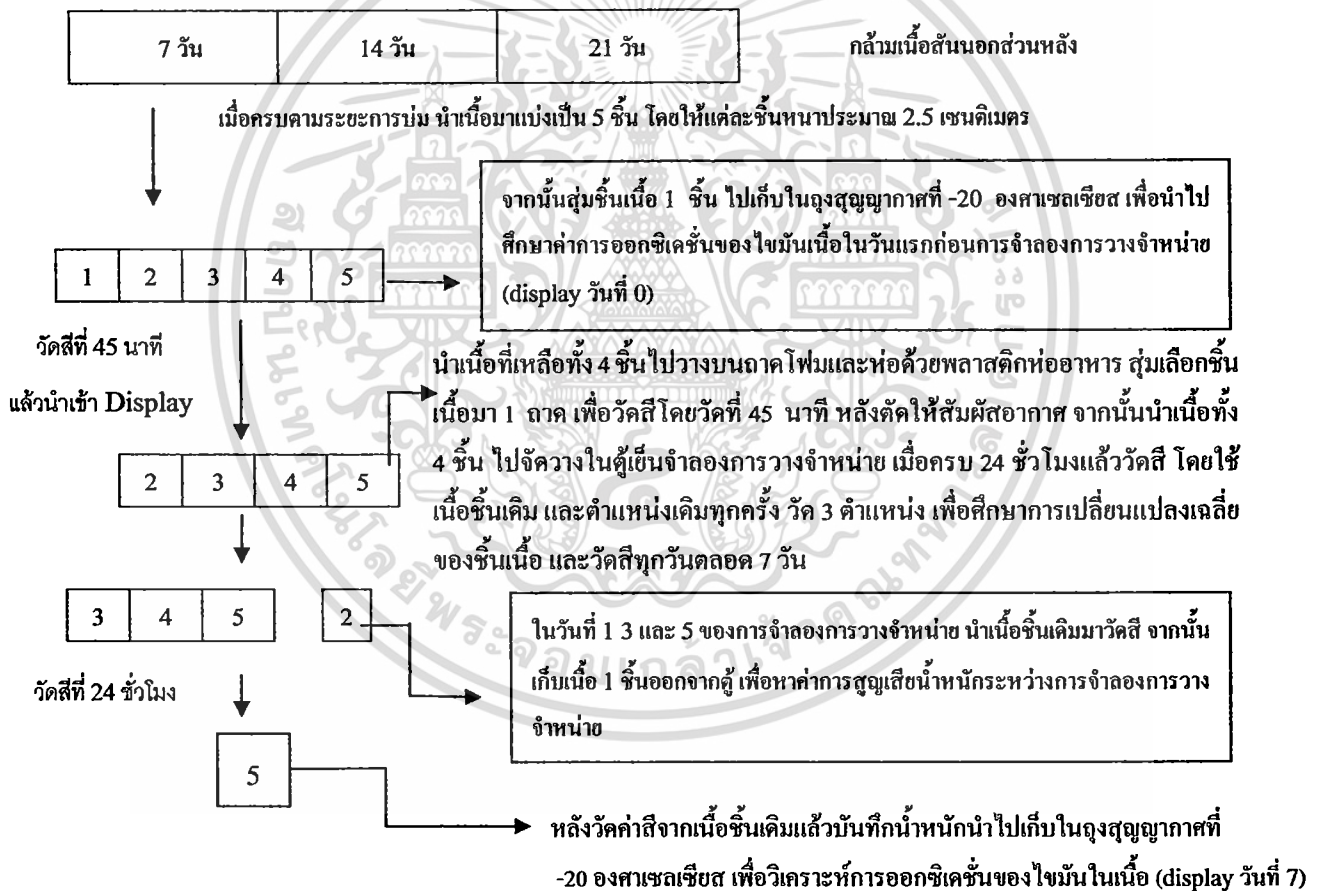
1.2 วิธีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสี และการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

เมื่อครบแต่ละระยะเวลาการบ่มนำกล้ามเนื้อส่วนนอกส่วนหลัง (*Longissimus lumborum*) มาวัดค่า pH ของชิ้นเนื้อ จากนั้นนำเนื้อมาตัดแบ่งออกเป็น 5 ชิ้น ในรูปชิ้นสี่เหลี่ยมที่มีความหนาชิ้นละ 2.5 เซนติเมตร สุ่มเก็บเนื้อ 1 ชิ้นบรรจุในถุงสุญญากาศเก็บรักษาที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปศึกษาค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อก่อนการจำลองการวางจำหน่าย (display วันที่ 0) จากนั้นนำเนื้อที่เหลือทั้ง 4 ชิ้นไปวางบนถาดโฟม (polystyrene tray) และห่อด้วยพลาสติกห่ออาหาร (oxygen transmission rate = 300,000 cm³/μm²/day/23°C/0%RH และ water vapor transmission rate = 2,500 g/μm²/day/23°C/85%RH) ปล่อยให้สัมผัสอากาศเป็นเวลา 45 นาที โดยวัด 3 ตำแหน่งบนผิวหน้าชิ้นเนื้อ จากนั้นนำเนื้อบรรจุถาดทั้ง 4 ถาด ไปจัดวางในตู้เย็นจำลองการวางจำหน่าย (refrigerated display case) ที่ให้แสงสว่างโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 904 ลิกซ์ (Lifemax TLD 18w/830 warm white 1350 lm; 75 lm/w และ TLD 36w/830 warm white 3350 lm; 93 lm/w, Philips Electronics Co., Ltd. Thailand) ปรับอุณหภูมิไว้ที่ 0-4 องศาเซลเซียส เมื่อครบ

เวลา 24 ชั่วโมง (display วันที่ 1) จึงวัดสีโดยใช้เนื้อชิ้นเดิม และตำแหน่งเดิมทุกครั้งตลอดระยะเวลา 7 วัน

ภายหลังจากการวัดค่าสีที่ 24 ชั่วโมง สุ่มเนื้อออกจากตู้ 1 ถาด เพื่อชั่งและบันทึกน้ำหนักและคำนวณเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย (purge loss) ทำเช่นนี้เมื่อครบวันที่ 3 5 และ 7 ของการจำลองการวางจำหน่าย สำหรับวันที่ 7 ของการจำลองการวางจำหน่าย (display วันที่ 7) นำชิ้นเนื้อถาดสุดท้ายมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นแต่งไขมันออกจากชิ้นเนื้อให้หมดแล้วบรรจุในถุงสุญญากาศเก็บที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ค่าการออกซิเดชันของไขมันเนื้อโดยใช้เทคนิค Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS test) ซึ่งคัดแปลงวิธีการของ Burk *et al.* (1980) Wang and Liehr (1995) และ Castellini *et al.* (2002) ดังแสดงในภาพที่ 3.2

ชื่อโครงชี้ที่ 13



ภาพที่ 3.2 การเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อส่วนนอกส่วนหลังของแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยอาหารหยาดต่างชนิดกัน ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

2. การศึกษาการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อด้วยเทคนิค TBARS test

2.1 อุปกรณ์

- 1) เครื่องปั่น (Mulinex: multi moulinette)
- 2) เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิทัลทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius; CP2243)
- 3) เครื่องวัดความเป็นกรดค่า (pH meter; EUTECH instruments PC 510)
- 4) เครื่อง homogenizer (Ultra tarrax T25 Basic, Germany)
- 5) เครื่องวิเคราะห์โปรตีน (Gerhardt; Kjeldatherm, Germany)
- 6) หลอดย่อยโปรตีน (Gerhardt, Germany)
- 7) erlenmeyer flask
- 8) หลอดทดลอง ขนาด 25 มิลลิลิตร
- 9) เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-visible spectrophotometer UV-1601 SHIMADZU)
- 10) เครื่องเขย่าสาร (vortex; KMC-1300)
- 11) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath; Memmert)
- 12) magnetic stirrer
- 13) ไมโครปีเปต (Gilson, France)
- 14) อะลูมิเนียมฟอยด์

2.2 สารเคมี

- 1) 0.069 M 2-Thiobarbituric acid (TBA; Sigma-aldrich, USA)
- 2) 0.2% Butylated hydroxytoluene (BHT; Fluka Biochemika, USA)
- 3) 1,1,3,3-Tetraethoxypropane (TEP; Sigma-aldrich, USA)
- 4) Dipotassium hydrogen orthophosphate (K_2HPO_4 ; Ajax Finechem, Australia)
- 5) Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4 ; Ajax Finechem, Australia)
- 6) Acetic 98% (J.T. Baker Baked analyzed[®], Thailand)
- 7) 4 N Hydrochloric acid (HCl)
- 8) Ethanol (Merck, Germany)
- 9) anti-foaming agent: n-octanol
- 10) น้ำกลั่น (distilled water)

2.3 วิธีการวิเคราะห์การออกซิเดชันของไขมันในเนื้อด้วยเทคนิค TBARS test

การศึกษาการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ (ผ่านการบ่ม 7 14 และ 21 วัน) ในวัน

ก่อนการจำลองการวางจำหน่ายและวันสุดท้ายของการจำลองการวางจำหน่าย คือ วันที่ 0 และ 7 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกมัดให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(display วันที่ 0 และ 7) ด้วยเทคนิค TBARS test มีขั้นตอนการดำเนินงาน โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Burk *et al.* (1980) Wang and Liehr (1995) และ Castellini *et al.* (2002) ตามรายละเอียด ดังนี้

2.3.1 วิธีการสกัด malonaldehyde ในกล้ามเนื้อ

- 1) นำเนื้อตัวอย่างที่ผ่านการจำลองการวางจำหน่ายที่ 0 และ 7 วัน บดด้วยเครื่องบดละเอียด แล้วนำตัวอย่างที่บดแล้วตัวอย่างละ 10.0 กรัม
- 2) นำเนื้อที่บดแล้วมา homogenized ด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็ว 13,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที ร่วมกับ 50 mM potassium phosphate 9 มิลลิลิตร BHT 1 มิลลิลิตร และ น้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน
- 3) นำ stock MDA มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0 0.5 1.0 2.0 3.0 4.0 และ 5.0 ไมโครโมลต่อไมโครลิตร มาเป็นตัวเปรียบเทียบกราฟมาตรฐาน (standard curve) ในการทดสอบ ต้องทำ blank โดยใช้ น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร เติม buffer แล้วนำไปกลั่นเช่นเดียวกับตัวอย่าง
- 4) เติม 4 N HCl 1.25 มิลลิลิตร
- 5) เติม anti-foaming agent 5-6 หยด
- 6) นำหลอดย่อยโปรตีนต่อเข้ากับชุดกลั่น แล้วกลั่นจนได้ของเหลวใน flask ประมาณ 50 มิลลิลิตร ปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์
- 7) นำสารละลายที่กลั่นได้ 5 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วเติม 0.069 M TBA 5 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่าสาร (vortex)
- 8) ต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที เขย่าทุกๆ 5 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์
- 9) เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนดแล้ว นำไปทำให้เย็นลงทันทีในน้ำแข็ง แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร
- 10) คำนวณค่า TBARS value

2.3.2 วิธีการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ malonaldehyde (MDA)

ทำกราฟมาตรฐานของสารละลาย MDA ในเนื้อ โดยนำ stock MDA มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0 0.5 1.0 2.0 3.0 4.0 และ 5.0 ไมโครโมลต่อไมโครลิตร จากนั้นนำสารละลาย stock MDA ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานและคำนวณสมการถดถอย $y = ax + b$ โดยค่า y เป็นค่าการดูดกลืนแสง และค่า x เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลาย stock MDA แล้วนำไปคำนวณค่า TBARS value จากสูตร

$$\text{TBARS value (mg MDA / kg sample)} = \frac{(X \cdot 10 \cdot 72)}{\text{น้ำหนักเนื้อตัวอย่าง}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษา ใช้ในวงจำกัดเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $72 =$ น้ำหนักโมเลกุลของ MDA

$X =$ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

$10 =$ dilution (สารละลาย MDA ที่สกัดได้ 50 มิลลิกรัม แต่นำมาใช้ 5 มิลลิกรัม)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.4.1 การศึกษาคุณภาพเนื้อทางด้านองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อแม่โคนมขุน

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม (pair comparison) โดยด้วยวิธี T-test โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.4.2 การศึกษาคุณภาพเนื้อของเนื้อแม่โคนมขุน (*Longissimus thoracis*)

นำข้อมูลคุณภาพเนื้อ คือ ค่า pH ค่าสี เเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงสุก และค่าแรงตัดผ่านเนื้อของแม่โคนมขุนที่กินอาหารแตกต่างกัน 2 ชนิด และมีระยะเวลาการบ่มที่ 1 7 14 21 และ 30 วัน โดยวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนทดลองแบบ 2×5 factorial arrangement in CRD (Completely Randomized Design) ยกเว้นเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่มในถุงสุญญากาศ มีการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบ 2×4 factorial arrangement in CRD โดยกำหนดให้

ปัจจัย A คือ ชนิดของอาหารที่ใช้เลี้ยงด้วยผลพลอยได้จากเปลือกสับประดและข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ

ปัจจัย B คือ ระยะเวลาการบ่มเนื้อไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 7 14 21 และ 30 วัน ยกเว้นค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่มในถุงสุญญากาศที่ระยะเวลาการบ่มเท่ากับ 7 14 21 และ 30 วัน

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนและหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3.4.3 การศึกษาอิทธิพลของชนิดของอาหารหยาบ และระยะเวลาการบ่มที่มีต่อคุณภาพเนื้อในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย (*Longissimus lumborum*)

นำข้อมูลคุณภาพเนื้อที่ศึกษาในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย คือ ค่า pH เเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย และค่าการออกซิเดชันของเนื้อแม่โคนมขุนมาวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี General Linear Model (GLM) และ mixed procedure ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป โดยมีแบบหุ่นทางสถิติที่ใช้ในการศึกษาอิทธิพลของแต่ละปัจจัย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + D_k + T_i * A_j + T_i * D_k + A_j * D_k + T_i * A_j * D_k + E_{ijk}$$

เมื่อ	Y_{ijk}	= ค่าสังเกตของลักษณะที่ต้องการศึกษา ได้แก่ ค่า pH เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย (purge loss) และค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ (TBARS)
	μ	= ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าสังเกตที่ต้องการศึกษา
	T_i	= อิทธิพลของอาหารหยาบที่เลี้ยงที่ i, i = 1 และ 2 (1 คือ PS และ 2 คือ CS)
	A_j	= อิทธิพลของระยะเวลาการบ่มเนื้อที่ j, j = 1 2 และ 3 (1 2 และ 3 คือระยะเวลาการบ่มเนื้อที่ 7 14 และ 21 วัน)
	D_k	= อิทธิพลของระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเนื้อที่ k, k = 0 1 2 3 4 5 6 และ 7 (0 1 2 3 4 5 6 และ 7 คือ ระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเนื้อที่ 0 1 2 3 4 5 6 และ 7 วัน) ยกเว้นค่า pH เนื้อ k, k = 0 1 3 5 และ 7 วัน เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายเนื้อ k, k = 1 3 5 และ 7 วัน และค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ k, k = 0 และ 7 วัน
	$T_i * A_j$	= อิทธิพลร่วมของชนิดอาหารหยาบที่เลี้ยงที่ i และระยะเวลาการบ่มเนื้อที่ j
	$T_i * D_k$	= อิทธิพลร่วมของชนิดอาหารหยาบที่เลี้ยงที่ i และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเนื้อที่ k
	$A_j * D_k$	= อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการบ่มเนื้อที่ i และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเนื้อที่ j
	$T_i * A_j * D_k$	= อิทธิพลร่วมของชนิดอาหารหยาบที่เลี้ยงที่ i ระยะเวลาการบ่มเนื้อที่ j และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเนื้อที่ j
	E_{ijk}	= ค่าความคลาดเคลื่อน

สำหรับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสีในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี repeated measurement ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป วางแผนการทดลองแบบ 2x3x8 repeated measurement โดยใช้วิธี proc mixed ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 อิทธิพลของแหล่งอาหารหยาดที่แตกต่างกันต่อองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus thoracis*)

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาดต่างกัน พบว่าเนื้อแม่โคนมขุน PS และ CS มีเปอร์เซ็นต์ความชื้น โปรตีน และไขมันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่า CS มีเปอร์เซ็นต์ความชื้น และไขมันสูงกว่า แต่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำกว่า PS โดยความชื้นมีค่าเท่ากับ 69.23 และ 69.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โปรตีนเท่ากับ 22.30 และ 22.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไขมันเท่ากับ 7.83 และ 9.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่สำหรับเปอร์เซ็นต์เถ้าของเนื้อแม่โคนมขุน PS มีค่าสูงกว่าเนื้อแม่โคนมขุน CS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.19 และ 0.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อสันนอกแม่โคนมขุน (Mean±SE)

องค์ประกอบทางเคมี	แหล่งอาหารหยาด		Pr > t
	PS (n=5)	CS (n=5)	
เปอร์เซ็นต์ความชื้น	69.23	69.48	0.0690
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	22.30	22.14	0.0995
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	7.83	9.15	0.0987
เปอร์เซ็นต์เถ้า	0.19 ^a	0.09 ^b	0.0005

^{a b} ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแถวอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2 อิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบที่แตกต่างกันและระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุน (*Longissimus thoracis*)

4.2.1 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH

ชนิดอาหารหยาบที่แตกต่างกันและระยะเวลาของการบ่มเนื้อ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกแม่โคนมขุน ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากการศึกษาในครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ($p < 0.05$)

4.2.2 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีเนื้อ (L^* , a^* และ b^*)

4.2.2.1 ค่าความสว่าง (lightness; L^*)

ชนิดอาหารหยาบที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* โดยค่า L^* ของเนื้อแม่โคนม PS มีค่าสูงกว่า (มีความสว่างมากกว่า) เนื้อแม่โคนม CS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 41.21 และ 38.66 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ผลของระยะเวลาการบ่มต่อค่า L^* ที่วัดได้หลังจากตัดเนื้อให้สัมผัสอากาศเป็นเวลา 45 นาที พบว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นค่า L^* มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อที่บ่ม 7 วันขึ้นไป สีของเนื้อจะมีความสว่างมากกว่าเนื้อที่บ่มเพียง 1 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แม้ว่าเนื้อที่บ่มนานกว่า 7 วัน จะมีสีที่สว่างมากขึ้นตามลำดับ แต่ค่า L^* ที่วัดได้ระหว่างการบ่มเป็นเวลา 7-30 วันนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยเนื้อที่บ่ม 1 7 14 21 และ 30 วัน มีค่า L^* เท่ากับ 37.57 40.23 40.26 40.72 และ 41.29 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากการศึกษานี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มที่มีต่อค่า L^* ของเนื้อแม่โคนม ($p > 0.05$)

4.2.2.2 ค่าสีแดง (redness; a^*)

การเลี้ยงแม่โคนมขุนด้วย PS หรือ CS เป็นแหล่งอาหารหยาบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* ($p > 0.05$) โดยค่า a^* ของเนื้อแม่โคนมกลุ่ม PS มีค่าต่ำกว่า CS เล็กน้อยเท่ากับ 21.92 และ 22.42 ตามลำดับ

ในด้านของระยะเวลาการบ่ม พบว่าระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อค่า a^* ($p > 0.05$) เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามค่า a^* มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 21.24 ในเนื้อที่บ่ม 1 วัน เป็น 23.79 เมื่อบ่มเป็นเวลา 14 วัน และมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อบ่มนานขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ผลศึกษานี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มที่มีต่อค่า a^* ของเนื้อแม่โคนม ($p > 0.05$)

4.2.2.3 ค่าสีเหลือง (yellowness; b^*)

ชนิดอาหารหยาบที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า b^* ($p>0.05$) โดยค่า b^* ของเนื้อแม่โคนมกลุ่ม PS และ CS มีค่า 10.03 และ 9.83 ตามลำดับ

ขณะที่ระยะเวลาการบ่มไม่มีผลต่อค่า b^* ($p>0.05$) แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม โดยเนื้อที่บ่ม 1 7 14 21 และ 30 วัน มีค่า b^* เท่ากับ 8.62 9.23 10.22 10.33 และ 11.25 ตามลำดับ ($p=0.0571$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากการศึกษานี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มที่มีต่อค่า b^* ของเนื้อแม่โคนม ($p>0.05$)

4.2.3 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่ม (drip loss)

สำหรับอิทธิพลของชนิดอาหารหยาบต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่ม พบว่าการเลี้ยงแม่โคนมขุนด้วย PS หรือ CS เป็นแหล่งอาหารหยาบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่ม ($p>0.05$) โดยเนื้อแม่โคนม PS และ CS มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่มเท่ากับ 5.18 และ 4.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อศึกษาถึงอิทธิพลของระยะเวลาการบ่มพบว่า เมื่อระยะเวลาการบ่มนานขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งเนื้อที่บ่ม 7 14 21 และ 30 วันมีค่าเท่ากับ 3.47 5.19 5.48 และ 5.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยเนื้อที่บ่ม 7 วัน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่มเนื้อต่ำกว่าเนื้อที่บ่ม 21 และ 30 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งเนื้อที่บ่ม 7 และ 14 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และเนื้อที่บ่ม 14 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติจากเนื้อที่บ่ม 21 และ 30 วัน ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากผลการศึกษานี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่ม ($p>0.05$)

4.2.4 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุก (cooking loss)

สำหรับอิทธิพลของชนิดอาหารหยาบต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุก พบว่าการเลี้ยงแม่โคนมขุนด้วย PS หรือ CS เป็นแหล่งอาหารหยาบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุก ($p>0.05$) โดยเนื้อแม่โคนม PS และ CS มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุกเท่ากับ 27.30 และ 28.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

เมื่อศึกษาถึงอิทธิพลของระยะเวลาการบ่ม พบว่า ระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุก ($p>0.05$)

จากผลการศึกษานี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุก ($p>0.05$)

4.2.5 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (WBSF)

ชนิดอาหารหยาบมีผลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอกของแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วย PS หรือ CS เป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยเนื้อแม่โคนม PS มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าเนื้อแม่โคนม CS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 4.22 และ 4.83 กิโลกรัม ตามลำดับ เนื้อแม่โคนมขุน PS จึงมีความนุ่มมากกว่าเนื้อแม่โคนม CS ดังแสดงในตารางที่ 4.2

เมื่อระยะเวลาการบ่มนานขึ้นมีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ($p<0.05$) ตามระยะเวลาการบ่ม โดยมีค่าเท่ากับ 5.87 4.94 4.61 3.81 และ 3.38 กิโลกรัม เมื่อทำการบ่มนาน 1 7 14 21 และ 30 วัน ตามลำดับ เนื้อสันนอกจากแม่โคนมขุนที่บ่มเป็นเวลา 14 วันมีจะให้ค่าแรงตัดผ่านที่อยู่ในระดับเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งค่าแรงตัดผ่านของเนื้อที่บ่ม 14 และ 21 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) จึงอาจกล่าวได้ว่าการบ่มเนื้อแม่โคนมขุนเป็นเวลา 14 วัน ก็เพียงพอสำหรับการบ่มเนื้อแล้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ผลจากการศึกษาในครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอกที่ทำการศึกษา ($p>0.05$)

ตารางที่ 4.2 อิทธิพลของชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการป้อนที่ 1 7 14 21 และ 30 วัน ต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุน

parameter	feed (f)		ageing (a)					effect		
	PS	CS	1	7	14	21	30	f	a	f x a
pH	5.48	5.43	5.43	5.47	5.54	5.34	5.49	0.4749	0.4905	0.2842
colour of meat										
L*	41.21 ^a	38.83 ^b	37.57 ^y	40.23 ^x	40.26 ^x	40.72 ^x	41.29 ^x	0.0001	0.0019	0.5769
a*	21.92	22.42	21.24	21.17	23.79	22.23	22.41	0.5173	0.2005	0.8431
b*	10.03	9.83	8.62	9.23	10.22	10.33	11.25	0.7223	0.0571	0.5743
drip loss (%)	5.18	4.86	-	3.47 ^y	5.19 ^{xy}	5.48 ^x	5.94 ^x	0.5993	0.0376	0.9853
cooking loss (%)	27.30	28.57	28.62	27	26.72	30.89	26.45	0.3068	0.1417	0.7474
WBSF (kg)	4.22 ^b	4.83 ^a	5.87 ^w	4.94 ^x	4.61 ^{xy}	3.81 ^{yz}	3.38 ^z	0.0233	<0.0001	0.6922

^{a b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนภายใต้อิทธิพลของชนิดอาหารหยาบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{w x y z} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนภายใต้อิทธิพลของระยะเวลาการป้อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

WBSF = ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กิโลกรัม)

- ไม่ได้ทำการศึกษา

4.3 อิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายต่อคุณภาพเนื้อแม็โคนมขุน (*Longissimus lumborum*)

4.3.1 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อค่า pH ของเนื้อในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

เมื่อศึกษาถึงอิทธิพลของชนิดอาหารหยาบต่อคุณภาพของกล้ามเนื้อสันนอกในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายของแม็โคนมขุนที่เลี้ยงด้วย PS หรือ CS เป็นแหล่งอาหารหยาบนั้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 5.44 และ 5.36 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อที่บ่ม 7 14 และ 21 วัน มีค่าเท่ากับ 5.43 5.45 และ 5.36 ตามลำดับ เนื้อที่บ่ม 7 และ 21 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากเนื้อที่บ่มนาน 14 วัน ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ผลการศึกษานี้ไม่พบอิทธิพลของระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกแม็โคนมขุน ($p > 0.05$)

จากการศึกษานี้พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกที่ทำการศึกษา ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.1 ผลการศึกษานี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบ ระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกที่ทำการศึกษา ($p > 0.05$)

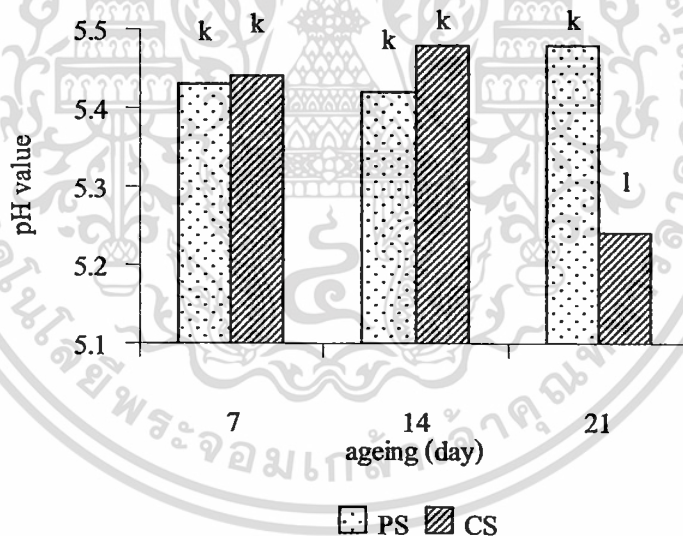
ตารางที่ 4.3 อิทธิพลร่วมของชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 21 วัน ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 0 1 3 5 และ 7 วัน ต่อค่า pH

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	แหล่งอาหารหยาบ		ค่าเฉลี่ย ระยะเวลาการบ่ม	SEM
	PS (n=5)	CS (n=5)		
7	5.43 ^k	5.44 ^k	5.43 ^{xy}	0.0125
14	5.42 ^k	5.48 ^k	5.45 ^x	0.0101
21	5.48 ^k	5.24 ^l	5.36 ^y	0.0419
ค่าเฉลี่ยแหล่งอาหารหยาบ	5.44	5.39		
SEM	0.0111	0.0280		

^{xy} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{k l} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางเดียวกันภายใต้อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means



ภาพที่ 4.1 อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มเนื้อระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า pH ของเนื้อ

^{k l} ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.3.2 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในการจำลองการวางจำหน่าย (purge loss)

จากการศึกษาพบว่าอิทธิพลของชนิดอาหารหยาบต่อคุณภาพเนื้อในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายของเนื้อแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วย PS หรือ CS เป็นแหล่งอาหารหยาบมีผลต่อการเอกสารนเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อแม่โคนม PS มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายสูงกว่าเนื้อแม่โคนม CS ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 2.45 และ 2.02 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

สำหรับการศึกษาระยะเวลาการบ่ม พบว่าระยะเวลาการบ่มนานขึ้น ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายของเนื้อแม่โคนมขุน ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 2.11 2.37 และ 2.24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อบ่มเนื้อที่ 7 14 และ 21 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ผลการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่าย พบว่าเมื่อระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 1.17 1.89 2.61 และ 3.28 เปอร์เซ็นต์ เมื่อจำลองการวางจำหน่ายวันที่ 1 3 5 และ 7 วัน (display วันที่ 1 3 5 และ 7) ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

จากการผลศึกษาพบอิทธิพลร่วมของระยะเวลาการบ่มและระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อในการจำลองการวางจำหน่าย ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.2 แต่ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบ ระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่าย ($p > 0.05$)

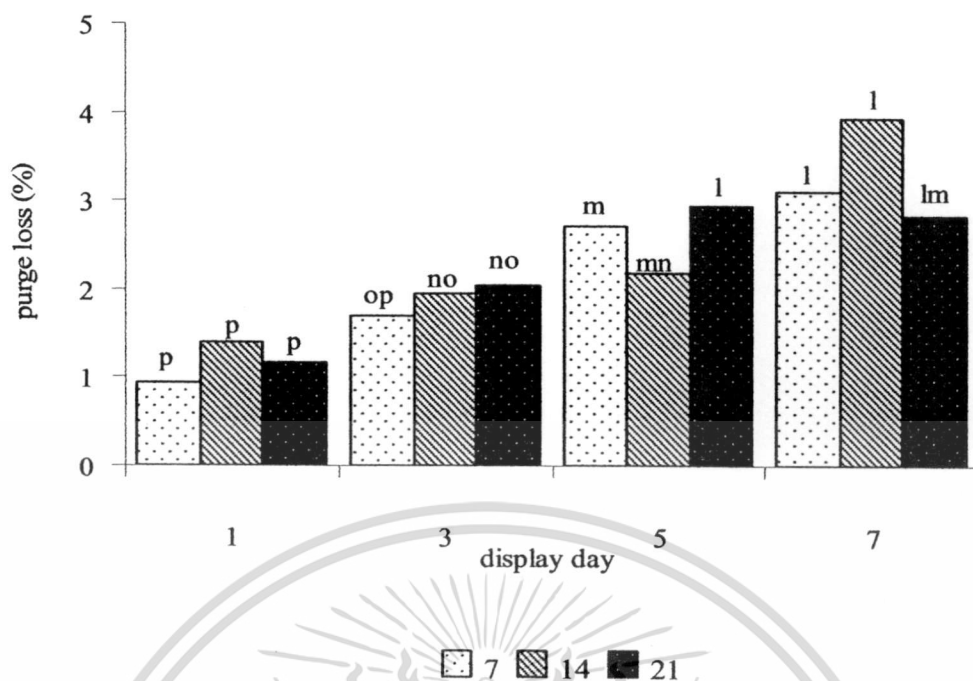
ตารางที่ 4.4 อิทธิพลร่วมของระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 21 วัน และระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 1 3 5 และ 7 วัน ต่อค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่าย (วัน)				ค่าเฉลี่ย ระยะเวลาบ่ม	SEM
	1	3	5	7		
7	0.94 ^p	1.69 ^{op}	2.71 ^m	3.10 ^l	2.11	0.1483
14	1.41 ^p	1.94 ^{no}	2.19 ^{mn}	3.93 ^k	2.37	0.2342
21	1.16 ^p	2.05 ^{no}	2.93 ^l	2.82 ^{lm}	2.24	0.1604
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	1.17 ^d	1.89 ^c	2.61 ^b	3.28 ^a		
SEM	0.1218	0.1053	0.1472	0.2278		

^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{klmnop} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในตารางเดียวกันภายใต้อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่มและการจำลองการวางจำหน่ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means



ภาพที่ 4.2 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่มและระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อในการจำลองการวางจำหน่าย
^{klmnop} ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4.3.3 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ (TBARS value) ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

ผลการศึกษพบว่าอิทธิพลของชนิดอาหารหยาบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ โดยค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อแม่โคนม PS (0.158 mg MDA/ kg sample) มีค่าน้อยกว่าเนื้อแม่โคนม CS (0.182 mg MDA / kg sample) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การออกซิเดชันของไขมันในเนื้อที่บ่ม 7 วัน เกิดการออกซิเดชันน้อยกว่าเนื้อที่บ่ม 14 วันขึ้นไป ($p < 0.05$) โดยเนื้อที่บ่ม 7 14 และ 21 วัน เท่ากับ 0.153 0.163 และ 0.195 mg MDA/kg meat sample ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

จากผลการศึกษพบว่าระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อแม่โคนมขุน ($p < 0.05$) โดยก่อนเริ่มการจำลองการวางจำหน่าย (display วันที่ 0) ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อมีค่าเท่ากับ 0.155 mg MDA/kg meat sample ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเนื้อที่จำลองการวางจำหน่ายวันที่ 7 (display วันที่ 7) มีค่าเท่ากับ 0.186 mg MDA/kg meat sample ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบ ระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายที่มีต่อค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อที่ทำการศึกษา ($p>0.05$)

4.3.4 ผลของแหล่งอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มต่อค่าสีของเนื้อ (L^* a^* และ b^*) ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

4.3.4.1 ค่าความสว่าง (lightness; L^*)

เมื่อศึกษาถึงอิทธิพลของชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่ม (7 14 และ 21 วัน) ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย พบว่า ชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า L^* ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

สำหรับค่าสีที่วัดได้หลังจากตัดเนื้อให้สัมผัสอากาศก่อนเริ่มการจำลองการวางจำหน่ายเป็นเวลา 45 นาที ($display$ วันที่ 0) และ 24 ชั่วโมง ($display$ วันที่ 1) พบว่าค่า L^* ของเนื้อที่ $display$ วันที่ 1 มีค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่เมื่อระยะเวลาในการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นเป็น 2-7 วัน ($display$ วันที่ 2-7) ค่า L^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ผลการศึกษาในครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบ ระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า L^* ของกล้ามเนื้อสันนอกแม่โคนมขุนที่ทำการศึกษา ($p>0.05$)

4.3.4.2 ค่าสีแดง (redness; a^*)

สำหรับอิทธิพลของชนิดอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงแม่โคนมขุนด้วย PS หรือ CS เป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่าชนิดอาหารมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่า a^* ของเนื้อแม่โคนมกลุ่ม PS มีค่าสูงกว่าเนื้อแม่โคนม CS โดยมีค่าเท่ากับ 20.15 และ 18.33 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ในด้านของระยะเวลาการบ่ม พบว่าระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยค่า a^* ของเนื้อที่บ่ม 7 14 และ 21 วันมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 20.52 19.19 และ 18.02 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

เมื่อระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า a^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเนื้อที่ผ่านการจำลองการวางจำหน่าย 1 และ 2 วัน ($display$ วันที่ 1 และ 2) มีค่า a^* เท่ากับ 23.36 และ 22.73 ตามลำดับ ($p>0.05$) ซึ่งสูงกว่าเนื้อที่จำลองการวางจำหน่ายในวันต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

จากผลการศึกษาในครั้งนี้พบอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า a^* ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.3 แต่ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบ ระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายที่มีต่อค่า a^* ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.5 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่มและระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า a^*

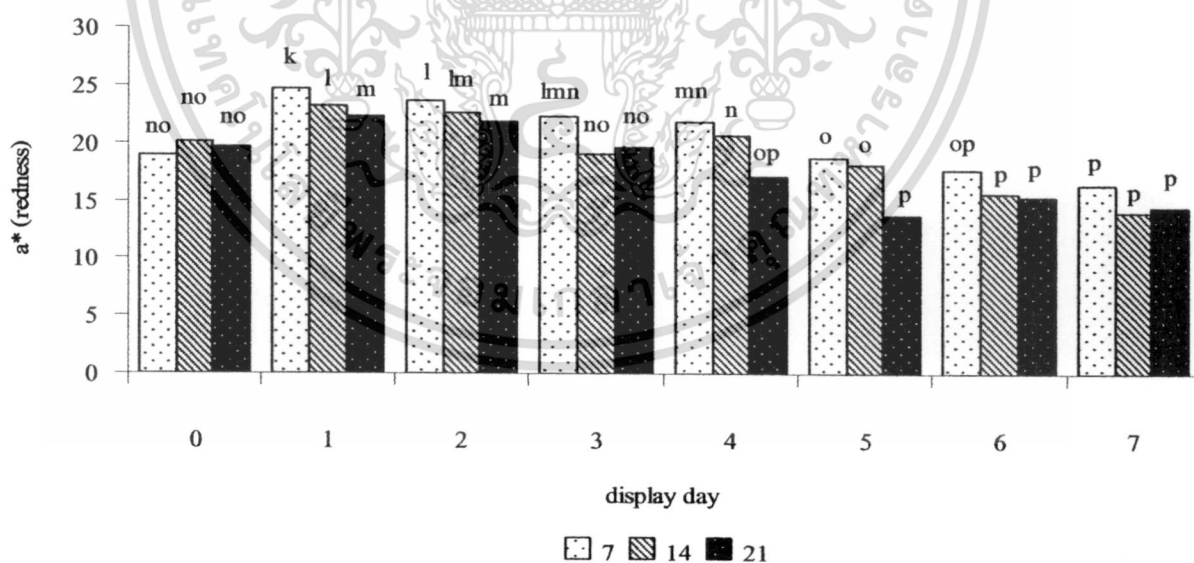
ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)								ค่าเฉลี่ยระยะการบ่ม	SEM
	0	1	2	3	4	5	6	7		
7	18.91 ^{no}	24.65 ^k	23.71 ^l	22.27 ^{lm}	21.80 ^{mn}	18.81 ^o	17.68 ^{op}	16.37 ^p	20.52 ^x	0.51
14	20.15 ^{no}	23.18 ^l	22.67 ^{lm}	19.06 ^{no}	20.66 ⁿ	18.16 ^o	15.64 ^p	13.99 ^p	19.19 ^y	0.47
21	19.69 ^{no}	22.25 ^m	21.82 ^m	19.62 ^{no}	17.16 ^{op}	13.72 ^p	15.41 ^p	14.52 ^p	18.02 ^z	0.50
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	19.58 ^b	23.36 ^a	22.73 ^a	20.32 ^b	19.87 ^b	16.89 ^c	16.23 ^{cd}	14.96 ^d		
SEM	0.32	0.38	0.36	0.67	0.81	0.93	0.82	0.67		

^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{xyz} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{klmnop} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในตารางเดียวกันภายใต้อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่มและการจำลองการวางจำหน่ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means



ภาพที่ 4.3 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า a^* ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

^{klmnop} ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4.3 ค่าสีเหลือง (yellowness; b*)

ชนิดอาหารหยาบที่แตกต่างกันมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า b* ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่า b* ของเนื้อแม่โคนมกลุ่ม PS มีค่าสูงกว่าเนื้อแม่โคนม CS โดยมีค่าเท่ากับ 10.02 และ 8.92 ตามลำดับ

เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นค่า b* ของเนื้อที่บ่ม 7 14 และ 21 วันในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 10.19 9.46 และ 8.75 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ผลการศึกษาระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า b* พบว่าเมื่อระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นค่า b* มีการเปลี่ยนแปลงทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อที่ผ่านการจำลองการวางจำหน่าย 1 วัน (display วันที่ 1) มีค่า b* เท่ากับ 11.61 ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับเนื้อที่จำลองการวางจำหน่าย 2 วัน (display วันที่ 2) ค่า b* เท่ากับ 11.25 ที่สูงกว่าเนื้อที่จำลองการวางจำหน่ายในวันต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

จากการศึกษานี้พบอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า b* ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.4 แต่ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหารหยาบ ระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายที่มีต่อค่า b* ของกล้ามเนื้อสันนอกที่ทำการศึกษา ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.6 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า b*

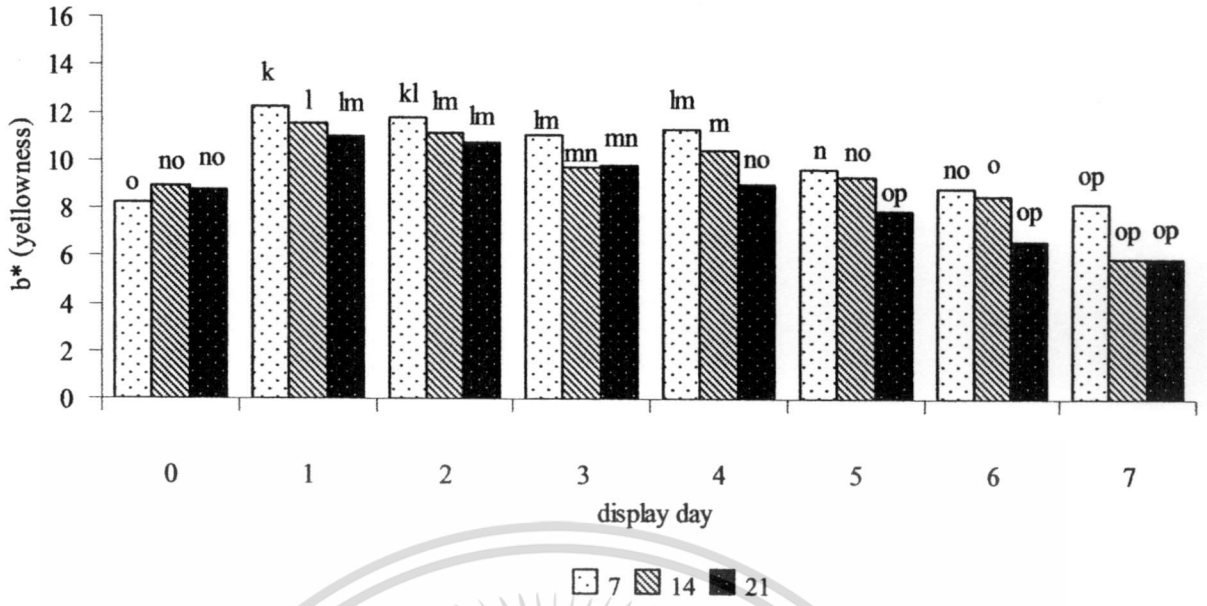
ระยะเวลา การบ่ม (วัน)	ระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่าย (วัน)							ค่าเฉลี่ย ระยะเวลาบ่ม	SEM	
	0	1	2	3	4	5	6			7
7	8.26 ^o	12.26 ^t	11.79 ^u	11.12 ^{lm}	11.29 ^{lm}	9.70 ⁿ	8.88 ^{oo}	8.21 ^{op}	10.19 ^x	0.51
14	8.92 ^{oo}	11.56 ^l	11.17 ^{lm}	9.78 ^{mm}	10.49 ^{mm}	9.33 ^{oo}	8.54 ^o	5.94 ^{op}	9.46 ^y	0.47
21	8.83 ^{oo}	11.00 ^{lm}	10.79 ^{lm}	9.79 ^{mm}	9.04 ^{oo}	7.96 ^{op}	6.66 ^{op}	5.92 ^{op}	8.75 ^z	0.53
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	8.67 ^f	11.61 ^a	11.25 ^{ab}	10.24 ^b	10.27 ^b	8.99 ^c	8.03 ^f	6.69 ^d		
SEM	0.20	0.20	0.22	0.28	0.32	0.39	0.50	0.64		

^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{xyz} ตัวอักษรที่แตกต่างกัน ในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{klmnop} ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในตารางเดียวกันภายใต้อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่มและการจำลองการวางจำหน่ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means



ภาพที่ 4.4 อิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่ม และระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า b^* ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย
 ตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 อิทธิพลของชนิดอาหารหยาบและระยะเวลาการบ่มที่ 7 14 และ 21 วัน ต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุนในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

parameter	feed (f)		ageing (a)			display (day)							effect							
	PS	CS	7	14	21	0	1	2	3	4	5	6	7	f	a	d	fxa	fxd	axd	fxaxd
pH	5.44	5.39	5.43 ^{xy}	5.45 ^x	5.36 ^y	5.45	5.40	-	5.52	-	5.41	-	5.39	0.06	0.04	0.76	0.00	0.97	0.99	0.99
TBARS	0.158	0.182	0.153 ^y	0.163 ^{xy}	0.195 ^x	0.155 ^m	-	-	-	-	-	-	0.195 ^l	0.08	0.03	0.02	0.77	0.49	0.81	0.78
purge loss	2.45 ^a	2.02 ^b	2.11	2.37	2.24	-	1.17 ^o	-	1.89 ⁿ	-	2.61 ^m	-	3.28 ^l	0.00	0.35	<0.00	0.20	0.53	0.02	0.63
colour of meat																				
L*	39.00	38.08	38.74	38.43	38.44	40.68 ^l	40.08 ^{lm}	39.31 ^m	38.99 ^{mm}	38.06 ^{no}	37.62 ^{op}	36.77 ^p	36.79 ^p	0.11	0.87	<0.00	0.59	0.13	0.96	0.64
a*	20.15 ^a	18.33 ^b	20.52 ^x	19.19 ^y	18.02 ^z	19.58 ^m	23.36 ^l	22.73 ^l	20.32 ^m	19.87 ^m	16.89 ⁿ	16.23 ^{no}	14.96 ^o	0.02	0.04	<0.00	0.86	0.10	0.00	0.75
b*	10.02 ^a	8.92 ^b	10.19 ^x	9.46 ^y	8.75 ^z	8.67 ⁿ	11.61 ^l	11.25 ^{lm}	10.24 ^m	10.27 ^m	8.99 ⁿ	8.03 ⁿ	6.69 ^o	0.01	0.03	<0.00	0.33	0.62	0.00	0.54

^{a,b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนภายใต้อิทธิพลของชนิดอาหารหยาบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{x,y,z} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนภายใต้อิทธิพลของระยะเวลาการบ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

^{l,m,n,o,p} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนภายใต้อิทธิพลของระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

purge loss = เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

TBARS = ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ (mg MDA/kg meat)

- ไม่ได้ทำการศึกษา

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 อิทธิพลของชนิดอาหารหยาบ

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อแม่โคนมขุนที่ใช้ PS หรือ CS เป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่าเนื้อแม่โคนมขุน PS หรือ CS มีองค์ประกอบทางเคมีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์เถ้าของเนื้อแม่โคนมขุน PS (0.19 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่าเนื้อแม่โคนม CS (0.09 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 อาจเนื่องจากระยะเวลาในการขุนของโคกลุ่ม CS มีระยะเวลาการขุนนานกว่ากลุ่ม PS ส่งผลให้เนื้อโคกลุ่ม CS มีเปอร์เซ็นต์เถ้าต่ำกว่าโคกลุ่ม PS ทั้งนี้ Franco *et al.* (2009) ได้ทำการศึกษาในแม่โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียนขุนด้วยหญ้าหมักร่วมกับข้าวโพดหมักเป็นเวลา 0 1 และ 2 เดือน พบว่าเนื้อแม่โคนมทั้ง 3 กลุ่มมีเปอร์เซ็นต์เถ้าเท่ากับ 1.07 1.03 และ 0.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์เถ้ามีอัตราการลดลงตามระยะเวลาการขุนที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ที่พบว่าเนื้อแม่โคนม CS ที่กินข้าวโพดหมักมีระยะเวลาการขุนที่นานกว่า ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์เถ้าที่น้อยกว่าโคกลุ่ม PS อาจเนื่องจากเนื้อแม่โคนมมีปริมาณแคลเซียมสูงในช่วงระยะการให้นม เมื่อนำแม่โคนมคัดทิ้งมาขุนจะมีการดึงแคลเซียมที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อมาใช้ให้เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมในเนื้อโคที่ขุนเป็นระยะเวลานานกว่าปริมาณเถ้าลดลง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อเปอร์เซ็นต์เถ้าที่ลดลงเช่นกัน

สำหรับอิทธิพลของชนิดอาหารต่อคุณภาพของกล้ามเนื้อสันนอก พบว่าการเลี้ยงแม่โคนมขุนด้วย PS หรือ CS เป็นแหล่งอาหารหยาบไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ค่า a^* (สีแดง) ค่า b^* (สีเหลือง) ค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่ม (drip loss) และค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุก (cooking loss) ($p>0.05$) แต่อาหารกลุ่ม PS และ CS มีอิทธิพลต่อค่า L^* (ความสว่าง) และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากการทดลองนี้แม้ว่าค่า pH ของเนื้อโค PS และ CS จะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่า ค่า pH ของเนื้อโคกลุ่ม PS จะมีค่า pH สูงกว่าโคกลุ่ม CS อาจเป็นผลเนื่องมาจากซากของโคกลุ่ม CS มีไขมันหุ้มซากหนากว่า ตามรายงานของ อัทธ์ ภูแจ้ง และคณะ (2552) พบว่าปริมาณไขมันที่ได้จากการตัดแต่งและความหนาไขมันสันหลังของโคกลุ่ม CS มีแนวโน้มสูงกว่าโคกลุ่ม PS ประกอบกับ โคกลุ่ม PS มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าโคกลุ่ม CS ($p<0.05$) และมีแนวโน้มใช้ระยะเวลาในการขุนเพื่อให้ได้น้ำหนักสุดท้าย (620 กิโลกรัม) สั้นกว่าโคกลุ่ม CS โดยเฉลี่ย 92 วัน ($p=0.56$) ตามลำดับ เนื่องจากผลพลอยได้จากสับประรดหมักมีค่าพลังงานรวมและมีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายจำพวกแป้ง และน้ำตาลสูงกว่าผลพลอยได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวโพดหมัก (Muller. 1978) จึงทำให้สัตว์ได้รับโภชนะเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายได้มากกว่า (Azevado and Alves. 2000) ส่งผลให้แม่โคกลุ่ม PS มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าแม่โคกลุ่ม CS ถึงแม้ว่าแม่โคกลุ่ม CS จะมีปริมาณการกินได้สูงกว่าก็ตาม ทั้งนี้ Smith *et al.* (1976) พบว่าโคที่มีไขมันหุ้มซากหนา ทำให้การระบายความร้อนออกจากซากเป็นไปได้ช้า อุณหภูมิภายในซากจึงลดลงได้ช้า ซึ่งมีผลไปเร่งปฏิกิริยา anaerobic glycolysis เป็นเหตุให้ค่า pH ลดลงถึง ultimate pH เร็วขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับกับ มยุรินทร์ รักษทอง และคณะ (2552) ที่พบว่าเนื้อโคพื้นเมืองที่ได้รับเปลือกสับประรดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบมีค่า pH ต่ำกว่า (5.53) โคพื้นเมืองที่ได้รับหญ้าแพงโกล่าแห้ง (5.70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แม้ว่าชนิดอาหารหยาบจะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในการทดลองนี้ แต่พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L^* ของเนื้อแม่โคนม PS และ CS โดยค่า L^* ของเนื้อแม่โคนม PS มีค่ามากกว่า (สว่างมากกว่า) เนื้อแม่โคนม CS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 41.21 และ 38.66 ตามลำดับ ค่า L^* ที่แตกต่างกันอาจเป็นเพราะเนื้อ PS มีลักษณะปรากฏของเนื้อที่ค่อนข้างฉ่ำน้ำ ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากการที่โคกลุ่มนี้มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่า ($p < 0.05$) โดยแม่โคนม PS มีอัตราการเจริญเติบโตเร็วทำให้มีอัตราการสร้างโปรตีนมากกว่า ซึ่งโปรตีนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) ประกอบกับเนื้อแม่โคนม PS มีแนวโน้มของเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อน้อยกว่าเนื้อแม่โคนม CS ส่งผลให้เนื้อ CS มีความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสูงกว่า ทั้งนี้ อัมพัทธ์ ภูแจ้ง และคณะ (2552) ศึกษาจากโคทดลองกลุ่มเดียวกัน พบว่าโคกลุ่ม PS มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 970 กรัมต่อวัน ขณะที่โคกลุ่ม CS มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 660 กรัมต่อวัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Franco *et al.* (2009) กล่าวว่าแม่โคนมขุนที่มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ามีผลทำให้เนื้อมีความสว่างมากกว่า โดยโคกลุ่มที่มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 1,460 กรัมต่อวัน มีค่า L^* เท่ากับ 35.29 ซึ่งสูงกว่าโคกลุ่มที่มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 1,310 กรัมต่อวัน ซึ่งมีค่า L^* เท่ากับ 32.27 ($p < 0.05$) โดยความแตกต่างของสีไขมันวัวที่ปรากฏมีความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนแสง (reflectance) (Irie. 2001) ดังนั้นปริมาณไขมันแทรกที่ปรากฏมากกว่าเล็กน้อยอาจมีผลทำให้ค่าความสว่างของเนื้อที่ได้มีค่าสูงกว่าได้

เนื้อแม่โคนม PS มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อน้อยกว่าเนื้อแม่โคนม CS อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 4.22 และ 4.83 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบที่แตกต่างกัน โดยอาหาร PS ให้ค่าพลังงานรวมสูงกว่าอาหาร CS ($p > 0.05$) (3871.30 และ 3733.45 cal/g ตามลำดับ) เล็กน้อย นอกจากนี้อาหาร PS ยังให้คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายในปริมาณสูงกว่าอาหาร CS คือ 81.95 และ 58.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($p < 0.05$) ส่งผลให้แม่โคกลุ่ม PS มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าแม่โคกลุ่ม CS อย่างมีนัยสำคัญ (970 กรัมต่อวัน และ 660 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) ดังรายงานโดย อัมพัทธ์ ภูแจ้ง และคณะ (2552) จากการศึกษาของ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ (2545) พบว่าโคพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียนที่ได้รับอาหารข้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานสูงจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ำเนื้อมากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นในระดับต่ำกว่า เนื่องจากโคที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานสูงจะส่งผลทำให้การสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้ Aberle *et al.* (1981) ระบุว่าโคที่ได้รับการขุนด้วยอาหารพลังงานสูงเป็นเวลานาน โดยเฉพาะโคที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูงก่อนเข้าสู่อัตราการสังเคราะห์โปรตีนที่เพิ่มขึ้น คลอลาเจนซึ่งเป็นโปรตีนชนิดหนึ่งจะมีการสร้างขึ้นใหม่ ซึ่งคลอลาเจนที่สร้างขึ้นใหม่นี้จะมีส่วนที่เป็น intermolecular cross-links น้อย หรือมีปริมาณ insoluble collagen น้อย ซึ่งอาจส่งผลให้เนื้อมีความนุ่มขึ้นได้ (Fishell *et al.* 1985)

การใช้เปลือกสับประดหมักหรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบในการเลี้ยงแม่โคนม ขุนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยเนื้อแม่โคนมที่ได้รับอาหารหยาบ PS มีค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายสูงกว่าเนื้อแม่โคนมได้รับอาหารหยาบ CS ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 2.45 และ 2.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.7 เนื่องจากเนื้อโคที่ได้รับอาหารหยาบ PS มีลักษณะปรากฏของเนื้อที่ค่อนข้างฉ่ำน้ำมากกว่าเนื้อ CS ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากการที่โคกลุ่มนี้มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่า ($p < 0.05$)

ผลการศึกษาค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยอาหาร PS และ CS มีค่าเท่ากับ 0.158 และ 0.182 มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อแม่โคนม CS มีแนวโน้มสูงกว่าเนื้อแม่โคนม PS ($p = 0.0854$) อาจเป็นผลเนื่องมาจากเปอร์เซ็นต์ไขมันของเนื้อแม่โคนม CS มีแนวโน้มสูงกว่าเนื้อแม่โคนม PS ($p = 0.0987$) ประกอบกับการเก็บตัวอย่างเนื้อไว้ในอุณหภูมิกาศมีผลทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อเกิดขึ้นน้อย ซึ่งการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อเป็นผลสืบเนื่องมาจากการทำปฏิกิริยาของออกซิเจนในอากาศกับไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) และไขมันประเภท PUFA จะมีความไวต่อการออกซิเดชันมากกว่าไขมันชนิดไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid; MUFA) โดยมีความร้อนและแสงทำหน้าที่เป็นเร่งปฏิกิริยา (ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529) ซึ่งสอดคล้องกับ Berry *et al.* (1988) เปรียบเทียบการใช้ข้าวโพดหมัก หญ้า และ ถั่วอัลฟาฟ่า (alfalfa) ในการขุน โคเพศผู้ตอน พบว่าเนื้อโคที่ได้รับข้าวโพดหมักมีค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสูงกว่าโคที่ได้รับหญ้าและถั่วอัลฟาฟ่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งนี้เนื่องจากโคในกลุ่มที่ 1 ซึ่งได้รับข้าวโพดหมักเป็นอาหารมีปริมาณไขมันในเนื้อสูงกว่าโคกลุ่มอื่นในทางตรงกันข้ามการเกิดการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อของโคกินหญ้าและโคกินธัญพืชไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับสัตว์ที่ถูกควบคุมการเจริญเติบโต สำหรับโคที่ได้รับธัญพืชเป็นอาหารมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าโคกินหญ้าเล็กน้อย คุณภาพเนื้อมีความแตกต่างกันซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการสังเคราะห์โปรตีนภายในกล้ามเนื้อ จากการศึกษาของ Luciano *et al.* (2009) ที่ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเนื้อแกะที่เลี้ยงด้วยอาหารชั้นและพืชสมุนไพร พบว่าเนื้อแกะที่เลี้ยงด้วยอาหารชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อสูงกว่าเนื้อแกะที่ได้รับพืชสมุนไพรอย่างเดียวย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรสของเนื้อ และการออกซิเดชันของไมโอโกลบินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีเนื้อ เมื่อระยะเวลาการบ่มและระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อแกะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ทั้งนี้ Nuernberg *et al.* (2005) พบว่า เนื้อจากโคพันธุ์เยอรมันโฮลสไตน์ และเยอรมันชิมเมนทอลที่เลี้ยงด้วยอาหารข้นเป็นอาหารหลักซึ่งมีพลังงานสูงมีค่า TBARS สูงกว่าที่เลี้ยงด้วยหญ้าเป็นอาหารหลัก โดย Berruga *et al.* (2005) กล่าวว่าค่า b^* มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ ซึ่งค่า b^* อาจจะบ่งบอกถึงค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อได้ ทั้งนี้ Melton *et al.* (1982) ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบโดยใช้โคเพศผู้ตอนที่ขุนด้วยข้าวโพดหมัก หญ้าหมัก และธัญพืช นาน 90 วัน พบว่าการใช้ข้าวโพดหมักในการเลี้ยงโคทำให้เนื้อมีกลิ่นและรสเข้มข้นขึ้น ชวนรับประทาน และเมื่อให้อาหารในปริมาณที่เท่ากันพบว่าความหนาไขมันสันหลัง และค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อมีความแตกต่างกันตามระบบการเลี้ยง (Bowling *et al.* 1978)

5.2 อิทธิพลของระยะเวลาการบ่ม

ระยะเวลาของการบ่มไม่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกแม่โคนมขุน ($p > 0.05$) ทั้งนี้ Pierson and Fox (1976) ระบุว่าในระหว่างการบ่มเนื้อในสุญญากาศกล้ามเนื้ออาจมีการย่อยสลายกลุ่ม sarcoplasmic proteins และเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นอาจมีการสลายตัวของ nitrogenous compounds เป็น ammonia และ กลุ่ม diffusable ions ซึ่งทำปฏิกิริยากับกรดแลคติกที่ถูกสร้างขึ้น โดยแบคทีเรียกรดแลคติก ทำให้เกิดการ neutralization ของค่า pH

สำหรับค่าสีที่วัดได้เมื่อเนื้อผ่านการสัมผัสกับออกซิเจน (oxygenation) เป็นเวลา 45 นาทีพบว่าระยะเวลาการบ่มมีผลต่อ ค่า L^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อบ่มเนื้อนาน 7 วันขึ้นไป สีของเนื้อจะมีความสว่างมากขึ้นกว่าเนื้อที่บ่มเพียง 1 วันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แม้ว่าเนื้อที่บ่มนานกว่า 7 วัน จะมีสีที่สว่างมากขึ้นตามลำดับ แต่ค่า L^* ที่วัดได้ระหว่างการบ่มเป็นเวลา 7-30 วันนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ขณะที่ระยะเวลาการบ่มไม่มีผลต่อค่า a^* และ b^* ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่า ค่า a^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p > 0.05$) จาก 21.24 ในเนื้อที่บ่ม 1 วัน เป็น 23.79 เมื่อบ่มเป็นเวลา 14 วัน และมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อบ่มนานขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าเนื้อที่ผ่านการบ่มไประยะเวลาหนึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดการสัมผัสกับออกซิเจนได้ดีขึ้น แต่เมื่อบ่มนานขึ้น ความสามารถในการจับออกซิเจนอาจลดลง ทั้งนี้ O' Keeffe and Hood (1982) กล่าวว่า กลุ่มเฮโมไซม์ในเซลล์กล้ามเนื้อที่ใช้ออกซิเจนได้เสื่อมสภาพไปตามระยะเวลาการบ่ม ดังนั้นไมโอโกลบินในเนื้อที่ผ่านการบ่มจึงมีโอกาสที่จะจับกับออกซิเจนได้ดีขึ้น แต่ขณะเดียวกันเมื่อบ่มเนื้อนานขึ้นเนื้อที่สัมผัสกับออกซิเจนเป็นเวลานานขึ้นจะถูกเปลี่ยนสถานะทางเคมีเป็น metmyoglobin หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

metmyoglobin reducing activities มีการเสื่อมสภาพไปเช่นกัน จึงอาจทำให้เนื้อสัตว์มีสีคล้ำลง มีผลทำให้ค่า a^* ของเนื้อเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าลดลงตามระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มมากขึ้น สำหรับค่า b^* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม โดยเนื้อที่บ่ม 1 7 14 21 และ 30 วัน มีค่า b^* เท่ากับ 8.62 9.23 10.22 10.33 และ 11.25 ตามลำดับ ($p=0.0571$) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากเนื้อเกิดการสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศเพิ่มขึ้น โดย Berruga *et al.* (2005) กล่าวว่าค่า b^* และค่าการออกซิเดชันของเนื้อจะเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มเนื้อมานานขึ้น ค่า b^* มีความสัมพันธ์กับสีของไขมันในเนื้อ โดยพบว่าสีของไขมันจะมีสีขาวนวลขึ้นเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของไขมันในเนื้อที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ มีผลทำให้เนื้อเกิดกลิ่นหืนหรือกลิ่นไม่พึงประสงค์ได้ โดยเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นค่า b^* จะเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่าค่า b^* ของเนื้อแม่โคนมขุนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม ($p=0.0571$) และค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นกัน

การศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าระยะเวลาการบ่มมีอิทธิพลต่อค่าการสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ($p<0.05$) ตามเวลาการบ่ม สอดคล้องกับรายงานของ George-Evins *et al.* (2004) ที่พบว่าสเต็กจากกล้ามเนื้อ *Gluteus medius* ที่ผ่านการบ่มเป็นเวลา 14 และ 21 วัน มีค่าการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุกสูงกว่าสเต็กจากเนื้อที่บ่มเพียง 7 วัน ($p<0.05$) ขณะเดียวกันสเต็กจากเนื้อที่บ่ม 21 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อน้อยกว่าสเต็กจากเนื้อที่บ่ม 14 และ 7 วัน ตามลำดับ ($p<0.05$) ทั้งนี้ Livisay *et al.* (1995) ระบุว่าเอนไซม์มีบทบาทสำคัญในการทำให้เนื้อนุ่ม ซึ่งจะย่อยสลาย myofibrillar proteins ในกล้ามเนื้อในระหว่างการบ่ม ทำให้เนื้อนุ่มขึ้น Huffman *et al.* (1996) ศึกษาการยอมรับของกลุ่มผู้บริโภคตามบ้านและตามภัตตาคารในสหรัฐอเมริกา และรายงานว่าค่าแรงตัดผ่านของสเต็กเนื้อสันที่ผู้บริโภคให้การยอมรับควรมีค่าไม่เกิน 4.10 กิโลกรัม จากผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าเมื่อบ่มเนื้อสันนอกจากแม่โคนมขุนเป็นเวลา 21 วัน จะได้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ 3.81 กิโลกรัม อย่างไรก็ตามพบว่าค่าแรงตัดผ่านของเนื้อที่บ่ม 14 วัน มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อเท่ากับ 4.61 กิโลกรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อที่บ่ม 21 วัน จึงอาจกล่าวได้ว่าการบ่มเนื้อแม่โคนมขุนเป็นเวลา 14 วัน อาจจะเพียงพอสำหรับการบ่มเนื้อให้นุ่ม ทั้งนี้เพราะมีค่าแรงตัดผ่านไม่ต่างจากเนื้อที่บ่ม 21 วัน ซึ่งมีค่าแรงตัดผ่านอยู่ในช่วงที่ผู้บริโภคเนื้อโคขุนยอมรับ (Huffman *et al.* 1996; Rodas-González *et al.* 2009)

เมื่อพิจารณาถึงค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อแม่โคนมที่ระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 21 วัน พบว่า ค่าการออกซิเดชันเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.153 0.163 และ 0.195 มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อกิโลกรัม ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7 ทั้งนี้ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อมีความสัมพันธ์กับปริมาณ metmyoglobin ค่า b^* และไขมันแทรกในเนื้อ โดยเนื้อที่บ่มนานขึ้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของไขมันในเนื้อส่งผลให้ค่า b^* และค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกซิเดชันสูงขึ้น (Xiong *et al.* 2007) ซึ่งสอดคล้องกับ Franco *et al.* (2009) ทำการศึกษาเนื้อแฮมโคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียนที่ขุนด้วยหญ้าหมักร่วมกับข้าวโพดหมัก พบว่าที่ระยะเวลาการบ่ม 1 7 14 21 28 35 และ 42 วัน ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม โดยมีค่าเท่ากับ 0.25 0.28 0.24 0.31 0.23 0.26 และ 0.32 มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อ กิโลกรัม ($p < 0.05$) สอดคล้องกับ Descalzo *et al.* (2008) พบว่าค่าการออกซิเดชันของกล้ามเนื้อสันนอกกระป้อมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม ($p < 0.01$) โดยเนื้อที่บ่ม 1 15 และ 25 วัน มีค่าเท่ากับ 0.076 0.130 และ 0.146 มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อ กิโลกรัม ตามลำดับ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของไขมันจากปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เนื้อเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์หรือเกิดกลิ่นหืน Igene *et al.* (1985) ทำการศึกษาปฏิกิริยาออกซิเดชันของเนื้อไก่ที่ระยะเวลาการบ่ม 0 และ 3 วัน พบว่าการออกซิเดชันของเนื้อไก่มีค่าเท่ากับ 1.25 และ 2.07 มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อ กิโลกรัม ทั้งนี้ค่าการออกซิเดชันของเนื้อไก่มีค่าสูงกว่าเนื้อโค จากการทดลองครั้งนี้อาจเป็นเพราะเนื้อไก่มีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง จึงทำให้อัตราเร็วของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดเร็วกว่าเนื้อโค ซึ่งองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อโคจะเป็นไขมันอิ่มตัวจึงเกิดการออกซิเดชันช้ากว่าเนื้อที่มีองค์ประกอบเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ทั้งนี้ O'Neill *et al.* (1998) กล่าวว่าอาหารและระยะเวลาการบ่มมีผลต่อการเกิดกลิ่นของเนื้อ ซึ่งเกิดจากการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ ทำให้เนื้อเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์และสูญเสียรสชาติ นอกจากนี้ปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อมีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา

นอกจากนี้ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับ Xiong *et al.* (2007) ที่ทำการศึกษาคุณภาพเนื้อโคนมในช่วงอายุที่แตกต่างกัน พบว่าค่า b^* และการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อมีความสัมพันธ์กัน โดยจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม ค่า b^* ที่สูงอาจเป็นผลมาจากการที่กล้ามเนื้อนั้นๆ มีการสะสมของไขมันแทรกมากเนื้อจึงมีความนุ่ม ทั้งนี้ Sierra *et al.* (2008) กล่าวว่าลักษณะและคุณภาพของเนื้อโคตามความพอใจของผู้บริโภคนั้นจะดูจากส่วนประกอบของไขมันแทรกเป็นหลัก สอดคล้องกับ Moody. (1983) กล่าวว่าไขมันมีบทบาทสำคัญในการเกิดกลิ่นรสของเนื้อ โดยไขมันจะหลอมละลาย และไปเคลือบทั่วเส้นใยกล้ามเนื้อในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน หรือการปรุงให้สุก ซึ่งความร้อนจะเร่งให้เกิดการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อได้ โดยจะทำปฏิกิริยากับเนื้อและไขมันในเนื้อ ทำให้เนื้อเกิดกลิ่นและรสชาติที่แตกต่างกันออกไป

5.2 อิทธิพลของระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่าย

ด้านอิทธิพลของระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายของกล้ามเนื้อสันนอกส่วนหลัง (LL) พบว่าระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า เฟอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย ค่าการออกซิเดชัน ค่า L^* ค่า a^* และค่า b^* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) เป็นผลเนื่องมาจากการลดลงของค่า pH ($p > 0.05$) ส่งผลให้โปรตีนภายในกล้ามเนื้อเสื่อมสภาพ (protein denaturation)

เมื่อพิจารณาถึงค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อแม่โคนมในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายในวันที่ 0 (ก่อนเริ่มการจำลองการวางจำหน่าย) และวันที่ 7 (display วันที่ 7) พบว่าเนื้อที่ผ่านการจำลองการวางจำหน่ายวันที่ 0 มีค่าการออกซิเดชันน้อยกว่าเนื้อที่ผ่านการจำลองการวางจำหน่ายวันที่ 7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.155 และ 0.195 มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อ กิโลกรัม ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้น ปฏิกิริยาการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อเกิดมากขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้ Xiong *et al.* (2007) กล่าวว่าค่าการออกซิเดชันของเนื้อแม่โคนมอายุ 2-12 ปี มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่าย โดยเนื้อที่ผ่านการจำลองการวางจำหน่าย 0 วัน (display วันที่ 0) มีค่าการออกซิเดชันเท่ากับ 0.387 มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อ กิโลกรัม และเพิ่มขึ้นเป็น 1.142 มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อ กิโลกรัม เมื่อผ่านการจำลองการวางจำหน่ายวันที่ 7 (display วันที่ 7) สอดคล้องกับ Insani *et al.* (2007) ซึ่งทำการศึกษาในโคเพศผู้ตอน พบว่าเนื้อโคที่เลี้ยงด้วยหญ้ามีค่าการออกซิเดชันต่ำกว่าโคที่เลี้ยงด้วยข้าวโพด (0.16 และ 0.48 มิลลิกรัมของ malonaldehyde ต่อ กิโลกรัม) โดยเนื้อที่จำลองการวางจำหน่ายวันที่ 7 (display วันที่ 7) มีค่าการออกซิเดชันสูงกว่าเนื้อที่จำลองการวางจำหน่ายวันที่ 0 (display วันที่ 0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากในเนื้อโคกินหญ้ามี่ ปริมาณของวิตามินอี และเบต้าแคโรทีน สูงกว่าโคที่เลี้ยงด้วยข้าวโพด ($p < 0.05$) ซึ่งเป็นสารต้านการออกซิเดชัน จึงส่งผลให้เนื้อโคกินหญ้าเกิดการออกซิเดชันน้อยกว่า

จากการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่าสีของเนื้อ L^* a^* และ b^* พบว่าค่า L^* ของเนื้อที่จำลองการวางจำหน่ายวันที่ 1 มีค่าสูงสุด แต่เมื่อระยะเวลาในการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นเป็น 2-7 วัน (display วันที่ 2-7) ค่า L^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากค่าสีที่วัดได้เมื่อเนื้อผ่านการสัมผัสกับออกซิเจนเป็นเวลา 45 นาที (display วันที่ 0) อาจยังเกิดการสัมผัสกับออกซิเจนไม่เต็มที่ เมื่อเวลาผ่านไปค่าสีของเนื้อจะมีความสว่างมากขึ้นกว่าเนื้อที่จำลองการวางจำหน่ายวันที่ 0 (display วันที่ 0) และมีค่าลดลงเมื่อระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากเนื้อที่ผ่านการจำลองการวางจำหน่ายเป็นระยะเวลานาน ทำให้ความสามารถในการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนลดลง โดย metmyoglobin reducing activities จะเสื่อมสภาพ ทั้งนี้สอดคล้องกับ Xiong *et al.* (2007) ที่ทำการศึกษากล้ามเนื้อพับใน (Semimembranosus) ของแม่โคนมลูกผสมพันธุ์เองกัสและซิมเมนทอลในช่วงอายุ 2-4 6-8 และ 10-12 ปีที่ จำลองการวางจำหน่ายวันที่ 0 1 2 3 4 5 6 และ 7 พบว่าค่า L^* ของการจำลองการวางจำหน่ายวันที่ 0 มีค่าเท่ากับ 34.76 ซึ่งสูงกว่าเนื้อที่จำลองการวางจำหน่ายวันที่ 1-7 (display วันที่ 1-7) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาครั้งนี้พบอิทธิพลร่วมระหว่างระยะเวลาการบ่มและระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า a^* และ b^* โดยพบว่าภายหลังจากการตัดเนื้อให้สัมผัสอากาศเป็นเวลา 45 นาทีก่อนการจำลองการวางจำหน่าย เนื้อที่ผ่านการบ่มทั้งสามระยะ (7 14 และ 21 วัน) มีความสามารถในการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (oxygenate) ให้ค่าสีแดงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อวางจำหน่ายเนื้อเป็นเวลา 1 วัน พบว่าค่าสีแดง (a^*) ของเนื้อมีค่ามากขึ้นจากวันที่ 0 (สัมผัสอากาศเป็นเวลา 45 นาที) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเนื้อที่บ่มเป็นระยะเวลาน้อย (7 วัน) มีสีแดงกว่าเนื้อที่บ่มนานกว่า (14 และ 21 วัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเนื้อที่บ่ม 14 วัน มีสีแดงกว่าเนื้อที่บ่ม 21 วันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) แต่เมื่อจำลองการวางจำหน่ายเนื้อเป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่าเนื้อที่บ่มเป็นเวลานานกว่ามีแนวโน้มว่าความคงทนของสีแดงในระหว่างการจำหน่ายน้อยกว่าเนื้อที่บ่มเป็นเวลาสั้นกว่า เห็นได้จากในวันที่ 4 และ 5 ของการจำลองการวางจำหน่าย เนื้อที่บ่ม 21 วัน จะมีค่าสีแดงต่ำกว่าเนื้อที่บ่มเป็นระยะเวลาน้อยกว่า (7 และ 14 วัน) อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และ 4.6 และเมื่อจำลองการวางจำหน่ายเป็นเวลานานขึ้นพบว่าเนื้อที่บ่มนานมีแนวโน้มการลดลงของค่าสีแดงมากกว่าเนื้อที่บ่มในระยะเวลาที่สั้นกว่า ทั้งนี้ค่า a^* มีความสัมพันธ์กับปริมาณ ไมโอโกลบินในเนื้อสัตว์ ขณะที่ Gatellier *et al.* (2005) พบว่าค่า a^* ของเนื้อมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการ oxygenation ที่ไมโอโกลบินจับกับออกซิเจนเพื่อเปลี่ยนไมโอโกลบิน หรือ deoxymyoglobin ให้เป็น oxymyoglobin ทำให้เนื้อมีสีแดงขึ้น การที่ค่า a^* มีค่าสูงจึงถือว่าเป็นลักษณะที่ดีของเนื้อ ซึ่งหากค่า a^* ลดลงมากจะมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ทั้งนี้เมื่อเนื้อผ่านการบ่มเป็นระยะเวลาหนึ่งมีผลทำให้เอนไซม์ภายในกล้ามเนื้อที่เข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดการเสื่อมสภาพไป ดังนั้นเมื่อเนื้อถูกตัดให้สัมผัสอากาศไมโอโกลบินในเนื้อจึงสามารถจับกับออกซิเจนได้ดีขึ้น ทำให้เนื้อมีค่า a^* เพิ่มขึ้นในช่วงการเกิดกระบวนการ oxygenation (Boakye and Mittal, 1995) แต่ขณะเดียวกันเนื้อที่บ่มเป็นเวลานาน อาจมีปริมาณ metmyoglobin reducing activities ต่ำลงไปด้วย ซึ่ง metmyoglobin reducing activities จะเป็นเอนไซม์กลุ่มที่เปลี่ยนให้ metmyoglobin เป็น deoxymyoglobin ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน (oxygenate) เป็น oxymyoglobin อีกครั้ง ดังนั้นเนื้อที่บ่มนานกว่า เช่น เนื้อแม่โคนมขุนที่บ่ม 21 วัน จึงมีแนวโน้มการลดลงของค่า a^* (แดงน้อยลง) เร็วกว่าเนื้อที่บ่มเป็นเวลาสั้นเมื่อวางจำหน่ายนานขึ้น

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการบ่มต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมกลุ่มที่กินเปลือกสับประดหมักหรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่าการใช้เปลือกสับประดหมักสามารถช่วยในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุนให้ดีขึ้น คือ ทำให้สีเนื้อมีความสว่างเพิ่มขึ้น และมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง เนื้อจึงมีความนุ่มเพิ่มขึ้น โดยไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่มและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุก

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของระยะเวลาการบ่ม พบว่าระยะเวลาการบ่มที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เนื้อมีความสว่างเพิ่มขึ้น สำหรับเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการบ่ม และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุกมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่มเช่นกัน ในขณะที่ค่าแรงตัดผ่านเนื้อมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื้อจึงมีความนุ่มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม

จากการศึกษาอิทธิพลของระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่าย พบว่าเมื่อระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย และค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อเพิ่มขึ้นเช่นกัน สำหรับค่าสีของเนื้อ ได้แก่ ค่า L^* (ความสว่าง) ค่า a^* (สีแดง) และ ค่า b^* (สีเหลือง) พบว่าค่าสีของเนื้อที่จำลองการวางจำหน่ายวันที่ 1 (display วันที่ 1) มีค่าสูงที่สุดแต่ เมื่อระยะเวลาในการจำลองการวางจำหน่ายเพิ่มขึ้นเป็น 2-7 วัน (display วันที่ 2-7) ค่าสีของเนื้อมีค่าลดลงตามระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายที่เพิ่มขึ้น เมื่อเนื้อผ่านการจำลองการวางจำหน่ายนานขึ้น ค่าสีของเนื้อมีค่าเสื่อมลงตามระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่าย

6.2 ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาในครั้งนี้ใช้แม่โคนมขุนอายุ 3-5 ปี เลี้ยงด้วยเปลือกสับประดหมักหรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่าการใช้เปลือกสับประดหมักยังสามารถช่วยในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุนให้ดีขึ้นได้ ทั้งนี้คำนึงถึงเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่ม การเก็บรักษา ค่าสี ความนุ่ม และการเกิดออกซิเดชันของไขมันในเนื้อได้ ดังนั้นหากนำแม่โคนมที่อายุต่ำกว่า 4 ปี ที่มีปัญหาด้านระบบสืบพันธุ์ หรือเต้านมอักเสบมาใช้ในการศึกษา อาจทำให้คุณภาพคุณภาพเนื้อของแม่โคนมมีคุณภาพดีขึ้นก็เป็นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้วค่าสีของเนื้อแม่โคนมขุนจะมีสีเข้มกว่า โคนเนื้อที่เลี้ยงภายในประเทศ ซึ่งเป็น โคนเนื้อถูกผสมเลือดซาร์โลเลส์ 50 เปอร์เซนต์ขึ้นไป แต่เมื่อใช้เปลือกสับประคหมักในการขุนมีผลทำให้เนื้อแม่โคนมค่าสีที่ค้ำขึ้นเมื่อถูกตัดให้สัมผัสอากาศ และมีความนุ่มเพิ่มขึ้น จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบถึงระยะเวลาการบ่มเนื้อแม่โคนมที่เหมาะสมคือ 14 วัน ก็เพียงพอที่ทำให้ผู้บริโภคยอมรับได้ทั้งในด้านของความนุ่มและค่าสีของเนื้อ แต่ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดอาหารหยาบที่ใช้ในการเลี้ยงโค โดยจากการทดลองในครั้งนี้ พบว่า การใช้เปลือกสับประคหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบระยะเวลาการบ่มเนื้อที่เหมาะสม คือ 14 วัน และการใช้ข้าวโพคหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบระยะเวลาการบ่มที่เหมาะสม คือ 21 วัน จึงทำให้ผู้บริโภคยอมรับได้ เนื้อแม่โคนมที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้มีอายุการจำลองการวางจำหน่ายที่ประมาณ 4 วัน โดยดูจากค่าสีของเนื้อที่เปลี่ยนแปลงไปในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. เอกสารประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ชั้นสูง. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล จันทร์พร เจ้าทรัพย์ ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ และปิยะดา ทวีขศรี. 2545. ผลของระดับอาหารขึ้นและการบ่มเนื้อที่มีต่อคุณภาพเนื้อโคนม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 33:341-345.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และญาณิน โอภาสพัฒนกิจ. 2548. คุณภาพเนื้อโคภายใต้ระบบการผลิตและการตลาดของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สุทธิปริณิตังเข้าส์.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ ปิยะนิต อินทรพรอุดม และปิยะดา ทวีขศรี. 2552. คุณภาพเนื้อของโคพื้นเมืองและโคลูกผสมพันธุ์ต่างๆ ภายใต้ระบบการผลิตเนื้อโคในประเทศไทย. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ครั้งที่ 1 วันที่ 17-18 ธันวาคม พ.ศ. 2552.
- จินดา สนิทวงศ์ฯ รักไทย อินทรสุขศรี สุทิน กุ๋วัญเมือง กิจจา เกสรสุคนธ์ เสาวคนธ์ โรจนสถิตย์ และภาณุเดช สุทัศน์ ณ ออยุธยา. 2524. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้หญ้าสดกับเปลือกสับประรดเป็นอาหารโค. รายงานผลการวิจัยสาขาผลิตปศุสัตว์. กองอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์.
- ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- ชนนันท์ สุกกิจจานนท์. 2547. “คุณภาพซากและผลตอบแทนในการผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงจากโคลูกผสมเลือดบราห์มัน.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- นิธิยา รัตนापนนท์. 2545. เคมีอาหาร. กรุงเทพฯ : โอเคียนสโตร์. 487 น.
- ปิยะดา ทวีขศรี. 2544. “อิทธิพลของชนิดสัตว์เลี้ยงเอื้องและอัตราการเจริญเติบโตต่อคุณภาพเนื้อ.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พัชรา เอื้อพัฒนพงศ์ ปิยะดา ทวีขศรี นवलพรรณ งามยี่สุน และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552. คุณภาพเนื้อบางประการของกล้ามเนื้อแต่ละชนิด. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ครั้งที่ 1 วันที่ 17-18 ธันวาคม พ.ศ. 2552.
- มยุรินทร์ รักทอง รุจริน ถิมศุภวานิช ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552. ผลของระยะเวลาการบ่มต่อคุณภาพเนื้อโคพื้นเมืองขุนที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่มีแหล่งอาหารหยาบ

- ต่างกัน. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ครั้งที่ 1 วันที่ 17-18 ธันวาคม พ.ศ. 2552.
- วิชิต พรหมอินทร์. 2549. “คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อโคขุนภายใต้ระบบการผลิตของสหกรณ์โคเนื้อกำแพงแสน.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- สัจชัย จตุรสิทธิ์ธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อัสชัฏ ภู่อังค์ ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2552. สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของแม่โคนมขุนที่ใช้ผลพลอยได้จากสับประรดหรือข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ. ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ครั้งที่ 1 วันที่ 17-18 ธันวาคม พ.ศ. 2552.
- Aberle, E.D., E.S. Reeves, M.D. Judge, R.E. Hunsley. and T.W. Perry. 1981. “Palatability and muscle characteristics of cattle with controlled weight gain time on a high energy diet.” *J. Anim. Sci.* 52: 757-763.
- AMSA. 1991. **Guideline for meat color evaluation.** American Meat Science Association. Illinois, USA.
- Azevedo, A.R., and A.A. Alves. 2000. Utilizaçãodo de resíduos da Agroindústria na alimentaçãodo de ruminantes (Agroindustrial by products utilization in the ruminants feeding). In: **Congresso Nordestino de Produçãodo Animal vol 2 Teresina-PI.** p 205-220.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. **The Association of official chemists.** Washington DC, USA.
- Baublits, R.T., Brown, A.H., Pohlman, F.W., Rule, D.C., Johnson, Z.B. and Pugh, R.B.. 2006. “Fatty acid and sensory characteristics of beef from three biological types of cattle grazing cool-season forages supplemented with Soyhulls.” *Meat Sci.* 72 : 100-107.
- Berruga, T.B., Vergara., H. and Gallego, L. 2005. “Influence of packaging conditions on microbial and lipid oxidation in lamb meat.” *Meat Sci.* 57: 257-264.
- Berry, B.W., Leddy, K.F., Bond, J., Rumsey, T.S. and Hammond, A.C. 1988. “Effect of silage diets and electrical stimulation on the palatability, cooking and pH characteristics of beef loin steaks.” *J. Anim sci.* 66: 892-900.
- Boakye, K., and Mittal, G.S. 1996. “Changes in colour of beef m. Longissimus dorsi muscle during ageing.” *Meat Sci.* 42: 347-354.

- Boccard, R., Buchter, L., Casteels, E., Cosentino, E., Dransfield, E., Hood, D.E., Joseph, R.L., MacDougall, D.B., Rhodes, D.N., Tinbergen, B.J. and Touraille, C. 1981. "Procedures for measuring meat quality characteristics in beef productions experiments." **J. Lives. Prod. Sci.** 8: 385-397.
- Bowling, R.A., Riggas, J.K., Smith, G.C., Carpenter, Z.L., Reddish, R.L. and Butler, O.D. 1978. "Production, carcass and palatability characteristics of steers produced by different management systems." **J. Anim Sci.** 46: 333-340.
- Burk, R.F., Trumble, M.J. and Lawrence, R.A. 1980. "Rat hepatic cytosolic GSH-dependent enzyme protection against lipid oxidation in the NADPH microsomal lipid peroxidant system." **Biochemica et Biophysica Act.** 618: 35-41.
- Calkins, C.R. and Hodgen, J.M. 2007. "A fresh look at meat flavor." **Meat Sci.** 77: 63-80.
- Castellini, C., Mugnai, C. and Bosco, A.D. 2002. "Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality." **Meat Sci.** 60: 219-225.
- Chambaz, A., Scheeder, M.R.L., Kreuzer, M. and Dufey, P.A. 2003. "Meat quality of Simmental, Charolais and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content." **Meat Sci.** 63:491-500.
- Descalzo, A.M., Rossetti, L., Sancho, A.M., Garcia, P.T., Biolatto, A., Carduza, F., and Grigioni, G.M. 2007. "Antioxidant consumption and development of oxidation during ageing of buffalo meat produced in Argentina." **Meat Sci.** 1-7.
- De Smet, S.M. 2004. **Sarcomere length determination. in workshop on quality and functional of Meat.** Held on 2-9 April 2004. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok.
- Dranfield, E., Wakefield, D.K. and Parkman, I.D. 1992. "Modeling post-mortem tenderization : Texture of electrically stimulated and non-stimulated beef." **Meat Sci.** 36 : 105-121.
- Dunne, P.G., O'Mara, F.P., Monahan, F.J. and Moloney, A.P. 2004. "Colour of subcutaneous adipose tissue and muscle of Irish beef carcasses destined for the Italian market." **J. Agri. Food Re.** 43 : 217-226.
- Dunne, P.G., O'Mara, F.P., Monahan, F.J. and Moloney, A.P. 2006. "Changes in colour characteristics and pigmentation of subcutaneous adipose tissue and *M. longissimus dorsi* of heifers fed grass, grass silage or concentrate-based diets." **Meat Sci.** 74 : 231-241.

- Fishell, V.K., Aberle, E.D., Judge, M.D. and Perry, T.W. 1985. "Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate." *J. Anim. Sci.* 61: 151-157.
- Franco, D., Bispo, E., Gonz á lez, L., V á zquez, J.A. and Moreno, T. 2009. "Effect of finishing and ageing time on quality attributea of loin from the meat of Holstein-Fresian cull cows." *Meat Sci.* 83: 484-491.
- Gatellier, P., Mercier, I., Juin, H. and Renerre, M. 2005. "Effect of finishing mode (pasture or mixed-diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle." *Meat Sci.* 69 : 175–186.
- Geesink, G.H. and Koohmarais, M. 1999. "Technical note: A rapid method for quantification of capain and calpastatin activities in muscle." *J. Anim. Sci.* 77 : 3225-3229.
- George-Evins, C.D., Unruh, J.A., Waylan, A.T. and Marsden, J.L. 2004. "Influence of quality classification, aging period, blade tenderization, and endpoint cooking temperature on cooking characteristics and tenderness of beef *gluteus medius* steaks." *J. Anim Sci.* 82: 1863-1867.
- Hoffman, L.C. 2005. "Sensory and physical characteristics of enhanced vs. non- enhanced meat from mature cows." *Maet Sci.* 72 : 195-202.
- Huff-Lonergan, E., Parrish, F.C. and Robson, R.M. 1995. "Effect of postmortem aging time, animal age and sex on degradation of titin and nebulin in bovine longissmus muscle." *J. Anim. Sci.* 77 : 1064-1073.
- Hwang, I.H., Park., B.Y., Cho., S.H., and Lee., J.M. 2004. "Effects of muscle shortening and proteolysis on Warner-bratzler shear force in beef longissmus and semitendinosus." *Meat Sci.* 68 : 497-505.
- Igene, J.O., Yamauchi, K., Pearson, A.M., Gray, J.I. and Aust, S.D. 1985. "Evaluation of 2-Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in relation to warmed-over flavor (WOF) development in cooked chicken." *J. Agric. Food Chem.* 33: 364-367.
- Ilian, M.A., Bekhit, A.E. and Bickerstaffe, R. 2004. "The relationship between meat tenderization myofibril fragmentation and autolysis of calpain 3 during post-morterm ageing." *Meat Sci.* 66: 387-397.
- Insani, E.M., Eyherabide, A., Grigioni, G., Sancho, A.M., Pensel, N.A. and Descalzo, A.M. 2007. "Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina." *Meat Sci.* Inpress

- Insausti, K., Beriain, M., Purroy, A., Alberti, P., Lizaso, L. and Hernandez, B. 1999. "Color stability of beef from different spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere." *Meat Sci.* 53: 241-249.
- Irie, M. 2001. "Optical evaluation of factors affecting appearance of bovine fat." *Meat Sci.* 57: 19-22.
- Jay, J.M. 1996. **Modern Food Microbiology**. 5th Edition. Microbiology of modified atmosphere packaged meat. Chapman&Hall, New York, USA. p294.
- Johnson, D.D., Huffman, R.D., Williams, S.E. and Hargrove, D.D. 1990. "Effect of percentage Brahman and Angus breeding, age-season of feeding and slaughter end point on meat palatability and muscle characteristic." *J. Anim. Sci.* 68: 1980-1986.
- Jurie, C., Picard, B., Hocquette, J.F., Dransfield, E., Micol, D. and Listrat, A. 2007. "Muscle and meat quality characteristics of Holstein and Salers cull cows." *Meat Sci.* 77: 459-466
- King, D.A., Morgan, W.W., Miller, R.K., Sanders, J.O., Lunt, D.K., Taloy, J.F., Gill, C.A. and Savell, J.W. 2005. "Carcass merit between and among family groups of *Bos indicus* crossbred steers and heifers." *Meat Sci.* 72: 496-502.
- Kolczak, T., Pospiech, E., Palka, K. and Lacki, J. 2003. "Change of myofibrillar and centrifugal drip proteins and shear force of psoas major and minor and semitendinosus muscle from calve, heifers and cows during post-mortem ageing." *Meat Sci.* 64: 69-75.
- Koohmaraie, M. 1994. "Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat." *Meat Sci.* 43:193-201.
- Lee, M.R.F., Evans, P.R., Nute, G.R., Richardson, R.I. and Scollan, N.D. 2009. "A comparison between red clover silage and grass silage feeding on fatty acid composition, meat stability and sensory quality of the *Longissimus* muscle of dairy cull cows." *Meat Sci.* 81:738-744.
- Livisay, S.A., Xiong, Y.L. and Moody W.G. 1995. "Proteolytic activity and calcium effect in dark-firm-dry and pale-soft-exudative meat." *Lebensm. Wiss. Tech.* 29: 123-128.
- Luciano, G., Monahan, F.J., Vasta, V., Pennisi, P., Bella, M. and Priolo, A. 2009. "Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate." *Meat Sci.* 82: 193-199.
- Maddock, K.R., Huff-Lonergan, E. and Lonergan, S.M. 2005. **The effect of pH on μ -calpain activity and implications in meat tenderness.** [Online]. Available : <http://www.ans.iastate.edu/report/pdf.15/07/51>

- Melton, S.L., Black, J.M., Davis, G.W. and Backus, W.R. 1982. "Flavor and selected chemical components of ground beef from steers backgrounded on pasture and fed corn up to 140 days." **J. food sci.** 47: 699-704.
- Merciera, Y., Gatellierb, P. and Renereb, M. 2004. "Lipid and protein oxidation in vitro, and antioxidant potential in meat from Charolais cows finished on pasture or mixed diet." **Meat Sci.** 66: 467-473.
- Monson, F., Sanudo, C. and Sierra, I. 2005. "Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef." **Meat Sci.** 71: 471-479.
- Moody, W.G. 1983. "Beef flavor – A review." **J. Food Tech.** 37: 227-232.
- Morgan, J.B., Wheeler, J.B., Koohmaraie, M., Savell, J.W. and Crouse, J.D. 1993. "Meat tenderness and the calpain proteolytic system in *Longissimus* muscle of young bulls and steers." **J. Anim. Sci.** 71: 1471-1476.
- Muller, Z.O. 1978. "Feeding potential of pineapple wastes for cattle." **World animal review** 25: 25
- Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N.D., Wood, J.D., Nute, G.R. and Richardson, R.I. 2005. "Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds muscle in different cattle breeds." **J. Liv. Prod. Sci.** 94: 137-147.
- O' Neill, L.M., Galvin, K., Morrissey, P.A. and Buckley, D.J. 1998. "Inhibition of lipid oxidation in chicken by carnosine and dietary [alpha]-tocopherol supplementation and its determination by derivative spectrophotometry." **Meat Sci.** 50: 479-488.
- O'Keeffe, M. and Hood, D.E. 1982. 1982. "Biochemical factors influencing metmyoglobin formation on beef from muscles of differeing colour stability." **Meat Sci** 7: 209-228.
- Pearson, A.M., and Young, R.B. 1989. **Muscle and meat biochemistry.** San Diego: Academic Press.
- Pierson, C.J. and Fox, J.D. 1976. Effect of postmortem aging time and temperature on pH, tenderness and soluble collagen ractions in bovine *Longissimus* muscle. **J. Anim. Sci.** 43: 1206-1210.
- Pringle, T.D., Willams, S.E., Lamb, B.S., Johnson, D.D. and West, R.L. 1997. "Carcass aged tenderness of angus and Brahman crossbred steers." **J. Anim. Sci.** 75: 2955-2961.

- Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S. and Dransfield, E. 2002. "Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality." **Meat Sci.** 62: 179-185.
- Pomeranz, Y. and Meloan, C. 1994. **Food analysis theory and practice.** New York: Chapman&Hall.
- Riley, D.G., Johnson, D.D., Chase, C.C., West, R.L., Olson, T.A., Hammond, A.C. and Coleman, S.W. 2005. "Factors influencing tenderness in steak from Brahman cattle." **Meat Sci.** 70: 347-356.
- Rodas-González, A., Huerta-Leidenz, N., Jerez-Timaure, N. and Miller, M.F. 2009. "Establishing tenderness thresholds of Venezuelan beef steaks using consumer and trained sensory panels." **Meat Sci.** 83: 218–223.
- Savell, J.W. and Cross, H.R. 1988. "The role of fat in the palatability of beef, pork and lump" In **Designing food: Animal product option in the marketplace.** Washington: National academy press.
- Shahidi, F., 1997. Lipid-derived flavors in meat products. In: **Meat processing Improving quality.** Edited by Joseph, K., John, K. and David, L. CRC Press, New York, P. 105-117.
- Smith, G. C., Duston, T. R., Hostetler, R.L. and Carpenter, Z.I. 1976. "Fatness rate chilling and tenderness of lamb." **J. Food. Sci.** 41: 748-756.
- Sierra, N., Aldai, P., Castro, K., Osoro, A., Coto-Montes and Olivan, M. 2008. "Prediction of the fatty acid composition of beef by near infrared transmittance spectroscopy." **Meat Sci.** 78 : 248-255.
- Tuma, H.J., Venable, J.H., Wuthier, P.R. and Henrickson, R.L. 1962. "Relationship of fiber diameter to tenderness and meatiness as influenced by bovine age." **J. Anim. Sci.** 21: 33-36.
- Vestergaard, M., Madsen, N.T., Bligaard, H.B., Bredahl, L., Rasmussen, P.T. and Andersen, H.R. 2007. "Consequences of two or four months of finishing feeding of culled dry dairy cows on carcass characteristics and technological and sensory meat quality." **Meat Sci.** 76:635-643.
- Wang, M.Y. and Liehr, J.G. 1995. "Induction by estrogens of lipid peroxidant-derived MDA-DNA adducts in male syrin hamster: role of lipid peroxidation in estrogen-induced kidney carcinogenesis." **Carcinogenesis.** 16: 1941-1945.
- Wheeler, T.L., Savell, J.W., Cross, H.R., Lunt, D.K. and Smith, S.B. 1990. "Mechanism associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle." **J. Anim. Sci.** 68 : 4206–4220.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Wheeler, T.L., Shackelford, S.D., Johnson, L.P., Miller, M.F., Miller, R.K. and Koohmaraie, M. 1997. "A Comparison of Warner-Bratzler Shear Force Assessment Within and Among Institutions." *J. Anim Sci.* 75 : 2423-2432.
- Xiong, Y.L., Mullins, O.E., Stika, J.F., Chen, J., Blanchard, S.P. and Moody, W.G. 2007. "Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscles from mature cows of various ages." *Meat Sci.* 77 : 105-113.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมี

1. การเตรียมสารละลายสำหรับการสกัด malonaldehyde ในกล้ามเนื้อ

0.069 M 2-Thiobarbituric acid (1 ลิตร)

- 2-Thiobarbituric acid 10.00 กรัม
- HCl 20.0 มิลลิลิตร
- 90% Acetic acid

ละลาย 2-Thiobarbituric acid 10.00 กรัม ใน 90% acetic acid ผสมให้เข้ากัน โดยใช้ magnetic และให้ความร้อน จากนั้นเติม conc. HCl 20.0 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วย 90% acetic acid ให้ครบ 1 ลิตร เก็บในตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส

1 M Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4) (100 มิลลิลิตร)

- Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4) 1.30 กรัม
- Distilled water

ละลาย KH_2PO_4 13.609 กรัม ใน Distilled water 70 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วย Distilled water เก็บในตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส

50 mM potassium phosphate (1 ลิตร)

- Dipotassium hydrogen orthophosphate (K_2HPO_4) 7.05 กรัม
- Potassium dihydrogen orthophosphate (KH_2PO_4) 1.30 กรัม
- Distilled water

ละลาย K_2HPO_4 7.05 กรัม และ KH_2PO_4 1.30 กรัม ใน Distilled water 970 มิลลิลิตร จากนั้นปรับ pH ให้เป็น 7.4 ด้วย 1 M KH_2PO_4 แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร ด้วย Distilled water เก็บในตู้เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส

4 N Hydrochloric acid (HCl) (250 มิลลิลิตร)

- HCl 82.81 มิลลิลิตร
- Distilled water

เท Distilled water 150 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ ค่อยๆ เติม HCl 82.81 มิลลิลิตร ลงไปแล้ว

ปรับปริมาตรด้วย Distilled water ให้ครบ 250 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ต้มในอ่างควบคุมอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 55 นาที เขย่าทุกๆ 5 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์

9) เมื่อครบตามระยะเวลาที่กำหนดแล้ว นำไปทำให้เย็นลงทันทีในน้ำแข็ง แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 5 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร

10) คำนวณค่า TBARS value

2.2 วิธีการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ malonaldehyde (MDA)

ทำกราฟมาตรฐานของสารละลาย MDA ในเนื้อ โดยนำ stock MDA มาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0 0.5 1.0 2.0 3.0 4.0 และ 5.0 ไมโครโมลต่อไมโครลิตร จากนั้นนำสารละลาย stock MDA ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 532 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานและคำนวณสมการถดถอย $y = ax + b$ โดยค่า y เป็นค่าการดูดกลืนแสง และค่า x เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลาย stock MDA แล้วนำไปคำนวณค่า TBARS value จากสูตร

$$\text{TBARS value (mg MDA / kg sample)} = \frac{(X \cdot 10 \cdot 72)}{\text{น้ำหนักเนื้อตัวอย่าง}}$$

เมื่อ 72 = น้ำหนักโมเลกุลของ MDA

X = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

10 = dilution (สารละลาย MDA ที่สกัดได้ 50 มิลลิลิตร แต่นำมาใช้ 5 มิลลิลิตร)

ภาคผนวก ข

ตารางผลการทดลอง

ตารางภาคผนวกที่ ข 1 แสดงค่านัยสำคัญจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติของอิทธิพลด้านต่างๆ ที่มีต่อคุณภาพเนื้อ

effect	pH	L*	a*	b*	drip loss	cooking loss	WBSF
feed	0.4749	<0.0001	0.5173	0.7223	0.5993	0.3068	0.0233
ageing	0.4905	0.0019	0.2005	0.0571	0.0376	0.1417	<0.0001
feed*ageing	0.2842	0.5769	0.8431	0.5743	0.9853	0.7474	0.6922

feed = ชนิดอาหารหยาบที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ เปลือกสับประรดหมัก และข้าวโพดหมัก

ageing = ระยะเวลาการบ่มเนื้อที่ 1 7 14 21 และ 30 วันภายหลังจากสัตว์ตาย

ตารางภาคผนวกที่ ข 2 ค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาบต่างกันที่ระยะเวลาการบ่ม 1 7 14 21 และ 30 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	แหล่งอาหารหยาบ		ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการบ่ม	SEM
	PS (n=5)	CS (n=5)		
1	5.45	5.42	5.43	0.0626
7	5.44	5.51	5.47	0.0488
14	5.47	5.62	5.54	0.0834
21	5.51	5.16	5.34	0.1390
30	5.54	5.44	5.49	0.0551
ค่าเฉลี่ยแหล่งอาหารหยาบ	5.48	5.43		
SEM	0.0281	0.0699		

SEM = standard error of means

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ข 3 ค่า L* ของกล้ามเนื้อสันนอกแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาบ
ต่างกันในระยะเวลาการบ่ม 1 7 14 21 และ 30 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	แหล่งอาหารหยาบ		ค่าเฉลี่ยระยะการบ่ม	SEM
	PS (n=5)	CS (n=5)		
1	39.29	35.85	37.57 ^y	0.8794
7	40.74	39.72	40.23 ^x	0.6985
14	41.00	39.53	40.26 ^x	0.5837
21	42.34	39.11	40.72 ^x	0.8117
30	42.65	39.93	41.29 ^x	0.6454
ค่าเฉลี่ยแหล่งอาหารหยาบ	41.21 ^a	38.83 ^b		
SEM	0.33920	0.5528		

^{ab} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{xy} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 4 ค่า a* ของกล้ามเนื้อสันนอกแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาบ
ต่างกันในระยะเวลาการบ่ม 1 7 14 21 และ 30 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	แหล่งอาหารหยาบ		ค่าเฉลี่ยระยะการบ่ม	SEM
	PS (n=5)	CS (n=5)		
1	21.09	21.39	21.24	0.7999
7	20.47	21.86	21.17	0.8370
14	22.95	24.64	23.79	0.6305
21	22.39	22.07	22.23	0.9062
30	22.69	22.12	22.41	0.9009
ค่าเฉลี่ยแหล่งอาหารหยาบ	21.92	22.42		
SEM	0.5727	0.4984		

SEM = standard error of means

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ข 5 ค่า b* ของกล้ามเนื้อสันนอกแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาบ
ต่างกันที่ระยะเวลาการบ่ม 1 7 14 21 และ 30 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	แหล่งอาหารหยาบ		ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการบ่ม	SEM
	PS (n=5)	CS (n=5)		
1	8.52	8.73	8.62	0.6805
7	9.07	9.39	9.23	0.6416
14	10.77	11.73	10.22	0.5057
21	10.63	10.26	10.33	0.7212
30	11.18	9.26	11.25	0.5926
ค่าเฉลี่ยแหล่งอาหารหยาบ	10.03	9.83		
SEM	0.4428	0.4161		

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 6 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่ม (drip loss) ของกล้ามเนื้อ
สันนอกแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาบต่างกันที่ระยะเวลาการ
บ่ม 7 14 21 และ 30 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	แหล่งอาหารหยาบ		ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการบ่ม	SEM
	PS (n=5)	CS (n=5)		
7	3.67	3.27	3.47 ^y	0.4614
14	5.49	4.90	5.19 ^{xy}	0.3099
21	5.46	5.51	5.48 ^x	0.7626
30	6.12	5.77	5.94 ^x	0.6620
ค่าเฉลี่ยแหล่งอาหารหยาบ	5.18	4.86		
SEM	0.4911	0.4037		

^{xy} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 7 เปรียบเทียบการสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุก (cooking loss) ของกล้ามเนื้อสันนอกแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาบต่างกันที่ระยะเวลาการบ่ม 1 7 14 21 และ 30 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	แหล่งอาหารหยาบ		ค่าเฉลี่ยระยะการบ่ม	SEM
	PS (n=5)	CS (n=5)		
1	28.94	28.29	28.62	1.0949
7	27.13	26.88	27.00	0.9823
14	25.19	28.25	26.72	1.214
21	30.55	31.22	30.89	1.9991
30	24.71	28.19	26.45	1.1451
ค่าเฉลี่ยแหล่งอาหารหยาบ	27.30	28.57		
SEM	0.8406	0.9111		

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 8 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (WBSF) ของกล้ามเนื้อสันนอกแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาบต่างกันที่ระยะเวลาการบ่ม 1 7 14 21 และ 30 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	แหล่งอาหารหยาบ		ค่าเฉลี่ยระยะการบ่ม	SEM
	PS (n=5)	CS (n=5)		
1	5.67	5.87	5.87 ^w	0.3093
7	4.65	5.23	4.94 ^x	0.3423
14	4.11	5.11	4.61 ^{xy}	0.3057
21	3.29	4.33	3.81 ^{yz}	0.2879
30	3.18	3.59	3.38 ^z	0.2263
ค่าเฉลี่ยแหล่งอาหารหยาบ	4.22 ^b	4.83 ^a		
SEM	0.2402	0.2528		

^{ab} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{wxyz} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 9 แสดงค่านัยสำคัญจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติของอิทธิพลด้านต่างๆ ที่มีต่อคุณภาพเนื้อ

effect	pH	purge loss	TBARS	L*	a*	b*
feed	0.0671	0.0045	0.0854	0.1131	0.0236	0.0142
ageing	0.0471	0.3598	0.0343	0.8786	0.0407	0.0316
display	0.7664	<0.0001	0.0237	<0.0001	<0.0001	<0.0001
feed*ageing	0.0002	0.2002	0.7797	0.5973	0.8640	0.3318
feed*display	0.9764	0.5341	0.4930	0.1367	0.1082	0.6257
ageing*display	0.9934	0.0238	0.8132	0.9655	0.0006	0.0012
feed*ageing*display	0.9999	0.6360	0.7882	0.6412	0.7522	0.5454

feed = ชนิดอาหารหยาบที่แตกต่างกัน 2 ชนิด คือ เปลือกสับประดหมัก และข้าวโพดหมัก

ageing = ระยะเวลาการบ่มเนื้อที่ 7 14 และ 21 วันภายหลังจากสัตว์ตาย

display = ระยะเวลาการจำลองการวางจำหน่ายวันที่ 0-7 วัน (display วันที่ 0-7)

ตารางภาคผนวกที่ ข 10 ค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอก (LL) แม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาบต่างกัน ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 0 1 3 5 และ 7 วัน

แหล่งอาหาร หยาบ	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)					ค่าเฉลี่ย แหล่งอาหาร	SEM
	0	1	3	5	7		
PS (n=5)	5.46	5.42	5.44	5.46	5.41	5.44	0.0111
CS (n=5)	5.43	5.38	5.40	5.36	5.36	5.39	0.0280
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	5.45	5.40	5.52	5.41	5.39		
SEM	0.0315	0.0345	0.0325	0.0348	0.0374		

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 11 ค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอก (LL) แม่โคนมขุนที่ระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 21 วัน ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 0 1 3 5 และ 7 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)					ค่าเฉลี่ย ระยะเวลาการบ่ม	SEM
	0	1	3	5	7		
7	5.51	5.42	5.42	5.41	5.40	5.43 ^{xy}	0.0125
14	5.45	5.44	5.47	5.45	5.43	5.45 ^x	0.0101
21	5.38	5.34	5.38	5.37	5.33	5.36 ^y	0.0419
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	5.45	5.40	5.52	5.41	5.39		
SEM	0.0315	0.0345	0.0325	0.0348	0.0374		

^{x y} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 12 ค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ (TBARS value) แม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาบต่างกัน ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 0 และ 7 วัน

แหล่งอาหารหยาบ	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)		ค่าเฉลี่ยแหล่งอาหาร	SEM
	0	7		
PS (n=5)	0.147	0.169	0.158	0.0662
CS (n=5)	0.162	0.202	0.182	0.1213
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	0.155 ^b	0.195 ^a		
SEM	0.0651	0.1191		

^{a b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 13 ค่าการออกซิเดชันของ ไขมันในเนื้อ (TBARS value) แม่โคนมขุนที่
ระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 21 วัน ในระหว่างการจำลองการวาง
จำหน่ายที่ 0 และ 7 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ระยะเวลาการจำลองการ		ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการบ่ม	SEM
	จำหน่าย (วัน)			
	0	7		
7	0.133	0.172	0.153 ^y	0.0936
14	0.153	0.172	0.163 ^{xy}	0.0774
21	0.177	0.213	0.195 ^x	0.1616
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	0.155 ^b	0.195 ^a		
SEM	0.0651	0.1191		

^{ab} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{xyz} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 14 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายของ
กล้ามเนื้อสันนอก (LL) แม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาบต่างกัน
ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 1 3 5 และ 7 วัน

แหล่งอาหารหยาบ	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)				ค่าเฉลี่ย แหล่งอาหาร	SEM
	1	3	5	7		
PS (n=5)	1.34	2.11	2.69	3.66	2.45 ^x	0.1616
CS (n=5)	0.99	1.67	2.53	2.90	2.02 ^y	0.1338
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	1.17 ^d	1.89 ^c	2.61 ^b	3.28 ^a		
SEM	0.1217	0.1053	0.1472	0.2278		

^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{xy} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 15 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายของ
 กล้ามเนื้อสันนอก (LL) แม่โคนมขุนที่ระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 21 วัน
 ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 1 3 5 และ 7 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)				ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการบ่ม	SEM
	1	3	5	7		
7	0.94	1.69	2.71	3.1	2.11	0.1483
14	1.41	1.94	2.19	3.93	2.37	0.2342
21	1.16	2.05	2.93	2.82	2.24	0.1604
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	1.17 ^d	1.89 ^c	2.61 ^b	3.28 ^a		
SEM	0.1218	0.1053	0.1472	0.2278		

^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 16 ค่า L* ของกล้ามเนื้อสันนอก (LL) แม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหาร
 หยาดต่างกันในการจำลองการวางจำหน่ายที่ 0 1 2 3 4 5 6 และ 7 วัน

แหล่งอาหาร หยาด	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)								ค่าเฉลี่ย แหล่งอาหาร	SEM
	0	1	2	3	4	5	6	7		
PS (n=5)	41.34	39.90	39.48	39.53	38.57	38.10	37.58	37.51	39.00	0.19
CS (n=5)	40.02	40.26	39.14	38.99	38.06	37.62	36.77	36.79	38.08	0.27
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	40.68 ^a	40.08 ^{ab}	39.31 ^b	38.99 ^{bc}	38.06 ^{cd}	37.62 ^{dc}	36.77 ^c	36.79 ^c		
SEM	0.30	0.33	0.39	0.34	0.40	0.40	0.50	0.55		

^{abcde} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ข 17 ค่า L* ของกล้ามเนื้อสันนอก (LL) แม่โคนมขุนที่ระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 21 วัน ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 0 1 2 3 4 5 6 และ 7 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)								ค่าเฉลี่ยระยะเวลาการบ่ม	SEM
	0	1	2	3	4	5	6	7		
7	40.49	39.84	39.89	39.34	38.37	38.11	37.02	36.89	38.74	0.31
14	40.76	40.26	39.01	38.90	37.99	37.19	36.43	36.91	38.43	0.28
21	40.80	40.14	39.02	38.75	37.84	37.57	36.86	36.59	38.44	0.28
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	40.68 ^a	40.08 ^{ab}	39.31 ^b	38.99 ^{bc}	38.06 ^{cd}	37.62 ^{de}	36.77 ^c	36.79 ^c		
SEM	0.30	0.33	0.39	0.34	0.40	0.40	0.50	0.55		

^{abcde} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 18 ค่า a* ของกล้ามเนื้อสันนอก (LL) แม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหารหยาดต่างกัน ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 0 1 2 3 4 5 6 และ 7 วัน

แหล่งอาหารหยาด	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)								ค่าเฉลี่ยแหล่งอาหาร	SEM
	0	1	2	3	4	5	6	7		
PS (n=5)	20.23	24.09	23.09	20.33	19.84	18.55	18.37	16.71	20.15 ^x	0.38
CS (n=5)	18.93	22.62	22.37	20.30	19.90	15.24	14.08	13.21	18.33 ^y	0.43
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	19.58 ^b	23.36 ^a	22.73 ^a	20.32 ^b	19.87 ^b	16.89 ^c	16.23 ^{cd}	14.96 ^d		
SEM	0.32	0.38	0.36	0.67	0.81	0.93	0.82	0.67		

^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{xy} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ข 19 ค่า a* ของกล้ามเนื้อสันนอก (LL) แม่โคนมขุนที่ระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 21 วัน ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 0 1 2 3 4 5 6 และ 7 วัน

ระยะการบ่ม (วัน)	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)								ค่าเฉลี่ย ระยะการบ่ม	SEM
	0	1	2	3	4	5	6	7		
7	18.91	24.65	23.71	22.27	21.80	18.81	17.68	16.37	20.52 ^x	0.51
14	20.15	23.18	22.67	19.06	20.66	18.16	15.64	13.99	19.19 ^y	0.47
21	19.69	22.25	21.82	19.62	17.16	13.72	15.41	14.52	18.02 ^z	0.50
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	19.58 ^b	23.36 ^a	22.73 ^a	20.32 ^b	19.87 ^b	16.89 ^c	16.23 ^{cd}	14.96 ^d		
SEM	0.32	0.38	0.36	0.67	0.81	0.93	0.82	0.67		

^{abcde} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{xyz} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 20 ค่า b* ของกล้ามเนื้อสันนอก (LL) แม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยแหล่งอาหาร ทยายต่างกัน ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 0 1 2 3 4 5 6 และ 7 วัน

แหล่งอาหาร ทยาย	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)								ค่าเฉลี่ย แหล่งอาหาร	SEM
	0	1	2	3	4	5	6	7		
PS (n=5)	9.11	12.15	11.58	10.42	10.67	9.51	8.95	7.75	10.02 ^x	0.38
CS (n=5)	8.26	11.06	10.92	10.06	9.87	8.49	7.09	5.62	8.92 ^y	0.43
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	8.67 ^c	11.61 ^a	11.25 ^{ab}	10.24 ^b	10.27 ^b	8.99 ^c	8.03 ^c	6.69 ^d		
SEM	0.20	0.20	0.22	0.28	0.32	0.39	0.50	0.64		

^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{xy} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

ตารางภาคผนวกที่ ข 21 ค่า b^* ของกล้ำเนื้อสันนอก (LL) แม่โคนมขุนที่ระยะเวลาการบ่ม 7 14 และ 21 วัน ในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายที่ 0 1 2 3 4 5 6 และ 7 วัน

ระยะเวลาการบ่ม (วัน)	ระยะเวลาการจำลองการจำหน่าย (วัน)								ค่าเฉลี่ย ระยะเวลาการบ่ม	SEM
	0	1	2	3	4	5	6	7		
7	8.26	12.26	11.79	11.12	11.29	9.70	8.88	8.21	10.19 ^x	0.51
14	8.92	11.56	11.17	9.78	10.49	9.33	8.54	5.94	9.46 ^y	0.47
21	8.83	11.00	10.79	9.79	9.04	7.96	6.66	5.92	8.75 ^z	0.53
ค่าเฉลี่ยแต่ละ display	8.67 ^c	11.61 ^a	11.25 ^{ab}	10.24 ^b	10.27 ^b	8.99 ^c	8.03 ^c	6.69 ^d		
SEM	0.20	0.20	0.22	0.28	0.32	0.39	0.50	0.64		

^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{xyz} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

SEM = standard error of means

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ทางสถิติ

**ตารางภาคผนวกที่ ก 1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค้ำานอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ
และระยะเวลาการบ่มต่อค่า pH ของเนื้อแม่โคนมขุน**

source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	9	0.79869800	0.08874422	1.06	0.4144
Error	40	3.35872000	0.08396800		
Corrected Total	49	4.15741800			
source	DF	anova SS	MS	F	Pr>F
feed	1	0.00245000	0.00245000	0.03	0.8652
ageing	4	0.39818800	0.09954700	1.19	0.3319
feed*ageing	4	0.39806000	0.09951500	1.19	0.3320
C.V.	5.291872				

**ตารางภาคผนวกที่ ก 2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค้ำานอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ
และระยะเวลาการบ่มต่อค่า L* ของเนื้อแม่โคนมขุน**

source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	9	164.2621537	18.2513504	4.60	0.0003
Error	40	158.7676780	3.9691919		
Corrected Total	49	323.0298317			
source	DF	anova SS	MS	F	Pr>F
feed	1	70.62898952	70.62898952	17.79	0.0001
ageing	4	82.04514148	20.51128537	5.17	0.0019
feed*ageing	4	11.58802268	2.89700567	0.73	0.5769
C.V.	4.978602				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค 3 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ และระยะเวลาการบ่มต่อค่า a^* ของเนื้อแม่โคนมขุน

source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	9	58.8312861	6.5368096	0.90	0.5334
Error	40	290.1630404	7.2540760		
Corrected Total	49	348.9943265			

source	DF	anova SS	MS	F	Pr>F
feed	1	3.09656498	3.09656498	0.43	0.5173
ageing	4	45.60624660	11.40156165	1.57	0.2005
feed*ageing	4	10.12847452	2.53211863	0.35	0.8431
C.V.		12.14940			

ตารางภาคผนวกที่ ค 4 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ และระยะเวลาการบ่มต่อค่า b^* ของเนื้อแม่โคนมขุน

source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	9	54.7754451	6.0861606	1.45	0.1983
Error	40	167.3396272	4.1834907		
Corrected Total	49	222.1150723			

source	DF	anova SS	MS	F	Pr>F
feed	1	0.53581952	0.53581952	0.13	0.7223
ageing	4	41.96009712	10.49002428	2.51	0.0571
feed*ageing	4	12.27952848	3.06988212	0.73	0.5743
C.V.		20.59685			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค 5 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ และระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการบ่ม

source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	7	36.6275452	5.2325065	1.42	0.2321
Error	32	118.0055085	3.6876721		
Corrected Total	39	154.6330537			

source	DF	anova SS	MS	F	Pr>F
feed	1	1.03855494	1.03855494	0.28	0.5993
ageing	3	35.04434644	11.68144881	3.17	0.0376
feed*ageing	3	0.54464383	0.18154794	0.05	0.9853

C.V. 38.22797

ตารางภาคผนวกที่ ค 6 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ และระยะเวลาการบ่มต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการปรุงสุก

source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	9	193.4423656	21.4935962	1.15	0.3534
Error	40	748.7747400	18.7193685		
Corrected Total	49	942.2171057			

source	DF	anova SS	MS	F	Pr>F
feed	1	20.0616279	20.0616279	1.07	0.3068
ageing	4	137.1478767	34.2869692	1.83	0.1417
feed*ageing	4	36.2328610	9.0582153	0.48	0.7474

C.V. 15.48804

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค 7 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ และระยะเวลาการบ่มต่อค่าแรงตัดผ่าน (WBSF) ของเนื้อแม่โคนมขุน

source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	9	44.43808200	4.93756467	5.96	<0.0001
Error	40	33.15968000	0.82899200		
Corrected Total	49	77.59776200			

source	DF	anova SS	MS	F	Pr>F
feed	1	4.61472200	4.61472200	5.57	0.0233
ageing	4	37.96293200	9.49073300	11.45	<0.0001
feed*ageing	4	1.86042800	0.46510700	0.56	0.6922
C.V.	20.13200				

ตารางภาคผนวกที่ ค 8 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ และระยะเวลาการบ่มในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า pH

source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	29	1.10650400	0.03815531	1.13	0.3158
Error	120	4.05352000	0.03377933		
Corrected Total	149	5.16002400			

source	DF	Type III SS	MS	F	Pr>F
feed	1	0.11537067	0.11537067	3.42	0.0671
ageing	2	0.22042800	0.11021400	3.26	0.0417
display	4	0.06189067	0.01547267	0.46	0.7664
feed*ageing	2	0.62944133	0.31472067	9.32	0.0002
feed*display	4	0.01574933	0.00393733	0.12	0.9764
ageing*display	8	0.04820533	0.00602567	0.18	0.9934
feed*ageing*display	8	0.01541867	0.00192733	0.06	0.9999
C.V.	3.395499				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ๑ แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ และระยะเวลาการบ่มในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่าการออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ (TBARS) แม่โคนมขุน

source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	11	46976.9120	4270.6284	1.60	0.1277
Error	48	127737.2468	2661.1926		
Corrected Total	59	174714.1588			

source	DF	Type III SS	MS	F	Pr>F
feed	1	8207.56521	8207.56521	3.08	0.0854
ageing	2	19270.26851	9635.13425	3.62	0.0343
display	1	14519.39155	14519.39155	5.46	0.0237
feed*ageing	2	1331.24084	665.62042	0.25	0.7797
feed*display	1	1269.90735	1269.90735	0.48	0.4930
ageing*display	2	1105.43366	552.71683	0.21	0.8132
feed*ageing*display	2	1273.10492	636.55246	0.24	0.7882
C.V.		30.33327			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค 10 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ และระยะเวลาการบ่มในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายต่อเปอร์เซ็นต์ การสูญเสียน้ำหนักในระหว่างการจำลองการวางจำหน่าย

source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	23	98.2869950	4.2733476	6.50	<0.0001**
Error	96	63.0763540	0.6570454		
Corrected Total	119	161.3633490			

source	DF	Type III SS	MS	F	Pr>F
feed	1	5.55173101	5.55173101	8.45	0.0045**
ageing	2	1.35774312	0.67887156	1.03	0.3598 ^{ns}
display	3	74.83219089	24.94406363	37.96	<0.0001**
feed*ageing	2	2.14935012	1.07467506	1.64	0.2002 ^{ns}
feed*display	3	1.44744469	0.48248156	0.73	0.5341 ^{ns}
ageing*display	6	10.11803728	1.68633955	2.57	0.0238*
feed*ageing*display	6	2.83049788	0.47174965	0.72	0.6360 ^{ns}
C.V.		36.21923			

ตารางภาคผนวกที่ ค 11 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ และระยะเวลาการบ่มในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า L*

Fixed effects SE method : Prasad-Rao-Jeske-Kackar-Harville

Degrees of freedom method : Kenward-Roger

Estimation method : REML

source	Num DF	Den DF	F	Pr>F
feed	1	23.9	2.70	0.1131
ageing	2	23.9	0.13	0.8786
feed*ageing	2	23.9	0.53	0.5973
display	7	75.5	8.90	<0.0001
feed*display	7	75.5	1.64	0.1367
ageing*display	14	95	0.42	0.9655
feed*ageing*display	14	95	0.82	0.6412

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางภาคผนวกที่ ค 12 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ
และระยะเวลาการบ่มในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า a***

Fixed effects SE method : Prasad-Rao-Jeske-Kackar-Harville

Degrees of freedom method : Kenward-Roger

Estimation method : REML

source	Num DF	Den DF	F	Pr>F
feed	1	28.1	5.73	0.0236
ageing	2	28.1	3.60	0.0407
feed*ageing	2	28.1	0.15	0.8640
display	7	70.5	52.86	<0.0001
feed*display	7	70.5	1.76	0.1082
ageing*display	14	90.8	3.07	0.0006
feed*ageing*display	14	90.8	0.72	0.7522

**ตารางภาคผนวกที่ ค 13 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้านอิทธิพลของแหล่งอาหารหยาบ
และระยะเวลาการบ่มในระหว่างการจำลองการวางจำหน่ายต่อค่า b***

Fixed effects SE method : Prasad-Rao-Jeske-Kackar-Harville

Degrees of freedom method : Kenward-Roger

Estimation method : REML

source	Num DF	Den DF	F	Pr>F
feed	1	26.3	6.89	0.0142
ageing	2	26.3	3.95	0.0316
feed*ageing	2	26.3	1.15	0.3318
display	7	72.5	66.34	<0.0001
feed*display	7	72.5	0.76	0.6257
ageing*display	14	92.1	2.90	0.0012
feed*ageing*display	14	92.1	0.92	0.5454

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุวรรณกมล น้อยดัด
วัน/เดือน/ปีเกิด	15 สิงหาคม พ.ศ. 2528
ที่อยู่	62/6 หมู่ 1 แขวงฉิมพลี เขตตลิ่งชัน กรุงเทพมหานคร 10170
ประวัติการศึกษา	2545 มัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนโพธิสารพิทยากร กรุงเทพมหานคร 2549 ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (สัตวศาสตร์) คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร
ผลงานวิชาการ	ผลงานตีพิมพ์ “การศึกษาระดับของฮอร์โมน PMSG และ FSH ในการกระตุ้นเพิ่มการตกไข่ในหนูแรท.” ใน การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 4. วันที่ 31 มกราคม พ.ศ. 2551. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 309-312. ผลงานตีพิมพ์ “ผลของการบ่มต่อคุณภาพเนื้อแม่โคนมขุนที่เลี้ยงด้วยผลพลอยได้จากเปลือกสับประดหรือข้าวโพคหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ.” ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ ครั้งที่ 1. วันที่ 17-18 ธันวาคม พ.ศ. 2552. โรงแรมรามาร์คเอนส์ กรุงเทพมหานคร. หน้า 91-97.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้