สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพในการประเมินสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุน

Using of Image Analysis Technique to Evaluate Physicochemical Properties of Beef Cattle

นางสาวโสรยา เกิดพิบูลย์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
ส991ก
2556

.b.12619747
.i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.137290
รับ.เดือน.ปี.22 ส.ค. 2558

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยในโครงการวิจัยเงินรายได้ ประจำปี 2556

โสรยา เกิดพิบูลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพในการตรวจสอบระดับการแทรกของไขมันและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุน

แหล่งเงิน รายได้

ประจำปีงบประมาณ 2556 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 68,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ต.ค. 55 ถึง 30 ก.ย. 56

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

นางสาวโสรยา เกิดพิบูลย์ (หัวหน้าโครงการ)

คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสัณฐานวิทยา และสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุน โดยการถ่ายภาพเนื้อโคขุนตำแหน่งเนื้อสันนอก และเนื้อซี่โครงไม่ติดกระดูก ของเนื้อโคขุนสายพันธุ์กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ประเทสไทย เนื้อแต่ละตำแหน่งมีระดับคุณภาพต่างๆ 3 ระดับ ได้แก่ ระดับดีมาก ปานกลาง และพอใช้ จากนั้นใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพในการตรวจสอบระดับการแทรกของไขมันของชิ้นเนื้อที่มีระดับคุณภาพต่างๆ และหาความสัมพันธ์กับสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุนดังกล่าว โดยการหาความสัมพันธ์เบื้องต้นของข้อมูล ใช้ Pearson's correlation และการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายสมบัติเชิงกายภาพเคมี โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น โดยใช้วิธีพื้นผิวผลตอบสนอง ผลการทดลองพบว่าตำแหน่งของชิ้นเนื้อ และระดับคุณภาพของเนื้อ มีผลต่อสมบัติเชิงกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เนื้อสเต็กสันนอกมีค่าปริมาณโปรตีนที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง กับค่าสีแดง การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ และปริมาณโปรตีนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ นอกจากนี้มีค่าปริมาณไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง กับความสว่าง สีเหลือง และปริมาณไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ สำหรับเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกมีค่าปริมาณโปรตีนที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับค่าสีแดง การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความชื้น และปริมาณโปรตีนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ นอกจากนี้มีค่าปริมาณไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมาก กับความสว่างและปริมาณไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ ผลจากการวิเคราะห์หาสมการทางคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีพื้นผิวพบว่า สมการที่ใช้ในการทำนายการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสเต็ก มีค่าความเชื่อมั่น ระหว่าง 0.721 – 0.987 ขึ้นกับสมบัติทางกายภาพเคมีของเนื้อที่ต้องการทำนาย

คำสำคัญ : การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ความสัมพันธ์ เนื้อโคขุน เพียสัน วิธีพื้นผิวผลตอบสนอง สเต็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Using of image analysis to investigate marbling and physicochemical properties of beef cattle

Faculty: Agro - Industry

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate morphology and physicochemical properties of beef cattle by capturing sirloin and rib-eye beef cattle achieved from KU-beef Khampaengsan, Nakhonprathom Province, Thailand. Each part of beef had 3 grading level consisting of premium, medium and slice grade. Then images of beef were analyzed to numerical data to present percentage of protein and fat (IM-protein and IM-fat). Then IM-protein and IM-fat were correlated to physicochemical of beef cattle using primary correlation using Pearson's correlation and mathematical modeling determination using linear regression analysis by response surface method. It was found that position of beef and grading of beef significantly affected physical properties and chemical composition of beef ($P \leq 0.05$). IM-protein content of sirloin steak had high correlation with redness, cooking loss, firmness and protein content determined from instrument. In addition, IM-fat content of sirloin steak had high correlation with lightness, yellowness and fat content determined from instrument. IM-protein content of rib eye steak had high correlation with redness, cooking loss, water holding capacity, moisture content and protein content determined from instrument. Besides, IM-fat content had high correlation with lightness and fat content determined from instrument. Mathematical modeling determined using response surface method used to predict physical and chemical composition of beef steak was found to have R^2 0.721 – 0.987 depending on physicochemical properties of beef.

Keywords : Linear regression analysis, correlation, beef cattle, Pearson, response surface method, steak

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 โคขุนกำแพงแสน	4
2.2 สัณฐานวิทยาเนื้อโค	8
2.3 สมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อ	10
2.4 การแบ่งระดับคุณภาพเนื้อโค	14
2.5 การวิเคราะห์ภาพ	18
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ	22
3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมี	22
3.2 วิธีการดำเนินงาน	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	29
4.1 ลักษณะภาพถ่าย	29
4.2 ผลของสมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโคขุน	30
4.3 การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของเนื้อโคขุน	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 57

บรรณานุกรม 60

ภาคผนวก 65

ภาคผนวก ก การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ 66

ภาคผนวก ข การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเนื้อโคขุน 68

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย 71

ประวัติคณะผู้วิจัย 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ระดับคะแนนคุณสมบัติของโคพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับปรุงโคพันธุ์กำแพงแสน	4
2.2	อัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่นิยมใช้ในแต่ละระยะขุน	8
2.3	แสดงแผนภูมิมาตรฐานคุณภาพซากของเนื้อโค	17
3.1	ระดับของความสัมพันธ์ของค่า r	27
4.1	สมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสันนอก (sirloin)	30
4.2	สมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูก (rib eye)	34
4.3	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากการวิเคราะห์ภาพและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อสันนอก	41
4.4	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากการวิเคราะห์ภาพและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูก	42
4.5	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากการวิเคราะห์ภาพและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อสันนอกและเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูก	43
4.6	สมการหาค่าความสว่างทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก	44
4.7	สมการหาค่าสีแดงทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก	45
4.8	สมการหาค่าสีเหลืองทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก	46
4.9	สมการหาค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก	46
4.10	สมการหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก	47
4.11	สมการหาค่าความแน่นเนื้อทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก	47
4.12	สมการหาค่าความชื้นทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก	48
4.13	สมการหาค่าโปรตีนทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก	49
4.14	สมการหาค่าไขมันทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก	49
4.15	สมการหาค่าความสว่างทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก	50
4.16	สมการหาค่าสีแดงทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก	50
4.17	สมการหาค่าสีเหลืองทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก	51
4.18	สมการหาค่าการสูญเสียน้ำหนักทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก	52
4.19	สมการหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก	52
4.20	สมการหาค่าความแน่นเนื้อทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก	53
4.21	สมการหาค่าความชื้นทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก	53
4.22	สมการหาค่าโปรตีนทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

4.23 สมการหาค่าไขมันทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก 55
ค.1 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเนื้อสเต็กสันนอก 68
ค.2 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก 69
ค.3 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเนื้อสเต็กสันนอกและเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก 70

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	โคพันธุ์กำแพงแสน	4
2.2	โคพันธุ์พื้นเมือง	5
2.3	โคพันธุ์บราห์มัน	6
2.4	โคพันธุ์ชาร์โรเลส์	7
2.5	ส่วนประกอบของเนื้อโค	9
2.6	ระดับการแทรกของไขมัน	16
3.1	Image analysis set-up	24
4.1	เนื้อสเต็กสันนอกที่เกรดคุณภาพ 3 เกรด	29
4.2	เนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ระดับคุณภาพ 3 ระดับ	30
4.3	ภาพเนื้อสเต็กสันนอกและเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกจากการวิเคราะห์ภาพ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สเต็กเนื้อเป็นผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากเนื้อโคขุนคุณภาพสูง มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่มีความนุ่ม ชุ่มฉ่ำ มีการแทรกของไขมันสูง นอกจากนี้ตำแหน่งของเนื้อที่ได้จากการชำแหละโคขุน ส่งผลให้สเต็กมีคุณภาพและลักษณะแตกต่างกันไป การพัฒนาวิธีที่ใช้ในการตรวจสอบและแบ่งเกรดคุณภาพเนื้อจึงเป็นแนวทางที่สำคัญ ซึ่งมีประโยชน์ต่อกลุ่มผู้ผลิต และผู้ซื้อเนื้อโคขุนเพื่อสามารถตรวจสอบการแบ่งเกรดคุณภาพของเนื้อโคขุนสำหรับการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

แหล่งที่มีการเลี้ยงเนื้อโคขุนคุณภาพสูงในประเทศไทยในปัจจุบันมี 2 แหล่งใหญ่ ได้แก่ เนื้อโคขุนโพนยางคำ ของกลุ่มสหกรณ์ กรป.กลาง โพนยางคำจำกัดจังหวัดสกลนคร และ เนื้อโคขุน KU-beef ของสหกรณ์โคเนื้อมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จำกัด โดยจากข้อมูลของกรมปศุสัตว์พบว่า ปี พ.ศ. 2553 มีจำนวนโคขุน 87,142 ตัว และปี พ.ศ.2554 จำนวนโคขุน 103,332 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2554) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคเนื้อโคขุนเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้หน่วยงานภายในประเทศโดยเฉพาะกรมปศุสัตว์ มีการส่งเสริมให้ในการเลี้ยงโคขุนเพื่อสำหรับบริโภคและลดการนำเข้าเนื้อโคขุนจากต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ เป็นต้น

คุณภาพของเนื้อโคขุนนั้นมีความสำคัญต่อการกำหนดราคาของวัตถุดิบเป็นอย่างมาก ประเทศต่างๆที่มีการผลิตและจำหน่ายเนื้อโคขุนมีเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งระดับคุณภาพที่มีลักษณะคล้ายกัน โดยทั่วไปมีการแบ่งตามช่วงอายุของโค (maturity) และระดับการแทรกของไขมัน (degree of marbling) โดยในแต่ละประเทศมีการแบ่งระดับคุณภาพเนื้อเป็นหลายระดับที่แตกต่างกัน เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกามีการแบ่งระดับคุณภาพเนื้อเป็น 7 ระดับ ประเทศออสเตรเลียแบ่งเป็น 7 ระดับ และประเทศญี่ปุ่นแบ่งเป็น 12 ระดับ สำหรับในประเทศไทยมีการแบ่งระดับคุณภาพเนื้อโคขุนตามสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช) เป็น 5 ระดับ ทั้งนี้เนื้อแต่ละระดับมีราคาที่แตกต่างกัน การใช้เทคนิคหรือเกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพเนื้อที่ชัดเจนเพื่อการแบ่งระดับคุณภาพดังกล่าว จึงมีส่วนสำคัญในการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบที่มีต้นทุนการผลิตที่ราคาแพง อีกทั้งช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ได้อย่างสะดวกมากยิ่งขึ้น โดยการแบ่งระดับคุณภาพของเนื้อโคขุนโดยเฉพาะด้านการแทรกของไขมันในชิ้นเนื้อนั้น ยังคงต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสเท่านั้น สำหรับในประเทศไทยมีการแบ่งระดับคุณภาพของเนื้อโคขุนเพื่อขายในประเทศเป็น 5 ระดับดังกล่าว มีการอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่ทำหน้าที่ในการแบ่งระดับคุณภาพได้แก่ เจ้าหน้าที่ตัดแต่งเนื้อโคขุน เกษตรกรที่ผ่านการอบรมการตัดแต่งเนื้อโคขุน และนักวิชาการ ดังนั้นแนวทางการใช้เครื่องมือหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคนิคการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อโคขุนเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร ผู้ผลิต และผู้แปรรูปเนื้อ ให้สามารถตรวจสอบคุณภาพเนื้อที่มีความแม่นยำ มีความสม่ำเสมอ และมีมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับของลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ

ในการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อโคขุนของนักวิจัยที่ผ่านมา มีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ภาพของเนื้อสัตว์ มาใช้ในการเปรียบเทียบกับกรณีการทดสอบทางประสาทสัมผัส Chen และ Qin (2008) นำเทคนิคการวิเคราะห์ภาพมาใช้ในการตรวจสอบปริมาณของไขมันที่แทรกในเนื้อโดยใช้เทคนิค image segmentation เปรียบเทียบกับการตรวจสอบการให้คะแนนคุณภาพของการแทรกของไขมัน (marbling score) โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งพบว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพและคุณภาพของการแทรกของไขมันจากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนนั้นมีความสัมพันธ์กัน นอกจากนี้ Jackman และคณะ (2010) นำเทคนิคการวิเคราะห์ภาพมาใช้ในการประเมินคุณภาพเนื้อ โดยใช้เทคนิค computer vision และหา surface texture ของภาพถ่าย โดยผลการวิเคราะห์นั้นนำมาเปรียบเทียบกับกรณีการแบ่งระดับของเนื้อโดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นผู้ที่เชี่ยวชาญ พบว่าระดับการแทรกของไขมันที่ได้จากการใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยรวมยอมรับมีค่าความเชื่อมั่นที่ 88% และจากการวิเคราะห์ทั้งสองแบบมีค่าความเชื่อมั่นที่ 86% ซึ่งค่าสี และการแทรกของไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์บ่งบอกถึงคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของเนื้อได้เป็นอย่างดี

Chmiel และคณะ (2011) นำเทคนิควิเคราะห์ภาพมาใช้ในการประเมินคุณภาพของเนื้อหมู โดยนำเนื้อหมูที่มีลักษณะคุณภาพต่างๆ เช่น เนื้อหมูที่มีลักษณะซีด เนื้อนิ่ม และมีน้ำเยิ้ม (Pale soft exudative, PSE) เปรียบเทียบกับเนื้อปกติ นำตัวอย่างเนื้อมาถ่ายภาพและวิเคราะห์ภาพ โดยแสดงในรูปของระดับความเข้มของแสง (intensity) และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า สี และความสว่าง ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าความเข้มของแสงและความสว่างที่ได้ มีความสัมพันธ์กับค่าสี และความสว่างของชิ้นเนื้อที่ได้จากการวัดทางกายภาพ

การนำเทคนิคการวิเคราะห์ภาพมาใช้ในการแบ่งระดับคุณภาพของเนื้อโคขุน และมีความสัมพันธ์กับระดับคุณภาพที่วัดได้จากการใช้ผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสดังกล่าว อย่างไรก็ตาม ยังมีสมบัติเชิงกายภาพและสมบัติเชิงเคมี ที่มีความสำคัญและส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของเนื้อโคเช่นกัน ทั้งนี้ยังขาดงานวิจัยที่อธิบายความสำพันธ์ของการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพในการตรวจสอบระดับการแทรกของไขมัน และการแสดงความสัมพันธ์ของระดับการแทรกของไขมันที่มีต่อสมบัติเชิงกายภาพเคมีดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงนำเทคนิควิเคราะห์ภาพมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเนื้อโคขุน โดยการนำเนื้อโคขุนที่มีการแบ่งเกรดเป็น 3 ระดับ มาถ่ายภาพและวิเคราะห์ภาพจากนั้นแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ที่มีต่อสมบัติเชิงกายภาพเคมี และทำนายสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุนด้วยเทคนิควิเคราะห์ภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อตรวจสอบสัณฐานวิทยาของเนื้อโคขุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2เพื่อตรวจสอบสมบัติเชิงเคมีและกายภาพของเนื้อโคขุน

1.2.3 สร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของเนื้อโคขุน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสัณฐานวิทยาลักษณะโครงสร้าง และสมบัติทางกายภาพเคมีของเนื้อสเต็กสันนอก และ rib eye ของเนื้อโคขุน ที่มีระดับของเกรดคุณภาพ 3 เกรด ที่แตกต่างกัน โดยแบ่งตามระดับไขมันแทรก ดังนั้น เกรดดีมาก (premium) เป็นเนื้อที่มีไขมันแทรกระดับ 5 เกรดปานกลาง (medium)ที่มีไขมันแทรกระดับ 4-3 และเกรดพอใช้ (slight) ที่มีไขมันแทรกระดับ 2-1 หาความสัมพันธ์ระหว่างภาพการแทรกไขมันและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุน รวมทั้งการทำนายสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุน ด้วยค่าที่วิเคราะห์ได้จากภาพเนื้อโคขุน

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของเนื้อโคขุนเพื่อสามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยต่อไป

1.4.2 สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจสอบการแทรกของไขมันโดยวิธีวิเคราะห์ภาพและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุน

1.4.3 เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบชุดตรวจสอบการแทรกของไขมันของเนื้อโคขุน

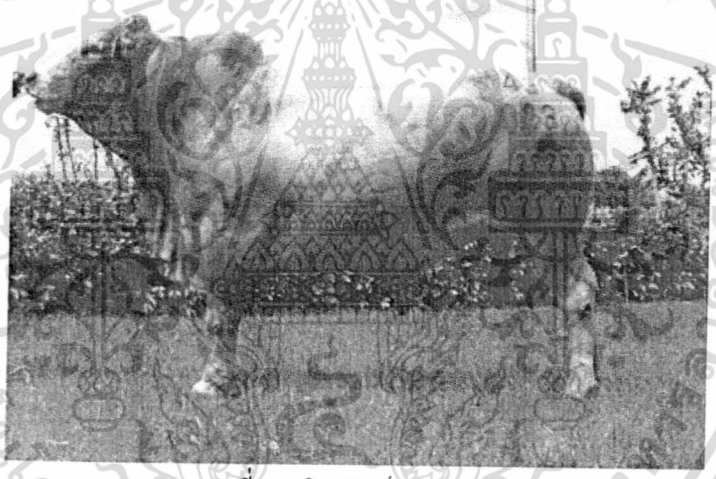
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 โคขุนกำแพงแสน

2.1.1 สายพันธุ์กำแพงแสน (Kampangsan)

โคพันธุ์กำแพงแสนเป็นโคเนื้อที่มีการปรับปรุงขึ้นโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยการตั้งชื่อพันธุ์โคโดยทั่วไป นิยมใช้ชื่อถิ่นกำเนิดของโคนั้น ๆ เป็นชื่อพันธุ์ โดยมีปรับปรุงขึ้นที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม จึงให้ชื่อว่า พันธุ์กำแพงแสน แสดงดังภาพที่ 2.1 โคเนื้อพันธุ์กำแพงแสนเป็นโคลูกผสมที่มีเลือดโคพื้นเมือง 25 เปอร์เซ็นต์ บราห์มัน 25 เปอร์เซ็นต์ และชาโรเลส์ 50 เปอร์เซ็นต์ (ปรารถนา, 2544)



ภาพที่ 2.1 โคพันธุ์กำแพงแสน
ที่มา: กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคเนื้อ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

โดยการปรับปรุงพันธุ์โคนั้นจะต้องสามารถนำข้อดีของแต่ละสายพันธุ์ออกมาเพื่อให้ได้เป็นสายพันธุ์ที่ดีเหมาะสมสำหรับการเลี้ยงแสดงดังตารางที่ 2.1 โคพันธุ์พื้นเมืองมีคุณสมบัติที่ดี คือ ความสมบูรณ์พันธุ์ เป็นสัด (oestrous) เร็ว ผสมติดง่าย ทั้ง ๆ ที่ได้รับอาหารไม่ค่อยสมบูรณ์นักแต่สามารถให้ลูกทุกปี แต่เนื่องจากโคพื้นเมืองมีขนาดตัวเล็ก และโตช้าจึงไม่สามารถนำมาเลี้ยงเป็นโคขุนในระบบธุรกิจได้ จึงได้มีการปรับปรุงโคพื้นเมือง โดยการนำโคพันธุ์บราห์มันมาผสมเพื่อให้ได้ลูกมีขนาดใหญ่และโตเร็วขึ้น แต่ มีข้อด้อยเรื่องความสมบูรณ์พันธุ์ นอกจากนี้คุณภาพของเนื้อโคบราห์มันก็ด้อยกว่าโคเมืองหนาว และมีการนำโคพันธุ์ชาโรเลส์ซึ่งเป็นโคเมืองหนาว มีข้อดีเรื่องการให้เนื้อ และการเจริญเติบโต แต่มีข้อด้อยเรื่องการไม่สามารถทนต่ออากาศร้อนได้ ดังนั้นการปรับปรุงพันธุ์ต้องรักษาอัตราส่วนของเลือดโคพื้นเมืองไว้ 25 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้คงความสมบูรณ์พันธุ์ อัตราส่วนของเลือด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคบราห์มัน 25 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้โครงร่างใหญ่ขึ้นโดยที่เรื่องความสมบูรณ์พันธุ์ยังไม่เกิดปัญหา และอัตราส่วนของเลือดของโคพันธุ์ชาโรเลส์ไว้เพียง 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อการเจริญเติบโตและการให้เนื้อ (ปรารถนา, 2544)

ตารางที่ 2.1 ระดับคะแนนคุณสมบัติของโคพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ปรับปรุงโคพันธุ์กำแพงแสน

คุณสมบัติ	ระดับคะแนนของโคพันธุ์ต่างๆ			
	พื้นเมือง	บราห์มัน	ชาร์โรส์	กำแพงแสน
ความสมบูรณ์พันธุ์	5	2.5	4	4
การคลอดง่าย	5	5	3	4
น้ำหนักแรกคลอกต่ำ	5	5	3	4
การเจริญเติบโตในคอกขุน	1	4	5	4
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	2	4	5	4
ความดีของซาก	1	3	4	3
คุณภาพเนื้อ	4	3	4	3.5
เลี้ยงง่ายในเมืองไทย	5	4	1	4
ความคึกในการผสมพันธุ์	5	3	4	4
อารมณ์ดี, ไม่ดุ	3	3	4	3.5
อายุยืนยาว	5	5	3	4

ที่มา: ศรเทพ (2549)

จากตารางระดับคะแนนทั้งหมด 9 ระดับ ดังนี้

ระดับคะแนน 1 = แย่มาก 1.5 = แย่ 2 =ค่อนข้างพอใช้ 2.5 = พอใช้ 3 = ปานกลาง 3.5 = ค่อนข้างดี 4 = ดี 4.5 = ดีมาก 5 = ดีมากที่สุด

ลักษณะโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน มีสีขาวแกมทอง ขาวครีม รูปร่างงามสง่า ลำตัวยาวและกว้าง มีแนวสันหลังตรงไปจนถึงโคนหาง แนวพื้นท้องตรง ขนสั้นเรียบและเป็นมัน จมูกและปากกว้างหนา ไหล่กว้าง โคนขาหน้ามีเนื้อให้เห็นเป็นก้อน ส่วนกล้ามเนื้อของสะโพกยาวและลึกขณะโคยืนขาหลังจะห่าง มุมของซอกขาไม่มีไขมันสะสมอยู่มาก ขายาวพอสมควร แข็งแรงมั่นคง ขณะยืนขาจะตั้งฉากกับพื้น ข้อเท้าสั้นและแข็งแรง หางยาว สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศร้อนได้ดี เพศผู้โตเต็มที่มีน้ำหนักประมาณ 800-1,000 กิโลกรัม เพศเมียโตเต็มที่มีน้ำหนักประมาณ 500-600 กิโลกรัม (สามารถ, 2548)

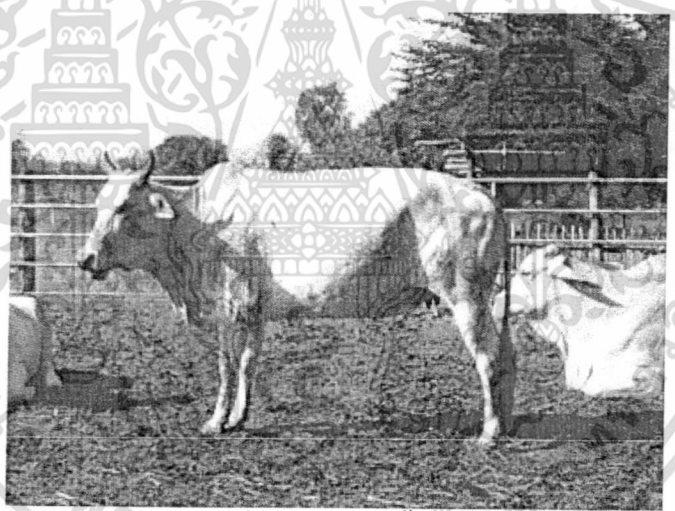
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 สายพันธุ์ที่เกี่ยวข้องกับโคขุนกำแพงแสน

2.1.2.1 สายพันธุ์พื้นเมือง (สามารถ, 2548)

เป็นโคที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย จัดอยู่ในกลุ่มโคอินเดีย เป็นโคที่มีอยู่มากที่สุดในประเทศไทย เป็นโคที่มีความสำคัญและเป็นพื้นฐานของการเลี้ยงโคเนื้อในประเทศไทย

ลักษณะรูปร่างภายนอกของโคพื้นเมืองของไทยจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับโคพื้นเมืองของประเทศลาว กัมพูชา และพม่า คือมีลักษณะรูปร่าง กระทะรัด ลำตัวเล็ก ยาว ขนสั้นเกรียน โดยทั่วไปมีลำตัวสีน้ำตาลแกมแดง หรือสีขาวและอาจมีอื่นสีประรวมอยู่ด้วย หน้าผากแคบแบน ตะโหนกเล็ก มีเหนียงคอบางแต่ไม่หย่อนยานมาก ใบหูเล็กกางขนานกับแนวลำตัว หนังใต้ท้องเรียบ มีนิสัยปราดเปรียว ตื่นตกใจง่าย รักฝูงและจดจำฝูงได้ดี เพศผู้โตเต็มที่หนักประมาณ 300-350 กิโลกรัม ส่วนเพศเมียโตเต็มที่หนักประมาณ 200-250 กิโลกรัม โคพื้นเมืองในแต่ละภาคของประเทศไทยจะมีลักษณะที่แต่ต่างกัน สามารถจัดแบ่งตามภูมิภาคได้ 4 สายพันธุ์คือ โคพื้นเมืองภาคเหนือหรือโคขาวลำพูน โคพื้นเมืองภาคอีสาน โคพื้นเมืองภาคกลาง (โคลาน) และโคพื้นเมืองภาคใต้แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 โคพันธุ์พื้นเมือง

ที่มา: กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคเนื้อ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

ข้อดีของโคพันธุ์พื้นเมือง ได้แก่ เลี้ยงง่าย หากินเก่ง ไม่เลือกอาหาร ให้ลูกดกปีละตัว เป็นหนุ่มเป็นสาวเร็ว เลี้ยงลูกเก่ง ทนทานต่อโรคและสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยได้ดี มีเนื้อแน่น และแม่โคพื้นเมือง เหมาะที่จะนำมาผสมพันธุ์หรือผสมเทียมกับพันธุ์อื่น เช่น พันธุ์บราห์มัน พันธุ์ตาก พันธุ์กบินทร์บุรี เป็นต้น เพื่อผลิตโคพันธุ์ลูกผสม

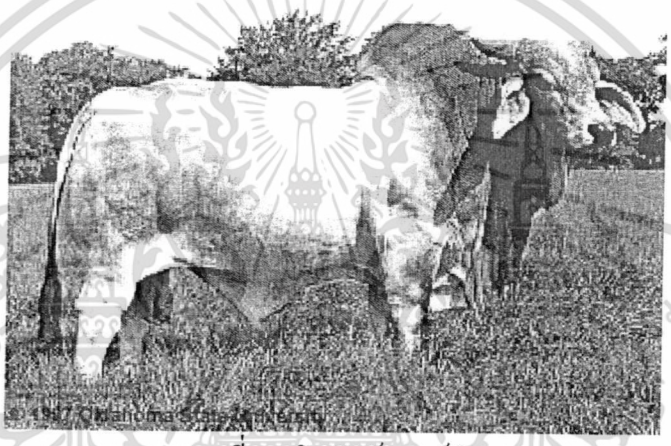
2.1.2.2 พันธุ์บราห์มัน (Brahman)

เป็นโคที่มีต้นกำเนิดในประเทศอินเดีย แต่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ในประเทศสหรัฐอเมริกา จึงเรียกโคพันธุ์นี้อีกชื่อหนึ่งว่า อเมริกันบราห์มัน ซึ่งส่วนใหญ่ในประเทศไทยนำจะเข้าจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศสหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย โดยจะมีการนำมาคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมกับการเลี้ยงในประเทศไทย ปัจจุบันโคพันธุ์บราห์มันลูกผสมมีเลี้ยงอยู่ทั่วไปในประเทศไทย (สามารถ, 2548)

ลักษณะของโคพันธุ์บราห์มัน มีขนาดปานกลางในกลุ่มโคเนื้อ โดยทั่วไปเพศผู้จะมีน้ำหนักเฉลี่ยตั้งแต่ 727-1,000 กิโลกรัม และเพศเมียตั้งแต่ 455-637 กิโลกรัม ลูกโคจะตัวเล็กตอนเกิด แต่เจริญเติบโตและหย่านมอย่างรวดเร็วเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่น (ปฐพีชล, 2548) ลำตัวมีขนสีขาว เทา และแดง แต่หนัง จมูก ริมฝีปาก ขอบตา กีบเท้าจะเป็นสีดำ ขนสั้นเกรียน ลักษณะลำตัวกว้างยาว และลึก ได้สัดส่วน หลังตรง ตะโหนกใหญ่ หูใหญ่ยาวและปรก เหนียงที่คอและหนังใต้ท้องหย่อนยาน โคนหางใหญ่แสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 โคพันธุ์บราห์มัน

ที่มา: กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคเนื้อ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

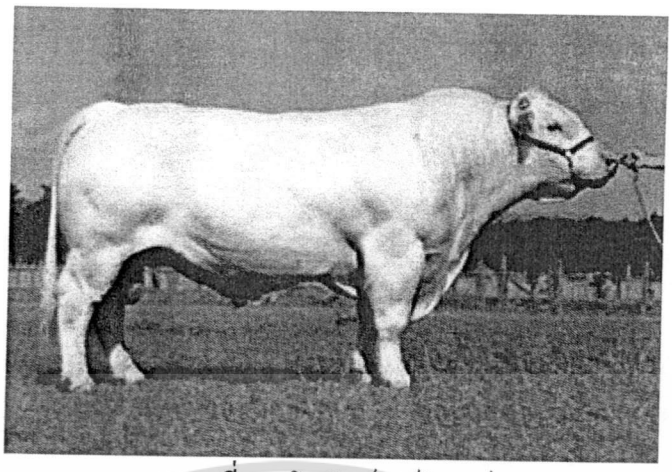
ข้อดีของโคพันธุ์บราห์มัน ได้แก่ เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศร้อนอย่างประเทศไทย มีความทนทานต่อโรคและแมลงได้ดีมาก แข็งแรง โตเร็ว คลอดง่าย

ข้อเสียของโคพันธุ์บราห์มัน ได้แก่ เป็นพันธุ์ที่ผสมติดค่อนข้างต่ำ ให้ลูกตัวแรกช้า ส่วนใหญ่จะเลือกกินเฉพาะหญ้าที่มีคุณภาพดี เมื่อขาดแคลนหญ้าจะโทรมง่าย และตื่นตกใจง่าย (สามารถ, 2548)

2.1.2.3 พันธุ์ชาร์โรเลส์ (Charolais)

มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศฝรั่งเศส เป็นโคที่มีขนาดใหญ่มาก รูปร่างมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขาสั้น ลำตัวกว้าง ยาวและลึก คอสั้น มีกล้ามเนื้อเป็นมัดตลอดทั้งตัว มีนิสัยเชื่อง มีสีขาวครีมตลอดทั้งตัวนับตั้งแต่จมูก ขอบตา เขา กีบ พู่หาง และขนทุกส่วนของร่างกาย ทำให้คล้ายโคเผือก เพศผู้เมื่อโตเต็มที่หนักประมาณ 1,100 กิโลกรัม เพศเมียเมื่อโตเต็มที่หนักประมาณ 700-800 กิโลกรัมแสดงดังภาพที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 โคพันธุ์ชาร์โรเลส์

ที่มา: กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคเนื้อ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ (2555)

ข้อดีของโคพันธุ์ชาร์โรเลส์ ได้แก่ เป็นโคที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ซากมีคุณภาพดีและขนาดใหญ่ เนื้อนุ่มและมีไขมันแทรกเป็นที่ต้องการของตลาด แม่โคให้นมดี เลี้ยงลูกเก่ง เมื่อนำมาผสมพันธุ์ลูกผสมที่ได้จะโตเร็วและสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีพอสมควร เหมาะที่จะนำมาผสมกับแม่โคบราห์มันหรือลูกผสมบราห์มันเพื่อนำลูกมาเลี้ยงเป็นโคขุน

ข้อเสียของโคพันธุ์ชาร์โรเลส์ ได้แก่ ถ้าเป็นพันธุ์แท้หรือมีสายเลือดสูงๆ จะไม่ทนต่อสภาพอากาศในประเทศไทย ไม่เหมาะที่จะนำมาผสมกับแม่โคขนาดเล็กเพราะอาจทำให้คลอดยาก มีอายุถึงวัยเจริญพันธุ์และเป็นสัดช้า และมีระบบสืบพันธุ์ไม่ค่อยดี (ปรารถนา, 2544 และ สามารถ, 2548)

2.2.3 การเลี้ยงโคขุน

การเลี้ยงโคขุน หมายถึง การเลี้ยงโคให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยได้รับอาหารที่ค่อนข้างดีอย่างเต็มที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง (4-12 เดือน) คือ นอกจากจะให้โคกินอาหารหยาบ (หญ้าหรือฟาง) แล้วยังมีการให้อาหารข้น (อาหารผสม) เพิ่มเติมอีกด้วย ทำให้โคเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพดี และราคาสูง (ปรารถนา, 2544)

2.2.3.1 อาหารโค

สารอาหารที่จำเป็นสำหรับโคแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ แป้งและน้ำตาล ไขมัน โปรตีน วิตามิน และน้ำ โคจะสมบูรณ์แข็งแรงก็ต่อเมื่อได้รับสารอาหารครบทุกหมู่ตามที่ร่างกายต้องการ (ศรเทพ, 2549) สำหรับอาหารที่ใช้เลี้ยงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ อาหารหยาบและอาหารข้น

1) อาหารหยาบ คือ อาหารที่มีเปอร์เซ็นต์ของเยื่อใยสูง โดยสัดส่วนประมาณ 25.35 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ของโภชนะที่ย่อยได้ต่ำ ได้แก่ พวกหญ้า ฟางข้าว ต้นข้าวโพด ฟางหมัก พืชตระกูลถั่ว เปลือกสับปะรด ตลอดทั้งวัสดุเหลือใช้จาการประกอบการเกษตรอื่นๆ เป็นต้น โดยโคเป็นสัตว์ที่กินอาหารหยาบเป็นหลัก โดยมีแร่ธาตุเป็นอาหารเสริม เพื่อลดต้นทุนการผลิตเอง (สามารถ, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อาหารข้นหรืออาหารผสม คือ อาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการณ์อยู่สูง มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง สามารถย่อยได้ง่าย (สามารถ, 2548) โคที่จะให้อาหารประเภทนี้ ควรให้ในแต่ละกรณีที่แตกต่างกัน เช่น โคผสมพันธุ์ที่ยังไม่เจริญเติบโตเต็มที่ พ่อโคที่มีการผสมพันธุ์มาก แม่โคอุ้มท้องและแม่โคเลี้ยงลูกอ่อน โคป่วย และให้แก่โคขุนเพื่อให้อ้วนเร็วเพื่อสามารถส่งขายเร็วขึ้น (ปฐพีชล, 2548) สำหรับอาหารโปรตีนที่นิยมใช้ คือ ใบกระถินและยูเรีย (จีรณัทย์, 2550 และ บัญญัติ, 2549)

2.2.3.2 การขุนโค (สามารถ, 2548)

การขุนโคแบ่งวิธีตามการให้อาหารออกเป็น 2 แบบ คือ การขุนโดยการให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียวและการขุนโดยการให้อาหารหยาบแล้วเสริมด้วยอาหารข้น

1) การขุนโดยการให้อาหารหยาบเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเป็นวิธีการขุนที่มีค่าใช้จ่ายน้อย โดยการให้โคได้รับหญ้าสดที่มีคุณภาพดีเพียงอย่างเดียว ซึ่งการขุนวิธีนี้ต้องใช้เวลานานในการเพิ่มน้ำหนักตัวตามต้องการ อีกทั้งคุณภาพเนื้อที่ได้ไม่ดีเท่าที่ควร

2) การขุนโดยการให้อาหารหยาบแล้วเสริมด้วยอาหารข้น การขุนโควิธีนี้จะต้องมีการให้อาหารข้นร่วมกับอาหารหยาบ เพื่อให้ได้เนื้อโคขุนที่มีคุณภาพดี มีความนุ่มและมีปริมาณไขมันแทรกพอเหมาะ เพื่อส่งขายเป็นเนื้อชั้นสูงและได้ราคาดี อัตราส่วนการให้อาหารระหว่างอาหารข้นกับอาหารหยาบจะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการคือ ราคาอาหารหยาบและอาหารข้น กับคุณภาพซากที่ตลาดต้องการ แต่อัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่นิยมใช้โดยปรับเปลี่ยนไปตามวิธีการขุนแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อัตราส่วนของอาหารข้นต่ออาหารหยาบที่นิยมใช้ในแต่ละระยะการขุน

ระยะขุน	อัตราส่วนอาหารข้น : อาหารหยาบ		
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	วิธีที่ 3
ระยะแรกของการขุน	30 : 70	40 : 60	20 : 80
ระยะกลางของการขุน	50 : 50	50 : 50	50 : 50
ระยะปลายของการขุน	70 : 30	60 : 40	80 : 20

ที่มา: สามารถ (2548)

2.2 สัณฐานวิทยาของเนื้อโค

สัณฐานวิทยา หมายถึง รูปร่าง และลักษณะภายนอกที่ปรากฏให้เห็น โดยอาจต้องใช้กล้องขยายช่วยเพื่อให้เห็นชัดเจนขึ้น เนื้อโคจัดอยู่ในเนื้อกลุ่มที่มีสีแดง (red meat) ที่มาจากสัตว์มีกีบเท้า เนื้อโคเป็นประเภทกล้ามเนื้อลาย (striated muscle) มีลักษณะเป็นเส้นยาวเรียกว่าใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) ซึ่งจะโตกว่าเซลล์ของเนื้อสุกร เนื้อโคขุนคุณภาพสูง เป็นเนื้อที่ได้จากโคที่มีการเลี้ยง โดยการกำหนดสูตรอาหาร โดยให้โคกินอาหารหยาบ (หญ้าหรือฟาง) กินอาหารข้น (อาหารเสริม) เพิ่มเติม ทำให้โค

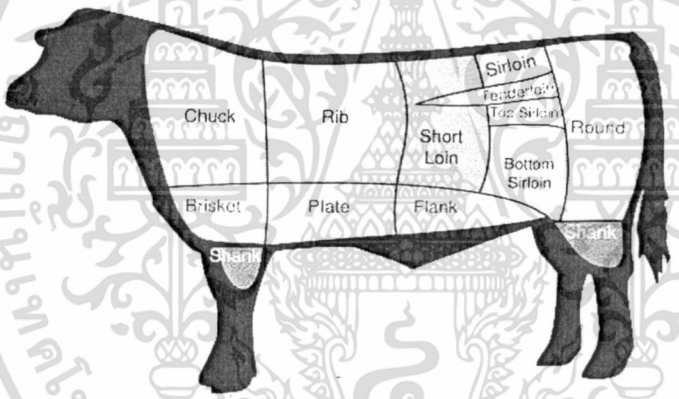
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื้อที่มีคุณภาพดีผ่านขั้นตอนการบ่มเนื้อ (aging) ภายใต้อุณหภูมิการเก็บรักษาเนื้อในห้องเย็น 0 – 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 – 7 วัน ก่อนการจำหน่าย (กรมปศุสัตว์, 2553)

การแบ่งจำแนกชิ้นส่วนของซากโคผ่าซีก (side) สามารถตัดแบ่งเป็นชิ้นส่วนใหญ่ (wholesale cut) ตามการใช้ประโยชน์แสดงดังภาพที่ 2.5 โดยมีลักษณะการแบ่งออกเป็นชิ้นส่วนย่อยดังนี้ (มกอช, 2547)

2.2.1 เนื้อสันคอหรือเนื้อสันหน้า (chuck)

เป็นเนื้อที่มีไขมันแทรกในเนื้อเกือบทุกส่วน นับตั้งแต่ไหล่บน เนื้อใบพาย เนื้อสันในเทียม เนื้อรักบี้และเนื้อตะพาบ โดยนิยมที่จะสไลด์เนื้อเป็นแผ่นบาง ๆ มีเนื้อเยื่อพังผืด (connective tissue) อันเป็นส่วนประกอบที่มีอยู่มาก จึงทำให้เกิดความเหนียว นิยมนำมาประกอบอาหารประเภท สตู (stewing) การอบ การเคี่ยว(braising) ในปัจจุบันเป็นที่ต้องการมากในร้านอาหารแบบญี่ปุ่นและเกาหลี โดยนิยมที่จะสไลด์เนื้อเป็นแผ่นบาง ๆ เหมาะสำหรับการนำไปย่างบนกระทะร้อน หรือนำไปลวกในน้ำซุปที่เดือด เช่น ชาบู ชาบู



ภาพที่ 2.5 ส่วนประกอบของเนื้อโคขุน

ที่มา: Jesslyn (2011)

2.2.2 เนื้อส่วนอกหรือเนื้อเสือร้องไห้ (brisket)

เนื้อส่วนนี้เป็นเนื้อที่ติดมันมากที่สุด อยู่บริเวณอกและท้อง ลักษณะเนื้อจะมีไขมันพาดยาวตลอดเส้น เป็นส่วนที่นุ่มมาก เหมาะสำหรับคนที่ชอบกินเนื้อติดมันอย่างยิ่ง

2.2.3 เนื้อส่วนน่อง (shank)

ส่วนที่เป็นเนื้อจะมีความเหนียวพอสมควร แต่การมีไขมันขนาดใหญ่แทรกอยู่ด้วยทำให้เนื้อน่องมีความนุ่มมากขึ้น ถือเป็นเนื้อส่วนที่กินแล้วให้ความรู้สึกเคี้ยวและนุ่มมันขณะรับประทาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 เนื้อส่วนซี่โครง (rib)

เนื้อส่วนซี่โครงเป็นเนื้อที่อยู่ระหว่าง เนื้อซี่โครง (short lion) และ หัวไหล่ (chuck) จัดเป็นประเภทเนื้อส่วนที่นุ่มมากที่สุด เหมาะสำหรับการนำไปทอด,ย่าง, อบเนื้อ

เนื้อส่วนซี่โครงไม่มีกระดูก (Rib eye) เนื้อส่วนนี้จะเป็นนำเนื้อส่วนต้นซี่โครงมาทำการตัดเอากระดูกและเอ็นรอบนอกออก เหลือแต่เนื้อส่วนกลางซึ่งมีไขมันแทรกอยู่ทำให้มีรสชาติดีที่สุด อร่อย ชุ่มฉ่ำ เนื้อส่วนนี้เป็นส่วนที่ได้รับความนิยมมากๆนิยมนำไปใช้ประกอบอาหารประเภทสเต็ก ย่างหรือทอด

2.2.5 เนื้อส่วนท้อง (plate)

เนื้อนุ่ม ไม่มีกระดูก มีกล้ามเนื้อก้อนเดียว ขนาดหนาไม่เกิน 1 นิ้ว ราคาถูกกว่าเนื้อที่มีคุณภาพสูง นิยมสไลด์บางๆ เป็นเส้นทแยงมุม

2.2.6 เนื้อส่วนสันนอก (sirloin)

เนื้อนุ่ม เป็นเนื้อที่อยู่ระหว่างส่วนขาหลังและเนื้อส่วนล่าง เนื้อวัวส่วนสันนอกตัดเป็นชิ้นสเต็กขายทั้งแบบมีหรือไม่มีกระดูก เช่น sirloin flat bone round bone sirloin pin bone sirloin และ top sirloin steak เป็นต้น

2.2.7 เนื้อสันใน (tenderloin)

เนื้อส่วนที่ละเอียด นุ่มมาก ไม่มีไขมัน เป็นเนื้อส่วนที่ตัดจากกลางลำตัว อยู่ในซากเสี้ยวหลังเลาะเป็นชิ้นเดียวออกจากกระดูกสันสะเอวและกระดูกสะโพก รวมกล้ามเนื้อใต้บั้นเอวแถบเล็ก ด้วยเรียกว่า side strap on หากเอาส่วนกล้ามเนื้อใต้บั้นเอวดังกล่าวออกเรียกว่า side strap off

2.2.8 เนื้อส่วนสะโพก (top round)

ตัดจากส่วนหลังของขา ถึงแม้ว่าเนื้อในส่วน round นี้จะเป็นส่วนที่ทำงานหนักเหมือนเนื้อส่วนสันหน้า แต่เนื้อกลับมีลักษณะที่นุ่มกว่า

2.2.9 เนื้อจากส่วนสะโพก (round)

ได้แก่ เนื้อลูกมะพร้าว เนื้อพับใน เนื้อพับนอก เนื้อหางจระเข้ เนื้อหมอน มีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากทั้งตัว (15 - 16 %) เป็น ชิ้นส่วนที่ควรได้มีการแนะนำให้ผู้บริโภคได้นำไปใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น เนื้อจากส่วนสะโพกที่มาจากโคขุนที่เลี้ยงมาอย่างดีจะมีไขมันแทรก โดยเฉพาะในเนื้อพับในและเนื้อลูกมะพร้าว

2.3 สมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อ

คุณภาพเนื้อจะมิได้มีความจำเป็นโดยตรงต่อผู้ผลิตโคเนื้อมากนักก็ตาม แต่ในอนาคตที่ผู้บริโภคมีแนวโน้มต้องการสิ่งของและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น สิ่งที่สามารถบ่งชี้ถึงคุณภาพของเนื้อมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 สมบัติเชิงกายภาพ

2.3.1.1 สีของเนื้อ (color)

สีเกิดจากรงควัตถุฮีโมโกลบิน (hemoglobin)ในเลือด และรงควัตถุไมโอโกลบิล (myoglobin)ในกล้ามเนื้อสัตว์ นอกจากนี้สีของเนื้อจะขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ อายุ การทำงานของกล้ามเนื้อ เป็นต้น สีเป็นลักษณะประการแรกที่บ่งบอกคุณภาพของเนื้อนั้น (กรมปศุสัตว์, 2553) และเป็นความรู้สึกประการแรกที่ผู้บริโภคสัมผัสได้โดยจะส่งผลต่อการตัดสินใจในการซื้อเนื้อ (มาลัย, 2546) โดยเนื้อวัวที่น่าซื้อจะมีสีแดงสดและเข้ม_ซึ่งความเข้มของสีขึ้นอยู่กับปริมาณของรงควัตถุไมโอโกลบิลที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อสัตว์นั่นเอง ปริมาณของไมโอโกลบิลจะพบมากที่สุดในกล้ามเนื้อส่วนที่เป็นเนื้อสีแดง(red meat) โดยเนื้อที่ผ่านการชำแหละเมื่อถูกกับอากาศทำให้เนื้อเป็นสีชมพูสด เนื่องจากออกซิเจนทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบิลเกิดเป็นสารออกซิไมโอโกลบิล หากนำเนื้อมาทำให้สุกจะเป็นสีน้ำตาลอมเทา เนื่องจากสารเมทไมโอโกลบิลเสียสภาพไป (มีนา, 2546 และ เยาวลักษณ์, 2535) ในด้านระดับอุตสาหกรรมอาหาร มีความจำเป็นต้องรักษาสีแดงของเนื้อสัตว์ เพื่อความพึงพอใจของผู้บริโภค ดังนั้นจึงนิยมใช้สารไนตริกออกไซด์ที่ได้จากสารประกอบไนเตรท และไนไตรทซึ่งจะอยู่ในรูปของเกลือโซเดียมหรือโปแตสเซียมโดยจะทำหน้าที่ในการรักษาสีแดง หรือสีชมพูของเนื้อเมื่อนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อน

2.3.1.2 การสูญเสียน้ำหนัก (cooking loss)

การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนมีความสัมพันธ์กับโปรตีนในเนื้อสัตว์ เนื่องจากเส้นใยโปรตีนของเซลล์กล้ามเนื้อมีน้ำอยู่ เมื่อได้รับความร้อนโปรตีนในเนื้อจะเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (denatured protein) โดยความร้อนจะทำลายพันธะที่ทำหน้าที่ยึดเกาะของโครงสร้างโมเลกุล จากเดิมที่เป็นโครงสร้างแบบจตุรภูมิหรือตติยภูมิ เปลี่ยนเป็นโครงสร้างแบบทุติยภูมิหรือปฐมภูมิ โดยความร้อนดังกล่าวจะไม่ทำลายพันธะเปปไทด์ หรือพันธะโควาเลนต์ภายในโมเลกุลของโปรตีน โปรตีนในเนื้อสัตว์จะเกิดการเสียสภาพเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 57-75 องศาเซลเซียส (นิธิยา, 2553) ขณะที่โปรตีนหดตัวทำให้โมเลกุลน้ำที่อยู่ในโครงสร้างหลุดออกมาเป็นอิสระทำให้เนื้อแห้ง ส่งผลให้มีน้ำหนักน้อยลงระหว่างหุงต้ม ถ้าอุณหภูมิที่ใช้สูงขึ้นมากเส้นใยโปรตีนก็จะยิ่งหดตัวมากและแข็งมากขึ้น (Aaslyng และคณะ, 2003) การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โปรตีนจะไม่มีการหดตัว แต่ที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส โปรตีนจะหดตัวมากขึ้น (Chmiel และคณะ, 2011)

2.3.1.3 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อบอกถึงคุณสมบัติของโปรตีนที่มีความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ในโครงสร้างกล้ามเนื้อ โดยน้ำเป็นองค์ประกอบหลักในเนื้อสัตว์ ซึ่งน้ำจะอยู่ในเนื้อถึงแม้ว่าจะมีแรงจากภายนอกมากระทำ โดยความสามารถในการอุ้มน้ำมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับโปรตีน ลักษณะเนื้อสัมผัส การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อหลังการแปรรูป ความเป็นกรดด่าง ความนุ่มและความชุ่มฉ่ำของเนื้อ (เยาวลักษณ์, 2535) โดยโมเลกุลของโปรตีนในกล้ามเนื้อซึ่งนับว่าเป็นส่วนประกอบ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ให้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักของเนื้อสัตว์นั้นเป็นสารที่มีความเป็นประจุสูง(ขั้วบวกและลบ) ซึ่งส่งผลทำให้สามารถจับโมเลกุลของน้ำไว้ได้อย่างดีด้วยพันธะไฮโดรเจน ทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำ โดยที่น้ำจะไม่สามารถซึมออกมาจากเนื้อได้เมื่อถูกหั่น หรือบด แต่หากมีการทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพ เช่น การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงๆ การปรับค่าพีเอช เป็นต้น ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโปรตีน โดยพันธะที่ทำหน้าที่ยึดเกาะของโครงสร้างจะถูกทำลาย (Aaslyng และคณะ, 2003) ส่งผลทำให้เนื้อมีค่าประจุสุทธิรวมของโปรตีนเป็นศูนย์ คือค่าประจุขั้วบวกมีจำนวนเท่ากับประจุขั้วลบ จะเรียกสภาวะนี้ว่าจุด isoelectric point (pI) ซึ่งก็จะทำให้โมเลกุลน้ำที่อยู่ในโปรตีนของเนื้อหลุดออกมาเป็นอิสระ เนื้อในขณะนั้นจะมีความสามารถในการจับน้ำต่ำมาก และจุดนี้มักจะเกิดขึ้นเมื่อค่าพีเอชของเนื้อประมาณ 5.0 ถ้าเนื้อมีความสามารถจับน้ำต่ำจะส่งผลให้การสูญเสียความชื้นสูง จึงทำให้น้ำหนักลดลงไปมากกว่าเนื้อที่มีความสามารถจับน้ำสูง หากการเก็บรักษาเนื้อไม่ดี ไม่มีการป้องกันการระเหยของน้ำ (กรมปศุสัตว์, 2553) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เนื้อที่มีคุณภาพปกติเกิดการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำ เนื่องจากค่าพีเอชในเนื้อ และการเกิดการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ จากประเภทเนื้อสัตว์ทั้งหมดพบว่าเนื้อหมูมีความสามารถอุ้มน้ำได้สูงที่สุด รองลงมาคือ เนื้อโค และเนื้อไก่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ (มีนา, 2546)

2.3.1.4 ลักษณะเนื้อสัมผัส (texture)

ลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อนั้นเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญมาก โดยปัจจัยหลักสามอย่างที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส คือ ซาร์โคเมียร์ (sarcomere length) การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนภายหลังการฆ่า ปริมาณและชนิดเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน นอกจากนี้ปริมาณของไขมันแทรกในเนื้อมีผลต่อความนุ่มเนื่องจากไขมันจะมีความอ่อนนุ่มกว่าส่วนกล้ามเนื้อ เมื่อนำมาทำให้สุกแล้วรับประทานจะให้ความรู้สึกชุ่มฉ่ำและไม่เหนียวขณะเคี้ยว การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนภายหลังการฆ่า เกิดจากการที่เนื้อเกิดการแข็งและเกร็งตัว (rigor mortis) ของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่ซาร์โคเมียร์ ซึ่งเป็นหน่วยที่ย่อยที่สุดของกล้ามเนื้อเกิดการหดตัว ทำให้เนื้อจะมีความเหนียว แต่ถ้าเกิดการยืดตัวจะทำให้เนื้อนุ่มน่ารับประทาน โดยการยืดและหดของกล้ามเนื้อจะขึ้นอยู่กับแท่งแอคติน (actin) ซึ่งในการยืดตัวของแท่งแอคตินเกิดจากการได้รับพลังงานในรูปของ ATP ที่มาจากกระบวนการหายใจนำออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายของสัตว์ เมื่อสัตว์ถูกฆ่าตายไม่มีออกซิเจนเข้าไปเพื่อสร้าง ATP ทำให้แท่งแอคตินหดตัวจับติดแน่นกับแท่งไมโอซิน (myosin) ส่งผลให้เนื้อเหนียว(Warriss, 2010) ดังนั้นต้องนำเนื้อไปบ่มเพื่อให้เอมไซม์ที่ย่อยโปรตีน จะทำให้โปรตีนอ่อนลง เมื่อกล้ามเนื้ออ่อนลงเนื้อจะมีความนุ่ม (เยาวลักษณ์, 2536)

2.3.2 องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ

2.3.2.1 โปรตีน

เป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณมากที่สุดรองจากน้ำโดยคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 20-22 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนในเนื้อนั้นจะเป็นส่วนกล้ามเนื้อของสัตว์ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก คือ โปรตีนในเส้นใยย่อย (myofibrillar protein) เป็นกลุ่มโปรตีนที่สามารถละลายในสารละลายเกลือ เป็น

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อเกี่ยวข้องกับการยืดและหดตัวของกล้ามเนื้อ โปรตีนที่สำคัญในกลุ่มนี้ คือ ไมโอซิน (myosin) แอกติน (actin) โปรตีนกลุ่มนี้จึงมีความสำคัญ เนื่องจากทำหน้าที่เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ที่มีความสำคัญในการสร้างสภาพอิมัลชันโดยจะทำให้น้ำกับไขมันที่ไม่รวมตัวกันมาจับกัน ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดความคงตัวได้ดีขึ้น (กรมปศุสัตว์, 2553) กลุ่มที่สองคือ โปรตีนซาร์โค พลาสมิก (sarcoplasmic protein) เป็นโปรตีนที่สามารถละลายในน้ำได้ ในกลุ่มนี้มีโปรตีนหลายชนิด ส่วนมากเกี่ยวกับการผลิตพลังงาน โปรตีนที่สำคัญในกลุ่มนี้คือ ฮีโมโกลบิล (hemoglobin) ไมโอโกลบิล (myoglobin) ซึ่งเกี่ยวข้องกับสีของเนื้อ และกลุ่มสุดท้ายเป็นโปรตีนเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue protein) เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายในน้ำ และเป็นโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ทำหน้าที่ส่งการเคลื่อนไหวจากการหดตัวของโปรตีนเส้นใยย่อยไปยังโครงร่างของร่างกาย ดังนั้นโปรตีนในกลุ่มนี้มีความเหนียวและแข็งแรงมาก โปรตีนกลุ่มนี้ เช่น คอลลาเจน (collagen) ถ้าคอลลาเจนได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่า 80 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดการไฮโดรไลส์ (hydrolyze) กลายเป็นเจลาติน ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ (นิธิยา, 2553 และ Warriss, 2010)

2.3.2.2 ไขมัน

ไขมันที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์มักกระจายตัวอยู่ตามมัดกล้ามเนื้อและบริเวณใต้ผิวหนัง สามารถแบ่งได้ตามลักษณะต่างๆดังนี้

1) ไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat) สามารถพบได้ในเหนือชั้นอีพิไมเซียมของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งไขมันในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการป้องกันการสูญเสียความร้อนจากร่างกายของสัตว์

2) ไขมันอยู่ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ (intermuscular fat) พบได้ในชั้นอีพิไมเซียมของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน โดยจะอยู่รอบนอกของมัดกล้ามเนื้อ

3) ไขมันภายในมัดกล้ามเนื้อ (intramuscular fat หรือ marbling) พบได้ในชั้นเพอริไมเซียมของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ลักษณะไขมันที่แทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อนี้สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนด้วยตาเปล่า จะเป็นเส้นเล็กๆ กระจายตัวอยู่ภายในกล้ามเนื้อคล้ายกับลายหินอ่อน การที่มีไขมันที่แทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อนี้ส่งผลให้เนื้อมีความนุ่มขึ้น ช่วยให้หล่อลื่นขณะที่เคี้ยวและกลืนเนื้อ ไขมันแทรกนี้เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญต่อรสชาติ ความชุ่มฉ่ำ และความสามารถในการจับน้ำของเนื้อโคขุน โดยไปช่วยเพิ่มรสชาติ ทำให้รู้สึกเนื้อมีความชุ่มฉ่ำและไม่เหนียวขณะเคี้ยว และช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำลายจึงทำให้เกิดความรู้สึกชุ่มน้ำอยู่ในปาก (ปศุสัตว์, 2553 และ เยาวลักษณ์, 2536)

ไขมันในเนื้อสัตว์มีส่วนประกอบที่สำคัญ เช่น ไตรกลีเซอไรด์(triglyceride) ฟอสโฟลิปิด(phospholipids) คอเลสเตอรอล(cholesterol) และวิตามินละลายในไขมัน ไขมันในเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปไตรกลีเซอไรด์(triglyceride) และมักอยู่รวมกันเป็นเนื้อเยื่อไขมันแทรกอยู่ในชั้นอีพิไมเซียมของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และกรดไขมันในเนื้อสัตว์ส่วนใหญ่เป็นไตรกลีเซอไรด์ประเภทอิ่มตัว เช่น กรดปาล์มิติก (palmitic, 16 : 0) กรดสเตียริก (stearic acid, 18 : 0) ซึ่งพบมากถึง 1 ใน 3 ของกรดไขมันอิ่มตัวในเนื้อโคทั้งหมด กรดไขมันอิ่มตัวมีจุดหลอมเหลวสูงจึงจับตัวเป็นก้อนแข็งเมื่อเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ เนื้อเยื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันจะมีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) ที่สำคัญอยู่ ได้แก่ กรดอะราคิโดนิก กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิก นอกจากไตรกลีเซอไรด์แล้วยังมี ฟอสโฟไลปิด(phospholipids) มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนสี กลิ่น รส ของเนื้อสัตว์ มักพบฟอสโฟลิปิดในเนื้อสัตว์ปริมาณน้อย โดยเก็บสะสมอยู่ที่สมอง ตับ เนื้อเยื่อไขสันหลังและเนื้อเยื่อเซลล์ (Warriss, 2010)

2.4 การแบ่งระดับคุณภาพเนื้อโค

ปัจจุบันการจำหน่ายเนื้อโคในตลาดของประเทศไทย ส่วนใหญ่ยังไม่มีการคัดเกรดซากอย่างเป็นระบบ เท่าที่มีการคัดเกรดจริงจะเป็นการคัดเกรดซากในโคขุน ซึ่งมีการจำหน่ายในตลาดเฉพาะกลุ่มเท่านั้น โดยในการคัดเกรดซากจะแบ่งออกเป็นสองรูปแบบคือ เกรดคุณภาพ (quality grade) และเกรดปริมาณ (yield grade)

2.4.1 เกรดคุณภาพ

ในการแบ่งเกรดคุณภาพของซากโคโดยตัวบ่งชี้ที่ต้องพิจารณาคือ สีของเนื้อแดงและลักษณะเนื้อสัมผัส ขนาดและรูปร่างของกระดูกซี่โครง และการแปรสภาพจากกระดูกอ่อนเป็นกระดูก เป็นต้น ลักษณะเนื้อแดงจะเป็นเส้นเนื้อที่ละเอียดผิวหน้าตัดค่อนข้างเรียบ และมีสีแดงอ่อนๆ ยิ่งโคที่มีอายุมากๆ จะมีความหนาของกล้ามเนื้อลดลงและมีการสะสมไขมันใต้ผิวหนังที่ไม่ได้สัดส่วนมาก (ชัยณรงค์, 2544 และ มาลัย, 2546) วัตถุประสงค์ของการคัดเกรดคุณภาพก็เพื่อให้ได้เนื้อที่มีรสชาติถูกปากผู้บริโภค (จุฑารัตน์ และพรรณิภา, 2552) ปัจจัยหลักในการพิจารณาเกรดคุณภาพได้แก่ อายุ (maturity) และระดับการมีไขมันแทรก (degree of marbling) ในกล้ามเนื้อ

2.4.1.1 อายุ (maturity) (สัญชัย, 2547)

อายุเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพด้านการบริโภคเป็นอย่างมาก เพราะสัตว์ที่มีอายุมาก คุณภาพของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะเหนียวกว่าสัตว์ที่มีอายุน้อย รวมทั้ง Intermolecular Crosslink ตามมาตรฐานของ USDA ได้กำหนดเนื้อโคเกรดชั้นเยี่ยม (Prime) ต้องได้จากโคที่มีอายุไม่เกิน 42 เดือน เป็นต้น การทำนายอายุจากซากสัตว์ต้องอาศัยประสบการณ์และการสังเกตที่ดีเพื่อประกอบการพิจารณา

การดูอายุ พิจารณาจากระดับการเกิด ossification ของกระดูกสันหลังช่วงอกข้อที่ 9 10 11 และ 12 ความแก่อ่อนของกระดูกซี่โครงและสี กับความหยาบละเอียดของเส้นเนื้อที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสันนอก โคที่มีอายุมากจะเป็นเนื้อชั้นคุณภาพดีได้ต้องอาศัยปัจจัยที่สองคือการมีไขมันแทรกสูงกว่าโคอายุน้อย ถ้าแบ่งอย่างหยาบที่สุดจะใช้อายุประมาณ 42 เดือนในการแบ่งโคออกเป็นกลุ่มอายุมากและอายุน้อย ในการพิจารณาอายุจากปัจจัยดังกล่าวต้องใช้ความชำนาญพอสามควรในการพิจารณา

2.4.1.2) ระดับไขมันแทรก (degree of marbling) (สัญชัย, 2547)

ไขมันที่แทรกในมัดกล้ามเนื้อ (intramuscular fat) มีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ กระจายทั่วมัดกล้ามเนื้อ มีสีขาวครีม ซึ่งต่างจากพังผืดที่มีสีขาวฟ้า พิจารณาไขมันแทรกจากพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันบริเวณระหว่างซี่โครงที่ 12 และ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศต่างๆที่มีการแปรรูปโคเนื้อมีมาตรฐานการแบ่งเกรดคุณภาพซากของเนื้อโคที่แตกต่างกัน เช่น เกรดคุณภาพซากของ United States Department of Agriculture (USDA) จะแบ่งได้เป็น 7 ระดับ เกรดคุณภาพซากของประเทศญี่ปุ่นแบ่งได้เป็น 12 ระดับ เกรดคุณภาพซากของประเทศออสเตรเลียแบ่งได้เป็น 7 ระดับ

1) มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา (USDA)

มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดคุณภาพเนื้อจากปริมาณไขมันแทรกออกเป็น 2 ลักษณะคือ ในส่วนของผู้บริโภคและในส่วนของผู้กำหนดเกรดเนื้อ ซึ่งการพิจารณาระดับคุณภาพของเนื้อจากมุมมองของผู้บริโภคจะถูกกำหนดไว้เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาในการเลือกซื้อ โดยได้กำหนดไว้ 4 เกรดจากต่ำสุดไปสูงสุดคือ USDA Standard, USDA Select, USDA Choice และ USDA Prime ตามลำดับ ส่วนการพิจารณาในมุมมองของผู้จัดเกรดนั้นจะกำหนดไว้ที่ 8 ระดับคะแนนแต่ในทางปฏิบัติมักจะใช้กันอยู่ที่ 7 ระดับ ซึ่งจัดตามระดับปริมาณไขมันแทรกจากค่าต่ำสุดไปจนถึงค่าสูงสุดคือ Trace, Slight, Small, Modest, Moderate, Slightly Abundant และModerately Abundant ตามลำดับ (นิรุธ, 2554 และ Tatum, 2007)

2) มาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น (Japanese Beef Marbling Standard-BMS)

มาตรฐานของประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดคุณภาพเนื้อจากปริมาณไขมันแทรกออกเป็น 5 ระดับคุณภาพ(Quality Grades) คือ Quality Grade 1, Grade 2, Grade 3, Grade 4 และ Grade 5 โดยมีระดับไขมันแทรกทั้งหมด 12 ระดับคะแนนย่อย (Beef Marbling Standards-BMS) แทนจากค่าต่ำสุดไปยังค่าสูงสุดตามลำดับคือ BMS1 ไปจนถึง BMS12 ตามลำดับ โดยในระดับคุณภาพทั้ง 5 นั้นสามารถเทียบเป็นค่าระดับไขมันแทรกออกได้เป็น 12 ระดับจากค่าต่ำสุดไปยังค่าสูงสุด (นิรุธ, 2554)

3) มาตรฐานของประเทศแคนาดา

การจัดมาตรฐานประเทศแคนาดาในลักษณะคล้ายกันกับมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีการเทียบเคียงกับมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดคุณภาพเนื้อออกเป็น 4 ระดับคุณภาพ คือ Canada A, Canada AA, Canada AAA และCanada Prime ตามลำดับ 7 ระดับ โดยมีการจัดระดับปริมาณไขมันแทรกจากค่าต่ำสุดไปจนถึงค่าสูงสุดทั้งหมด 7 ระดับ คือ Trace, Slight, Small, Modest, Moderate, Slightly Abundant และModerately Abundant ตามลำดับ (นิรุธ, 2554)

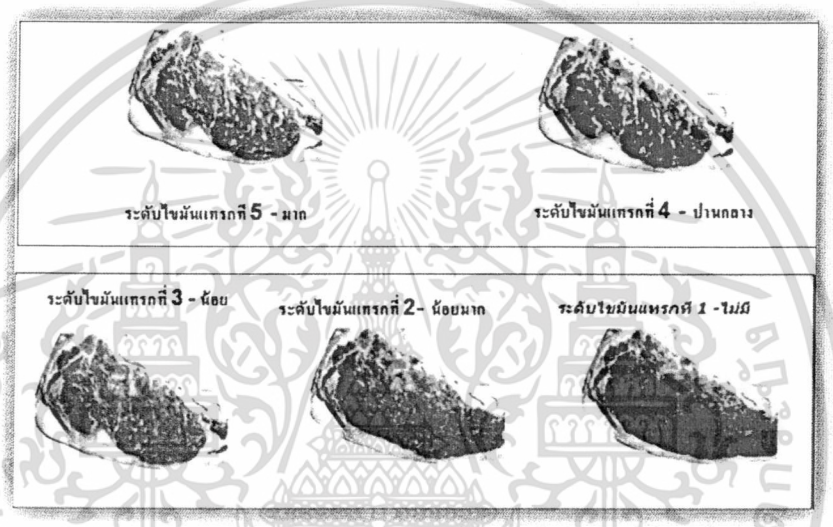
4) มาตรฐานของประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์

ประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์นั้น มีการจัดมาตรฐานในลักษณะคล้ายกันกับมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่นแต่มีการกำหนดระดับขั้นของคุณภาพไว้น้อยกว่าของประเทศญี่ปุ่นและมีการเทียบเคียงกับมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา คือ มาตรฐานของสมาคมผู้ผลิตและส่งออกเนื้อประเทศออสเตรเลีย (Meat Standard Australia- MSA) และมาตรฐานของประเทศนิวซีแลนด์ (New Zealand Meat Product Board-Guide to Beef Carcass Classification) (นิรุธ, 2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) มาตรฐานของประเทศไทย

ประเทศไทยได้เริ่มมีการกำหนดมาตรฐานขึ้นใช้โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช) เมื่อปี พ.ศ.2547 โดยอ้างอิงตามมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา (USDA) เป็นหลัก ซึ่งมีการกำหนดระดับคะแนนตามปริมาณไขมันแทรกในเนื้อออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับไขมันแทรกที่ 1 ถึงระดับไขมันแทรกที่ 5 แทนค่าต่ำสุดไปยังค่าสูงสุดตามลำดับแสดงดังภาพที่ 2.6 และในการจัดเกรดเนื้อตามมาตรฐานของประเทศไทย ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณา (นิรุธ, 2554 และ มกอช, 2547)



ภาพที่ 2.6 ระดับการแทรกของไขมัน

ที่มา: มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547)

เกรดคุณภาพซากตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มอกช., 2547) จะแบ่งได้เป็น 5 เกรด แสดงดังตารางที่ 2.3 ดังนี้

1.1) ชั้นดีเลิศ (prime) เนื้อโคที่ได้จากโคขุนอายุไม่เกิน 36 เดือน ระดับไขมันแทรกอยู่ระหว่าง 4-5 ไขมันขาว เส้นเนื้อค่อนข้างละเอียดและสีแดงสด เป็นชั้นที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดและมีความอร่อยมากเป็นชิ้นส่วนที่ได้ จากโคที่ยังอายุน้อย ได้รับการเลี้ยงดูดี ทำให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพดีเยี่ยมซึ่งเนื้อจะมีส่วนไขมันแทรก (marbling) อยู่ทั่วไปจึงทำให้เนื้อมีความนุ่ม มีความชุ่มน้ำและรสชาติดี

1.2) ชั้นดีมาก (choice) เนื้อโคที่ได้จากโคขุนอายุไม่เกิน 36 เดือน ระดับไขมันแทรกอยู่ระหว่าง 2.5-4.5 ไขมันมีสีขาวหรือสีครีม เส้นเนื้อค่อนข้างละเอียดและสีแดง เป็น ที่ต้องการของผู้บริโภคส่วนมาก เนื่องจากเนื้อมีคุณภาพสูงแต่มีไขมันน้อย กว่าเนื้อชั้นดีเยี่ยม เนื้อที่ผลิตส่วนใหญ่เมื่อนำมาจัดเกรดแล้วมักอยู่ในชั้นนี้ มักใช้ทำเนื้ออบและสะเต็กโดยเฉพาะจาก ส่วนเนื้อสัน ซี่โครง ส่วนขาหลัง ส่วนคอและไหล่มักนำไปตุ๋นและอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

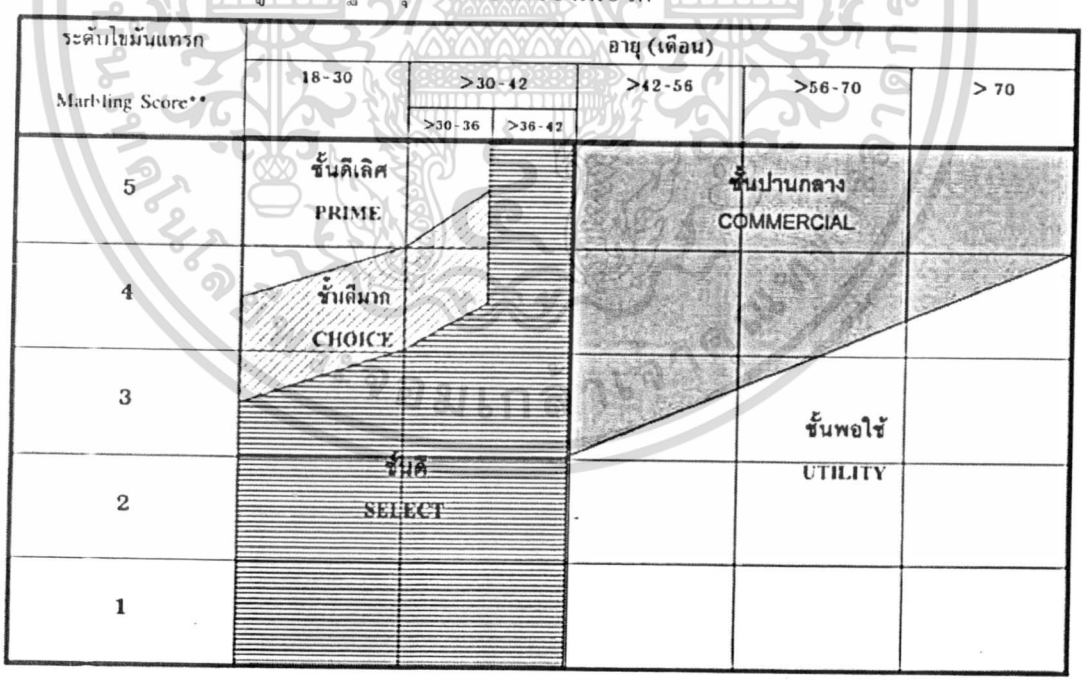
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1.3) ชั้นดี (select) เนื้อโคที่ได้จากโคที่ผ่านการขุนหรือไม่ได้ผ่านการขุน และมีอายุไม่เกิน 42 เดือน ระดับไขมันแทรกอยู่ระหว่าง 1 ถึง 5 ไขมันมีสีครีมหรือสีเหลืองอ่อน เส้นเนื้อหยาบเล็กน้อย และสีแดงเข้มเป็นเนื้อที่มีไขมันอยู่น้อยมีคุณภาพพอใช้ได้แต่ไม่ชุ่มน้ำเนื่องจากมีไขมันแทรกน้อยและมีอัตราส่วนของไขมันและเนื้อแดงสูง ผู้บริโภคประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ชอบเนื้อเกรดนี้ เนื่องจากเนื้อมีไขมันน้อย

1.4) ชั้นปานกลาง (commercial) เนื้อโคที่ได้จากโคที่ผ่านการขุนหรือไม่ได้ผ่านการขุน และมีอายุมากกว่า 42 เดือน ระดับไขมันแทรกอยู่ระหว่าง 2 ถึง 5 ไขมันมีสีเหลืองอ่อน (เส้นเนื้อหยาบละสีแดงคล้ำเล็กน้อย) เป็นเนื้อที่มีไขมันปกคลุมบางมาก ส่วนใหญ่เป็นเนื้อแดง มีความนุ่มพอ ควร รสชาติค่อนข้างอ่อน ไม่มีลักษณะชุ่มน้ำ เนื้อเกรดนี้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคที่ชอบแต่เนื้อแดงแต่เนื้อเกรดนี้ มีขายในท้องตลาดไม่มากนัก

1.5) ชั้นพอใช้ (utility) เนื้อโคที่ได้จากโคที่ไม่ได้ผ่านการขุน และมีอายุมากกว่า 42 เดือน ระดับไขมันแทรกอยู่ระหว่าง 1 ถึง 3 ไขมันมีสีเหลืองอ่อน เส้นเนื้อหยาบและสีแดงคล้ำ ส่วน ใหญ่มักได้จากโคที่มีอายุมากและขาด ลักษณะที่แสดงว่ามีความนุ่ม หรือความชุ่มน้ำ มีไขมันน้อยมาก มักใช้ทำสตูหรือเนื้อบดการหุงต้มใช้ความร้อนชื้นหุงต้มอย่างช้าๆ และใช้เวลานานมาก

ตารางที่ 2.3 แสดงแผนภูมิมาตรฐานคุณภาพซากของเนื้อโค



ที่มา : มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2547)

มาตรฐานของสหกรณ์โคเนื้อ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน (KU-Beef) ที่สร้างขึ้นสำหรับใช้จัดเกรดเนื้อโคสายพันธุ์กำแพงแสนที่ผลิตโดยกลุ่มสมาชิกภายในสหกรณ์ฯหรือกลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

137290

เกษตรกรรายอื่นๆที่ผลิตโคเนื้อสายพันธุ์กำแพงแสน มีการกำหนดระดับคะแนนตามปริมาณไขมันแทรกในเนื้อออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับไขมันแทรก 1 ไปจนถึงระดับไขมันแทรก 5 แทนค่าต่ำสุดไปยังค่าสูงสุดตามลำดับ โดยมีการใช้สัญลักษณ์คำว่า"ดาว" แทนค่าระดับคะแนนคือ 1-5 ดาวแทนระดับไขมันแทรก 1-5 ตามลำดับ และในการจัดเกรดเนื้อตามมาตรฐานของ KU-Beef นั้นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการฝึกกับการพิจารณาเนื้อ KU-Beef เป็นการเฉพาะ

2.4.2 เกรดผลผลิต

เกรดผลผลิต (yield grade) เป็นการแบ่งเกรดโดยถือปริมาณหรือน้ำหนักของซากเป็นเกณฑ์ เช่น ปริมาณเนื้อ ของซากที่ได้ หรือปริมาณเนื้อที่สามารถตัดเพื่อขายปลีก หรือปริมาณเนื้อที่สามารถนำมาบริโภคได้ เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดเกรดเนื้อโดยถือปริมาณหรือน้ำหนักซาก ได้แก่ ปริมาณไขมัน ภายนอก ปริมาณไขมันรอบไต หัวใจ ภายในช่องท้อง และพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสันนอก (จุฑารัตน์ และพรรณิภา, 2552)

ปริมาณไขมันภายนอก (external fat) หมายถึงปริมาณไขมันที่หาได้จากการวัดความหนาของไขมันส่วนหลัง เหนือกล้ามเนื้อสันนอก โดยวัดจากจุดที่ตั้งฉากของความยาวของพื้นที่หน้าตัดของส่วนสันนอกจากกระดูกสันหลัง(chine bone) การวัดไขมันภายนอกเป็นตัวบ่งบอกเปอร์เซ็นต์ซาก หากปริมาณไขมันภายนอกเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การตัดชิ้นเนื้อเพื่อขายปลีกจะลดลง หากความหนาของไขมันนี้เปลี่ยนแปลงไป 1/10 นิ้ว สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของเกรดได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณไขมันรอบไต หัวใจและภายในช่องท้อง เป็นส่วนที่ใช้ในการแบ่งเกรดเนื้อ หากมีปริมาณไขมันมาก จะส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกรดได้ถึง 2.5 เปอร์เซ็นต์

พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสันนอก(rib eye) พิจารณาจากการตัดซากโคออก 4 ชิ้นส่วนใหญ่ การตัดครั้งที่ 2 จะตัดผ่าระหว่างซี่โครงที่ 12 และซี่โครงที่ 13 ส่วนสันนอกจะถูกเปิดออกพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสันนอกนี้อาจวัดขนาด ช่องตารางโดยวัดพื้นที่เป็นตารางนิ้วหรืออาจใช้เครื่องวัดพื้นที่ หากพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสันนอกเพิ่มขึ้นจะเพิ่ม เปอร์เซ็นต์ การตัดชิ้นเนื้อเพื่อการขายปลีกได้ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ส่วนนี้เพียง 1 ตารางนิ้ว จะมีผลให้เปลี่ยนแปลงเกรด ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของเกรดจากการวัดปริมาณ เมื่อวัดค่าต่าง ๆ ได้แล้วสามารถนำค่ามาคำนวณระดับเกรดจากสมการ (ชัยณรงค์, 2529) ดังนี้

yield grade = 2.50 + {2.50 x ความหนาของไขมันภายนอก (นิ้ว)} + {0.20xเปอร์เซ็นต์ไขมันช่องท้อง ไต หัวใจ}+{0.0038x นน.ซากอุ่น(ปอนด์)} - {0.32 x พื้นที่ของ rib eye (ตารางนิ้ว)}

2.5 การวิเคราะห์ภาพ (Image analysis)

การวิเคราะห์ภาพ เป็นกระบวนการอธิบายหรือแยกข้อมูลจากภาพ เช่น การหารูปทรงของวัตถุ การหาสมบัติของวัตถุ เป็นต้น โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลออกมาในเชิงปริมาณ โดยการวิเคราะห์ส่วนใหญ่ที่นิยมในการจดจำรูปแบบ โดยการจดจำรูปร่างใบหน้าบุคคล หรือ การจำแนก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าของบุคคล นอกจากนี้ในทางการแพทย์นิยมใช้ในการแปลงสัญญาณ ซึ่งนำเทคนิคกระบวนการประมวลผลจากภาพ เช่น การทำ CCT สแกน เพื่อตรวจความผิดปกติของอวัยวะภายในร่างกาย การวิเคราะห์ภาพพื้นฐานทั่วไปจะมีขั้นตอนการวิเคราะห์โดยการตรวจจับรูปร่าง เข้าสู่ขั้นตอน color-based segmentation และแบ่งแยกสี threshold (Lohmann, 1998)

การถ่ายภาพเป็นเทคนิคที่ใช้ในการตรวจสอบสมบัติของอาหารในด้านต่างๆที่มีความสัมพันธ์กับโครงสร้างและลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ภาพที่ถ่ายจากกล้องดิจิตอล นำมาแปลผลข้อมูลที่ได้จากภาพในกล้องดิจิตอล ให้เป็นค่าตัวเลขที่สามารถนำไปใช้ในการคำนวณ ส่งผลให้สามารถนำมาใช้ในการอธิบายลักษณะโครงสร้างหรือลักษณะพื้นผิวของวัตถุดิบได้ในเชิงปริมาณ นอกจากนี้การถ่ายภาพและการวิเคราะห์ข้อมูล เชิงตัวเลขจากภาพ เป็นวิธีที่ไม่ทำลายตัวอย่างจึงเป็นประโยชน์ในการใช้ตรวจคุณภาพวัตถุดิบที่มีมูลค่า นักวิจัยที่ผ่านมา มีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ภาพของเนื้อสัตว์ มาใช้ในการเปรียบเทียบกับกรณีการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การวัดปริมาณไขมันแทรกในเนื้อด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพนั้นเป็นเทคนิคที่มีการพัฒนาขึ้นมาใช้เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการวัด และประเมินผลข้อมูลเชิงคุณภาพจากภาพถ่ายดิจิตอลให้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ จากภาพเนื้อจะพบว่าบริเวณที่เป็นไขมันแทรกจะมีสีขาว ส่วนบริเวณที่เป็นโปรตีนจะแสดงสีแดง โดยการประมวลผลภาพจะทำการแยกสีแตกต่างกันดังกล่าวออกจากกันได้ ทำให้ทราบค่าพื้นที่ของทั้งสองในเชิงตัวเลข สามารถคำนวณหาสัดส่วนระหว่างพื้นที่ของทั้งสองได้หรือสามารถหาค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรก (นิรุธ, 2553)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Huang และคณะ (2013) ศึกษาการทำนายระดับการแทรกของไขมันในเนื้อสันนอกหมู จำนวนตัวอย่าง 53 ตัวอย่าง โดยการใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบเส้น เปรียบเทียบกันระหว่าง wide line detector (WLD) และ gray-level co-occurrence matrix (GLCM) โดยอ้างอิงระดับการแทรกของไขมันในเนื้อหมูจากสองผู้เชี่ยวชาญจาก NPPC marbling standard พบว่าการวิเคราะห์แบบเส้นโดยวิธีการ WLD มีความเหมาะสมสำหรับเนื้อหมูมากกว่าวิธีการ GLCM

Pena และคณะ (2013) ศึกษานำเทคนิคการวิเคราะห์ภาพมาใช้ในการตรวจสอบการแทรกของไขมันของเนื้อสเต็ก rib eye ของเนื้อโคสามสายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ Charolais Limousin และ Retinta โดยจำนวนตัวอย่างเนื้อสายพันธุ์ละ 60 ชิ้น โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาพ Image-Pro Plus software แปลงภาพเป็น gray scale และกำหนดค่า threshold ที่ระดับค่าช่วง 0 ถึง 256 พร้อมทั้งวิเคราะห์ภาพเพื่อหาค่าพื้นที่ของไขมัน เปรียบเทียบกับระดับการแทรกของไขมันของ USDA และการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่าการแทรกของไขมันของเนื้อสเต็ก rib eye ของทั้งสายพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และพบว่าระดับการแทรกของไขมันของ USDA และการแทรกของไขมันโดยการวิเคราะห์ภาพ และการวิเคราะห์ทางเคมีมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pflanzer และ Felicio (2011) ศึกษาความชื้น ปริมาณไขมัน ระดับการแทรกของไขมัน และสีของกระดูกซี่โครงตัดจากส่วน Nellore steers ของเนื้อโค โดยใช้เนื้อส่วนซี่โครง จำนวน 60 ชิ้น ที่มีการแบ่งคุณภาพซากตามอายุฟันและความอุดมสมบูรณ์ของโค จากนั้นนำซากมาบ่มนาน 14 วันและทำการแช่แข็ง นำตัวอย่างขนาด 2.5 เซนติเมตรมาทำการวิเคราะห์ ค่าความชื้น ปริมาณไขมัน และค่าการแทรกของไขมัน โดยผู้ประเมิน 8 คน โดยพบว่า เมื่อโคมีอายุเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความชื้นลดลง มีปริมาณปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นแต่ไม่ส่งผลต่อสีของเนื้อ และค่าความสมบูรณ์ (fatness)เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าการแทรกของไขมันเพิ่มขึ้น

Chmiel และคณะ (2011) ศึกษานำเทคนิควิเคราะห์ภาพมาใช้ในการประเมินคุณภาพของเนื้อหมู โดยนำเนื้อหมู โดยนำเนื้อหมูที่มีลักษณะซีด เนื้อนิ่ม และมีน้ำเยิ้ม (Pale soft exudative, PSE) เปรียบเทียบกับเนื้อปกติ จำนวนตัวอย่าง 32 ชิ้น นำตัวอย่างเนื้อมาถ่ายภาพและวิเคราะห์ภาพ และวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า สี และความสว่าง (L *) ผลการวิเคราะห์พบว่า เนื้อทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ PSE มีค่าลดลง แต่ค่าการนำไฟฟ้า สี และความสว่าง (L *)การนำไฟฟ้า สี และความสว่าง (L *)มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อปกติ

Chen และ Qin (2008) ศึกษาการออกแบบวิธีการทำการตรวจสอบปริมาณของไขมันที่แทรกในเนื้อโดยใช้เทคนิค image segmentation เปรียบเทียบกับการตรวจสอบการให้คะแนนคุณภาพของการแทรกของไขมัน (marbling score) โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งพบว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพและคุณภาพของการแทรกของไขมันจากผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนนั้นมีความสัมพันธ์กัน

Jackman และคณะ (2008) ศึกษาการใช้เทคนิค computer vision ในการถ่ายภาพตัวอย่างเนื้อ จากนั้นวิเคราะห์ภาพโดยใช้โปรแกรม Matlab version 7 โดยคำนวณ surface texture ของภาพถ่าย และแบ่งเนื้อเป็น7 ระดับ ตามลักษณะการแทรกของไขมัน ผลการวิเคราะห์ภาพนำมาเปรียบเทียบกับกรณีการแบ่งระดับของเนื้อโดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นผู้ที่เชี่ยวชาญ พบว่าระดับการแทรกของไขมันที่ได้จากการใช้ผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยรวมยอมรับมีค่าความเชื่อมั่นที่ 88% และจากการวิเคราะห์ทั้งสองแบบมีค่าความเชื่อมั่นที่ 86% ซึ่งค่าสี และการแทรกของไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์บ่งบอกถึงคุณสมบัติทางเนื้อสัมผัสของเนื้อได้เป็นอย่างดี

Del Moral และคณะ (2007) ศึกษาความแตกต่างของกล้ามเนื้อและชนิดสัตว์ ต่อปริมาณ intramuscular connective tissue (IMCT) การทดลองได้ใช้สัตว์ตัวผู้ทั้งหมด 30 ตัว กล้ามเนื้อที่ใช้ในการทดลองคือ longissimus thoracis (LT) จากสุกรพันธุ์ลาจไวท์ โคพันธุ์ Rubia Gallega แกะ masseter (M) จากโคพันธุ์โกเบ triceps brachii (TB) จากแกะ pectoralis major (PM) จากนกพิราบ โดยใช้สีย้อม Sirius-red และ hematoxylin-eosin ในการย้อมชิ้นเนื้อที่ถูกตัดตามขวาง ถ่ายภาพด้วยกล้องวิดีโอและวิเคราะห์ภาพถ่าย โดยแสดงพื้นที่ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันภายในกล้ามเนื้อ และการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อผลการทดลองพบว่าสัดส่วนและพื้นที่ของ intramuscular connective tissue (IMCT) ระหว่างกล้ามเนื้อ และชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และขนาดของมัดกล้ามเนื้อที่

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมัดกล้ามเนื้อที่ล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (perimysium) จะมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกล้ามเนื้อ ($p < 0.01$)

Li และคณะ (2006) ศึกษาผลของการแทรกของไขมันต่อลักษณะคุณภาพเนื้อสัตว์และเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของกล้ามเนื้อสันนอก โดยการหาสมบัติทางเคมี เนื้อเยื่อ (histological) และทางกล (mechanical) ของเนื้อดิบกับเนื้อสุก พบว่า ไขมัน คอลลาเจน เส้นใยและค่าสูงสุดของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) กับการเพิ่มขึ้นของการแทรกของไขมันแต่ค่า cooking losses ค่าความสามารถในการละลายของคอลลาเจน ค่า Warner-Bratzler shear force (WBSF) และค่าขนาดของมัดกล้ามเนื้อที่ล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมัดกล้ามเนื้อที่ล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (perimysium) มีค่าลดลง ($P<0.05$)ซึ่งข้อมูลที่ได้นำไปปรับปรุงค่าความนุ่มของเนื้อ

Kim และ Lee (2003) ศึกษาผลของแบ่งเกรดคุณภาพของเนื้อโคพื้นเมืองพันธุ์ Hanwoo โดยใช้การแทรกของไขมันเปรียบเทียบกับสมบัติทางเคมี กายภาพและการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้โคเนื้อ 36 ตัว มาชำแหละและตรวจสอบ ผลการทดลองพบว่า เนื้อโคที่แบ่งได้ 3 เกรด มีพื้นที่หน้าตัด (Loin Eye Area) ความหนาของไขมันและเกรดผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) แต่พบว่าเกรดคุณภาพมีความสัมพันธ์กับค่าความชุ่มฉ่ำ (juiciness) ของเนื้อดังกล่าว

Shiranita และคณะ (2000) ศึกษาการคัดเกรดคุณภาพเนื้อจากการประมวลผลของภาพ โดยดำเนินการจัดระบบการคัดเกรดคุณภาพของเนื้อใช้แนวความคิดของ marbling score ด้วยการประมวลผลจากภาพ การวิเคราะห์คะแนน ซึ่งค่าการแทรกของไขมัน (marbling) บ่งชี้ถึงการกระจายตัวของไขมันในชิ้นเนื้อ rib-eye แบ่งระดับการแทรกของไขมันในเนื้อเป็น 12 เกรด โดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง fat-pixel patterna และ muscle-pixel patterna โดยวิธี three-layer neural network ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี multiple regression analysis

Wheeler และคณะ (1994) ศึกษาผลของระดับการแทรกของไขมัน (marbling)ของเนื้อโคพันธุ์Bos taurus และ Bos indicus ต่อค่าความพึงพอใจในรสชาติ (Palatability)ของเนื้อดังกล่าว โดยออกแบบการทดลองเพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการแทรกของไขมัน(marbling) และชนิดพันธุ์ (Bos taurus VS $\geq$1/4 indicus Bos) ต่อค่าความพึงพอใจในรสชาติ (Palatability)ของเนื้อสุก พบว่าแรงเฉือน (shear force) และความนุ่มของเนื้อวัวจาก Bos indicus มีค่าน้อยกว่า ($P<0.05$) กว่าเนื้อวัวจาก Bos taurus ซึ่งไม่คำนึงถึงคะแนน marbling ร้อยละของผลผลิต ผลิตภัณฑ์ลดลง ($P<0.05$) เมื่อคะแนน marbling เพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้เกี่ยวข้อง ($P\geq 0.05$) ต่อแรงเฉือน หรือความนุ่ม(tenderness) โดยจากข้อมูลระดับการแทรกของไขมันกับความพึงพอใจในรสชาติของเนื้อจากวัวทั้งสองสายพันธุ์มีความใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 วัตถุดิบ อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ตัวอย่างเนื้อโคที่ใช้ในการทดลองคือ เนื้อสันนอก (sirloin) และเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูก (rib eye) โดยเนื้อทั้งสองส่วนเป็นเนื้อที่ได้รับความนิยมมากในการนำมารับประทานโดยเฉพาะประกอบอาหารประเภทสเต็ก ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติมีการแบ่งเกรดคุณภาพเนื้อเป็น 5 ระดับ ได้แก่ เกรดดีเลิศ (prime) เกรดดีมาก (choice) เกรดดี (select) เกรดปานกลาง (commercial) และเกรดพอใช้ (utility) แต่ในการทดลองนี้มีการใช้เกณฑ์ของมกอช.ร่วมกับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านได้แก่ เจ้าหน้าที่ตัดแต่งเนื้อโคขุน เกษตรกรที่ผ่านการอบรมการตัดแต่งเนื้อโคขุน และนักวิชาการโดยเนื้อโคขุนจาก KU-beef ของสหกรณ์โคเนื้อมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จำกัด จังหวัดนครปฐม โดยมีการแบ่งเกรดคุณภาพเป็น 3 ช่วงระดับ ตามระดับไขมันแทรก ได้แก่ เกรดดีมาก (premium) เป็นเนื้อที่มีไขมันแทรกระดับ 5 เกรดปานกลาง (medium)ที่มีไขมันแทรกระดับ 4-3 และเกรดพอใช้ (slight) ที่มีไขมันแทรกระดับ 2-1 ตามลำดับ โดยมีการกำหนดความหนาของเนื้อสเต็ก 0.5-1 นิ้ว บรรจุถุงสุญญากาศ เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้ โดยใช้เวลาในการเก็บไม่นานเกิน 48 ชั่วโมงหลังจากรับวัตถุดิบมาจาก KU-beef

3.1.2 อุปกรณ์

1) ตู้อบลมร้อน (hot air oven) Memmert UM 400, Germany
2) เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge) Beckman Coulter, USA
3) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง Denver, USA
4) เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง Pioneer, USA
5) เครื่องวัดสี Minolta CR-400 Konica, Japan
6) เครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer) TA-XT plus, England
7) กล้องดิจิตอล NIKON D3100, Japan
8) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ
9) แหล่งกำเนิดแสง (หลอดLED ขนาดกว้าง×สูง ประมาณ 7×11.6 เซนติเมตร^2) มีกำลัง 5 วัตต์,China
10) กล่องสีดำทั้ง 6 ด้าน
11) ถุงพอลิเอทิลีน (Polyethylene bag)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12) ถ้วยอลูมิเนียม (Aluminum can)

13) ที่คีบ (Tong)

14) โถดูดความชื้น (Dessicator)

15) หลอดย่อยโปรตีน

16) อุปกรณ์ชุดวิเคราะห์โปรตีน

17) ชุดสกัดซอกซ์เล็ต (Soxhlet apparatus) พร้อมทิมเบิล (Thimble) และบีกเกอร์ไขมัน

18) กระดาษกรอง เบอร์ 4

19) เครื่องแก้วต่างๆ

3.1.3 สารเคมี

1) กรดซัลฟิวริก(Sulfuric acid, H_2SO_4)

2) กรดบอริก(Boric Acid, H_3BO_4)

3) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH)

4) กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochlolic acid, HCl)

5) คอปเปอร์ซัลเฟต(Copper sulfate,$CuSO_4.5H_2O$)

6) โพแทสเซียมซัลเฟต(Potassium sulfate, K_2SO_4)

7) ปิโตรเลียมอีเทอร์(Petroleum ether)

8) เมทิลเรด (Methyl red)

9) เมทิลีน บลู (Methylene blue)

3.2 วิธีการดำเนินงาน

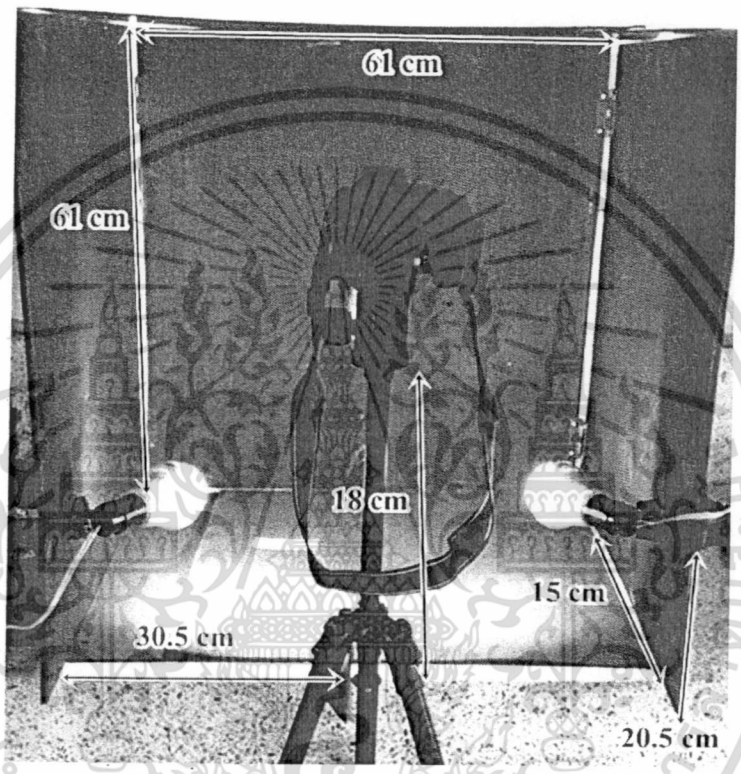
3.2.1 การตรวจสอบสัณฐานวิทยาของเนื้อโคขุน

3.2.1.1 การถ่ายภาพ

การถ่ายภาพตัวอย่างเนื้อสันนอก และเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูก ซึ่งดัดแปลงจาก Leelayuthsoontorn และThipayarat (2006) การกำหนดสภาวะในการถ่ายภาพตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 3.1 โดยถ่ายภาพตัวอย่างที่วางในกล่องสีดำทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ กล่องสีดำมีขนาดกว้วง×ยาว×สูง ประมาณ 61×61×61 เซนติเมตร^3 ความสูงของแหล่งกำเนิดแสงประมาณ 20.5 เซนติเมตร ระยะห่างของตัวอย่างและกล้องขนาดกว้าง×ยาว×สูง ประมาณ 15×30.5×18 เซนติเมตร^3 โดยจะใช้ระยะเดียวกันทุกภาพ ถ่ายภาพตัวอย่างเนื้อโดยใช้กล้องดิจิตอลNIKON (D3100, Japan) และแหล่งกำเนิดแสง หลอด light-emitting diode (LED) ขนาดกว้าง×สูง ประมาณ 7×11.6 เซนติเมตร^2 มีกำลัง 5 วัตต์ (YD-9106, China) จำนวน 2 หลอด นำตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 3.1.1 มาถ่ายภาพลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเนื้อโคขุน เก็บตัวอย่างภาพเป็น 24-bit RGB-color format เก็บภาพในนามสกุล .bmp format ให้มีขนาด 4608x3072 pixel จากนั้นนำภาพที่ได้มาแบ่งพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและไขมันโดยใช้โปรแกรม

เอกสารนี้ถือเป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Photoshop และเก็บภาพที่มีขนาด 500x500 pixel จากนั้นนำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสัดส่วนของไขมันและโปรตีนในเนื้อโดย การแปลงข้อมูลจากภาพเป็นตัวเลข (Numerical data) แสดงข้อมูลในรูปของค่าสี (สีขาว-ดำ) ปริมาณการแทรกและการกระจายของไขมัน โดยใช้วิธีการ Otsu's Thresholding ซึ่งเป็นการแบ่งส่วนต่างๆของภาพจากคุณสมบัติของความเข้มแสง (Chen et al., 2010) โดยใช้โปรแกรม Image J version 1.46r



ภาพที่ 3.1 Image analysis set-up

3.2.2 การตรวจสอบสมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโคขุน

นำเนื้อโคขุนที่ได้จากข้อ 3.2.1 มาศึกษาสมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อดังนี้

3.2.2.1 สมบัติเชิงกายภาพ

1) การวัดสี

วัดสี (color) โดยดัดแปลงวิธีการของ Ramirez และคณะ (2004) การวัดค่าสีเนื้อสันนอก และเนื้อสันกลางไม่ติดกระดูก โดยวัดทั้งหมด 5 ตำแหน่ง ตรงบริเวณหน้าตัดของชิ้นเนื้อด้วยเครื่องวัดสี (Minolta CR400, Japan) ในระบบ Hunter Lab จะให้ค่าสี L^* เป็นค่าความสว่าง (lightness) ค่าสี a^* เป็นค่าสีแดงและสีเขียว (redness/greeness) และค่าสี b^* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness/blueness)

เอกสารนี้จัดทำขึ้นไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การวิเคราะห์หาการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน

การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (cooking loss)โดยดัดแปลงจากวิธีของ Kim และ Lee (2003) นำตัวอย่างเนื้อสันนอก และเนื้อสันกลางไม่ติดกระดูก มาตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด กว้าง×ยาว×หนา ประมาณ 3×3×2 ซม^3 ชั่งน้ำหนักแต่ละชิ้นโดยบันทึกน้ำหนักเริ่มต้น นำใส่ในถุงพลาสติกพอลีเอทิลีน จากนั้นให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีและนำถุงที่บรรจุเนื้อมาทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำเนื้อออกจากถุงแล้วชั่งน้ำหนักและคำนวณหาร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนตามสมการที่ 1)

$$\text{ร้อยละการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน} = \left(\frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนต้ม-น้ำหนักตัวอย่างหลังต้ม}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนต้ม}}\right) \times 100 \quad 1)$$

3) ลักษณะเนื้อสัมผัส

วัดความแน่นเนื้อ (firmness) โดยดัดแปลงจากวิธีของ Ramirez และคณะ (2004) การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของเนื้อสันนอก และเนื้อสันกลางไม่ติดกระดูก โดยใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (TA-XT plus, England) โดยนำตัวอย่างมาตัดแต่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด กว้าง×ยาว×หนา ประมาณ 2×2×1 ซม^3 ใช้หัววัดแบบ knife blade probe โดยกำหนดการวัดค่าของเครื่องมือ ความเร็วของหัววัดที่เคลื่อนที่ลงมาก่อนสัมผัสตัวอย่าง (Pre-test speed) เท่ากับ 1.0 มิลลิเมตร/วินาทีความเร็วขณะวัดค่าตัวอย่าง (Test speed) เท่ากับ 5.0 มิลลิเมตร/วินาที ระยะทางที่ใช้ในการวัดค่าตัวอย่าง (distance) เท่ากับร้อยละ 75 วางตัวอย่างสำหรับทดสอบให้อยู่แนวตัดขวางเส้นใยกล้ามเนื้อเมื่อทำการทดสอบจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับเวลา ซึ่งนำมาหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้อธิบายเนื้อสัมผัสของอาหาร โดยค่าแรงสูงสุดที่อ่านได้เป็นค่าความแน่นเนื้อ แสดงหน่วยเป็นนิวตัน(N)

4) ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) ของเนื้อสันนอก และเนื้อสันกลางไม่ติดกระดูก โดยดัดแปลงวิธีการของ Hughes และคณะ (1997) นำตัวอย่างเนื้อบดละเอียดมาชั่งน้ำหนักประมาณ 10 กรัม นำใส่ในถุงพลาสติกพอลีเอทิลีน จากนั้นให้ความร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ทำให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำเนื้อห่อด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 นำตัวอย่างมาเหวี่ยงโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (Beckman Coulter, USA) โดยกำหนดความเร็วรอบ 9,000×g ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำเนื้อมาชั่งน้ำหนักและคำนวณหาร้อยละความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อตามสมการที่ 2) และ3)

$$\%\ \text{WHC} = 1 - \frac{T}{M} \times 100 \quad 2)$$

$$\%\ \text{WHC} = 1 - \frac{(B-A)}{M} \times 100 \quad 3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T = ปริมาณน้ำที่สูญเสีย
B = น้ำหนักตัวอย่างก่อนทดลอง
A = น้ำหนักตัวอย่างหลังหมุนเหวี่ยง
M = ปริมาณน้ำทั้งหมดในตัวอย่าง

3.2.2.2 องค์ประกอบทางเคมี

2.1) การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (moisture content) ตามวิธีการของ AOAC (2000) (รายละเอียดตามภาคผนวกที่ ข)

2.2) การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (protein content) และปริมาณไขมัน (lipid content) ตามวิธีการของ นิธิยา (2554) (รายละเอียดตามภาคผนวกที่ ข)

3.2.3 การวางแผนการทดลอง

เนื้อสันนอก (sirloin) มีระดับคุณภาพ 3 ช่วงระดับ ระดับ 10 ชิ้น จำนวนเนื้อส่วนดังกล่าวทั้งหมด 30 ชิ้น เนื้อซี่โครงไม่มีกระดูก (rib eye) มีระดับคุณภาพ 3 ช่วงระดับ ระดับ 10 ชิ้นจำนวนเนื้อส่วนดังกล่าวทั้งหมด 30 ชิ้น โดยทำการทดลองทั้งหมด 2 ซ้ำ วางแผนการทดลองทางสถิติแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ด้วยวิธี Completely Randomized Design (CRD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวอย่างด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) วิเคราะห์ผลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

3.2.4 การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของเนื้อโคขุน

3.2.4.1 การหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการวิเคราะห์ภาพและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุน

การหาความสัมพันธ์โดยการใช้โปรแกรม Excel 2007 ในการวิเคราะห์ข้อมูลการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการวิเคราะห์ภาพการแทรกไขมันและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุน โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพในข้อ 3.2.1 และข้อมูลจากการตรวจสอบสมบัติกายภาพและองค์ประกอบของเนื้อสันนอกและเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูกในข้อ 3.2.2 มาหาความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้ Pearson's correlations ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป หรือข้อมูล 2 ชุดขึ้นไป เรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient of correlation) จะใช้สัญญาลักษณ์ r แทนการบอกระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์ของตัวอย่าง โดยปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.00 ถึง 1.00

หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีความสัมพันธ์กัน สำหรับการพิจารณาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยทั่วไปอาจใช้เกณฑ์ (กัลยา, 2546) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหมาย +,- หน้าตัวเลขสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะบอกถึงทิศทางของความสัมพันธ์ โดยที่หาก

- ค่า r มีเครื่องหมาย - หมายถึง ตัวแปร 2 ตัวมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม(ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าต่ำ)
- ค่า r มีเครื่องหมาย + หมายถึง ตัวแปร 2 ตัวมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง อีกตัวหนึ่งจะมีค่าสูงไปด้วย)
- ค่า r เป็น 0 หมายถึง ตัวแปร 2 ตัวไม่มีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ 3.1 ระดับของความสัมพันธ์ของค่า r

ค่า r	ระดับของความสัมพันธ์
0.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
0.70 - 0.90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 - 0.70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 - 0.50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 - 0.30	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

ที่มา : กัลยา (2546)

นอกจากนี้เพื่อดูความแตกต่างทางสถิติโดยการวิเคราะห์ด้วยการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ผลทางสถิติ SPSS (Version 16) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยมีขั้นตอนในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังนี้

การป้อนข้อมูลในหน้าต่าง Data ของ SPSS โดยป้อนปัจจัยดังนี้ ข้อมูลการวิเคราะห์ภาพ คือ ค่าIM-Protein (%) และค่าIM-Lipid (%) สมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโคขุน ในแต่คอลัมน์ ทำการวิเคราะห์โดยให้คลิกที่ Analyze เลือก Correlate แล้วคลิกเลือก Bivariate จะมีหน้าต่างของ Bivariate Correlations ปรากฏขึ้นมาให้เลือกข้อมูลการวิเคราะห์ภาพและสมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโคขุน ไปยังหน้าต่าง Variables คลิกเลือกที่ Pearson และคลิก OK โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว

3.2.4.2) การหาความสัมพันธ์เบื้องต้นระหว่างข้อมูลการวิเคราะห์ภาพและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุน

การหาความสัมพันธ์เบื้องต้นโดยโปรแกรม Design-Expert version 7.0.0 (Stat-Ease, Minneapolis, MN) ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพและสมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโคขุน โดยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพในข้อ 3.2.1 และข้อมูลจากการตรวจสอบสมบัติกายภาพและองค์ประกอบของเนื้อสันนอกและเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูกในข้อ 3.2.2 มาหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้วิธีการแสดงผลตอบสนองแบบโครงร่างพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology; RSM) ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น กับค่าการตอบสนอง ซึ่งแสดงให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของผลตอบสนอง เมื่อระดับของปัจจัยเชิงปริมาณเปลี่ยนแปลง และสามารถหาระดับของปัจจัยเชิงปริมาณที่เหมาะสมที่ทำให้ผลตอบสนองที่ดีที่สุด หรือสามารถเลือกจุดที่เหมาะสมได้จากผลตอบสนองหลายๆค่าได้ (กัลยา, 2546) โดยการหาความสัมพันธ์นั้นต้องมีการวางแผนการทดลองที่เหมาะสม อย่างน้อยต้องมีตัวแปรอิสระ 2 ตัวขึ้นไปซึ่งเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ และตัวแปรตามต้องมีอย่างน้อย 1 ตัวขึ้นไปต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณด้วย ดังนั้นแผนการทดลองที่จะสามารถสร้างพื้นที่ผิวผลตอบได้ คือ Factorial Design (CRD, RBD) , Mixture Design, Central Composite Design (CCD) และPlackett & Burman Design เป็นต้น โดยตัวแปรที่ใช้มี 2 แบบ ดังนี้

- Input variable คือ ตัวแปรต้น หรือ ปัจจัยเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความเข้มข้นของปริมาณสาร

- Response variable คือ ค่าตอบสนอง เป็นค่าคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เช่น ความหนืด ความแข็ง คะแนนความชอบ ผลผลิต เป็นต้น

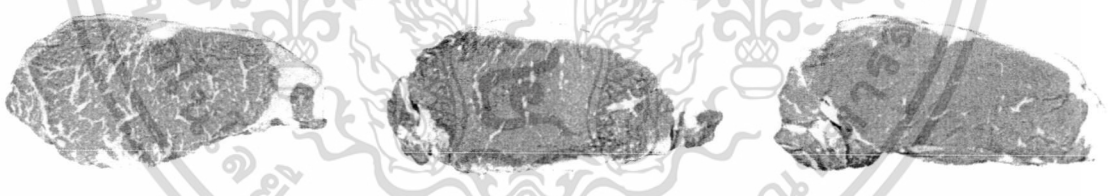
โดยจากการทดลองกำหนดตัวแปร ดังนี้ ตัวแปรอิสระ คือ ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนจากการวิเคราะห์ภาพ (IM-Protein) และค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันจากการวิเคราะห์ภาพ (IM-Lipid) และตัวแปรตาม คือ ค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันจากนั้นนำข้อมูลของตัวแปรอิสระ(Xi) และตัวแปรตาม (Yi) มาแบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม โดยอัตราส่วน 70 :30 โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มข้อมูลที่ใช้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Model) ต่อกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มข้อมูลที่ใช้ทดสอบสมการ ทำการสร้างเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Model) โดยโปรแกรม Design-Expert ซึ่งสมการที่ได้อาจจะมีทั้งความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง (Linear Model) ความสัมพันธ์ในเชิง Interaction (Interactin model) ความสัมพันธ์กันในเชิง Quadratic (Quadratic Model) หลังจากนั้นนำเอาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปสร้างเป็นภาพสามมิติ หรือที่เรียกว่า สร้างพื้นผิวผลตอบ (กัลยาณี, 2554) การทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Model) โดยนำข้อมูลในกลุ่มที่ 2 มาแทนค่าตัวแปรอิสระ (Xi) จะได้ค่าตัวแปรตาม (Yi) นำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับค่าตัวแปรตาม (Yi) ที่ได้จากค่าวัดจริง และหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ลักษณะภาพถ่าย

จากภาพที่ 4.1 แสดงภาพเนื้อสเต็กสันนอก (Sirloin) ซึ่งเป็นเนื้อที่อยู่ระหว่างส่วนขาหลังและเนื้อส่วนล่าง จะมีความเหนียวมากกว่าและมีไขมันในตัวเนื้อมากกว่าเนื้อสันใน และเนื้อสเต็กซี่โครงไม่กระดูก เป็นเนื้อส่วนต้นซี่โครงมาทำการตัดเอากระดูกและเอ็นรอบนอกออก เหลือแต่เนื้อส่วนกลาง โดยแบ่งเกรดคุณภาพของเนื้อทั้งสองเป็น 3 ช่วงระดับ ได้แก่ เกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) เกรดพอใช้ (slight) ดัดแปลงจาก U.S. Department of Agriculture มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งจากภาพที่ 4.1 พบว่าเกรดดีมาก (premium) ซึ่งมีการแทรกของไขมันสูงสามารถสังเกตเป็นลักษณะลายเส้นไขมันมันสีขาวแทรกตามเนื้อสีแดงในปริมาณสูงที่สุดดังภาพ(A),(D) เกรดปานกลาง (medium) มีการแทรกของไขมันปานกลางสามารถสังเกตจากลายเส้นไขมันสีขาวแทรกตามเนื้อสีแดงในปริมาณปานกลางดังภาพ(B), (E) และเกรดพอใช้ (slight) มีการแทรกของไขมันน้อยสามารถสังเกตได้จากลายเส้นไขมันสีขาวแทรกตามเนื้อสีแดงในปริมาณน้อยดังภาพ(C), (F) ซึ่งการแบ่งระดับคุณภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ให้คะแนนการแทรกของไขมัน 3 ท่าน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ตัดแต่งเนื้อโคขุน เกษตรกรที่ผ่านการอบรมการตัดแต่งเนื้อโคขุน และนักวิชาการ



(A) (B) (C)

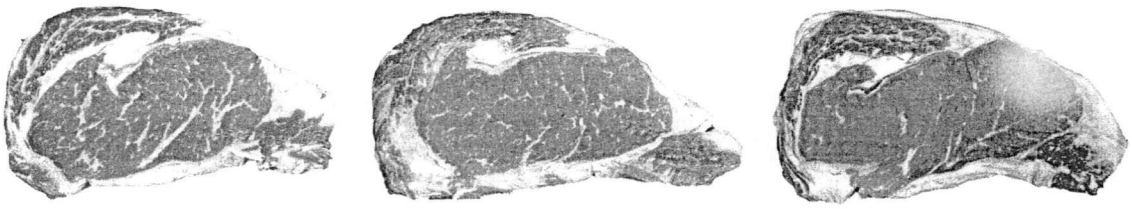
ภาพที่ 4.1 เนื้อสเต็กสันนอกที่เกรดคุณภาพ 3 เกรด

(A) แทนเกรดดีมาก (premium)

(B) แทนเกรดปานกลาง (medium)

(C) แทนเกรดพอใช้ (slight)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(A) (B) (C)

ภาพที่ 4.2 เนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ระดับคุณภาพ 3 ระดับ

(A) แทนระดับดีมาก (premium)

(B) แทนระดับปานกลาง (medium)

(C) แทนระดับพอใช้ (slight)

4.2 ผลของสมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อโคขุน

4.2.1 เนื้อสเต็กสันนอก

จากการทดลองวิเคราะห์หาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสันนอก (sirloin) ที่ระดับคุณภาพแตกต่างกัน คือ เกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสันนอก

Sample	Sirloin grade		
	Premium	Medium	Slight
Physical properties			
L^* (lightness)	41.06 ±5.32^{a}	44.07±3.94^{b}	44.03±3.79^{b}
a^* (+a redness/ -a greenness)	25.42±4.16^{c}	22.90±4.65^{b}	19.59±2.59^{a}
b^* (+b yellowness/-b blueness)	5.08±4.45^{b}	4.51±2.76^{b}	1.57±1.37^{a}
Cooking loss (%)	30.12±4.14^{a}	28.87±2.49^{a}	29.60±4.78^{a}
WHC (%)	93.47±2.55^{a}	94.32±3.97^{ab}	95.27±0.76^{c}
Firmness (N)	72.39±47.57^{a}	84.18±40.70^{a}	106.91±50.72^{b}
Chemical composition			
Moisture (%)	65.48±9.37^{a}	69.39±9.83^{b}	71.72±2.25^{b}
Protein (%)	22.13±2.82^{a}	24.80±3.07^{b}	28.77±4.40^{c}
Lipid (%)	31.13±7.46^{c}	21.41±4.45^{b}	18.87±7.32^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.2.1.1 สมบัติเชิงกายภาพ

1) สี

ผลการวิเคราะห์สีของเนื้อสเต็กสันนอกที่มีระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่ามีค่าความสว่าง (L^*) เนื้อสเต็กสันนอกของเกรดดีมาก (premium) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับเกรดอื่น *($P \leq 0.05$)* แต่เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าความสว่างของเท่ากับ 41.06 44.07 และ 44.03 ตามลำดับ ค่าสีแดง (a^*) ของเนื้อสเต็กสันนอกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($P \leq 0.05$)* มีค่าเท่ากับ 25.42 22.90 และ19.59 ตามลำดับ และค่าสีเหลือง (b^*) ของเนื้อสเต็กสันนอกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เกรดพอใช้ (slight) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับเกรดอื่น ($P \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 5.08 4.51 และ1.57 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.1 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับการแทรกของไขมันเพิ่มขึ้น โดยค่าสีแดงและค่าสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อมีระดับการแทรกของไขมันที่เพิ่มข้น โดยงานวิจัยของ Kim และLee (2003) รายงานว่าค่าการวัดสี (L^*, a^*, b^*) ของเนื้อสันนอกของโคพันธุ์ Hanwoo ที่เกรดคุณภาพ 3 เกรด พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าความสว่างของเนื้อมีค่าระหว่าง 38.46-39.57 ซึ่งเกรด 2 มีค่าสูงที่สุด ค่าสีแดงมีค่าระหว่าง 14.51-16.54 ค่าสีเหลืองมีค่าระหว่าง 2.73-3.30 ซึ่งค่าทั้งสองของเกรด 1 และ2 มีค่าสูงกว่าเกรด 3

2) การสูญเสียน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อสเต็กสันนอกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อสเต็กสันนอกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อสเต็กสันนอกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ 30.12 28.87และ29.60 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.1 จากการทดลองค่าการสูญเสียน้ำหนักควรมีแนวโน้มลดลงเมื่อมีระดับการแทรกของไขมันสูงขึ้น (Kim และLee, 2003) โดยค่าการสูญเสียน้ำหนักมีความสัมพันธ์กับโปรตีน เนื่องจากโปรตีนของเซลล์กล้ามเนื้อมีน้ำอยู่ เมื่อได้รับความร้อนโปรตีนในเนื้อสัตว์จะเสียสภาพธรรมชาติ ส่งผลให้โครงสร้างของโปรตีนเกิดการคลายตัวทำให้โปรตีนเกิดการหดตัว โดยขณะที่โปรตีนหดตัว น้ำในเนื้อก็จะถูกบีบออกมาทำให้เนื้อแห้งและมีน้ำหนักน้อยลงระหว่างหุงต้ม ชิ้นเนื้อจะหดตัวตามทางยาวและทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว้าง ถ้าใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส โปรตีนจะไม่มีการหดตัว แต่หากใช้ความร้อนสูงที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส โปรตีนก็จะหดตัว ซึ่งอุณหภูมิที่ยิ่งสูงขึ้นจะทำให้เส้นใยโปรตีนมีการหดตัวมากและแข็งมากขึ้น (Chmiel และคณะ, 2011 และ Jackman และคณะ, 2010)

3) ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสเต็กสันนอกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อสเต็กสันนอกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ 93.47 94.32 และ95.27 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.1จากการทดลองค่าความสามารถในการอุ้มน้ำลดลงเมื่อมีระดับการแทรกของไขมันสูงขึ้น เนื่องจากโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นสารประกอบที่มีความเป็นประจุสูง ซึ่งทำให้โปรตีนมีความสามารถในการจับโมเลกุลของน้ำไว้ได้อย่างดี (กรมปศุสัตว์, 2553) และเมื่อกล้ามเนื้อเกิดการแข็งตัวขึ้นนั้น เนื้อจะมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้น จึงเท่ากับว่าได้เพิ่มประจุขั้วลบให้สูงขึ้นไปด้วยและประจุลบเหล่านี้จะไป neutralize ประจุขั้วบวกของโปรตีน เมื่อเนื้อนั้นอยู่ในสภาวะเป็น isoelectric point ทำให้โมเลกุลของน้ำที่ถูกจับไว้เดิมนั้นหลุดออกเป็นอิสระ ส่งผลให้เนื้อมีความสามารถในการจับน้ำต่ำ (Hadorn และคณะ, 2008 และ Li และคณะ, 2006)

4) ความแน่นเนื้อ

ผลการวิเคราะห์ความแน่นเนื้อของเนื้อสเต็กสันนอกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ค่าความแน่นเนื้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความแน่นเนื้อในเนื้อสเต็กสันนอกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ 72.39 84.18 และ106.91 นิวตัน ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.1 ค่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับการแทรกของไขมันเพิ่มข้น โดยไขมันแทรกเป็นปัจจัยที่สำคัญหนึ่งที่มีผลต่อค่าความแน่นเนื้อ (Park *et al.*, 2000) ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim และLee (2003) รายงานว่าค่าความแน่นเนื้อของเนื้อส่วนสันนอกโคสายพันธุ์เกาหลี (Hanwoo) เกรด 1 และเกรด 2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เกรด 3 มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับเกรดอื่น โดยค่าความแน่นเนื้อของเนื้อส่วนสันนอกโคสายพันธุ์เกาหลี (Hanwoo) ดังกล่าว มีค่าระหว่าง 1.70-2.10 ซึ่งค่าความแน่นเนื้อและไขมันแทรกในเนื้อมีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ หากมีปริมาณการแทรกของไขมันในกล้ามเนื้อสูงค่าความแน่นเนื้อจะมีค่าลดลง

4.2.1.2 องค์ประกอบทางเคมี

1) ความชื้น

ผลการวิเคราะห์ความชื้นของเนื้อสเต็กสันนอกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ค่าปริมาณความชื้นในแต่ละระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความชื้นในเนื้อสเต็กสันนอกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ 65.48 69.39 และ71.72 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.1 โดยค่าความชื้นลดลงเมื่อมีระดับการแทรกของไขมันสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ เสาวลักษณ์ (2555) พบว่า เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นจาก 4.8% เป็น 39% ปริมาณความชื้นลดลงจาก72% เป็น 45.6% ในทางตรงกันข้ามระดับโปรตีนค่อนข้างคงที่ประมาณ 18% เมื่อปริมาณไขมันอยู่ในระดับต่ำ และปริมาณโปรตีนลดลงอย่างชัดเจนเมื่อปริมาณไขมันในระดับสูงขึ้น

2) โปรตีน

ผลการวิเคราะห์โปรตีนของเนื้อสเต็กสันนอกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ปริมาณโปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณโปรตีนในเนื้อสเต็กของของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ 22.13 24.80 และ28.77 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.1 ซึ่งจากผลการทดลองแสดงว่าค่าปริมาณโปรตีนในเนื้อสเต็กนั้นจะมีแนวโน้มลดลง เมื่อระดับการแทรกของไขมันสูงขึ้น โดยค่าโปรตีนในเนื้อนั้นมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (cooking loss) ความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าความชื้น ซึ่งโปรตีนนั้นเป็นส่วนของกล้ามเนื้อของสัตว์ เป็นองค์ประกอบของเส้นใยกล้ามเนื้อเกี่ยวข้องกับการยืดและหดตัวของกล้ามเนื้อ (กรมปศุสัตว์, 2553) นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ส่งการเคลื่อนไหวจากการหดตัวของโปรตีนเส้นใยย่อยไปยังโครงร่างของร่างกาย (Warriss, 2010)

3) ไขมัน

ผลการวิเคราะห์ไขมันของเนื้อสเต็กสันนอกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ปริมาณไขมัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยปริมาณไขมันในเนื้อสเต็กสันนอกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ31.13 21.41 และ18.87 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.1 โดยปริมาณไขมันมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับการแทรกของไขมัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bruns และคณะ (2004) รายงานว่าจากการศึกษาปริมาณไขมันในเนื้อสเต็กส่วน M. longissimus dorsi พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยระดับที่ไขมันแทรกปานกลาง (moderate) มีปริมาณไขมันสูงประมาณ 8.2% แต่ในระดับที่ไขมันแทรกต่ำ (slight) พบปริมาณไขมันประมาณ 2.5%

4.1.2 เนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

จากการทดลองวิเคราะห์หาสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ rib eye ที่ระดับคุณภาพแตกต่างกัน คือ เกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) แสดงดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสันนอก

Sample	Rib Eye grade		
	Premium	Medium	Slight
Physical properties			
L^* (lightness)	46.32±4.37^{c}	42.78±3.89^{b}	38.47±6.04^{a}
a^* (+a redness/ -a greenness)	21.84±2.77^{a}	24.16±2.99^{b}	23.89±2.48^{c}
b^*(+b yellowness/-b blueness)	3.50±1.37^{b}	3.11±1.32^{b}	2.24±3.94^{a}
Cooking loss (%)	23.74±4.63^{a}	26.10±4.06^{b}	28.77±4.53^{c}
WHC (%)	91.34±1.65^{a}	93.76±0.74^{b}	94.45±0.55^{c}
Firmness (N)	71.08±34.31^{a}	78.45±55.40^{a}	111.51±47.82^{b}
Chemical composition			
Moisture (%)	55.19±5.60^{a}	64.99±2.20^{b}	67.39±3.37^{c}
Protein (%)	20.87±4.40^{a}	24.06±2.88^{b}	26.19±3.31^{c}
Lipid (%)	44.78±6.37^{c}	31.66±6.00^{b}	26.24±4.44^{a}

หมายเหตุ ^{a,b,c} หมายถึง ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.2.2.1 สมบัติเชิงกายภาพ

1) สี

ผลการวิเคราะห์ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่ามีค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)ค่าสีของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) โดยความสว่างเท่ากับ 46.32 42.78 และ38.47 ตามลำดับ ค่าสีแดงเท่ากับ 21.84 24.16 และ23.89 ตามลำดับ ค่าสีเหลืองเท่ากับ 3.50 3.11 และ 2.24 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.2 จากผลการทดลองค่าความสว่างและค่าสีเหลืองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับการแทรกของไขมันเพิ่มข้น แต่ค่าค่าสีแดง มีค่าลดลงเมื่อระดับการแทรกของไขมันเพิ่มขึ้น เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อโคที่มีระดับคะแนนไขมันแทรกสูงมีผลทำให้ทั้งสองค่าสูงขึ้น เนื่องจากค่าความสว่างเป็นค่าที่ได้จากการสะท้อนของแสงที่ตกลงบนผิวเนื้อซึ่งชิ้นเนื้อที่มีปริมาณไขมันแทรกสูงแสงที่ตกลงมาย่อมสะท้อนไปได้มากกว่าและค่า b^* มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสีของไขมันในเนื้อ (Pakula และ Stemminger, 2012)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอดคล้องกับงานวิจัยของ มาลัย (2546) ที่มีการวัดค่าสีเนื้อในรูปค่าสีเนื้อในรูปค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) พบว่าที่ระดับคะแนนไขมันแทรกสูงกว่า เนื้อจะมีค่า L^* และค่า b^* สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) นอกจากนี้ Pflanzer และคณะ (2011) รายงานว่าจากการแบ่งเกรดสเต็กเป็น 5 เกรด ซึ่งพบว่าระดับการแทรกของไขมันมีผลต่อความสว่าง (L^*) ระดับไขมันที่ 2 มีค่าความสว่างต่ำกว่าระดับไขมันที่ 3 ในเนื้อสเต็กส่วน rib eye

2) การสูญเสียน้ำหนัก

ผลการวิเคราะห์การสูญเสียน้ำหนักของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ค่าการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ 23.74 26.10 และ28.77 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.2 จากการทดลองค่าการสูญเสียน้ำหนักมีแนวโน้มลดลง เมื่อมีระดับการแทรกของไขมันสูงขึ้น (Kim และLee, 2003) เนื่องจากเส้นใยโปรตีนของเซลล์กล้ามเนื้อมีน้ำอยู่ เมื่อได้รับความร้อนโปรตีนในเนื้อจะเสียสภาพธรรมชาติ โดยโครงสร้างของโปรตีนมีการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความร้อน ค่าพีเอช เป็นต้น ซึ่งทำลายพันธะที่ทำให้เกิดการยึดเกาะของให้โมเลกุลเป็นโครงสร้างต่างๆ แต่ไม่ทำลายพันธะเปปไทด์ภายในโมเลกุลของโปรตีน (Aaslyng และคณะ, 2003) หากอุณหภูมิที่สูงขึ้นเส้นใยโปรตีนก็จะยิ่งหดตัวมากและแข็งมากขึ้น ขณะที่โปรตีนหดตัว น้ำในเนื้อก็จะถูกบีบออกมาทำให้เนื้อแห้งและมีน้ำหนักน้อยลงระหว่างหุงต้ม (Chmiel และคณะ, 2011 และ Jackman และคณะ, 2010) ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ มาลัย (2546) พบว่า เนื้อโคที่มีระดับคะแนนไขมันแทรกสูงส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการทำให้สุกต่ำและเนื้อนุ่มเนื่องจากคุณสมบัติของไขมันจะป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากโปรตีนของเนื้อระหว่างการทำให้สุกทำให้ชิ้นเนื้อยังคงความนุ่มและความชุ่มฉ่ำได้

3) ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยความสามารถในการอุ้มน้ำในเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ 91.34 93.76 และ94.45 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.2 ค่าลดลงเมื่อมีระดับการแทรกของไขมันสูงขึ้น (Warriss, 2010) เนื่องจากโปรตีนโมเลกุลจะมีความเป็นประจุสูง เมื่ออยู่ในสภาวะที่ค่าพีเอชทำให้ประจุสุทธิรวมของกรดอะมิโนในเนื้อมีค่าเป็นศูนย์ เรียกว่าจุด isoelectric point (pI) ดังนั้นจึงไม่มีแรงผลักกันระหว่างโมเลกุลโปรตีนทำให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ (สัญชัย, 2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ความแน่นเนื้อ

ผลการวิเคราะห์ความแน่นเนื้อของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ค่าความแน่นเนื้อในเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ 71.08 78.45 และ111.51 นิวตัน ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.2 จากผลการทดลองค่าความแน่นเนื้อของเกรดดีมาก (premium) และเกรดดีมาก (premium) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ค่าความแน่นเนื้อเกรดพอใช้ (slight) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับเกรดอื่น($P\leq0.05$) ค่าความแน่นเนื้อมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับการแทรกของไขมันเพิ่มข้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sarries และ Beriain (2006) รายงานว่า ค่าของระดับไขมันแทรกในเนื้อมีค่าสัมพันธ์กับค่าความแน่นเนื้อในเชิงลบ โดยการเพิ่มขึ้นของระดับการแทรกไขมันส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อลดลง และมีค่าความสัมพันธ์กับค่าคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านความนุ่มและชุ่มฉ่ำในเชิงบวก

4.2.2.1 องค์ประกอบทางเคมี

1) ความชื้น

ผลการวิเคราะห์ความชื้นของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ค่าปริมาณความชื้นในแต่ละระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยค่าความชื้นในเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ 55.19 64.99 และ67.39 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.2 โดยค่าความชื้นลดลงเมื่อมีระดับการแทรกของไขมันสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pflanzer และคณะ (2011) รายงานว่า ไขมันมีผลต่อปริมาณความชื้นของเนื้อในแต่ละระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยเนื้อที่มีไขมันระดับ 3 มีปริมาณความชื้น (71.1%) ต่ำกว่าความชื้นของเนื้อที่มีไขมันระดับ 2 (72.3%) ปกติความชื้นของเนื้อมีค่าประมาณ 50-71% (เยาวลักษณ์, 2536) ซึ่งระดับไขมันและความชื้นมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน ถ้าพบปริมาณไขมันสูงในเนื้อปริมาณความชื้นจะมีค่าต่ำเนื่องจากค่าความชื้นของเนื้อนั้นมาจากการโมเลกุลของน้ำหลุดออกมาจากโครงสร้างของโปรตีนเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งทำให้เนื้อมีลักษณะแห้งและน้ำหนักน้อยลง (Kim และ Lee, 2003)

2) โปรตีน

ผลการวิเคราะห์โปรตีนของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ปริมาณโปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) โดยปริมาณโปรตีนในเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ 20.8724.06 และ26.19 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.2 ซึ่งจากผลการทดลองแสดงว่า ค่าปริมาณโปรตีนในเนื้อสเต็กมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับการแทรกของไขมันสูงขึ้น โดยคุณสมบัติโปรตีนมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับสี รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ และความสามารถในการดูดหรืออุ้มน้ำที่เติมจากภายนอกในกระบวนการแปรรูป (จุฑารัตน์, 2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ไขมัน

ผลการวิเคราะห์ไขมันของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน พบว่า ปริมาณไขมันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P \leq 0.05$)โดยปริมาณไขมันในเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกของเกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) มีค่าเท่ากับ 44.78 31.66 และ26.24 % ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.2 ปริมาณไขมันมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับการแทรกของไขมัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pflanzer และคณะ (2011) รายงานว่า ระดับไขมันมีผลต่อปริมาณไขมัน ไขมันในเนื้อระดับ 3 มีปริมาณของไขมันสูงกว่า (5.7%) ไขมันในเนื้อระดับ 2 ที่ค่าปริมาณไขมันเท่ากับ 4.2%

4.2.3 ผลการเปรียบเทียบสมบัติกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสเต็กสันนอก (sirloin) และเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก (rib eye)

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบสมบัติกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสันนอก (sirloin) และเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูก (rib eye)ที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน คือ เกรดดีมาก (premium) เกรดปานกลาง (medium) และเกรดพอใช้ (slight) แสดงดังตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2 พบว่า ที่ระดับเกรดดีมาก (premium) และเกรดพอใช้ (slight) ของเนื้อทั้งสองตำแหน่งมีค่าสีโดยความสว่าง(L^*) ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความชื้น และปริมาณโปรตีนของเนื้อสันนอกมีค่าสูงกว่าเนื้อ rib eye แต่ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) ความแน่นเนื้อ และปริมาณไขมันของเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูกสูงกว่าเนื้อสันนอก เกรดปานกลาง (medium) ของเนื้อทั้งสองตำแหน่งมีค่าสีโดยความสว่าง (L^*) ค่าสีเหลือง (b^*) ค่าการสูญเสียน้ำหนัก ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความแน่นเนื้อ ความชื้น และปริมาณโปรตีนของเนื้อสันนอกมีค่าสูงกว่าเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูก แต่ค่าสีแดง (a^*) และปริมาณไขมันของเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูกสูงกว่าเนื้อสันนอก เนื่องจากเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูกเป็นเนื้อที่อยู่ในส่วนของเนื้อซี่โครงซึ่งเป็นตำแหน่งเนื้อที่โคมีการเคลื่อนไหวน้อยกว่าตำแหน่งของเนื้อสันนอก และเมื่อได้รับอาหารพลังงานสูงเป็นระยะเวลานานทำให้พลังงานที่เหลือจากการนำไปใช้ในการเคลื่อนไหวไปสะสมในรูปไขมันที่แทรกของตามกล้ามเนื้อ ซึ่งจะทำให้ปริมาณไขมันกระจายเพิ่มมากกว่าในเนื้อส่วนต่างๆ โดยการสะสมของไขมันแตกต่างกันตามตำแหน่งของการสะสมที่จุดต่างๆ โดยเนื้อเยื่อไขมันที่มีการสะสมของไขมันปริมาณมากจะมีขนาดเซลล์ใหญ่ เช่น บริเวณใต้ผิวหนัง หรือก้อนกล้ามเนื้อ โดยสัดส่วนของไขมันเพิ่มขึ้นทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันและน้ำลดลง (จุฑารัตน์, 2539 และ Seideman และคณะ, 1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายสมบัติเชิงกายภาพและเคมีของเนื้อโคขุน

4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการวิเคราะห์ภาพการแทรกไขมันและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อโคขุน

4.3.1.1 เนื้อสเต็กสันนอก

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการวิเคราะห์ภาพการแทรกไขมันและสมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสันนอกโดยใช้ Pearson's correlations ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.3

จากตารางที่ 4.3 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพเนื้อสเต็กสันนอกประกอบด้วยโปรตีน (IM-protein) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับ ค่าสีแดง(P-a^*) การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (P-Cooking loss) ความแน่นเนื้อ (P-Firmness) และปริมาณโปรตีน(C-Protein) ในขณะที่ความสัมพันธ์กับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ(P-WHC) และความชื้น (C-Moisture) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลาง แต่ IM-โปรตีนมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับ IM-ไขมัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.987 และมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับ ค่าความสว่าง(P-L^*) ค่าสีเหลือง(P-b^*) และปริมาณไขมัน (C-Lipid)

ปริมาณไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ(IM-Lipid) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับ ค่าความสว่าง ค่าสีเหลือง และปริมาณไขมัน โดยขณะที่ค่าสีแดง การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน ความแน่นเนื้อ และปริมาณโปรตีนมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับ IM-ไขมัน นอกจากนี้มีความสัมพันธ์ในเชิงลบในระดับปานกลางกับ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและความชื้น

ค่าความสว่าง(P-L^*) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับ ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง และปริมาณไขมัน แต่ในทางกลับกันมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับ การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน และปริมาณโปรตีนโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.921 และ 0.939 ตามลำดับ ในขณะที่มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ความแน่นเนื้อ และความชื้น

ค่าสีแดง(P-a^*) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับ ค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณโปรตีนโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.98 และ 0.961 ตามลำดับ โดยมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน และค่าความชื้น นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางกับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ในทางตรงข้ามกันมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับค่าสีเหลือง และปริมาณไขมัน

ค่าสีเหลือง(P-b^*) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับ ปริมาณไขมันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.919 ในขณะที่มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับ ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน และค่าความชื้นโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.972 และ 0.923

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับ ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความแน่นเนื้อ และปริมาณโปรตีน

การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (P-Cooking loss) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับ ความสามารถในการอุ้มน้ำ และความชื้นโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.912 และ 0.933 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณโปรตีน ในทางตรงข้ามมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับปริมาณไขมัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.963

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (P-WHC) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับ ค่าความชื้นโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.859 และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางกับค่าความแน่นเนื้อ และปริมาณโปรตีน ในทางตรงข้ามมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับปริมาณไขมันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.817

ความแน่นเนื้อ (P-Firmness) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับปริมาณโปรตีนโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.982 และมีความสัมพันธ์เชิงในนระดับสูงกับค่าความชื้น โดยในทางตรงข้ามมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับปริมาณไขมันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.910

ความชื้น (C-Moisture) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับปริมาณโปรตีนโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.844 โดยในทางตรงข้ามมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับปริมาณไขมันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.880 และปริมาณโปรตีน(C-Protein) มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับปริมาณไขมันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.953

4.3.1.2 เนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการวิเคราะห์ภาพการแทรกไขมันและสมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูกโดยใช้ Pearson's correlations ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.4

จากตารางที่ 4.4 พบว่า การวิเคราะห์ข้อมูลจากภาพเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกประกอบด้วยโปรตีน (IM-protein) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับ ค่าสีแดง(P-a^*) การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน (P-Cooking loss) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ(P-WHC) ความชื้น (C-Moisture) และปริมาณโปรตีน(C-Protein) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.984 0.947 0.990 0.992 และ 0.932 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับความแน่นเนื้อ (P-Firmness) ในทางตรงข้าม IM-โปรตีนมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับ IM-ไขมัน ค่าความสว่าง(P-L^*) และปริมาณไขมัน (C-Lipid) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.999 0.916 และ 0.980 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับ ค่าสีเหลือง(P-b^*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความสว่าง (P-L^*) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับปริมาณไขมัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.936 และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับค่าสีเหลือง แต่ในทางตรงข้ามมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับ ค่าสีแดง การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ความชื้นและปริมาณโปรตีนโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.952 0.944 0.918 0.911 และ 0.985 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับความแน่นเนื้อ

ค่าสีแดง (P-a^*) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับ ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความชื้น และปริมาณโปรตีนโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.967 0.975 0.977 0.964 และ 0.964 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับค่าความแน่นเนื้อ นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับปริมาณไขมัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.994 และมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับค่าสีเหลือง

ค่าสีเหลือง(P-b^*) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับปริมาณไขมัน ในขณะที่มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับความแน่นเนื้อ และปริมาณโปรตีน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.925 และ 0.902 ตามลำดับ และค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน ความสามารถในการอุ้มน้ำ และค่าความชื้นมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าสีเหลืองในระดับสูง

การสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน (P-Cooking loss) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับ ความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความแน่นเนื้อ ความชื้น และปริมาณโปรตีน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.939 0.916 0.952 และ 0.956 ตามลำดับ และในทางตรงข้ามการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อนมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับปริมาณไขมัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.966

ความสามารถในการอุ้มน้ำ (P-WHC) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับค่าความชื้น และปริมาณโปรตีนโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.994 และ 0.926 ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับค่าความแน่นเนื้อ โดยในทางตรงข้ามมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับปริมาณไขมันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.965

ความแน่นเนื้อ (P-Firmness) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับปริมาณโปรตีนโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.915 และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับค่าความชื้น โดยในทางตรงข้ามมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับปริมาณไขมัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.855

ความชื้น (C-Moisture) มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับปริมาณโปรตีนโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.922 โดยในทางตรงข้ามมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับปริมาณไขมันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.974 และปริมาณโปรตีน(C-Protein) มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับปริมาณไขมันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.954

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากการวิเคราะห์ภาพและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อสันนอก

Value	IM-Protein (%)	IM-Lipid (%)	P-*L**	P-*a**	P-*b**	P-Cooking loss (%)	P-WHC (%)	P-Firmness (%)	C-Moisture (%)	C-Protein (%)	C-Lipid (%)
IM-Protein (%)	1										
IM-Lipid (%)	-0.987**	1									
P-*L**	-0.855**	0.880**	1								
P-*a**	0.768**	-0.783**	-0.891**	1							
P-*b**	-0.740**	0.768**	0.897**	-0.744**	1						
P-Cooking loss (%)	0.743**	-0.772**	-0.921**	0.795**	-0.972**	1					
P-WHC (%)	0.556**	-0.589**	-0.745**	0.542**	-0.868**	0.912**	1				
P-Firmness (%)	0.759**	-0.772**	-0.900**	0.98**	-0.760**	0.813**	0.551**	1			
C-Moisture (%)	0.647**	-0.676**	-0.835**	0.768**	-0.923**	0.933**	0.859**	0.765**	1		
C-Protein(%)	0.764**	-0.783**	-0.939**	0.961**	-0.845**	0.893**	0.676**	0.982**	0.844**	1	
C-Lipid (%)	-0.826**	0.851**	0.971**	-0.897**	0.919**	-0.963**	-0.817**	-0.910**	-0.880**	-0.953**	1

หมายเหตุ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

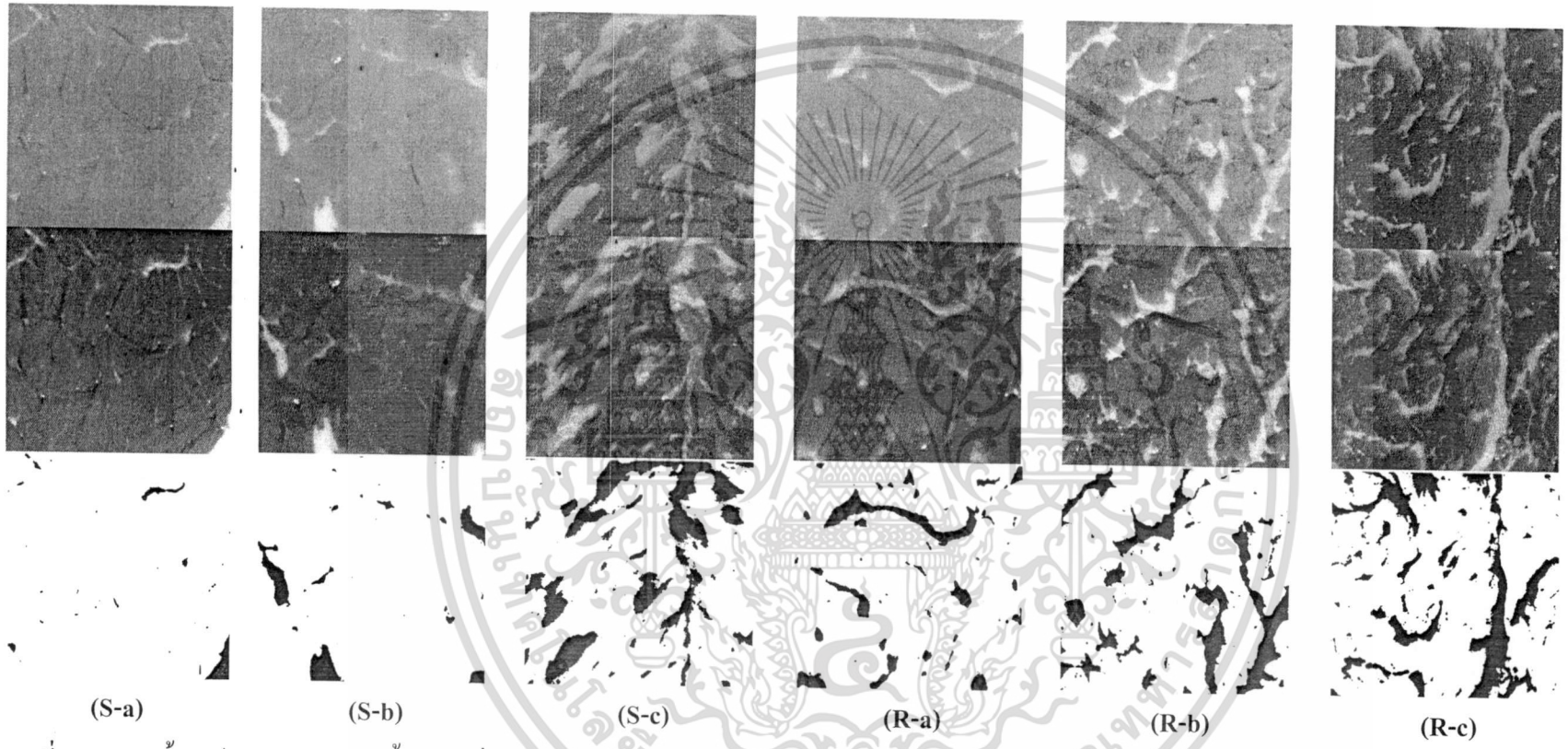
IM = ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ P = ค่าสมบัติเชิงกายภาพ C = ค่าองค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากการวิเคราะห์ภาพและสมบัติเชิงกายภาพเคมีของเนื้อซี่โครงไม่มีกระดูก

Value	IM-Protein (%)	IM-Lipid (%)	P-*L**	P-*a**	P-*b**	P-Cooking loss (%)	P-WHC (%)	P-Firmness (%)	C-Moisture (%)	C-Protein (%)	C-Lipid (%)
IM-Protein (%)	1										
IM-Lipid (%)	-0.999**	1									
P-*L**	-0.916**	0.918**	1								
P-*a**	0.984**	-0.983**	-0.952**	1							
P-*b**	-0.744**	0.739**	0.900**	-0.800**	1						
P-Cooking loss (%)	0.947**	-0.945**	-0.944**	0.967**	-0.833**	1					
P-WHC (%)	0.990**	-0.992**	-0.918**	0.975**	-0.727**	0.939**	1				
P-Firmness (%)	0.789**	-0.784**	-0.891**	0.851**	-0.925**	0.916**	0.763**	1			
C-Moisture (%)	0.992**	-0.991**	-0.911**	0.977**	-0.733**	0.952**	0.994**	0.785**	1		
C-Protein(%)	0.932**	-0.932**	-0.985**	0.964**	-0.902**	0.956**	0.926**	0.915**	0.922**	1	
C-Lipid (%)	-0.980**	0.976**	0.936**	-0.994**	0.794**	-0.966**	-0.965**	-0.855**	-0.974**	-0.954**	1

หมายเหตุ ** ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.01$)

IM = ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ P = ค่าสมบัติเชิงกายภาพ C = ค่าองค์ประกอบทางเคมี



ภาพที่ 4.3 ภาพเนื้อสเต็กสันนอกและเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกจากการวิเคราะห์ภาพ

S-a = เนื้อสเต็กสันนอกที่เกรดดีมาก (premium)

S-b = เนื้อสเต็กสันนอกที่เกรดปานกลาง (medium)

S-c = เนื้อสเต็กสันนอกที่เกรดพอใช้ (slight)

R-a = เนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่เกรดดีมาก (premium)

R-b = เนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่เกรดปานกลาง (medium)

R-c = เนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่เกรดพอใช้ (slight)

4.3.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นโดยใช้วิธีพื้นผิวผลตอบสนอง (Response surface method) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรผลตอบและตัวแปรอิสระโดยโปรแกรม Design-Expert version 7.0.0 (Stat-Ease, Minneapolis, MN) จากการทดลองใช้เทคนิค Central Composite Design มีกลุ่มการทดลอง 9 กลุ่ม โดยกำหนดตัวแปร ดังนี้ ตัวแปรอิสระ(Xi) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนจากการวิเคราะห์ภาพ (IM-Protein) และค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันจากการวิเคราะห์ภาพ (IM-Lipid) และตัวแปรตาม (Yi) คือ ค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลือง ค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ ค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมัน จากนั้นนำข้อมูลของตัวแปรอิสระและตัวแปรตามมาแบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม โดยอัตราส่วน 70 :30 โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มข้อมูลที่ใช้สร้างสมการ ต่อกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มข้อมูลที่ใช้ทดสอบสมการ ให้แสดงแบบจำลองเป็นสมการทั้งหมด 3 รูปแบบ (กัลยาณี , 2554) ดังนี้

1. สมการเชิงเส้นตรง (Linear Model)

$$Y = a_0 + a_1 x_1 + e$$

2. สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ (2 Factorial Interaction Model)

$$Y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_{12} x_1 x_2 + e$$

3. สมการกำลังสอง (Quadratic Model)

$$Y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_{11} x_1^2 + a_{22} x_2^2 + e$$

โดยเกณฑ์ในการเลือกสมการที่เหมาะสม คือ เลือกสมการที่มีค่า R-squared สูงที่สุด เนื่องจากค่าดังกล่าวบอกถึงสัมพันธ์ของข้อมูล 2 ชุด ค่า x, y มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง โดยปกติจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 ถึง 1.00

4.3.2.1 เนื้อสเต็กสันนอก

1) สมบัติทางกายภาพ

1.1) ความสว่าง

ตารางที่ 4.6 สมการหาค่าความสว่างทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = 28.9140 + (0.033639 * X_1) + (1.0890 * X_2)$	0.9454	1.01
cubic	$Y = -7.66171 + (0.3851 * X_1) + (0.5619 * X_2) + (0.0117 * (X_1 * X_2))$	0.9470	1.00
quadratic	$Y = -2500.581 + (55.4818 * X_1) + (18.0157 * X_2) - (0.21891 * (X_1 * X_2)) - (0.3015 * X_1^2) + (0.090566 * X_2^2)$	0.9558	0.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.6 แสดงค่าสมการหาค่าความสว่าง (L^*) ของเนื้อสเต็กสันนอกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.9454 0.9470 และ 0.9558 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 1.01 1.01 และ 0.92 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าความสว่าง คือ สมการกำลังสอง (quadratic model) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

1.2) สีแดง

ตารางที่ 4.7 สมการหาค่าสีแดงทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = -577.6637 + (6.10283 * X_1) + (5.31061 * X_2)$	0.7709	2.51
cubic	$Y = -212.69984 + (2.5960 * X_1) + (10.5695 * X_2) - (0.1170 * (X_1*X_2))$	0.8747	1.87
quadratic	$Y = 47686.2784 - (969.5666 * X_1) - (887.7948 * X_2) + (9.0202 * (X_1*X_2)) + (4.9312 * (X_1*X_2)) + (4.14727* X_2^2)$	0.9345	1.36

จากตารางที่ 4.7 แสดงค่าสมการหาค่าสีแดง (a^*) ของเนื้อสเต็กสันนอกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.7709 0.8747 และ 0.9345 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 12.51 1.87 และ 1.36 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าสีแดง คือ สมการกำลังสอง(quadratic model) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3) สีเหลือง

ตารางที่ 4.8 สมการหาค่าสีเหลืองทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = -92.9601 + (0.8846 * X_1) + (1.74783 * X_2)$	0.6692	2.30
cubic	$Y = 60.1299 - (0.58637 * X_1) + (3.9538 * X_2) - (0.04907 * (X_1*X_2))$	0.7005	2.20
quadratic	$Y = -48819.4266 + (979.5950 * X_1) + (998.0829 * X_2) - (10.02004 * (X_1*X_2)) - (4.91366 * X_1^2) - (5.04128 * X_2^2)$	0.7213	2.14

จากตารางที่ 4.8 แสดงค่าสมการหาค่าสีเหลือง (b^*) ของเนื้อสเต็กสันนอกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.7709 0.8747 และ 0.9345 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 12.51 1.87 และ 1.36 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าสีเหลือง คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

1.4) การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน

ตารางที่ 4.9 สมการหาค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = 27.4869 + (0.08879 * X_1) - (0.6730 * X_2)$	0.8189	1.44
cubic	$Y = 0.7247 + (0.3459 * X_1) - (1.05863 * X_2) + (8.57840E-003 * (X_1*X_2))$	0.8202	1.44
quadratic	$Y = 28052.4938 - (565.7647 * X_1) - (548.2178 * X_2) + (5.5356 *(X_1*X_2)) + (2.8557 * X_1^2) + (2.6488 * X_2^2)$	0.8450	1.35

จากตารางที่ 4.9 แสดงค่าสมการหาค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนของเนื้อสเต็กสันนอกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.8189 0.8202 และ 0.8450 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 1.44 1.44 และ 1.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่ากีสูญเสียน้ำหนักหลังการให้ความร้อน คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

1.5) ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ตารางที่ 4.10 สมการหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำทั้ง 4 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = 244.5512 - (1.4499 * X_1) - (2.01314 * X_2)$	0.3918	2.49
cubic	$Y = 3.65434 + (0.86478 * X_1) - (5.4843 * X_2) + (0.077217 * (X_1*X_2))$	0.5140	2.24
quadratic	$Y = 65006.1395 - (1299.1389* X_1) - (1350.9062 * X_2) + (13.5325 * (X_1*X_2)) + (6.4986 * X_1^2) + (6.94862 * X_2^2)$	0.8288	1.36

จากตารางที่ 4.10 แสดงค่าสมการหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสเต็กสันนอกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.7709 0.8747 และ 0.9345 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 12.51 1.87 และ 1.36 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

1.6) ความแน่นเนื้อ

ตารางที่ 4.11 สมการหาค่าความแน่นเนื้อทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = -5324.3670 + (55.04013 * X_1) + (47.5316 * X_2)$	0.7832	22.59
cubic	$Y = - 1445.916 + (17.77286 * X_1) + (103.4177 * X_2) - (1.2432* (X_1*X_2))$	0.9204	13.75
quadratic	$Y = 241489 - (4942.3102 * X_1) - (4261.1914 * X_2) + (43.4965 *(X_1*X_2)) + (25.3036 * X_1^2) + (19.0292 * X_2^2)$	0.9522	10.75

จากตารางที่ 4.11 แสดงค่าสมการหาค่าความแน่นเนื้อของเนื้อสเต็กสันนอกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.7838 0.9204 และ 0.9522 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 22.59 13.75 และ 10.75 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าความแน่นเนื้อ คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

2) องค์ประกอบทางเคมี

2.1) ความชื้น

ตารางที่ 4.12 สมการหาค่าความชื้นทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = 216.30359 - (1.3119 * X_1) - (3.00875 * X_2)$	0.9454	1.01
cubic	$Y = -157.9506 + (2.2842 * X_1) - (8.4015 * X_2) + (0.11996 * (X_1 * X_2))$	0.9558	0.92
quadratic	$Y = 1.45459E+005 - (2923.2317 * X_1) - (2934.4818 * X_2) + (29.5275 * (X_1 * X_2)) + (14.6927 * X_1^2) + (14.64693 * X_2^2)$	0.9237	2.45

จากตารางที่ 4.12 แสดงค่าสมการหาค่าความชื้นของเนื้อสเต็กสันนอกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่า สัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.9454 0.9558 และ 0.9237 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 1.01 0.92 และ 2.45 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าปริมาณความชื้น คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) โปรตีน

ตารางที่ 4.13 สมการหาค่าโปรตีนทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = -285.60674 + (3.19992 * X_1) + (2.38313 * X_2)$	0.7897	2.04
cubic	$Y = -46.7143 + (0.90445 * X_1) + (5.8254 * X_2) - (0.07657 *(X_1*X_2))$	0.8955	1.46
quadratic	$Y = 36373.9697 - (737.7383 * X_1) - (680.8736 * X_2) + (6.90125 * (X_1*X_2)) + (3.7440 * X_1^2)+(3.19124* X_2^2)$	0.8513	1.73

จากตารางที่ 4.13 แสดงค่าสมการหาค่าโปรตีนของเนื้อสเต็กสันนอกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.7897 0.8955 และ 0.8513 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 2.04 1.46 และ 1.73 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าปริมาณโปรตีน คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

2.3) ไขมัน

ตารางที่ 4.14 สมการหาค่าไขมันทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กสันนอก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = 353.39667 - (3.48751 * X_1) - (1.6747 * X_2)$	0.8668	3.12
cubic	$Y = 339.9049 - (3.3579 * X_1) - (1.8691 * X_2) + (0.0043247 * (X_1*X_2))$	0.8823	3.13
quadratic	$Y = - 96522.0859 + (1936.7083 * X_1) + (1983.1621 * X_2) - (19.88014 * (X_1*X_2)) - (9.71415 * X_1^2) - (10.141 * X_2^2)$	0.8669	2.97

จากตารางที่ 4.14 แสดงค่าสมการหาค่าไขมันของเนื้อสันนอกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.8668 0.8823 และ 0.8669 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 3.12 3.13 และ 2.97 ตามลำดับ โดยสมการที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าปริมาณไขมัน คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

4.3.2.2 เนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

1) สมบัติทางกายภาพ

1.1) ความสว่าง

ตารางที่ 4.15 สมการหาค่าความสว่างทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = -58.3757 + (0.87351 * X_1) + (2.05974 * X_2)$	0.8019	2.76
cubic	$Y = -208.0078 + (2.30892 * X_1) + (1.0803 * X_2) + (0.034389 * (X_1*X_2))$	0.8278	2.58
quadratic	$L = 31372.9367 - (611.3922 * X_1) - (740.7404 * X_2) + (7.2707 *(X_1*X_2)) + (2.9791 * X_1^2) + (4.26917 * X_2^2)$	0.8612	2.34

จากตารางที่ 4.15 แสดงค่าสมการหาค่าสีแดง (L^*) ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.8019 0.8278 และ 0.8612 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 2.76 2.58 และ 2.34 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าความสว่าง คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

1.2) สีแดง

ตารางที่ 4.16 สมการหาค่าสีแดงทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = 3.52583 + (0.27332 * X_1) - (0.3666 * X_2)$	0.9634	0.60
cubic	$Y = 53.06294 - (0.20188 * X_1) - (0.042354 * X_2) - (0.011385 * (X_1*X_2))$	0.9743	0.51
quadratic	$Y = -6945.97 + (136.68 * X_1) + (160.07 * X_2) - (1.581 *(X_1*X_2)) - (0.669 * X_1^2) - (0.9026 * X_2^2)$	0.9787	0.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.16 แสดงค่าสมการหาค่าสีแดง (a^*) ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.9634 0.9743และ 0.9787 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 0.60 0.51 และ 0.47 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าสีแดง คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

1.3) สีเหลือง

ตารางที่ 4.17 สมการหาค่าสีเหลืองทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = 127.15383 - (1.28205 * X_1) - (0.94448 * X_2)$	0.4926	1.84
cubic	$Y = -50.52496 + (0.42241 * X_1) - (2.10747 * X_2) + (0.040835 * (X_1 * X_2))$	0.7014	1.42
quadratic	$Y = 10698.7 - (208.7 * X_1) - (253.44 * X_2) + (2.500 * (X_1 * X_2)) + (1.016 * X_1^2) + (1.440 * X_2^2)$	0.7222	1.38

จากตารางที่ 4.17 แสดงค่าสมการหาค่าสีแดง (b^*)ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.4926 0.7014 และ 0.7222 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 1.84 1.42 และ 1.38 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาสีเหลือง คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4) การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน

ตารางที่ 4.18 สมการหาค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = -81.55788 + (1.18389 * X_1) - (0.27696 * X_2)$	0.8527	1.87
cubic	$Y = 51.157 - (0.09 * X_1) + (1.14564 * X_2) - (0.0305 *(X_1*X_2))$	0.8855	1.66
quadratic	$Y = -7680.2392 + (151.88992 * X_1) + (174.15947 * X_2) - (1.73387 *(X_1*X_2)) - (0.74667 * X_1^2) - (0.95810 * X_2^2)$	0.8871	1.66

จากตารางที่ 4.18 แสดงค่าสมการหาค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อนของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.8527 0.8855 และ 0.8871 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 1.87 1.66 และ 1.66 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าการสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

1.5) ความสามารถในการอุ้มน้ำ

ตารางที่ 4.19 สมการหาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = 113.00573 - (0.15865 * X_1) - (0.50585 * X_2)$	0.9847	0.20
cubic	$WHC = 100.3040 - (0.036804 * X_1) - (0.5890 * X_2) + (0.00291915 *(X_1*X_2))$	0.9873	0.19
quadratic	$Y = 780.29871 - (13.55371 * X_1) - (15.06434 * X_2) + (0.14685 *(X_1*X_2)) + (0.067169 * X_1^2) + (0.076756 * X_2^2)$	0.9874	0.19

จากตารางที่ 4.19 แสดงค่าสมการหาค่าการอุ้มน้ำของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.9847 0.9873 และ 0.9874 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 0.20 0.19 และ 0.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

1.6) ความแน่นเนื้อ

ตารางที่ 4.20 สมการหาค่าความแน่นเนื้อทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = -2666.82604 + (28.40853 * X_1) + (21.25571 * X_2)$	0.5531	34.79
cubic	$Y = 1136.23823 - (8.07397 * X_1) + (46.14846 * X_2) - (0.87403 * (X_1 * X_2))$	0.7896	23.97
quadratic	$Y = -237917 + (4680.9545 * X_1) + (5445.82002 * X_2) - (53.9393 * (X_1 * X_2)) - (22.9857 * X_1^2) - (30.13205 * X_2^2)$	0.8048	23.30

จากตารางที่ 4.20 แสดงค่าสมการหาค่าความแน่นเนื้อของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.5531 0.7896 และ 0.8048 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 34.79 23.97 และ 23.30 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าความแน่นเนื้อ คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

2) องค์ประกอบทางเคมี

2.1) ความชื้น

ตารางที่ 4.21 สมการหาค่าความชื้นทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = -34.8545 - (1.12138 * X_1) - (0.15304 * X_2)$	0.9812	0.86
cubic	$Y = -51.7082 + (1.28306 * X_1) - (0.26336 * X_2) + (3.87336E-003 * (X_1 * X_2))$	0.9815	0.86
quadratic	$Y = 12473.0493 - (246.8944 * X_1) - (270.7857 * X_2) + (2.6859 * (X_1 * X_2)) + (1.2293 * X_1^2) + (1.45328 * X_2^2)$	0.9828	0.84

จากตารางที่ 4.21 แสดงค่าสมการหาค่าความชื้นของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.9812 0.9815 และ 0.9828 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 0.86 0.86 และ 0.84 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าปริมาณความชื้น คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

2.2) โปรตีน

ตารางที่ 4.22 สมการหาค่าโปรตีนทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = 16.48756 + (0.16424 * X_1) - (0.63308 * X_2)$	0.8405	1.67
cubic	$Y = 152.8661 - (1.14403 * X_1) + (0.25958 * X_2) - (0.031343 *(X_1*X_2))$	0.8877	1.41
quadratic	$Y = - 20509.0358 + (403.4467 * X_1) + (470.3899 * X_2) - (4.64506 *(X_1*X_2)) -(1.9798 * X_1^2) - (2.6391 * X_2^2)$	0.9076	1.29

จากตารางที่ 4.22 แสดงค่าสมการหาค่าโปรตีนของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.9588 0.9759 และ 0.9780 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 1.67 1.41 และ 1.29 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าปริมาณโปรตีน คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3) ไขมัน

ตารางที่ 4.23 สมการหาค่าไขมันทั้ง 3 แบบ ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

	สมการ	R-squared	SD
linear	$Y = 289.45363 - (32.76571 * X_1) - (0.95452 * X_2)$	0.9588	1.88
cubic	$Y = 107.53819 - (1.0206 * X_1) - (2.14523 * X_2) + (0.04181 * (X_1*X_2))$	0.9759	1.44
quadratic	$Y = 9782.0364 - (187.5294 * X_1) - (236.7736 * X_2) + (2.3171 *(X_1*X_2)) + (0.8977 * X_1^2) + (1.3825 * X_2^2)$	0.9780	1.39

จากตารางที่ 4.23 แสดงค่าสมการหาค่าไขมันของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 แบบ คือ แบบสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง พร้อมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) พบว่า ค่า R-squared ของสมการเชิงเส้นตรง สมการเชิงแฟลทอเรียลแบบสองระดับ และสมการกำลังสอง มีค่าเท่ากับ 0.9588 0.9759 และ 0.9780 ตามลำดับ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มีค่าเท่ากับ 1.88 1.44 และ 1.39 ตามลำดับ โดยสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์หาค่าปริมาณไขมัน คือ สมการกำลังสอง เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (R-squared) สูงที่สุด

จากการทดลองวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น แสดงการวิเคราะห์ผลจากโปรแกรม Design Expert โดยใช้วิธีพื้นผิวผลตอบสนอง (Response surface method) ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรผลตอบ แสดงผลสมการเพื่อใช้ทำนายการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสเต็กสันนอกจะได้สมการ ดังนี้

$L^* = - 2500.581 + (55.4818 * X_1) + (18.0157 * X_2) - (0.21891 * (X_1*X_2)) - (0.3015 * X_1^2) + (0.090566 * X_2^2)$

$a^* = 47686.2784 - (969.5666 * X_1) - (887.7948 * X_2) + (9.0202 * (X_1*X_2)) + (4.9312 * (X_1*X_2)) + (4.14727 * X_2^2)$

$b^* = - 48819.4266 + (979.5950 * X_1) + (998.0829 * X_2) - (10.02004 * (X_1*X_2)) - (4.91366 * X_1^2) - (5.04128 * X_2^2)$

Cooking loss $= 28052.4938 - (565.76\ 47 * X_1) - (548.2178 * X_2) + (5.5356 * (X_1*X_2)) + (2.8557 * X_1^2) + (2.6488 * X_2^2)$

Water Holding Capacity $= 28052.4938 - (565.76\ 47 * X_1) - (548.2178 * X_2) + (5.5356 * (X_1*X_2)) + (2.8557 * X_1^2) + (2.6488 * X_2^2)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Firmness = 241489 - (4942.3102 * X_1) - (4261.1914 * X_2) + (43.4965 * (X_1*X_2)) + (25.3036 * X_1^2) + (19.0292 * X_2^2)

Moisture = -157.9506 + (2.2842 * X_1) - (8.4015 * X_2) + (0.11996 * (X_1*X_2))

Protein = - 46.7143 + (0.90445 * X_1) + (5.8254 * X_2) - (0.07657 * (X_1*X_2))

Lipid = 339.9049 - (3.3579 * X_1) - (1.8691 * X_2) + (0.0043247 * (X_1*X_2))

ผลสมการเพื่อใช้ทำนายการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกจะได้สมการ ดังนี้

L^* = 31372.9367 - (611.3922 * X_1) - (740.7404 * X_2) + (7.2707 *(X_1*X_2)) + (2.9791 * X_1^2) + (4.26917 * X_2^2)

a^* = - 6945.97 + (136.68 * X_1) + (160.07 * X_2) - (1.581 *(X_1*X_2)) - (0.669 * X_1^2) - (0.9026 * X_2^2)

b^* = 10698.7 - (208.7 * X_1) - (253.44 * X_2) + (2.500 *(X_1*X_2)) + (1.016 * X_1^2) + (1.440 * X_2^2)

Cooking loss = 51.157 - (0.09 * X_1) + (1.14564 * X_2) - (0.0305 *(X_1*X_2))

Water Holding Capacity = 100.3040 - (0.036804 * X_1) - (0.5890 * X_2) + (0.00291915 * (X_1*X_2))

Firmness = - 237917 + (4680.9545 * X_1) + (5445.82002 * X_2) - (53.9393 * (X_1*X_2)) - (22.9857 * X_1^2) - (30.13205 * X_2^2)

Moisture = 12473.0493 - (246.8944 * X_1) - (270.7857 * X_2) + (2.6859 *(X_1*X_2)) + (1.2293 * X_1^2) + (1.45328* X_2^2)

Protein = - 20509.0358 + (403.4467 * X_1) + (470.3899 * X_2) - (4.64506 *(X_1*X_2)) -(1.9798 * X_1^2) - (2.6391 * X_2^2)

Lipid = 9782.0364 - (187.5294 * X_1) - (236.7736 * X_2) + (2.3171 *(X_1*X_2)) + (0.8977 * X_1^2) + (1.3825 * X_2^2)

หมายเหตุ X_1 = ค่าโปรตีนจากการวิเคราะห์ภาพ (IM-Protein)

X_2 = ค่าไขมันจากการวิเคราะห์ภาพ (IM-Lipid)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. สมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสเต็กสันนอก(sirloin) ที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน โดยในเกรดดีมาก(premium) มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง สีเหลือง เท่ากับ 41.06 25.42 และ 5.08 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน และความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าเท่ากับ 30.12 และ 93.47 ตามลำดับ ค่าความแน่นเนื้อมีค่าเท่ากับ 72.39 นิวตัน ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 65.48 22.13 และ 31.13 ตามลำดับ ในเกรดปานกลาง (medium) มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง สีเหลือง เท่ากับ 44.07 22.90 และ 4.51 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน และความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าเท่ากับ 28.87 และ 94.32 ตามลำดับ ค่าความแน่นเนื้อมีค่าเท่ากับ 84.18 นิวตัน ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 69.39 24.80 และ 21.41 ตามลำดับ และในเกรดพอใช้ (slight) มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง สีเหลือง เท่ากับ 41.06 25.42 และ 5.08 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน และความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าเท่ากับ 30.12 และ 93.47 ตามลำดับ ค่าความแน่นเนื้อมีค่าเท่ากับ 72.39 นิวตัน ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 65.48 22.13 และ 31.13 ตามลำดับ

2. สมบัติเชิงกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก(rib eye) ที่ระดับการแทรกของไขมันแตกต่างกัน โดยในเกรดดีมาก(premium) มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง สีเหลือง เท่ากับ 46.32 21.84 และ 3.50 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน และความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าเท่ากับ 23.74 และ 91.34 ตามลำดับ ค่าความแน่นเนื้อมีค่าเท่ากับ 71.08 นิวตัน ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 55.19 20.87 และ 44.78 ตามลำดับ ในเกรดปานกลาง (medium) มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง สีเหลือง เท่ากับ 42.78 24.16 และ 3.11 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน และความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าเท่ากับ 26.10 และ 93.76 ตามลำดับ ค่าความแน่นเนื้อมีค่าเท่ากับ 78.45 นิวตัน ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 64.99 24.06 และ 31.66 ตามลำดับ และในเกรดพอใช้ (slight) มีค่าความสว่าง ค่าสีแดง สีเหลือง เท่ากับ 38.47 23.89 และ 2.24 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน และความสามารถในการอุ้มน้ำมีค่าเท่ากับ 28.77 และ 94.45 ตามลำดับ ค่าความแน่นเนื้อมีค่าเท่ากับ 111.51 นิวตัน ปริมาณความชื้น โปรตีน และไขมัน มีค่าเท่ากับร้อยละ 67.39 26.19 และ 26.24ตามลำดับ

3. เนื้อสเต็กสันนอกค่าปริมาณโปรตีนที่จากการวิเคราะห์ภาพมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง กับค่าสีแดง การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน ความแน่นเนื้อ และปริมาณโปรตีนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางกับความสามารถใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอุ้มน้ำและความชื้น นอกจากนี้มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับความสว่าง สีเหลือง และปริมาณไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ

4. เนื้อสเต็กสันนอกค่าปริมาณไขมันที่จากการวิเคราะห์ภาพมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง กับความสว่าง สีเหลือง และปริมาณไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ และมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับ ค่าสีแดง การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน ความแน่นเนื้อ ความชื้น และปริมาณโปรตีนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ นอกจากนี้มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลางกับความสามารถในการอุ้มน้ำ

5. เนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกค่าปริมาณโปรตีนที่จากการวิเคราะห์ภาพมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมากกับค่าสีแดง การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความชื้น และปริมาณโปรตีนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับความแน่นเนื้อ นอกจากนี้มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับความสว่าง และปริมาณไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ และมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงนสีเหลือง

6. เนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกค่าปริมาณไขมันที่จากการวิเคราะห์ภาพมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงมาก กับความสว่างและปริมาณไขมันที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ กับค่าสีเหลืองมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงและมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงมากกับ ค่าสีแดง การสูญเสียน้ำหนักหลังให้ความร้อน ความสามารถในการอุ้มน้ำ ความชื้น และปริมาณโปรตีนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเครื่องมือ และมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับสูงกับความแน่นเนื้อ

7. ผลจากการวิเคราะห์โปรแกรม Design Expert โดยใช้วิธีพื้นผิวผลตอบสนอง (Response surface method) ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรผลตอบ แสดงผลสมการเพื่อใช้ทำนายการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสเต็กสันนอกจะได้สมการ ดังนี้

$$L^* = -2500.581 + (55.4818 * X_1) + (18.0157 * X_2) - (0.21891 * (X_1 * X_2)) - (0.3015 * X_1^2) + (0.090566 * X_2^2)$$

$$a^* = 47686.2784 - (969.5666 * X_1) - (887.7948 * X_2) + (9.0202 * (X_1 * X_2)) + (4.9312 * (X_1 * X_2)) + (4.14727 * X_2^2)$$

$$b^* = -48819.4266 + (979.5950 * X_1) + (998.0829 * X_2) - (10.02004 * (X_1 * X_2)) - (4.91366 * X_1^2) - (5.04128 * X_2^2)$$

$$\text{Cooking loss} = 28052.4938 - (565.76\,47 * X_1) - (548.2178 * X_2) + (5.5356 * (X_1 * X_2)) + (2.8557 * X_1^2) + (2.6488 * X_2^2)$$

$$\text{Water Holding Capacity} = 28052.4938 - (565.76\,47 * X_1) - (548.2178 * X_2) + (5.5356 * (X_1 * X_2)) + (2.8557 * X_1^2) + (2.6488 * X_2^2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Firmness = 241489 - (4942.3102 * X_1) - (4261.1914 * X_2) + (43.4965 * (X_1*X_2)) + (25.3036 * X_1^2) + (19.0292 * X_2^2)

Moisture = -157.9506 + (2.2842 * X_1) - (8.4015 * X_2) + (0.11996 * (X_1*X_2))

Protein = - 46.7143 + (0.90445 * X_1) + (5.8254 * X_2) - (0.07657 * (X_1*X_2))

Lipid = 339.9049 - (3.3579 * X_1) - (1.8691 * X_2) + (0.0043247 * (X_1*X_2))

ผลสมการเพื่อใช้ทำนายการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูกจะได้สมการ ดังนี้

L^* = 31372.9367 - (611.3922 * X_1) - (740.7404 * X_2) + (7.2707 *(X_1*X_2)) + (2.9791 * X_1^2) + (4.26917 * X_2^2)

a^* = - 6945.97 + (136.68 * X_1) + (160.07 * X_2) - (1.581 *(X_1*X_2)) - (0.669 * X_1^2) - (0.9026 * X_2^2)

b^* = 10698.7 - (208.7 * X_1) - (253.44 * X_2) + (2.500 *(X_1*X_2)) + (1.016 * X_1^2) + (1.440 * X_2^2)

Cooking loss = 51.157 - (0.09 * X_1) + (1.14564 * X_2) - (0.0305 *(X_1*X_2))

Water Holding Capacity = 100.3040 - (0.036804 * X_1) - (0.5890 * X_2) + (0.00291915 * (X_1*X_2))

Firmness = - 237917 + (4680.9545 * X_1) + (5445.82002 * X_2) - (53.9393 * (X_1*X_2)) - (22.9857 * X_1^2) - (30.13205 * X_2^2)

Moisture = 12473.0493 - (246.8944 * X_1) - (270.7857 * X_2) + (2.6859 *(X_1*X_2)) + (1.2293 * X_1^2) + (1.45328* X_2^2)

Protein = - 20509.0358 + (403.4467 * X_1) + (470.3899 * X_2) - (4.64506 *(X_1*X_2)) -(1.9798 * X_1^2) - (2.6391 * X_2^2)

Lipid = 9782.0364 - (187.5294 * X_1) - (236.7736 * X_2) + (2.3171 *(X_1*X_2)) + (0.8977 * X_1^2) + (1.3825 * X_2^2)

8.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546. **การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วยSPSS for Windows**. ภาควิชาสถิติคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชีจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 257หน้า

กัลยาณี เต็งพงศธร. 2554. **พื้นที่ผิวผลตอบ (Response Surface)**. เอกสารประกอบการสอนวิชาการวางแผนการทดลองทางอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กลุ่มวิจัยและพัฒนาโคเนื้อ กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์. 2555. **พันธุ์โคเนื้อในไทย**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.thaicattle.org/managefarm/cowdetail.php (วันที่สืบค้น 24 ธันวาคม 2556)

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2554. **ข้อมูลสถิติจำนวนโคเนื้อและจำนวนเกษตรผู้เลี้ยง ปี 2553-2554**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก http://www.dld.go.th/ict/th (วันที่สืบค้น1 กันยายน 2555)

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. **การผลิตเนื้อโคคุณภาพ.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

จีรณัทย์ บุญป้อ. 2550. **สถานภาพการเลี้ยงโคขุนแบบมีพันธะสัญญาของเกษตรกรในจังหวัด เชียงใหม่.** วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเกษตรศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. เอกสาร**ประกอบการสอนวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ขั้นสูง**. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล และพรรณิภา ศิวะเทพ. 2552. **คุณค่าเนื้อโคไทย**. กรุงเทพฯ: อัมรินทร์ปรินท์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด. 98หน้า.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์**. กรุงเทพมหานคร : วัฒนาพานิช. 136หน้า.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2544. ตลาดเนื้อโขกระบือ : **เนื้อคุณภาพ**. เมืองเกษตรสัตว์บก. สัตว์บก. 9(103): 136-140.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2549. **เคมีอาหาร**.พิมพ์ครั้งที่ 2. โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮาส์. 504หน้า.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2554. **หลักการวิเคราะห์อาหาร**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. 256 หน้า.

นิรุธ จิรสุวรรณกุล.2554. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ **"การพัฒนาซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพเพื่อการจัดเกรดคุณภาพเนื้อโค"** สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์และศูนย์เครือข่ายเทคโนโลยีเนื้อสัตว์คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฐพีชล วายุอัคคี. 2548. **คู่มือเลี้ยงโค.** กรุงเทพฯ: เพ็ท-แพล้น พับลิชชิ่ง. 400หน้า

ปรารถนา พฤกษะศร. 2544. **ทำความรู้จักกับโคพันธุ์กำแพงแสน.** กรุงเทพฯ:นีออนบุ๊ค มีเดีย.

มาลัย จงเจริญ. 2546. **คุณภาพซากและผลตอบแทนในการผลิตเนื้อโคคุณภาพสูงจากโคลูกผสม เลือดชาร์โรเล่ส์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิต วิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2547. **เนื้อโค.** กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

มีนา ชูโชติ. 2546. **การใช้สารต่อต้านอนุมูลอิสระเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาเนื้อหมูสด.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536 . **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ: เด.ยู.เพลส.

ศรเทพ สังข์ทอง. 2549. **โคกำแพงแสน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรสาส์น. 176หน้า.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโคมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ร่วมกับสมาคมโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน. 2544. **โคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน.** กรุงเทพฯ: นีออนบุ๊ค มีเดีย.

สามารถ ปรีชานันท์. 2548. **การเลี้ยงโคเนื้อ.** กรุงเทพฯ: เกษตรบุ๊คส์. 136 หน้า

สัญชัย จตุรสิธา. 2543. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์.** ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุรชัย สุวรรณลี. 2553. **การขุนโคและคุณภาพเนื้อ.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

สุเมธ ตันตระเธียร. 2544. **เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ:ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Aaslyng, M.D., C. Bejerholm, P. Ertbjerg, H.C. Bertram and H.J. Andersen. 2003. **Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure.** Food Quality and Preference. 14:277-288.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th *ed.* **The Association of Official Analytical Chemists.** Gaithersburg, Maryland.

Bruns, K.W., R.H. Pritchard and D.L. Boggs. 2004. **The relationships among body weight, body composition, and intramuscular fat content in steers.** Journal of Animal Science. 82:1315-1322.

Chen, K., X. Sun, C. Qin and X. Tang. 2010. **Color grading of beef fat by using computer vision and support vector machine.** Computers and Electronics in Agriculture. 70:27-32.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chen, K. and C. Qin. 2008. **Segmentation of beef marbling based on vision threshold. Computers and Electronics in Agriculture**. 62:223-230.

Chmiel, M., M. Slowinski and K. Dasiewicz. 2011. **Lightness of the color measured by computer image analysis as a factor for assessing the quality of pork meat**. Journal of Meat Science. 88:566-570.

Claude, Y., C. Joseph and M. Laurence. 2005. **Meat bolus properties in relation with meat texture and chewing context**. Journal of Meat Science. 70:365-371.

Del Moral, F.G., F. O. Valle, M. Masseroli and R.G. Del Moral. 2007. **Image analysis application for automatic quantification of intramuscular connective tissue in meat**. Journal of Food Engineering. 81: 33-41.

Fiems, L.O., S.V.D. Campeneere, W. Caelenbergh, J.L. D. Boever and J.M. Vanacker. 2003. **Carcass and meat quality in double-muscled Belgian Blue bulls and cows**. Journal of Meat Science. 63:345-352.

Hadorn, R., P. Eberhard, D. Guggisberg, P. Piccinali and H. Schlichtherle-Cerny. **Effect of fat score on the quality of various meat products**. Journal of Meat Science. 80:765-770.

Hopkins, D.L., E.S. Toohey, T.A. Lamb, M.J. Kerr, R. Van de Ven and G. Refshauge. 2011. **Explaining the variation in the shear force of lamb meat using sarcomere length, the rate of rigor onset and pH**. Journal of Meat Science. 88:794-796.

Huang, H., L. Liu, M.O. Ngadi and C. Gariepy. **Prediction of pork marbling scores using pattern analysis techniques**. Journal of Food Control. 31:224-229.

Hughes, E., S. Cofrades and D.J. Troy. 1996. **Effect of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat**. Journal of Meat Science. 45: 273-281.

Jackman, P., D.W. Sun, P. Allen, K. Brandon and A.M. White. 2008. **Correlation of consumer assessment of longissimus dorsi beef palatability with image colour, marbling and surface texture features**. Journal of Meat Science. 84(3):564-568.

Jesslyn, S. 2011. **Image of american beef cuts**. [Online]Available:http://safefoodss.blogspot.com (11 September 2012)

Kim, C.J. and E.S. Lee. 2003. **Effects of quality grade on the chemical, physical and sensory characteristics of Hanwoo (Korean native cattle) beef**. Journal of Meat Science. 63(3): 397-405.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Leelayuthsoontorn, P. and A. Thipayarat. 2006. **Textural and morphological changes of Jasmine rice under various elevated cooking conditions**. Journal of Food Chemistry. 96:606-613.

Li, C., G. Zhou, X. Xu, J. Zhang, S. Xu and Y. Ji. 2006. **Effects of marbling on meat quality characteristics and intramuscular connective tissue of beef longissimus muscle**. Journal of Animal Science. 19(12):1799-1808.

Liu, L., M.O. Ngadi, S.O. Prasher and C. Gariepy. 2012. **Objective determination of pork marbling scores using the wide line detector**. Journal of Food Engineering. 110:497-504.

Lohmann, G. 1998.**Volumetric image analysis**. New York, USA. John Wiley & Sons, Inc.

Pakula, C. and R. Stemminger. 2012. **Measuring changes in internal meat colour, colour lightness and colour opacity as predictors of cooking time**. Journal of Meat Science. 90:721-727.

Park, B. Y., S. H. Cho, Y.M. Yoo, J. H. Kim, J.M. Lee, S. K., Joung and Y. K. Kim. 2000. **Effect of intramuscular fat contents on the physicochemical properties of beef longissimus dorsi from Hanwoo**. Journal of Animal Science and Technology (Korean). 42:189–194.

Pena, F., A. Molina, C. Aviles, M. Juarez and A. Horcada. 2013. **Marbling in the longissimus thoracis muscle from lean cattle breeds. Computer image analysis of fresh versus stained meat samples**. Journal of Meat Science. 95:512-519.

Pflanzer, S.B. and P.E.D. Felicio. 2011. **Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness**. Journal of Meat Science. 87:7-10.

.Ramirez, J.A., M. A. Oliver, M. Pla, L. Guerrero, B. Arino , A. I. Blasco, M. Pascual and M. Gil. 2004. **Effect of selection for growth rate on biochemical, quality and texture characteristics of meat from rabbits**. Journal of Meat Science. 67:617-624.

Sarries, M.V. and M.J. Beriain. 2006. **Colour and texture characteristics in meat of male and female foals**. Journal of Meat Science. 74:738-745.

Seideman, S. C., M. Koohmaraie and J. D. Crouse. 1987. **Factors associated with tenderness in young beef**. Journal of Meat Science. 20:281–291.

Shiranita, K., K. Hayashi, A. Otsubo, T. Miyajima and R. Takiyama. 2000. **Grading meat quality by image processing**. Journal of The Pattern Recognition Society. 33:97-104.

Tatum, D. 2007. Beef facts : Product Enhancement : **beef grading**. American Meat Science Association. United States of America.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Warriss, P.D. 2010. Meat science : **an introductory text**. London: CABI Head Office.

Wheeler, T.L., L. V. Cundiff, and R. M. Koch. 1994. **Effect of marbling degree on beef palatability in Bos taurus and Bos indicus cattle.** Journal of Animal Science 72:3145-3151.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ

1) การวัดปริมาณความชื้น ตามวิธีการของ AOAC (2000)

ชั่งตัวอย่างให้ทราบน้ำหนักแน่นอนใช้ตัวอย่าง 5.0000±0.05 กรัม ใส่ลงภาชนะอลูมิเนียมที่มีฝาปิดซึ่งผ่านการอบและทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว นำไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 105±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง จากนั้นนำภาชนะออกจากตู้อบลมร้อน (hot air oven)พร้อมปิดฝาอลูมิเนียมทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (desiccators) ประมาณ 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำตัวอย่างไปอบซ้ำอีกครั้ง เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่จึง หลังจากนั้นนำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักนำผลที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณความชื้น
คำนวณหาปริมาณความชื้นดังนี้

$$\text{ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(w1-w2)\times 100}{w1}$$

เมื่อ $w1$ = น้ำหนักตัวอย่างก่อนการอบ หน่วยเป็นกรัม

$w2$ = น้ำหนักตัวอย่างหลังการอบ หน่วยเป็นกรัม

2) การวัดปริมาณโปรตีน ตามวิธีการของ นิธิยา (2554)

วิธีวิเคราะห์ แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน

2.1) การย่อย(Digestion)

ชั่งตัวอย่าง 2.0000±0.05 กรัม ใส่หลอดย่อยโปรตีน เติมตัวเร่งปฏิกิริยา 10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 2-3 ลูก นำหลอดย่อยโปรตีนไปประกอบกับเครื่อง ตั้งอุณหภูมิที่ใช้ย่อย 380-400 องศาเซลเซียส หากพบว่ามีฟองขณะทำการย่อย อาจลดอุณหภูมิมาที่ 250 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ก่อนปรับไปที่อุณหภูมิที่ใช้ย่อย จนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส

2.2) การกลั่น(Distillation)

นำหลอดย่อยตัวอย่างที่ย่อยเสร็จทิ้งให้เย็นแล้วต่อเข้าชุดย่อยโปรตีน นำกรดบอริกเข้มข้น 4% ปริมาณ 60 มิลลิลิตรใส่ขวดรูปชมพู่ หยดอินดิเคเตอร์ทั้งสอง อย่างละหยดจะได้สารละลายสีชมพูม่วง ต่อเข้ากับเครื่องกลั่น เปิดเครื่องเพื่อเติมน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ40 ลงใน Kjeldahl flask 70-100 มิลลิลิตร กลั่นจนได้แอมโมเนียออกมาประมาณ 150 มิลลิลิตร ลงในหลอดย่อย สารละลายในหลอดย่อยจะเปลี่ยนเป็นสีดำ เปิดไอน้ำและตั้งเวลาในการกลั่น เวลาที่ใช้ในการกลั่นขึ้นกับปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง จะได้สารละลายสีฟ้าใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3) การไทเทรต (Titration)

เมื่อกลั่นแล้วนำไปไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 หรือ 0.1 normal จนได้เป็นสารละลายสีชมพูม่วง บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้นำไทเทรต นำไปคำนวณตามสูตร

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} = \frac{(A-B)\times N\times 14\times 100}{W\times 100}$$

A=ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง

B=ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรตกับ blank

N=ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไทเทรต

W=น้ำหนักตัวอย่าง(กรัม)

3) การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2000)

ใส่ทิมเบิล (thimble) เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ลงในบีกเกอร์สำหรับสกัดไขมัน ลงในเครื่องสกัดไขมัน แล้วอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักคำนวณหาปริมาณไขมัน

100

3) การวัดปริมาณไขมัน ตามวิธีการของ นิธิยา (2554)

ชั่งน้ำหนักของบีกเกอร์สกัดไขมันที่ผ่านการอบแห้งมาก่อนแล้ว ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งในตู้สุญญากาศ ชั่งตัวอย่าง 2.0000±0.05 กรัม ห่อด้วยกระดาษกรองใส่ในทิมเบิล จากนั้นนำทิมเบิลใส่ลงไปในบีกเกอร์ตวงตัวทำละลายปิโตเลียมอีเทอร์ปริมาณ 150 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมัน นำบีกเกอร์ไขมันเข้าเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมเครื่องโดยทำการสกัดประมาณ 2 ชั่วโมง15 นาทีเมื่อครบเวลาแยกเอาบีกเกอร์ออกจากเครื่องสกัดแล้วใช้คีมคีบทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างอาหารออกจากบีกเกอร์นำบีกเกอร์ไประเหยเอาปิโตรเลียมอีเทอร์ออก นำบิกเกอร์ไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนกว่าตัวทำละลายจะระเหยหมด จากนั้นทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นเพื่อรอให้เย็น ก่อนนำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{W1-W2}{W}\times 100$$

W=น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

W2=น้ำหนักของบิกเกอร์ไขมันก่อนสกัด (กรัม)

W3=น้ำหนักของบิกเกอร์ไขมันหลังสกัด (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเนื้อโคขุน

ตารางภาคผนวกที่ ค.1 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเนื้อสเต็กสันนอก

		IM-Protein	IM-Lipid	*L**	*a**	*b**	Cooking loss	WHC	Firmness	Moisture	Protein	Lipid
IM-Protein	Pearson Correlation	1	-.987**	-.855**	.768**	-.740**	.743**	.556**	.759**	.647**	.764**	-.826**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
IM-Lipid	Pearson Correlation	-.987**	1	.880**	-.783**	.768**	-.772**	-.589**	-.772**	-.676**	-.783**	.851**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
*L**	Pearson Correlation	-.855**	.880**	1	-.891**	.897**	-.921**	-.745**	-.900**	-.835**	-.939**	.971**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
*a**	Pearson Correlation	.768**	-.783**	-.891**	1	-.744**	.795**	.542**	.980**	.768**	.961**	-.897**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
*b**	Pearson Correlation	-.740**	.768**	.897**	-.744**	1	-.972**	-.868**	-.760**	-.923**	-.845**	.919**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000
Cooking loss	Pearson Correlation	.743**	-.772**	-.921**	.795**	-.972**	1	.912**	.813**	.933**	.893**	-.963**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000
WHC	Pearson Correlation	.556**	-.589**	-.745**	.542**	-.868**	.912**	1	.551**	.859**	.676**	-.817**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000
Firmness	Pearson Correlation	.759**	-.772**	-.900**	.980**	-.760**	.813**	.551**	1	.765**	.982**	-.910**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000
Moisture	Pearson Correlation	.647**	-.676**	-.835**	.768**	-.923**	.933**	.859**	.765**	1	.844**	-.880**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000
Protein	Pearson Correlation	.764**	-.783**	-.939**	.961**	-.845**	.893**	.676**	.982**	.844**	1	-.953**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
Lipid	Pearson Correlation	-.826**	.851**	.971**	-.897**	.919**	-.963**	-.817**	-.910**	-.880**	-.953**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

a. Listwise N=180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.2 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

		IM-Protein	IM-Lipid	*L**	*a**	*b**	Cooking loss	WHC	Firmness	Moisture	Protein	Lipid
IM-Protein	Pearson Correlation	1	-.999**	-.916**	.984**	-.744**	.947**	.990**	.789**	.992**	.932**	-.980**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
IM-Lipid	Pearson Correlation	-.999**	1	.918**	-.983**	.739**	-.945**	-.992**	-.784**	-.991**	-.932**	.976**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
*L**	Pearson Correlation	-.916**	.918**	1	-.952**	.900**	-.944**	-.918**	-.891**	-.911**	-.985**	.936**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
*a**	Pearson Correlation	.984**	-.983**	-.952**	1	-.800**	.967**	.975**	.851**	.977**	.964**	-.994**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
*b**	Pearson Correlation	-.744**	.739**	.900**	-.800**	1	-.833**	-.727**	-.925**	-.733**	-.902**	.794**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000
Cooking loss	Pearson Correlation	.947**	-.945**	-.944**	.967**	-.833**	1	.939**	.916**	.952**	.956**	-.966**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000
WHC	Pearson Correlation	.990**	-.992**	-.918**	.975**	-.727**	.939**	1	.763**	.994**	.926**	-.965**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000
Firmness	Pearson Correlation	.789**	-.784**	-.891**	.851**	-.925**	.916**	.763**	1	.785**	.915**	-.855**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000
Moisture	Pearson Correlation	.992**	-.991**	-.911**	.977**	-.733**	.952**	.994**	.785**	1	.922**	-.974**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000
Protein	Pearson Correlation	.932**	-.932**	-.985**	.964**	-.902**	.956**	.926**	.915**	.922**	1	-.954**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
Lipid	Pearson Correlation	-.980**	.976**	.936**	-.994**	.794**	-.966**	-.965**	-.855**	-.974**	-.954**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

a. Listwise N=180

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.3 การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเนื้อสเต็กสันนอกและเนื้อสเต็กซี่โครงไม่มีกระดูก

		IM-Protein	IM-Lipid	*L**	*a**	*b**	Cooking loss	WHC	Firmness	Moisture	Protein	Lipid
IM-Protein	Pearson Correlation	1	-.994**	-.879**	.799**	-.683**	.863**	.704**	.767**	.781**	.850**	-.851**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
IM-Lipid	Pearson Correlation	-.994**	1	.887**	-.801**	.690**	-.876**	-.724**	-.768**	-.799**	-.860**	.866**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
L	Pearson Correlation	-.879**	.887**	1	-.855**	.841**	-.892**	-.730**	-.885**	-.765**	-.929**	.805**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
A	Pearson Correlation	.799**	-.801**	-.855**	1	-.763**	.764**	.620**	.900**	.733**	.912**	-.738**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
B	Pearson Correlation	-.683**	.690**	.841**	-.763**	1	-.788**	-.767**	-.803**	-.735**	-.815**	.662**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000
Cooking loss	Pearson Correlation	.863**	-.876**	-.892**	.764**	-.788**	1	.870**	.835**	.917**	.915**	-.939**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000
Whc	Pearson Correlation	.704**	-.724**	-.730**	.620**	-.767**	.870**	1	.596**	.895**	.759**	-.826**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000
Firmness	Pearson Correlation	.767**	-.768**	-.885**	.900**	-.803**	.835**	.596**	1	.711**	.935**	-.767**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000
Moisture	Pearson Correlation	.781**	-.799**	-.765**	.733**	-.735**	.917**	.895**	.711**	1	.861**	-.921**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000
Protein	Pearson Correlation	.850**	-.860**	-.929**	.912**	-.815**	.915**	.759**	.935**	.861**	1	-.898**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
Lipid	Pearson Correlation	-.851**	.866**	.805**	-.738**	.662**	-.939**	-.826**	-.767**	-.921**	-.898**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

a. Listwise N=360

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

รายการ	จำนวนเงิน
1. งบบุคคลากร (ถ้ามี) (ให้เขียนเฉพาะรายการที่มี) *1.1 ผู้ช่วยนักวิจัยทำงานเต็มเวลา* - ค่าจ้างชั่วคราว ปริญญาตรี จำนวน ..1.... คน ..6.... เดือน (1 x 5 x 3,000 = 15,000 บาท)	15,000
2. งบดำเนินงาน	
2.1ค่าใช้สอย	4,000
ค่าจ้างตรวจวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างของชิ้นเนื้อโคขุน	4,000
2.2 ค่าวัสดุ	49,000
1) วัสดุเคมี -สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติเชิงกายภาพเคมี -กระดาษกรอง กระดาษลอกลาย	15,000
2) วัสดุสำนักงาน	3,000
7) วัสดุอื่นๆ ฯลฯ วัตถุดิบได้แก่ เนื้อโคขุนสายพันธุ์กำแพงแสน อุปกรณ์ที่ใช้ในสำหรับเป็นภาชนะบรรจุ อุปกรณ์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	31,000
หมายเหตุ ขอถัวเฉลี่ยค่าใช้จ่ายทุกรายการ	
รวมงบประมาณ **(หกหมื่นแปดพันบาทถ้วน)**	68,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวโสรยา เกิดพิบูลย์
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Ms. Soraya Kerdpiboon
2. หน่วยงาน คณะอุตสาหกรรมเกษตร
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
   โทรศัพท์ 02 3298526-7 โทรสาร 02 3298526-7
3. ประวัติการศึกษา
   3.1 ปริญญาตรีสาขา ผลิตภัณฑ์ประมง (วท.บ. ประมง)
   มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีที่สำเร็จการศึกษา 2542
   3.2 ปริญญาโทสาขา วิทยาศาสตร์การอาหาร (วท.ม. วิทยาศาสตร์การอาหาร)
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีที่สำเร็จการศึกษา 2545
   3.3 ปริญญาเอกสาขา วิศวกรรมอาหาร (วศ.ด. วิศวกรรมอาหาร)
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีที่สำเร็จการศึกษา 2549
   หมายเหตุ (หลักสูตรปริญญาเอกร่วมสถาบัน กับ University of Georgia, USA)
4. ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ

ประวัติการทำงานด้านงานวิจัย (หัวหน้าโครงการวิจัย)

ปี 2550

1. ชื่อโครงการ: การปรับปรุงคุณภาพด้านสี (ความขาว) ของซูริมิที่ผลิตจากปลาแช่เยือกแข็ง (I250C10006)

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน โครงการIRPUS ประจำปี 2550

ปี 2551

1. ชื่อโครงการ: การพัฒนาการผลิตสลัดผักปรุงรส (สไตล์ญี่ปุ่น) (I351C10010)

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน โครงการIRPUS ประจำปี 2551

2. ชื่อโครงการ: การศึกษากระบวนการผลิตเนยฟักทอง

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร

ปี 2552

1. ชื่อโครงการ: การปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของไข่ม้วน (ทามาโกะ) แช่เยือกแข็ง (I252C10004)

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน โครงการIRPUS ประจำปี 2552

2. ชื่อโครงการ: ผลของสภาวะในการอบแห้งต่อคุณภาพของเนื้อจีจากเนื้อโคโพนยางคำ

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สถาบันวิจัยและพัฒนา วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี 2553

1. ชื่อโครงการ: ผลของสมบัติเชิงวิทยากระแสของโจ๊กข้าวฮางที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติเชิงกายภาพของผลิตภัณฑ์อบแห้ง

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สกว. (โครงการวิจัยพื้นฐานเชิงยุทธศาสตร์ฯ) ปี 2553-2554

2. ชื่อโครงการ: การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตโจ๊กผสมฟักทอง

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2553-2554

ปี 2555

1. ชื่อโครงการ: การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมข้าวฮางหุงสุก

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน คณะอุตสาหกรรมเกษตร สจล. (ทุนรายได้)

2. ชื่อโครงการ: สัณฐานวิทยา และสมบัติเชิงกายภาพเคมีของข้าวฮางในระหว่างการหุง

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน มูลนิธิโทเรแห่งประเทศไทย

3. ชื่อโครงการ: การยกระดับการผลิตข้าวฮางเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันเชิงอุตสาหกรรม

แหล่งทุนที่ให้การสนับสนุน สวก. ร่วมกับ วช.

หมายเหตุ เป็นผู้ร่วมโครงการวิจัย

สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ

Drying of foods; Fisheries; Heat and mass transfer; Meat and poultry processing; Physical property; Structural property; Thermal processing of foods and biomaterials

ผลงานวิจัย (ปี 2006-ปัจจุบัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้