อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในสุกรขุน

INFLUENCE OF MYOGENIN GENOTYPE ON CARCASS AND MEAT QUALITY IN FATTENING PIG

พรพิมล บุญวงค์
PORNPIMON BOONWONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AG-M-031-005

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อในสุกรขุน

INFLUENCE OF MYOGENIN GENOTYPE ON CARCASS AND MEAT QUALITY IN FATTENING PIG

พรพิมล บุญวงค์

PORNPIMON BOONWONG

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 77954
วัน,เดือน,ปี 12 ก.พ. 2551

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AG-M-031-005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INFLUENCE OF MYOGENIN GENOTYPE ON CARCASS AND MEAT QUALITY IN FATTENING PIG

PORNPIMON BOONWONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

KMITL-2008-AG-M-031-005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในสุกรขุน
Influence of Myogenin Genotype on Carcass and Meat Quality in Fattening Pig

ชื่อนักศึกษา นางสาวพรพิมล บุญวงศ์

รหัสประจำตัว 48065401

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.กัญญา จิระเจริญรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.กันยา ตันติวิสุทธิกุล

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.จุฑารัตน์	เศรษฐกุล	
รศ.ดร.กันยา	ตันติวิสุทธิกุล	
ผศ.ดร.สมเกียรติ	ประสานพานิช	
ดร.กัญญา	จิระเจริญรัตน์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 12 พฤศจิกายน 2550 เวลา 13.00-16.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้องโสตศึกษาภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ (ชั้น 3 ตึก L)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.จารุวัตร เจริญสุข)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....๑.....**เดือน**.....มกราคม.....**พ.ศ.**.....๒๕๕๑.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในสุกรขุน
นักศึกษา	นางสาวพรพิมล บุญวงค์
รหัสประจำตัว	48065401
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2551
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.กัญญา จิระเจริญรัตน์
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร. กันยา ตันติวิสุทธิกุล

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินและอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในสุกรขุน โดยทำการศึกษาในสุกรลูกผสมที่เลี้ยงตามระบบฟาร์มเป็นการค้า พันธุ์ ดูร็อค x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) และพันธุ์เพื่อการค้านิวไลน์ x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) คละเพศ จำนวน 240 ตัว เมื่อมีน้ำหนักระหว่าง 76-121 กิโลกรัมจึงส่งเข้าโรงฆ่าที่ได้รับมาตรฐานสากลเพื่อทำการศึกษาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อต่อไป ทำการศึกษาความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน โดยการเจาะเลือดจากสุกรกลุ่มตัวอย่างแล้วนำมาสกัดดีเอ็นเอจากเม็ดเลือดขาว จากนั้นนำดีเอ็นเอที่ได้มาเพิ่มจำนวนยีนไมโอจีนินบริเวณโพรโมเทอร์ด้วยเทคนิคพีซีอาร์ แล้วตัดยีนไมโอจีนินด้วยเอนไซม์ *Msp*I พบว่าได้ชิ้นดีเอ็นเอที่ได้จากการตัดด้วยเอนไซม์ *Msp*I 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 เป็นแถบดีเอ็นเอที่ไม่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ *Msp*I (ให้เป็นอัลลีล A) มีขนาด 364 คู่เบส และรูปแบบที่ 2 เป็นแถบดีเอ็นเอที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ *Msp*I (ให้เป็นอัลลีล B) มีขนาด 260 และ 104 คู่เบส ทำให้สามารถจำแนกจีโนไทป์ได้ 3 จีโนไทป์ ได้แก่ จีโนไทป์ที่เป็นโฮโมไซกัส AA มีจำนวนคู่เบสขนาด 364 คู่เบส จีโนไทป์ที่เป็นเฮทเทอโรไซกัส AB มีจำนวนคู่เบสขนาด 364 260 และ 104 คู่เบส และ จีโนไทป์ที่เป็นโฮโมไซกัส BB มีจำนวนคู่เบสขนาด 260 และ 104 คู่เบส สำหรับการศึกษาความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน พบว่า จีโนไทป์ AA AB และ BB มีความถี่ 18.45 55.36 และ 26.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และความถี่ของอัลลีล พบว่า อัลลีล A และ B มีความถี่ 0.461 และ 0.539 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก พบว่า จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินไม่มีอิทธิพลต่อทุกลักษณะของคุณภาพซากที่ศึกษา ยกเว้น พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก โดยพบว่าจีโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทป์ AA และ BB มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกใหญ่กว่าจีโนไทป์ AB โดยมีค่าเท่ากับ 54.39 52.91 และ 48.88 ตารางเซนติเมตร ($p \leq 0.01$) ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพเนื้อ พบว่า จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินมีอิทธิพลต่อค่าสีของเนื้อ คือ ค่า L* และ b* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยจีโนไทป์ BB และ AA มีค่า L* (lightness) และ b* (yellowness) สูงกว่าจีโนไทป์ AB โดยมีค่า L* เท่ากับ 51.04 49.94 และ 49.09 ค่า b* มีค่าเท่ากับ 1.67 1.28 และ 1.11 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรดด่าง drip loss จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อและเส้นใยกล้ามเนื้อทุกชนิด ยกเว้น เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber โดยพบว่า จีโนไทป์ BB และ AA มีเปอร์เซ็นต์ของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber สูงกว่าจีโนไทป์ AB โดยมีค่าเท่ากับ 67.69 66.80 และ 64.18 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Influence of Myogenin Genotype on Carcass and Meat Quality in Fattening Pig
Student	Miss Pornpimon Boonwong
Student ID.	48065401
Degree	Master of Science
Program	Animal Science
Year	2008
Thesis Advisor	Dr. Kanya Jirajareonrat
Thesis Co-advisor	Assoc.Prof.Dr.Kunya Tuntivisoottikul

ABSTRACT

This research was aimed to study genotypic diversity of myogenin gene, and to investigate influence of the genotypes on carcass quality and meat quality in fattening pig. Blood samples of the two hundred and forty terminal crossbreds in a commercial farm, with slaughtering weight of 76 to 121 kg were collected. The breeds of Duroc or Newline were used as sire lines mean while the dam line was the crossbred, Large White and Landrace. All pigs were slaughtered at an international standard slaughterhouse for studying the carcass and meat qualities traits.

To study the genotypic diversity of the gene, the DNA from the buffy coat was extracted and it was digested by *Msp*I restriction endonuclease enzyme. PCR technique was used to increase the amount of fragments of the gene at the promoter site. The result showed that two patterns of DNA were detected: the first one was un-digested DNA, which the length of base size was 364 bp, and the second was the digested DNA, which had 2 fragments with different base size lengths, 260 and 104 bp. Therefore, it could be identified the polymorphism of the gene into 3 genotypes, which as following: homozygous AA had the DNA fragment of 364 bp, heterozygous AB, consisted of the fragments 364, 260 and 104 bp, and homozygous BB consisted of the 260 and 104 bp fragments, respectively. The frequency percentage of genotype AA, AB, and BB were 18.45, 55.36 and 26.18, respectively and the frequency of the alleles A and B were 0.461 and 0.539, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For studying the influence of the myogenin genotypes on the carcass quality, it was found that the genotype had no significantly influenced on all most of the studied traits, except the trait of loin eye area (LEA). The pigs who had genotype AA and BB showed the higher LEA than those who had genotype AB, 54.39, 52.91 and 48.88 cm^2, respectively ($p \leq 0.01$). In the case of the meat quality, the result showed that the gene had significantly effected to the meat color especially, on the L* and b* values ($p \leq 0.05$). The L* and b* values of the pigs with had BB and AA genotypes were higher than those of the pigs with had AB genotype, 51.04, 49.94 and 49.09 for the L* value and 1.67 1.28 and 1.11 for the b* value, respectively. The myogenin gene had no significantly influenced on the traits of pH, drip loss and most of the muscle fiber traits, except the percentage of white fiber, which the gene showed significantly effected ($p \leq 0.05$). The amount of the trait of the pig with had BB and AA genotypes were higher than those of the AB genotype, 67.69, 66.80 and 64.18 %, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณต่อ ดร.กัญญา จิระเจริญรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รศ.ดร.กันยา ตันติวิสุทธิกุล อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการวิจัยตลอดระยะเวลาในการศึกษา รวมทั้งกรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และกรุณาให้คำแนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์ในด้านคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ ผศ.ดร.สมเกียรติ ประสานพานิช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาสละเวลาตรวจสอบและให้คำแนะนำเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณต่ออาจารย์ภัทราภรณ์ จางวนิชเลิศ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลตลอดจนให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลในการเขียนวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณบริษัทเบทาโกร ไฮบริด จำกัด ที่อนุเคราะห์สุกรในการวิจัย ห้องปฏิบัติการบริษัทศูนย์วิทยาศาสตร์เบทาโกร จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ห้องปฏิบัติการศึกษาวิจัยเส้นใยกล้ามเนื้อ และ ดร.กีรติกร พูลทวี ที่กรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาวิจัยเส้นใยกล้ามเนื้อ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร โดยงบประมาณของโครงการย่อยบัณฑิตศึกษาและวิจัยสาขาเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร ภายใต้โครงการบัณฑิตศึกษาและวิจัยสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทบวงมหาวิทยาลัย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้องนักศึกษาปริญญาโท เพื่อนๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจให้ด้วยดีเสมอมา รวมถึงบุคลากรภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้วิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว ที่ให้ความรักและกำลังใจในการศึกษาตลอดมา ประโยชน์และคุณค่าทั้งปวงของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ตลอดจนผู้ที่สามารถนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ได้ต่อไป

พรพิมล บุญวงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....X

สารบัญภาพ.....XI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....2

1.3 สถานที่ดำเนินการ.....2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

1.5 ระยะเวลาการวิจัย.....3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 กระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อ.....4

2.2 ความสำคัญของจำนวนและขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ
ต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์.....6

2.3 ยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อ.....8

2.4 ยีนที่ควบคุมการพัฒนากล้ามเนื้อในกลุ่ม Muscle Regulatory Factors(MRFs).....9

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างยีนกลุ่ม MRFs กับการมีกล้ามเนื้อในสัตว์.....11

2.6 การเชื่อมต่อกันระหว่างไมโอบลาสต์.....13

2.7 โครงสร้างของยีนไมโอจีนิน.....16

2.8 คุณภาพซาก.....17

2.8.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพซาก.....17

2.8.2 อิทธิพลของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก.....19

2.8.3 อิทธิพลของพันธุ์สัตว์ต่อคุณภาพซาก.....20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.8.4 อิทธิพลของเพศต่อคุณภาพซาก....21
2.8.5 อิทธิพลของอาหารต่อคุณภาพซาก....22
2.9 คุณภาพเนื้อ....23
2.9.1 คุณลักษณะของคุณภาพเนื้อด้านการแปรรูป....24
2.9.2 อิทธิพลของยีนไมโอจีนินคุณภาพเนื้อ....25
2.9.3 อิทธิพลของพันธุ์สัตว์ต่อคุณภาพเนื้อ....26
2.9.4 อิทธิพลของเส้นใยกล้ามเนื้อต่อคุณภาพเนื้อ....27

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย....30
3.1 สัตว์ทดลอง....30
3.2 อุปกรณ์และสารเคมี....30
3.3 วิธีการ....33
3.3.1 การศึกษาที่ 1 การศึกษาความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน....33
3.3.1.1 การสกัดดีเอ็นเอจากเลือดสัตว์....33
3.3.1.2 การเพิ่มยีนไมโอจีนินด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พีซีอาร์....33
3.3.1.3 การตัดยีนไมโอจีนินด้วยเอนไซม์ MspI....34
3.3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล....35
3.3.2 การศึกษาที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก....36
3.3.2.1 การศึกษาค่า LSQ....36
3.3.2.2 เปอร์เซ็นต์ซาก....36
3.3.2.3 พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลัง....36
3.3.2.4 เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง....37
3.3.3 การศึกษาที่ 3 ศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพเนื้อ....37
3.3.3.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง....37
3.3.3.2 ค่าสีของเนื้อ....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3.3.3 เปอร์เซ็นต์การเสียน้ำระหว่างเก็บรักษา....38
3.3.3.4 เส้นใยกล้ามเนื้อ....38

บทที่ 4 ผลการทดลอง....41
4.1 ความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน....41
4.2 อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก....43
4.2.1 เปอร์เซ็นต์ซาก....43
4.2.2 ค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก....43
4.2.3 พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก....43
4.2.4 สัดส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลัง....45
4.2.5 เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและปริมาณเนื้อแดงใน 4 ชิ้นส่วนหลัก....45
4.3 อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพเนื้อ....45
4.3.1 ค่าความเป็นกรดด่างในกล้ามเนื้อสันนอก....45
4.3.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา....46
4.3.3 สีของเนื้อ....46
4.3.4 ชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ....47
4.3.5 เส้นใยกล้ามเนื้อ....47

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง....49
5.1 ความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน....49
5.2 อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก....50
5.2.1 เปอร์เซ็นต์ซาก....50
5.2.2 ค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก....50
5.2.3 พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก....51
5.2.5 สัดส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลัง....51
5.2.3 เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและปริมาณเนื้อแดงใน 4 ชิ้นส่วนหลัก....52
5.3 อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพเนื้อ....52
5.3.1 ค่าความเป็นกรดด่างในกล้ามเนื้อสันนอก....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.3.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา.....53
5.3.3 สีของเนื้อ.....54
5.3.4 ชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ.....54
5.3.5 จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ..... 55

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....56

บรรณานุกรม.....58

ภาคผนวก.....66
ภาคผนวก ก ลำดับและส่วนต่างๆของนิวคลีโอไทด์ยีนไมโอจีนิน.....67
ภาคผนวก ข การเตรียมสารเคมี.....69
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....74

ประวัติผู้เขียน.....87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ลักษณะคุณภาพเนื้อและจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อในสุกรพันธุ์เพียเทรน....7

2.2 ขนาดของยีนไมโอจีนินที่ตำแหน่ง U14331....17

4.1 ความถี่จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน....42

4.2 ความถี่อัลลีลของยีนไมโอจีนิน....43

4.3 อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก....44

4.4 อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อความเป็นกรดด่าง สีของเนื้อและ drip loss....46

4.5 อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อชนิดและจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ....47

ข 1 ส่วนประกอบของ Buffer A....69

ข 2 ส่วนประกอบของ Buffer B....69

ข 3 ส่วนประกอบของ 10xTBE buffer....70

ข 4 ส่วนประกอบของ 6X Loading buffer....70

ข 5 ส่วนประกอบของ Fixed solution....71

ข 6 ส่วนประกอบของ Diaphorase incubation....71

ข 7 ส่วนประกอบของ Preincubation solution.... 72

ข 8 ส่วนประกอบของ Tris $CaCl_2$ solution....72

ข 9 ส่วนประกอบของ ATPase incubation solution....72

ข 10 ส่วนประกอบของ Glycine buffer....73

ค 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก....74

ค 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพเนื้อ....80

ค 3 ผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน....85

ค 4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่า chi-square ของจีโนไทป์ยีนไมโอจีนิน....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 กระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อ....5

2.2 การพัฒนาขนาดและจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อ....7

2.3 การจัดเรียงโครงสร้างแบบ bHLH ของยีนกลุ่ม MRFs....9

2.4 การแสดงออกของยีนกลุ่ม MRFs ในกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อ....10

2.5 การเชื่อมต่อกันของไมโอบลาสต์....14

2.6 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์กล้ามเนื้อเมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ....15

2.7 โครงสร้างของยีนไมโอจีนินของสุกร (U14331) บนโครโมโซมคู่ที่ 9....16

2.8 โครงสร้างของกล้ามเนื้อและเส้นใยกล้ามเนื้อ....28

3.1 ขั้นตอนและสภาวะการทำงานของเครื่องพีซีอาร์....34

4.1 ผลการตัดท่อนยีนไมโอจีนินด้วยเอนไซม์ *Msp*I....42

4.2 ลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อ....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย

การผลิตสัตว์เพื่อการค้ามีวัตถุประสงค์หลัก คือ มีต้นทุนการผลิตต่ำสุด ขายให้ได้กำไรสูงสุด สินค้า (ตัวสัตว์) ที่ส่งตลาดต้องเป็นที่ต้องการและได้รับความนิยมจากผู้บริโภคมากที่สุด คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสัตว์จึงเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ ส่วนประกอบของซากที่มีปริมาณเนื้อมากย่อมเป็นที่สนใจของผู้บริโภคเช่นกัน (สัญชัย จตุรสิทธา, 2547) ดังนั้น การปรับปรุงพันธุ์สุกรให้มีคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อสูงจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างยิ่ง

ลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจของสัตว์ส่วนหนึ่งได้รับอิทธิพลจากลักษณะทางพันธุกรรมซึ่งเกิดจากการแสดงออกของยีนที่ควบคุมลักษณะนั้นๆ เนื่องจากวิทยาการการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ในระดับพันธุศาสตร์โมเลกุลมีความเจริญก้าวหน้า ทำให้องค์ความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและลักษณะทางกายภาพกับกลไกการควบคุมของยีนต่างๆเกิดขึ้นจำนวนมาก ในระยะ 10 ปีที่ผ่านมาวิทยาการการปรับปรุงพันธุ์สัตว์โดยใช้เทคโนโลยีด้านพันธุศาสตร์โมเลกุลได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดเทคโนโลยีที่หลากหลายที่ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ อาทิเช่น การทำแผนที่ของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจบนแต่ละโครโมโซม (Genomic mapping) ทำให้มีแหล่งข้อมูลสำคัญที่ระบุตำแหน่งและลักษณะบางประการของยีนในสัตว์เศรษฐกิจที่นักวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้หรือศึกษาต่อได้ ยีนเครื่องหมาย (Gene marker) ถูกใช้ประโยชน์ในการศึกษาหาตำแหน่งยีนที่สนใจ โดยยีนเครื่องหมายแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน Candidate gene คือ ยีนที่ศึกษาแล้วว่าเกี่ยวข้องกับการพัฒนาการหรือสรีระวิทยาของสัตว์ แต่ไม่ได้มีหน้าที่ควบคุมลักษณะนั้นโดยตรงแต่มีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะนั้นชัดเจน ปัจจุบันการศึกษา Candidate gene ที่มีอิทธิพลต่อการแสดงออกลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจเป็นที่นิยมมากในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ โดยใช้เทคโนโลยีด้านพันธุศาสตร์โมเลกุล (อมรรัตน์ โมพี, 2550) ในการปรับปรุงพันธุ์สุกร ยีนไมโอจีนินถูกคัดเลือกเป็น Candidate gene ที่มีอิทธิพลต่อการสร้างกล้ามเนื้อในสุกร (Cieślak *et al.*, 2002) ดังนั้น การมีข้อมูลจีโนไทป์ยีนไมโอจีนิน จึงช่วยในการทำนายผลกระทบต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในสุกรได้ (te Pas and Soumillion, 2001)

สำหรับในประเทศไทยการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในสุกรยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้จึงถูกนำมาศึกษาโดยคาดหวังว่าอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพเนื้อและคุณภาพซากจะเป็นอีกวิธีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สามารถทำนายคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในสุกร และสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการปรับปรุงพันธุ์สุกรเพื่อให้มีคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคได้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินในกลุ่มประชากรสุกรที่ศึกษา

2) เพื่อศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในกลุ่มประชากรสุกรที่ศึกษา

1.3 สถานที่ดำเนินการ

1) ฟาร์มสุกรในเครือบริษัทเบทาโกร อ.เมือง จ.นครปฐม
2) บริษัทเบทาโกร เซฟตี้ มีท แพคกิ้ง จำกัด อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี
3) ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
4) ห้องปฏิบัติการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์เกษตร ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
5) ห้องปฏิบัติการตัดแต่งเนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
6) ห้องปฏิบัติการโครงการบัณฑิตศึกษาและวิจัยสาขาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ
7) ห้องปฏิบัติการ บริษัทศูนย์วิทยาศาสตร์เบทาโกร จำกัด จ.ปทุมธานี

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

แบ่งการศึกษาเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1) การศึกษาความความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนโมโอจีนิน
2) การศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก
3) การศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ระยะเวลาการวิจัย

ใช้เวลาในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลเป็นเวลา 11 เดือน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทำให้ทราบความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินในกลุ่มประชากรสุกรที่ศึกษา

1.6.2 ทำให้ทราบถึงอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในกลุ่มประชากรสุกรที่ศึกษา

1.6.3 สามารถนำผลการทดลองที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงพันธุ์สุกรให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อ (myogenesis)

กระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อ (myogenesis) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในขณะที่เป็นตัวอ่อน (embryo) และเกิดขึ้นอย่างเป็นขั้นตอน เป็นกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ต้นกำเนิดของกล้ามเนื้อหรือไมโอบลาสต์ โดยไมโอบลาสต์จะเกิดการแบ่งตัวและพัฒนาไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดไมโอทิวป์ ต่อจากนั้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดไมโอทิวป์ที่โตเต็มวัยในที่สุด กระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อนี้จะถูกควบคุมโดยยีนในกลุ่ม Muscle Regulatory Factors (MRFs) อย่างจำเพาะเจาะจง (Muntoni *et al.*, 2002)

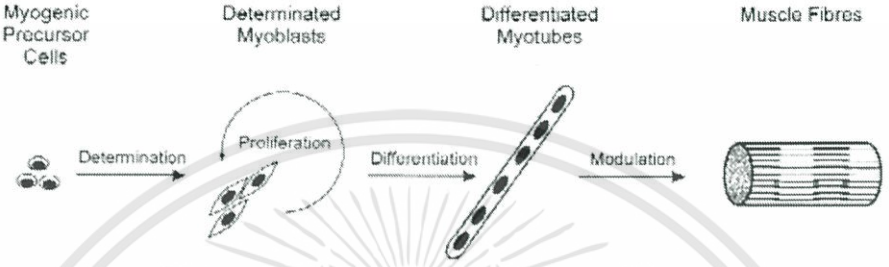
te Pas and Soumillion (2001) รายงานว่า กล้ามเนื้อลายมีการพัฒนาขึ้นใน 2 ระยะ คือ ระยะที่ 1 คือ ระยะก่อนคลอด (prenatal) เป็นการเพิ่มจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อซึ่งถูกควบคุมโดยพันธุกรรม และระยะที่ 2 คือ ระยะหลังคลอด (postnatal) เป็นระยะที่เส้นใยกล้ามเนื้อมีการเพิ่มขนาดให้ใหญ่ขึ้น ระยะนี้ส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม

2.1.1 การพัฒนากล้ามเนื้อในระยะก่อนคลอด (prenatal myogenesis)

กล้ามเนื้อลายในสัตว์มีกระดูกสันหลังมีต้นกำเนิดมาจากเนื้อเยื่อชั้นกลางส่วนพาราเซียล (paraxial mesoderm) ของตัวอ่อน จากนั้นเนื้อเยื่อชั้นกลางจะพัฒนาไปเป็นเซลล์โซไมท์ (somites) ต่อจากนั้นโซไมท์จะจัดรูปร่างไปเป็นเดอโมไมโอโตม (dermomyotome) และสเครอโรโตม (sclerotome) ส่วนของเดอโมไมโอโตมจะพัฒนาต่อไปเป็นเดอมาโตม (dermatome) และไมโอโตม (myotome) โดยเซลล์ต้นกำเนิดกล้ามเนื้อลาย (myogenic precursor cell) ถูกพัฒนามาจากไมโอโตม (Buckingham *et al.*, 2003) ในระยะต่อมาเซลล์ต้นกำเนิดกล้ามเนื้อลายจะพัฒนาไปเป็นไมโอบลาสต์โดยในแต่ละไมโอบลาสต์มีนิวเคลียสเดี่ยว ต่อจากนั้นไมโอบลาสต์จะเกิดการแบ่งตัวต่อไปเรื่อยๆ (proliferation) และจะเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (differentiation) ไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดไมโอทิวป์ที่มีนิวเคลียสหลายอันและพัฒนาไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด ไมโอทิวป์อันใหม่และโตเต็มวัยกลายเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อ (myofibers)ในที่สุด (ภาพที่ 2.1) (Rehfeldt *et al.*, 2000) การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไมโอบลาสต์เกิดขึ้นโดยการเชื่อมต่อกันของแต่ละไมโอบลาสต์จนกลายเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อ ไมโอบลาสต์บางเซลล์เมื่อเปลี่ยนแปลงรูปร่างแล้วจะกลายเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อระยะแรก (primary myofibers) ที่สามารถตอบสนองต่อการทำงานของเอนไซม์ slow myosin ATPase ส่วนไมโอบลาสต์เซลล์อื่นๆ จะเปลี่ยนแปลงรูปร่างแล้วจะกลายเป็นเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้ามเนื้อระยะที่สอง (secondary myofibers) แต่ไม่ตอบสนองต่อการทำงานของเอนไซม์ slow myosin ATPase ในสุกรพบว่า เส้นใยกล้ามเนื้อระยะแรกจะเกิดขึ้นในขณะที่ลูกสุกรอยู่ในท้องแม่อายุได้ประมาณ 60 วัน ส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อระยะที่สองจะเกิดขึ้นในขณะที่ลูกสุกรอยู่ในท้องแม่อายุได้ประมาณ 54 ถึง 90 วัน (Stickland *et al.*, 2004)



ภาพที่ 2.1 แสดงกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อ

ที่มา : Rehfeldt *et al.* (2000)

จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกสร้างขึ้นในระยะก่อนคลอดนี้จะถูกควบคุมโดยพันธุกรรมและเป็นการเพิ่มจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อเท่านั้น เรียกกระบวนการนี้ว่า ไฮเปอร์พลาเซีย (Hyperplasia) (Hanset *et al.*, 1982) การเพิ่มจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดการมีกล้ามเนื้อในสัตว์

2.1.2 การพัฒนากล้ามเนื้อในระยะหลังคลอด (postnatal myogenesis)

การพัฒนากล้ามเนื้อในระยะหลังคลอดเป็นการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อเรียกว่า ไฮเปอร์โทรฟี (hypertrophy) โดยจะได้รับอิทธิพลจากปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม เช่น ระดับการให้อาหารในสุกรและการเพิ่มของฮอร์โมนและปัจจัยการเจริญเติบโตแก่สุกร กระบวนการนี้เกิดจากการที่นิวเคลียสของเส้นใยกล้ามเนื้อประเภทแซทเทลไลท์เซลล์ (satellite cell) ที่เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้นโดยจะเพิ่มทั้งความยาวและขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ แต่การพัฒนากล้ามเนื้อในระยะหลังคลอดจะไม่มีการเพิ่มจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งในระหว่างเกิดการพัฒนากล้ามเนื้อ น้ำหนักกล้ามเนื้อลายที่เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Dwyer *et al.*, 1994) ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อจะเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นในช่วงสั้นๆในช่วงแรกหลังคลอดจากนั้นจะมีจำนวนคงที่ ในระยะหลังคลอดจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมดในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและสัตว์ปีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกซึ่งพบในสุกร หนู โค-กระบือ ไก่ และนกกระทา (ภาพที่ 2.2) (Rehfeldt *et al.*, 2000) จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อและขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อสามารถใช้ประมาณการเพิ่มเนื้อและน้ำหนักเนื้อได้ และการที่กล้ามเนื้อมีน้ำหนักมาก นั่นจึงหมายถึงการมีจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อมากและมีเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่นั่นเอง (Nimmo and Snow, 1983)

2.2 ความสำคัญของจำนวนและขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์

2.2.1 การเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ

จากหลักการการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักของเนื้อที่เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อที่ในระยะก่อนคลอดและขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อในระยะหลังคลอด จากการพิจารณาค่าสหสัมพันธ์พบว่า น้ำหนักเนื้อมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนและขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Larzul *et al.*, 1997) แต่การเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อที่สร้างขึ้นในระยะก่อนคลอด เนื่องจากในระยะหลังคลอดขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นจะถูกจำกัดโดยพันธุกรรมและลักษณะทางกายภาพอื่นๆ ในสุกรพันธุ์เพียเทรนซึ่งเป็นสุกรที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ เมื่อได้รับฮอร์โมนโซมาโทโทรฟิน (Somatotrophin; pST) พบว่าไม่สามารถเพิ่มขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อได้ (Rehfeldt and Ender, 1995) สอดคล้องกับการศึกษาของ Sørensen *et al.* (1996) อ้างโดย Karlsson *et al.* (1999) ที่รายงานว่าสุกรที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ จะตอบสนองต่อฮอร์โมน pST ต่ำกว่าสุกรที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดเล็ก

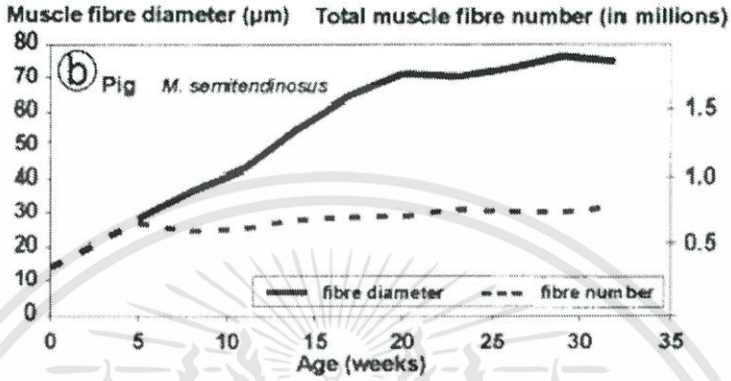
ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อและการเจริญเติบโตของเนื้อแดงเห็นได้จาก การมีกล้ามเนื้อแผ่ในโคกระบือ ซึ่งพบว่ามีจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อมากกว่าโคกระบือทั่วไปถึง 2 เท่า และกล่าวได้ว่าจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อมีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มน้ำหนักเนื้อแดงถึง 20 เปอร์เซ็นต์ (Wegner *et al.*, 2000)

2.2.2 คุณภาพเนื้อ

สุกรที่ถูกปรับปรุงพันธุ์ให้มีเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ จะมีความสัมพันธ์กับการเกิดความเครียดและมีคุณภาพเนื้อต่ำ เนื่องจากภายในกล้ามเนื้อมีเส้นเลือดฝอยไปหล่อเลี้ยงน้อย ในสุกรและไก่ที่ถูกปรับปรุงพันธุ์ให้มีเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่มีแนวโน้มว่าในเซลล์กล้ามเนื้อมีไมโทคอนเดรียน้อย จึงทำให้เกิดความเครียดได้ง่ายและมีความสัมพันธ์กับการเกิดเนื้อ PSE (Pale soft exudative) (Fiedler *et al.*, 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lengerken *et al.* (1997) รายงานความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อและค่า pH ในกล้ามเนื้อสันนอก และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่ได้หลังการฆ่า พบว่า สุกรที่มีจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อปานกลางจะมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงและมีคุณภาพเนื้อที่ดี (ตารางที่ 2.1)



ภาพที่ 2.2 การพัฒนาขนาดและจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อในส่วนกล้ามเนื้อ semitendinosus ในสุกรพันธุ์แลนด์เรซ

ที่มา: Rehfeldt *et al.* (2000)

ตารางที่ 2.1 ลักษณะคุณภาพเนื้อและจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อในสุกรพันธุ์เพียเทรน (mean±S.D)

	ระดับของจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ ($x10^3$)		
	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
	800-1000	> 1000-1200	1200-1600
จำนวนสุกร	9	9	9
จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ ($x10^3$)	908±56	1112±57	1325±110
เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ	86.0±8.2	77.5±8.6	67.1±5.4
เนื้อแดง (%)	60.0±2.3	59.8±2.4	59.1+3.4
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (cm^2)	54.9±2.0	57.2±6.0	58.2 ±7.5
pH 45 นาที	5.95±0.36	6.01±0.44	6.20±0.39
Reflectance 17 h p.m.	48±3	49±4	46± 3
Drip loss (%)	4.01±2.21	4.39±2.85	2.91±1.45

ที่มา: ดัดแปลงจาก Lengerken *et al.* (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อ

Muntoni *et al.* (2002) รายงานว่า มียีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อดังต่อไปนี้

1) Pax family ยีนในกลุ่ม Pax family มีลักษณะเป็น Homeobox และ Paired box สมาชิกของยีนใน Pax family ได้แก่ Pax3 และ Pax7 ยีน 2 ยีนนี้มีบทบาทสำคัญในระหว่างการพัฒนากล้ามเนื้อโดยยีน Pax3 จะแสดงออกในเดอมาไมโอโตมซึ่งจะทำให้ไมโอโตมเพิ่มจำนวนขึ้น การแสดงออกของยีน Pax3 และ MRFs จะเป็นแบบทำงานร่วมกัน Pax3 จะแสดงออกมากในระหว่างการพัฒนาตัวอ่อน

2) Mox2 เป็นยีนในกลุ่ม homeobox ที่แสดงออกในเซลล์ต้นกำเนิดของกล้ามเนื้อ ถ้ายีน Mox2 มีเบสที่ขาดหายไปจะทำให้กล้ามเนื้อส่วนแขน ขา ปีก ในแมลงหวี่อ่อนกำลัง ไม่มีแรง หรือทำให้จำนวนเซลล์ต้นกำเนิดกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงไป

3) Lady Bird homolog (Lbx1) เป็นอีกยีนหนึ่งที่แสดงออกในเซลล์ต้นกำเนิดกล้ามเนื้อ โดยเป็นยีนที่ควบคุมการพัฒนาศูนย์กลางระบบประสาท ยีน Lbx1 จะควบคุมการแสดงออกในกล้ามเนื้อบริเวณส่วนหลังของกล้ามเนื้อแขน ขา

4) The myocte nuclear factor (Mnf) เป็นยีนที่แสดงออกในเซลล์ต้นกำเนิดการสร้างกล้ามเนื้อ ในเส้นใยกล้ามเนื้อที่โตเต็มวัยแล้ว การแสดงออกของ Mnf เป็นการจำกัดจำนวนของ Satellite cell

5) Sonic hedgehog (Shh) และ bone morphogenetic protein (Bmp) Shh แสดงออกโดยเป็นยีนที่เหนี่ยวนำยีน Pax3 ให้แสดงออกและสามารถทำให้เซลล์ต้นกำเนิดกล้ามเนื้อขยายตัวขึ้น นอกจากนี้ยีน Shh ยังช่วยเหนี่ยวนำยีน Bmp ถ้า Bmp ไม่มี Shh เหนี่ยวนำจะทำให้การกระตุ้นการพัฒนากล้ามเนื้อลดลง แต่การที่ Pax3 มี Bmp ช่วยเหนี่ยวนำจะทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น

6) Noggin เป็นโพลีเพปไทด์ที่สร้างมาจาก Nog gene โดยยีน Noggin จะจับกับ Transforming growth factor bata มีผลทำให้ Transforming growth factor bata และยีน Bmp4 ไม่ทำงาน

7) Bmp ในการพัฒนากล้ามเนื้อ พบว่าการขาดหายไปของยีน Bmp คาดว่าจะทำให้มีน้ำหนักกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น นอกจากนี้เมื่อยีน Bmp จับกับยีน follistatin จะทำให้มีน้ำหนักกล้ามเนื้อลดลง แต่ถ้าการทำงานของยีน follistatin ไม่จับกับยีน Bmp จะทำให้กล้ามเนื้อมีการพัฒนาเพิ่มขึ้น

8) Msx1 การแสดงออกของยีน Msx1 นอกจากจะเชื่อมโยงกับระยะ regeneration ในกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อแล้วยังเกี่ยวข้องกับการสร้างกระดูกอ่อนด้วย ซึ่งได้มีการศึกษาในส่วนหางของสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ยีน Msx1 จะแสดงออกในระยะ regeneration ในส่วนแขน ขา ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

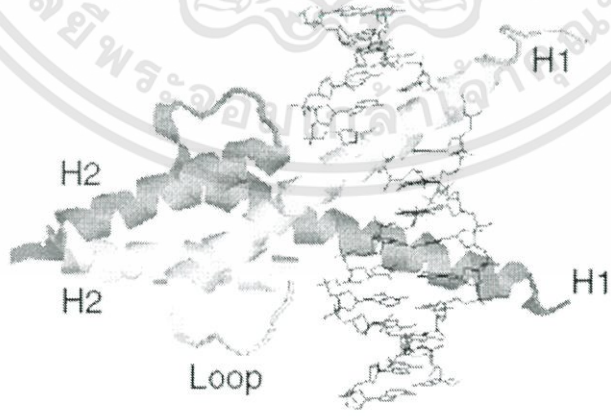
9) Myostatin เป็นยีนที่มีบทบาทสำคัญในการมีน้ำหนักกล้ามเนื้อ แต่แสดงออกในเชิงลบต่อการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อลาย

10) Nuclear factor of activated T cells calcium responsive isoform3 (NFATC3) ในหนูพบว่าการที่ยีน NFATC3 ไม่แสดงออกจะทำให้หนูมีน้ำหนักกล้ามเนื้อลดลง เนื่องมาจากการลดลงของไมโอทิวป์ในช่วงท้ายของการพัฒนากล้ามเนื้อในระยะแรก

11) Myocyte-specific enhancer factor2 (MEF2) เป็นยีนหนึ่งที่แสดงออกในระยะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไมโอบลาสต์ไปเป็นไมโอทิวป์โดยแสดงออกร่วมกับยีน MyoD

2.4 ยีนที่ควบคุมการพัฒนากล้ามเนื้อในกลุ่ม Muscle Regulatory Factors (MRFs)

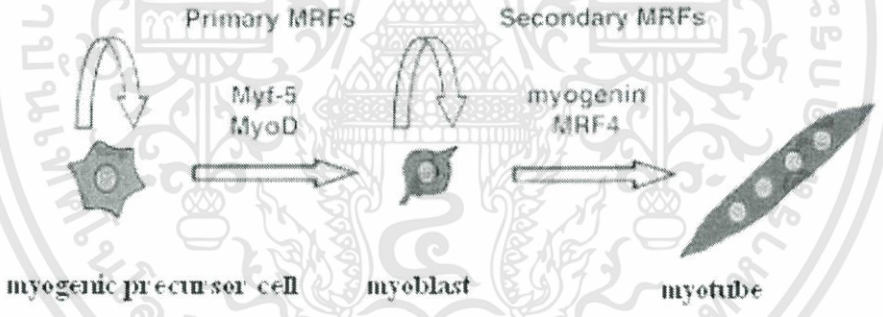
ได้มีการศึกษายีนในกลุ่ม MRFs ในมนุษย์ สุกร แมลงหวี่ และสัตว์ปีก ยีนกลุ่ม MRFs เป็นยีนที่ควบคุมการพัฒนากล้ามเนื้อลายอย่างจำเพาะเจาะจง และมีการจัดเรียงโครงสร้างแบบ basic helix-loop-helix (bHLH) (Edmondson and Olson, 1993) bHLH เป็น Transcription factors ที่พบในสิ่งมีชีวิตจำพวกยูคาริโอตทุกชนิด bHLH มีบริเวณที่เป็นลำดับเบสอนุรักษ์ ในบริเวณอนุรักษ์นี้มีกรดอมิโนเรียงตัวกัน 60 กรดอะมิโน ที่บริเวณปลายลำดับเบสอนุรักษ์มีบริเวณที่เป็น basic domain ซึ่งจะเกาะอยู่จำนวน 6 กรดอะมิโน เรียกว่า E-boxes (CANNTG) บริเวณ E-boxes นี้ทำให้ Transcription factors ที่เป็นสมาชิกใน bHLH มีความแตกต่างกัน bHLH ประกอบไปด้วยเส้นเฮลิกซ์ 2 เส้น (H1 และ H2) ที่เชื่อมต่อกันด้วย loop สั้นๆ ในกรณีที่เป็นยีนในกลุ่ม MRFs loop จะมีขนาด 8 กรดอะมิโน โดยเฮลิกซ์ที่ 1 (H1) จะเป็นบริเวณที่ basic domain ที่เชื่อมต่อกับ major groove ของดีเอ็นเอ (ภาพที่ 2.3) (Jones, 2004)



ภาพที่ 2.3 แสดงการจัดเรียงโครงสร้างแบบ bHLH ของยีนกลุ่ม MRFs
ที่มา : Jones (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Olson *et al.* (1990) รายงานว่า ยีนกลุ่ม MRFs ประกอบด้วยยีน 4 ยีนที่มีหน้าที่และมีโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกัน ได้แก่ (1) MyoD (หรือ MyoD1 หรือ Myf3) (2) Myogenin (MyoG หรือ Myf4) (3) Myf5 (4) MRF4 (หรือ Myf6 หรือ herculin) Sabourin and Rudnicki (2000) กล่าวว่า การแสดงออกของยีนกลุ่ม MRFs แบ่งเป็น 2 ระยะ ระยะแรกได้แก่ยีน MyoD และ Myf5 จะแสดงออกในระยะการแบ่งตัวของเซลล์ต้นกำเนิดของกล้ามเนื้อ (myogenic precursor cell) โดยยีน Myf5 จะแสดงออกก่อนยีน MyoD ส่วนระยะที่สอง เป็นการแสดงออกของยีนไมโอจีนิน และ ยีน MRF4 เป็นการแบ่งตัวของไมโอบลาสต์และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไมโอบลาสต์ไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดไมโอทิวป์ที่มีนิวเคลียสหลายอัน โดยยีนไมโอจีนินเป็นยีนที่มีบทบาทหลักในการควบคุมเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไมโอบลาสต์ไปเป็นไมโอทิวป์ ส่วนยีน MRF4 จะแสดงออกในระยะการพัฒนากล้ามเนื้อลายในระยะแรกของการแบ่งตัวของไมโอบลาสต์ แต่จะแสดงออกในกล้ามเนื้อลายในระยะหลังคลอดเป็นหลัก (ภาพที่ 2.4) te Pas and Soumillion (2001) รายงานว่า การแสดงออกของยีน MRF4 ในระหว่างการพัฒนากล้ามเนื้อลายในระยะการแบ่งตัวของไมโอบลาสต์ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด



ภาพที่ 2.4 การแสดงออกของยีนกลุ่ม MRFs ในกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อ
ที่มา: Sabourin and Rudnicki (2000)

2.4.1 ลักษณะการทำงานของยีนกลุ่ม MRFs

ยีนกลุ่ม MRFs เมื่อแสดงออกร่วมกับยีน E12 และ E2A จะมีการจัดรูปร่างเป็นเฮทเทอโรไดเมอร์ (heterodimers) ดังนั้น เมื่อเฮทเทอโรไดเมอร์ทำงานจะไปกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไมโอบลาสต์ในกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อ โดยไปเกาะที่ลำดับเบสที่เรียกว่า อีบอกซ์ (E-boxes) (CANNTG) ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณ 5' upstream ของยีน (Olson *et al.*, 1990) ยิ่งไปกว่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า ยีนกลุ่ม MRFs บางครั้งก็แสดงออกโดยไม่มีการทำงานร่วมกับยีนกลุ่มอื่น (auto-activate) (Weintraub, 1993)

นอกจากนี้ในกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อ ยังพบว่า Id (inhibitor of differentiation) protein มีบทบาทสำคัญร่วมด้วยกันกับ MRFs โดย Id protein ช่วยทำให้ MRFs ทำงานได้ดีขึ้น แต่ถ้า Id protein ไปทำงานร่วมกันกับ E12 และ E2A จะทำให้ไปขัดขวางการทำงานของ E12 และ E2A กับ MRFs ทำให้ระยะเวลาการแบ่งตัวของไมโอบลาสต์ใช้เวลานานขึ้น เป็นผลให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไมโอบลาสต์เกิดขึ้นได้ช้า จึงทำให้ไม่สามารถจัดให้ Id protein อยู่ในกลุ่มยีน MRFs (Houba and te Pas, 2004)

2.4.2 การทำงานร่วมกันของยีนกลุ่ม MRFs และโปรตีนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

ยีนกลุ่ม myocyte enhancer factor (MEF-2) เป็นกลุ่มยีนที่มีความสำคัญต่อกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อทุกประเภท ได้แก่ กล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อเรียบ และกล้ามเนื้อหัวใจ ยีนกลุ่ม MEF-2 และ MRFs จะทำงานร่วมกันในการพัฒนากล้ามเนื้อลายในระยะที่เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไมโอบลาสต์ โดย MEF-2 จะช่วยควบคุมการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อให้ทำงานอย่างจำเพาะเจาะจง นอกจากนี้พบว่ายังมี insulin-like growth factor-I (IGF-I), ฮอร์โมน และ proto-oncogenes มีบทบาทในการช่วยกระตุ้นช่วยควบคุมการแสดงออกของยีนในกลุ่ม MRFs โดยยีนเหล่านี้จะทำงานร่วมกันเป็นเครือข่ายที่มีอิทธิพลต่อรูปแบบการแสดงออกของยีนกลุ่ม MRFs (Houba and te Pas, 2004)

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างยีนกลุ่ม MRFs กับการมีกล้ามเนื้อในสัตว์

1) ยีน MyoD

ยีน MyoD มีอิทธิพลต่ออัตราและช่วงเวลาการสร้างไมโอบลาสต์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการมีน้ำหนักเนื้อ จากการถอดรหัสพันธุกรรมยีน MyoD ในสุกร จากการใช้เอนไซม์ *Dde*I ตัดในบริเวณอินทรอน1 พบว่ามีความหลากหลายทางพันธุกรรม ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรมที่พบนี้สามารถใช้เป็นแผนที่ระบุตำแหน่งของยีน MyoD บนโครโมโซมอันที่ 2 ตำแหน่งยีนบนโครโมโซมนี้จึงใช้เป็นตำแหน่งตรวจสอบลักษณะเชิงปริมาณ (Quantitative Trait Loci; QTL) ทั้งลักษณะอัตราเนื้อแดงต่อไขมัน ความหนาไขมันสันหลังและน้ำหนักเนื้อส่วนไหล่ รวมทั้งคุณภาพของเนื้อ เช่น pH วัดที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย สามารถตรวจสอบจากยีนบนโครโมโซมนี้ ซึ่งมีความถูกต้องที่ระดับความมีนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและเนื้อเบคอน รวมทั้งน้ำหนักซากครึ่งซีกสามารถตรวจสอบจากโครโมโซมตำแหน่งนี้ในระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์เช่นเดียวกัน เนื่องจากจำนวนยีนที่เกี่ยวข้องมีมากและมีตำแหน่งที่แน่นอนยีน MyoD จึงควรใช้เป็นดัชนีทำนายสมรรถนะการผลิตเนื้อและลักษณะคุณภาพเนื้อของสุกร กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรปรวนของจำนวนยีน MyoD สามารถทำนายคุณลักษณะการผลิตเนื้อของสุกรได้ (te Pas and Soumillion, 2001)

2) Myf5

รหัสพันธุกรรมของยีนที่ควบคุมการผลิตเนื้อของสุกร คน หนู และสัตว์เคี้ยวเอื้องมีความคล้ายคลึงกัน นอกจากนั้นยังพบความหลากหลายของยีนที่ซ้ำๆกันใน Myf5 โพรโมเทอร์ และอินทรอน2 จำนวนหลายชุด ยีนซ้ำในบริเวณโพรโมเทอร์ที่พบมีอัลลีลจำนวนมากซึ่งมีผลต่อค่าเฮตเทอโรไซโกซิตี (heterozygosity) น้อยมาก ทั้งนี้ในสัตว์อื่นก็พบเช่นกันว่ากลุ่มของอัลลีลบางกลุ่มไม่สามารถจำแนกหน้าที่ทางพันธุกรรมได้ เนื่องจากสัตว์จำนวนมากไม่สามารถถอดรหัสพันธุกรรมจากความหลากหลายของยีนซ้ำในตำแหน่งที่เอนไซม์ *HinfI* เข้าไปตัด จึงใช้ อินทรอน2 เป็นมาร์คเกอร์ (marker) ในการศึกษายีนที่ควบคุมการผลิตเนื้อของสัตว์

te Pas and Soumillion (2001) กล่าวว่า ยีน Myf5 มีความเกี่ยวข้องกับการผลิตเนื้อ ยีนนี้จึงมีความสำคัญมาก จากการทดลองในหนูพบว่า ยีน Myf5 และ ยีน MyoD มีความคล้ายคลึง ดังนั้น การอธิบายอิทธิพลของ Myf5 และ MyoD จึงควรนำมาอธิบายรวมกัน Rudnicki *et al.* (1993) กล่าวว่า ถ้ายีน MyoD และ Myf5 เกิดการกลายจะทำให้ไม่เกิดการสร้างกล้ามเนื้อลาย เนื่องจากจะไม่มีการสร้างไมโอบลาสต์

3) MRF4

ยีน MRF4 มีบทบาทในช่วงปลายของการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไมโอบลาสต์ไปเป็นไมโอทิวป์ แต่จะมีบทบาทหลักในกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อในช่วงหลังคลอดเป็นหลัก (Cieślak *et al.*, 2000) การแสดงออกของยีน MRF4 แบ่งเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกแสดงออกในระหว่างการแบ่งตัวของไมโอบลาสต์แต่การศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของยีน MRF4 ในระยะนี้ยังไม่ชัดเจนมากนัก ส่วนการแสดงออกในระยะที่ 2 จะแสดงออกในระยะที่ไมโอทิวป์โตเต็มวัยและจะแสดงออกอย่างต่อเนื่องจนถึงหลังคลอด (Wyszyńska-Koko *et al.*, 2006) te Pas and Soumillion (2001) กล่าวว่า แม้ว่าจะมีรายงานการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน MRF4 แล้วก็ตาม แต่ในปัจจุบันยังมีข้อมูลรายงานความเชื่อมโยงระหว่างยีน MRF4 กับลักษณะทางการผลิตเนื้อในสุกรมีไม่มากนัก

4) Myogenin

te Pas and Soumillion (2001) กล่าวว่า ยีนไมโอจีนินเป็น candidate gene ที่มีความสำคัญต่อการมีน้ำหนักของกล้ามเนื้อลาย ยีนไมโอจีนินเป็นยีนที่มีบทบาทหลักในกระบวนการพัฒนากล้ามเนื้อในระยะตัวอ่อนหรือระยะก่อนคลอด โดยทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของไมโอบลาสต์ที่มีนิวเคลียสเดี่ยวไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดไมโอทิวป์ที่มีนิวเคลียสหลายอันโดยไมโอบลาสต์แต่ละอันจะมาเชื่อมต่อกัน (fusion) จนกลายเป็นไมโอทิวป์ Caliaro *et al.* (2005) รายงานว่า การแสดงออกของยีนไมโอจีนินจะลดลงในระยะหลังคลอดโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าในระยะหลังคลอด 1 วันมีการแสดงออกน้อยมาก จนไม่แสดงออกเลยในระยะ 20-50 วันหลังคลอด จากการทดลองการยับยั้งการแสดงออก (Knock out) ของยีนไมโอจีนินในหนูพบว่ายีนไมโอจีนินเป็นยีนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งก็หมายถึงการมีน้ำหนักกล้ามเนื้อและปริมาณเนื้อในซากนั่นเอง (te Pas and Soumillion, 2001) te Pas and Visscher (1994) กล่าวว่า จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อที่ถูกสร้างขึ้นในขณะที่ยังเป็นตัวอ่อน (embryo) เกี่ยวข้องการมีกล้ามเนื้อมากในสุกร ถ้าหากยีนไมโอจีนินไม่แสดงออกจะทำให้ตัวอ่อนของสัตว์มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดไมโอทิวป์น้อยแต่มีไมโอบลาสต์จำนวนมากเกินไป Nabeshima *et al.* (1993) รายงานว่า จากการทดลองในหนู พบว่าถ้ายีนไมโอจีนินไม่แสดงออกจะมีแต่ไมโอบลาสต์แต่ไม่มีเส้นใยกล้ามเนื้อจึงทำให้หนูตายตั้งแต่แรกเกิด นอกจากนี้ Caliaro *et al.* (2005) รายงานว่า จากการทดสอบแสดงออกของยีนไมโอจีนินในกล้ามเนื้อชนิด fast twitch และ slow twitch โดยใช้เทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่พีซีอาร์ พบว่า ยีนไมโอจีนินมีการแสดงออกในกล้ามเนื้อชนิด fast twitch และ slow twitch ไม่แตกต่างกัน

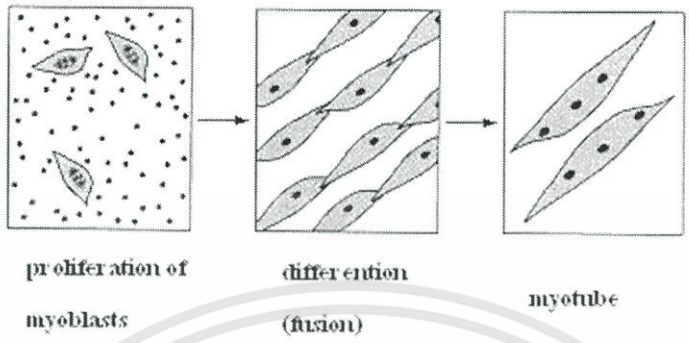
2.6 การเชื่อมต่อกันระหว่างไมโอบลาสต์ (The fusion of myoblasts)

จากการทดลองเพาะเลี้ยงเซลล์ไมโอบลาสต์ของหนูแสดงให้เห็นว่าเมื่อไมโอบลาสต์จัดรูปร่างเป็นไมโอทิวป์โดยการเชื่อมต่อกันเป็นบางจุดจนเกิดเป็นเส้นใยกล้ามเนื้ออันใหม่ เซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อเมื่อมีการรวมตัวหลายๆ เส้นจะเกิดเป็นมัดกล้ามเนื้อในภายหลัง (ภาพที่ 2.5)

ไมโอทิวป์เป็นผลผลิตที่เกิดจากไมโอบลาสต์จำนวนมากที่เชื่อมต่อกัน โดยเซลล์เมมเบรนของแต่ละไมโอบลาสต์เกิดการเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน (ภาพที่ 2.6A) กระบวนการเชื่อมต่อกันของแต่ละไมโอบลาสต์ (fusion) เริ่มต้นเมื่อไมโอบลาสต์พ้นออกจากวัฏจักรเซลล์ (cell cycle) ของการแบ่งตัวแบบไมโทซีส การเชื่อมต่อกันของไมโอบลาสต์ทำให้เกิดไมโอทิวป์ที่มีเป็นรูปร่างเป็น 2 แบบ คือ แบบที่หนึ่งเป็นแบบไบโพลา (bipolar) คือ กลางเซลล์จะมีลักษณะพองตัวใหญ่ขึ้นในขณะที่หัวและท้ายเซลล์มีลักษณะแหลม นิวเคลียสภายในเซลล์อัดตัวแน่นอยู่กับเซลล์ รูปร่างแบบที่สองมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมโดยจะเป็นเซลล์ของไขมัน (fibroblast) เมื่อไมโอบลาสต์แต่ละอันเชื่อมต่อเป็นไมโอทิวป์อันเดียวกันเร็วขึ้นทำให้การแบ่งตัวของไมโอบลาสต์ลดลง ไมโอทิวป์ที่เกิดขึ้นจะมีนิวเคลียสในเซลล์หลายร้อยนิวเคลียสและเรียงตัวกันอยู่กลางเซลล์ของไมโอทิวป์จนเห็นเป็นเส้นยาว (ภาพที่ 2.6B) หลังจากเสร็จสิ้นการเชื่อมต่อกันของไมโอบลาสต์ 2-3 วัน จะเกิดการรวมตัวเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กๆที่เรียกว่าไมโอไฟบริล (myofibril) (ภาพที่ 2.6C) และหลังจากนั้น 8-10 วัน เมื่อไมโอทิวป์รวมตัวเป็นจำนวนมากๆจะเกิดเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีรูปร่างที่ชัดเจนเรียกว่า ไมโอไฟบริล (ภาพที่ 2.6D) อย่างไรก็ตาม การเชื่อมต่อกันของไมโอบลาสต์ อาจเกิดจากการเชื่อมต่อกันระหว่างไมโอบลาสต์กับไมโอบลาสต์ ไมโอบลาสต์กับไมโอทิวป์ หรือไมโอทิวป์กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโอทิวป์ ซึ่งการเชื่อมต่อที่เกิดขึ้นนี้พบว่าเกิดจากการทำงานของยีนไมโอจีนิน (Pearson and Young, 1989)



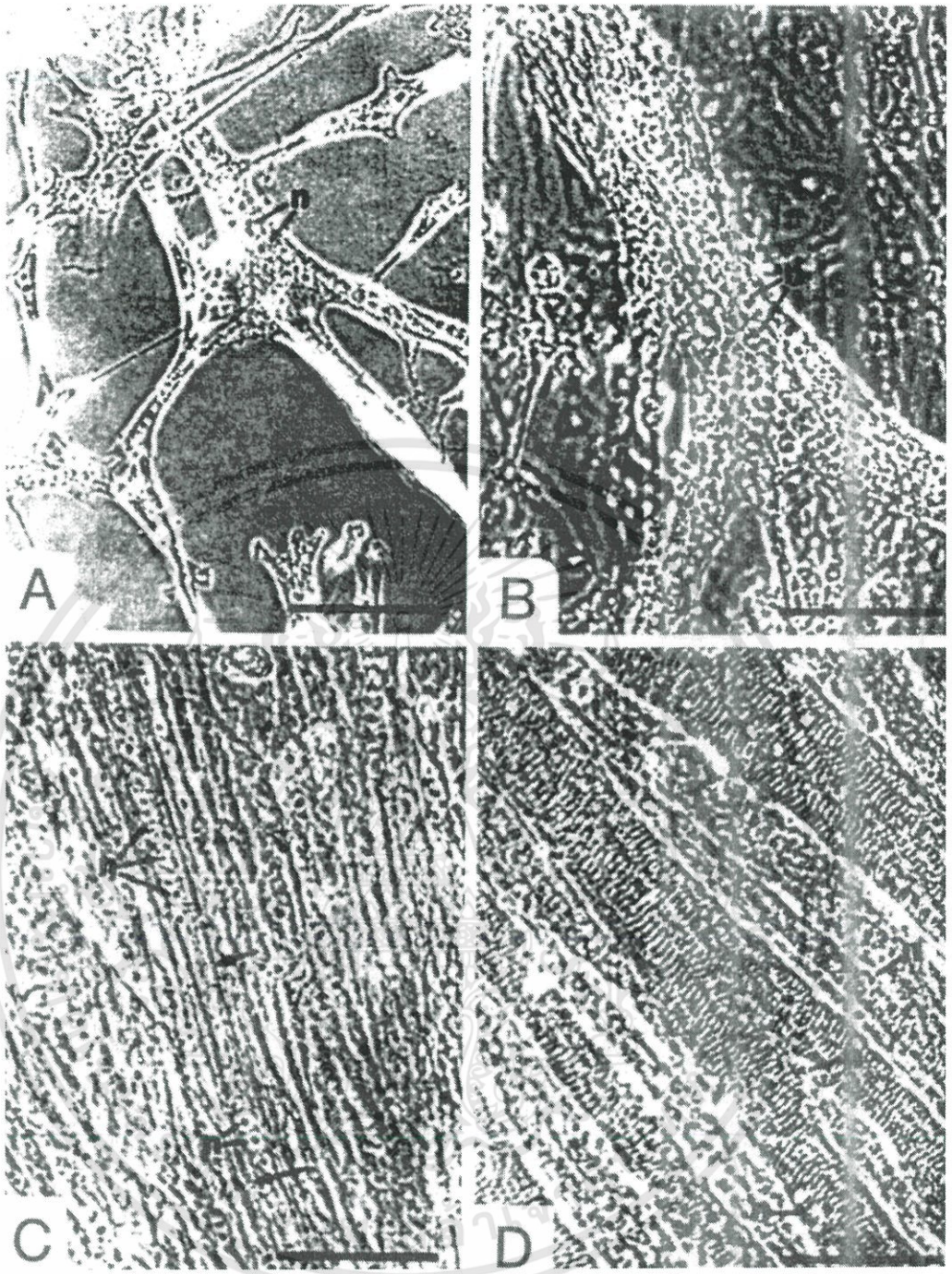
ภาพที่ 2.5 แสดงการเชื่อมต่อกันของไมโอบลาสต์

ที่มา : Gilbert (2007)

Soumillion *et al.* (1997) รายงานว่า จากการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ที่แปลรหัสไปเป็นโปรตีน (coding) ของยีนไมโอจีนินในสุกรกับยีนไมโอจีนินในมนุษย์และหนู พบว่า มีลำดับนิวคลีโอไทด์ที่เหมือนกันถึง 97 เปอร์เซ็นต์ จึงกล่าวได้ว่าการกลายของยีนไมโอจีนิน อาจไม่ได้อยู่ในบริเวณที่แปลรหัสไปเป็นโปรตีน และจากการศึกษาในสุกรที่ต่างสายพันธุ์ก็พบว่ามีลำดับนิวคลีโอไทด์ในบริเวณที่แปลรหัสไปเป็นโปรตีนที่เหมือนกันเช่นกัน และจากการศึกษาในลำดับต่อมา พบว่า ในบริเวณโพรโมเทอร์ของยีนไมโอจีนินในสุกรมีลำดับนิวคลีโอไทด์ที่แตกต่างกัน เช่น ในสุกรพันธุ์เหมยซานที่พบว่ามีความผันแปรของลำดับนิวคลีโอไทด์ในบริเวณโพรโมเทอร์ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับการที่มีเบสบางตัวในบริเวณโพรโมเทอร์ที่ขาดหายไป

การศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของยีนไมโอจีนินในสุกรได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวาง (Soumillion *et al.*, 1997) ความผันแปรของยีนไมโอจีนินที่เกิดจากการกลาย (mutation) พบในบริเวณอินทรอน (intron) และบริเวณ distant flanking การกลายในบริเวณเอ็กซอนที่ 1 (exon1) เป็นการกลายที่ไม่ทำให้ลำดับกรดอะมิโนเปลี่ยนแปลงไป (Wyszyńska-Koko and Kurył, 2005) แต่การกลายในบริเวณอื่นๆ เช่นในบริเวณ 3'region อาจทำให้โครงสร้างและการแสดงออกของยีนไมโอจีนินเปลี่ยนแปลงไป (Soumillion *et al.*, 1997) ซึ่งเมื่อมีการศึกษาต่อมาพบว่า ความผันแปรในบริเวณ 3'region นี้ยังมีความเกี่ยวข้องกับลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจในสุกร (te Pas *et al.*, 1999; Cieślak *et al.*, 2000; Cieślak *et al.*, 2002) อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 แสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเซลล์กล้ามเนื้อเมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ (cell culture) (A) หลังจากเซลล์กล้ามเนื้อเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ 4 วัน ไมโอบลาสต์แต่ละอันเชื่อมติดกันเป็นไมโอทิวป์เล็กๆ (B) เซลล์กล้ามเนื้อที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ 6 วัน นิวเคลียสในแต่ละไมโอทิวป์เพิ่มจำนวนเป็น 12 นิวเคลียสและจัดเรียงตัวอยู่แนวกลางของไมโอทิวป์ (C) เซลล์กล้ามเนื้อที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ 8 วัน ไมโอบลาสต์และไมโอทิวป์เชื่อมต่อกันอย่างต่อเนื่อง (D) เซลล์กล้ามเนื้อที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ 8 วัน เกิดการพัฒนาเป็นไมโอไฟบริลอย่างสมบูรณ์

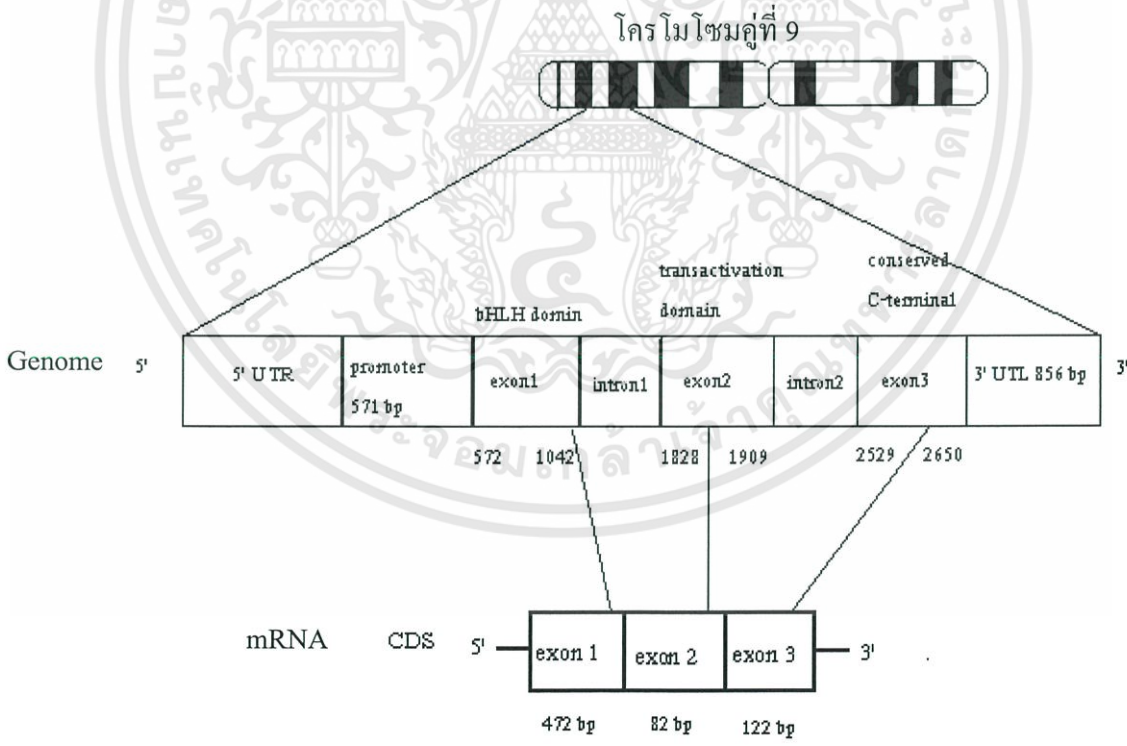
ที่มา :Pearson and Young (1989)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 โครงสร้างของยีนไมโอจีนิน

Briley *et al.* (1995) รายงานลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนไมโอจีนินใน GenBank database (ภาคผนวก ก) พบว่ายีนไมโอจีนิน (Locus U14331) มีจำนวนคู่เบส 6,511 คู่เบส Schwarz *et al.* (1992) กล่าวว่า ยีนไมโอจีนินประกอบด้วย 3 เอ็กซอน (exons) และ 2 อินทรอน (introns) ดังแสดงในภาพที่ 2.7 โดยเอ็กซอนที่ 1 ให้รหัส (encodes) เป็น bHLH domain ในเอ็กซอนที่ 2 ให้รหัสเป็น transactivation domain ที่ให้กรดอะมิโน 27 ตัว และเอ็กซอนที่ 3 ให้รหัสเป็น C-terminal segment นอกจากนี้ ยังพบว่าในบริเวณ bHLH มีลำดับกรดอะมิโนในยีนไมโอจีนินของมนุษย์ สุกร และหนูที่เหมือนกัน

Soumillion *et al.* (1997) รายงานจำนวนคู่เบสของอินทรอนที่ 1 มีจำนวนคู่เบส 785 คู่เบส และอินทรอนที่ 2 มี 639 คู่เบส อินทรอนของยีนไมโอจีนินในสุกรมีขนาดใหญ่กว่าอินทรอนในหนู (513 และ 526 คู่เบส) และในมนุษย์ (131 และ 125 คู่เบส) สำหรับบริเวณโพรโมเทอร์มีจำนวนคู่เบส 571 คู่เบส และ 3' region มีจำนวนคู่เบส 856 คู่เบส ส่วน polyadenylation signal (Poly A tail) ตั้งอยู่ที่ตำแหน่งลำดับเบสที่ 3397 ถึง 3402 (อ้างจาก Locus X89007)



ภาพที่ 2.7 แสดงโครงสร้างของยีนไมโอจีนินของสุกร (U14331) บนโครโมโซมคู่ที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตารางที่ 2.2 แสดงขนาดของยีนไมโอจีนินที่ตำแหน่ง U14331 (ดัดแปลงจาก Briley *et al.*, 1995)

เอ็กซอน		อินทรอน	
ลำดับที่	ขนาด (คู่เบส)	ลำดับที่	ขนาด (คู่เบส)
1	470	1	785
2	81	2	639
3	121		
รวม	672		2144

Soumillion *et al.* (1997) รายงานว่า เมื่อเพิ่มจำนวนยีนไมโอจีนิน (U14331) ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พีซีอาร์ (Polymerase chain reaction; PCR) โดยใช้ไพรเมอร์ forward 5'-TCTTGACCTTGTCATTGTGG-3' และ reverse 5'- CTTCCTCACACCACCTTAC -3' ได้ผลผลิตดีเอ็นเอ (DNA product) มีจำนวนคู่เบส 364 คู่เบส เมื่อใช้เอนไซม์ *Msp*I เป็นเอนไซม์ตัดจำเพาะ ตัดในบริเวณโพรโมเทอร์พบว่ามีความหลากหลายทางพันธุกรรมในบริเวณของโพรโมเทอร์ซึ่งอยู่ห่างจากบริเวณที่แปลรหัสเป็นโปรตีน จำนวน 153 คู่เบส โดยให้ท่อนยีนไมโอจีนินที่ไม่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ *Msp*I ให้เป็นอัลลีล A ส่วนท่อนยีนไมโอจีนิน ที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ *Msp*I ให้เป็นอัลลีล B และจากการศึกษาในสุกรพันธุ์เหมยซาน เพียเทรน ดูร็อค สุกรป่า ยอร์คเชียร์ แลนด์เรซ และแฮมเชียร์ โดยใช้เอนไซม์ *Msp*I ตัดในบริเวณโพรโมเทอร์ พบว่ายีนไมโอจีนินมี 3 จีโนไทป์ ได้แก่ AA(364 คู่เบส) AB (364, 260 และ 104 คู่เบส) และ BB (260 และ 104 คู่เบส)

2.8 คุณภาพซาก

คุณภาพซาก หมายถึง ลักษณะร่วมกันทั้งคุณสมบัติทางกายภาพ ซึ่งได้แก่ ปริมาณของเนื้อแดง ไขมัน และกระดูก เป็นคุณสมบัติที่บ่งบอกในเชิงปริมาณที่มีผลต่อคุณค่าทางเศรษฐกิจซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ส่งผลให้ได้รับความนิยมจากผู้ผลิตและจากผู้บริโภค (สัญชัย จตุรสิทธา, 2547)

2.8.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพซาก

ปัจจัยที่เป็นตัวบ่งบอกว่าคุณภาพซากของสัตว์ดีหรือไม่ มีดังนี้ (สัญชัย จตุรสิทธา, 2547)

2.8.1.1 ตัวของสัตว์ ซึ่งหมายถึง สภาพทั่วๆไปของสัตว์ก่อนนำมาฆ่าเพื่อใช้เป็นอาหารสามารถจำแนกออกได้ดังนี้

1) ลักษณะทางพันธุกรรม คือ ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับยีน (gene) ซึ่งได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
77954

- ชนิดสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารมีทั้งสัตว์เล็กและสัตว์ใหญ่ เช่น นก ไก่ เป็ด กระต่าย สุกร โคหรือกระบือ สัตว์ต่างชนิดกันจะมีลักษณะความแตกต่างทั้งปริมาณและความแข็งแรงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ปริมาณและชนิดของไขมันที่แตกต่างกัน

- พันธุ์สัตว์ชนิดเดียวกัน แต่ต่างสายพันธุ์ จะมีความแตกต่างด้านคุณภาพซาก

2) ลักษณะเฉพาะของตัวสัตว์เอง

- เพศ สัตว์เพศผู้และเพศเมียจะมีฮอร์โมนบางชนิดต่างกัน มีผลต่อคุณภาพซาก เช่น ฮอร์โมนเพศเมียช่วยกระตุ้นให้เกิดความอยากอาหาร ทำให้มีการเพิ่มน้ำหนักเร็ว ส่วนฮอร์โมนเพศผู้จะกระตุ้นให้ร่างกายสะสมเนื้อแดง (โปรตีน) สูง และมีปริมาณไขมันแทรกภายในและระหว่างมัดกล้ามเนื้อต่ำกว่าเพศเมีย แต่ถ้าได้รับการตอนจะมีปริมาณไขมันแทรกสูงขึ้น

- อายุ สัตว์ที่มีอายุมากพ้นเจริญวัยไปแล้ว จะมีคุณภาพซากต่ำกว่าสัตว์ที่มีอายุกำลังเข้าเจริญวัยและทำให้คุณภาพของเนื้อดีกว่าด้วย

- ตำแหน่งของกล้ามเนื้อบริเวณต่างๆในตัวสัตว์จะมีคุณภาพซากที่แตกต่างกันไป กล้ามเนื้อบางมัดจะมีลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อละเอียด มีปริมาณไขมันแทรกมาก และมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำ

3) การเลี้ยงดูสัตว์ เป็นการจัดการที่มีผลต่อคุณภาพซาก ดังนี้

- การให้อาหารสัตว์ต้องสัมพันธ์กับระยะเวลาการเจริญเติบโตของสัตว์ การให้อาหารแต่ละระยะต้องให้ตามความต้องการโปรตีนและพลังงาน จึงทำให้สัตว์มีอัตราแลกเนื้อดี มีไขมันแทรกเพิ่มขึ้น

- การออกกำลัง ทำให้สัตว์ใช้แรงงานหรือมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลา ส่งผลให้มีการใช้ไขมันที่สะสมไว้ในกล้ามเนื้อเพื่อใช้เป็นพลังงานและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ประกอบในกล้ามเนื้อนั้นก็จะเพิ่มความแข็งแรงขึ้น ทำให้คุณภาพซากลดลง

2.8.1.2 ส่วนประกอบของซากที่บริโภคได้ (edible meat) หมายถึง ส่วนประกอบของซากที่ใช้เพื่อการบริโภค โดยให้ความสำคัญมากโดยเฉพาะเนื้อแดง ซึ่งซากสามารถให้ชิ้นส่วนที่มีปริมาณเนื้อแดงสูง ได้แก่ ส่วนของขาสะโพก สันหลัง สันนอก และไหล่ เป็นต้น ซากที่ให้ส่วนประกอบเหล่านี้สูงจัดเป็นซากที่มีคุณภาพสูงด้วย

2.8.1.3 ความน่ารับประทาน (palatability) หมายถึง การยอมรับของผู้บริโภคต่อเนื้อสัตว์นั้นๆ โดยพิจารณาจากภายนอกซาก เช่น สีตรงกับชนิดสัตว์นั้นๆ เช่น สุกรสีชมพูอมเทา เนื้อโคสีแดงสด เนื้อไก่สีเทา เป็นต้น ลักษณะรูปทรงของกล้ามเนื้อคงรูปดี ไม่เละ ผิวหน้าตัดของเนื้อแห้งและไม่เยิ้ม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1.4 ความรู้สึกจากการบริโภค (eatability) ความรู้สึกนี้จะเกิดขึ้นหลังจากได้เคี้ยวเนื้อ โดยพิจารณาจากความนุ่ม รสชาติ กลิ่น ความชุ่มฉ่ำ และความพอใจของผู้บริโภคต่อเนื้อนั้น

2.8.2 อิทธิพลของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก

Čechová and Mikule (2004) ทำการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากในสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ และสุกรพันธุ์แลนเรซ โดยใช้วิธีพีซีอาร์ อาร์เอฟแอลพี (Restriction Fragment Length Polymorphism; RFLP) พบว่า ในสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ มีความถี่ของอัลลีล A 0.660 และมีความถี่ของอัลลีล B 0.340 มีความถี่จีโนไทป์ AA 46.67 เปอร์เซ็นต์ จีโนไทป์ AB 38.67 เปอร์เซ็นต์ และจีโนไทป์ BB 14.66 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน พบว่า จีโนไทป์ AA AB และ BB มีคุณภาพซากที่แตกต่างกัน โดยจีโนไทป์ BB มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และมีน้ำหนักเนื้อแดง สูงกว่าจีโนไทป์ AA และ AB ส่วนสุกรพันธุ์แลนเรซ พบว่ามีความถี่ของอัลลีล A 0.917 และมีความถี่อัลลีล B 0.083 มีความถี่จีโนไทป์ AA 83.33 จีโนไทป์ AB 16.67 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบจีโนไทป์ BB เลย และจากการวิเคราะห์อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก พบว่า จีโนไทป์ AA AB และ BB มีคุณภาพซากที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

Bečková *et al.* (2002) ศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากในสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ พบว่ามียีนไมโอจีนินจีโนไทป์ BB ต่ำกว่าจีโนไทป์ AA และ AB โดยจีโนไทป์ BB มีความถี่เพียง 2.5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก พบว่า สุกรที่มียีนไมโอจีนินจีโนไทป์ AA และ BB มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และน้ำหนักเนื้อแดงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจีโนไทป์ BB มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมากกว่า มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและมีน้ำหนักเนื้อแดงสูงกว่าจีโนไทป์ AA

Anton *et al.* (2006) ทำการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่ออัตราการเจริญเติบโตของสุกร น้ำหนักแรกคลอด น้ำหนักซาก ปริมาณเนื้อแดง และความหนาไขมันสันหลังในสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ โดยใช้เอนไซม์ *Msp*I ตัดยีนไมโอจีนิน ในบริเวณ 3'region พบว่า อัลลีล A มีความถี่สูงกว่าอัลลีล B โดยอัลลีล A มีความถี่ 0.628 ในขณะที่อัลลีล B มีความถี่ 0.372 สำหรับการวิเคราะห์ อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน พบว่า จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสุกร โดยสุกรที่ยีนไมโอจีนิน จีโนไทป์ BB มีอัตราการเจริญเติบโตในระหว่างการขุนสูงกว่าสุกรที่มียีนไมโอจีนิน จีโนไทป์ AA และ AB นอกจากนั้นจีโนไทป์ BB ยังมีน้ำหนักแรกเกิดของลูกสุกรสูงกว่าจีโนไทป์ AA และ AB ด้วย ส่วนน้ำหนักซาก ปริมาณเนื้อแดง และความหนาไขมันสันหลังพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างจีโนไทป์ AA AB และ BB

te Pas *et al.* (1999) ศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน ต่อน้ำหนักแรกคลอดของลูกสุกร อัตราการเจริญเติบโต และน้ำหนักเนื้อแดงในสุกรพันธุ์ยอร์คเชียร์ โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนไซม์ *Msp*I ตัดยีนไมโอจีนิน ในบริเวณโพรโมเทอร์ พบว่า มีอัลลีล A ความถี่ 0.550 ส่วนอัลลีล B มีความถี่ 0.450 สำหรับจีโนไทป์ AA มีความถี่ 34 เปอร์เซ็นต์ จีโนไทป์ AB 43 เปอร์เซ็นต์ และจีโนไทป์ BB 23 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน พบว่า จีโนไทป์ BB มีน้ำหนักแรกคลอด อัตราการเจริญเติบโต และน้ำหนักเนื้อแดง สูงกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ AA และ AB นอกจากนี้ยังพบว่าความหนาไขมันสันหลังระหว่างจีโนไทป์ AA AB และ BB มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากยีนไมโอจีนินเป็นยีนที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนากล้ามเนื้อ แต่ไม่มีอิทธิพลต่อการสร้างและพัฒนาเนื้อเยื่อไขมัน

Cieślak *et al.* (2002) รายงานการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน ต่อปริมาณเนื้อแดงและปริมาณไขมันในซากโดยศึกษาในสุกรลูกผสมพันธุ์ เพียเทรน x (แลนเรซ x ลาร์จไวท์) โดยใช้เอนไซม์ *Msp*I ตัดบริเวณ 3'region พบว่า ยีนไมโอจีนินมีความถี่จีโนไทป์ AA 0.9 เปอร์เซ็นต์ จีโนไทป์ AB 45.2 เปอร์เซ็นต์ และจีโนไทป์ BB 53.9 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน พบว่า สุกรที่ยีน MyoG จีโนไทป์ BB มีความหนาไขมันสันหลังหนากว่าสุกรที่ยีนไมโอจีนิน จีโนไทป์ AB สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเนื้อแดงในซากพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างจีโนไทป์

Kurył *et al.* (2002) ศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน ต่อการมีปริมาณเนื้อแดงและไขมันในซากในสุกร 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ทอฮิบ แสตมเบิร์ก และแลนเรซ โดยใช้เอนไซม์ *Msp*I ตัดยีนไมโอจีนินในบริเวณ 3'region พบว่า สุกรพันธุ์ทอฮิบมีความถี่จีโนไทป์ AA 5.1 เปอร์เซ็นต์ จีโนไทป์ AB 35.9 เปอร์เซ็นต์ และจีโนไทป์ BB 59.0 เปอร์เซ็นต์ สำหรับสุกรพันธุ์แสตมเบอร์กมีความถี่จีโนไทป์ AA 64.1 เปอร์เซ็นต์ จีโนไทป์ AB 35.9 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบจีโนไทป์ BB เลย ส่วนสุกรพันธุ์แลนเรซ มีความถี่จีโนไทป์ AA 15 เปอร์เซ็นต์ จีโนไทป์ AB 25 เปอร์เซ็นต์ และจีโนไทป์ BB 60.0 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน พบว่า สุกรทั้ง 3 พันธุ์ที่มียีนไมโอจีนิน จีโนไทป์ AA AB และ BB มีปริมาณเนื้อแดงและไขมันในซากแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2.8.3 อิทธิพลของพันธุ์สัตว์ต่อคุณภาพซาก

การศึกษาอิทธิพลของสายพันธุ์สุกรที่มีต่อความหนาไขมันสันหลัง จากการศึกษาของ Suzuki *et al.* (2003) รายงานว่าสุกรพันธุ์ดูร็อคและสุกรพันธุ์เบิร์กเชียร์มีความหนาไขมันสันหลังเท่ากับ 1.8 และ 2.4 เซนติเมตรตามลำดับ Śimek *et al.* (2004) รายงานว่า สุกรลูกผสมแฮมเชียร์ xเพียเทรน และสุกรลูกผสม ลาร์จไวท์xแลนด์เรซ มีความหนาไขมันสันหลัง เท่ากับ 15.8 และ 13.9 มิลลิเมตร ตามลำดับ คล้ายกับการศึกษาของ Serra *et al.* (1998) ที่กล่าวว่า สุกรพันธุ์แลนด์เรซมีความหนาไขมันสันหลังบางกว่าสุกรพันธุ์ไอเบอเรียน คือเท่ากับ 20.7 และ 48.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ Paulk and Hagemann (1998) รายงานว่า สุกรพันธุ์เยอรมันแลนด์เรซ สุกรลูกผสมแฮม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชียร์xเพียเทรน และสุกรลูกผสมแฮมเชียร์xดูร็อค มีความหนาไขมันสันหลัง เท่ากับ 2.5, 2.1 และ 2.2 เซนติเมตร ตามลำดับ ภูธฤทธิ์ รักษาศิริ (2548) ทำการศึกษาความหนาไขมันสันหลังในสุกรลูกผสม ลาร์จไวท์xแลนด์เรซxดูร็อค มีค่าเท่ากับ 3.50 เซนติเมตร จากการศึกษาของ กรกช เสมสีสม (2546) ที่ทำการศึกษาความหนาไขมันสันหลังในซากสุกรในประเทศไทย จากสุกรพันธุ์พีไอซี และสุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ และรายงานว่า สุกรพันธุ์พีไอซี และสุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ มีความหนาไขมันสันหลัง เท่ากับ 2.55 และ 2.59 เซนติเมตร ตามลำดับ

การศึกษาในเรื่องของพันธุ์ที่มีผลต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกในซากสุกร จากการศึกษาของ Suzuki *et al.* (2003) ได้ผลคือ สุกรพันธุ์ดูร็อคมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกเท่ากับ 39.2 ตารางเซนติเมตร Berezokii (1996) ศึกษาพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกในสุกรลูกผสม ดูร็อคx(ลาร์จไวท์xแลนด์เรซ) สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ สุกรลูกผสมลาร์จไวท์x(ลาร์จไวท์xแลนด์เรซ) และสุกรลูกผสมแลนด์เรซx(ลาร์จไวท์xแลนด์เรซ) มีค่าเท่ากับ 40.41, 40.03, 39.55 และ 36.53 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สายชล เลิศสุวรรณ (2544) ทำการศึกษาพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกใน สุกรลูกผสม ดูร็อคx แลนด์เรซx ลาร์จไวท์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 46.88 ตารางเซนติเมตร ภูธฤทธิ์ รักษาศิริ (2548) รายงานว่า สุกรลูกผสม ลาร์จไวท์xแลนด์เรซxดูร็อค มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก เท่ากับ 51.90 ตารางเซนติเมตร กรกช เสมสีสม (2546) ทำการศึกษาพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกในสุกรพันธุ์พีไอซี และสุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ และรายงานว่ามีค่าเท่ากับ 53.86 และ 52.92 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสุกรที่พันธุ์แตกต่างกันจะมีคุณภาพซากที่แตกต่างกัน นันทนา นิรมิตเจียรพันธุ์ (2531) กล่าวว่า ลักษณะที่บ่งถึงคุณภาพซากสุกรจะมีค่าอัตราพันธุกรรมค่อนข้างสูง สุกรแต่ละพันธุ์และแต่ละสายพันธุ์จะมีส่วนประกอบของซากที่แตกต่างกันไป และยังพบว่า พันธุ์มีผลต่อความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เปอร์เซ็นต์ไขมัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.8.4 อิทธิของเพศต่อคุณภาพซาก

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่า เพศมีอิทธิพลต่อขนาดตัวของสัตว์ซึ่งถูกกำหนดมาด้วยยีน สัตว์เพศผู้มักมีขนาดใหญ่กว่าเพศเมีย สัตว์เพศเมียจะถึงระยะโตเต็มวัยเร็วกว่าสัตว์เพศผู้ ทั้งนี้เนื่องมาจากขนาดตัวของเพศเมียมีขนาดที่เล็กกว่า ส่วนการสะสมกล้ามเนื้อในร่างกายพบว่ามีอิทธิพลเนื่องมาจากฮอร์โมนแอนโดรเจน (androgen) เพศของสัตว์มีอิทธิพลต่ออายุของสภาพร่างกาย (physiological age) สัตว์เพศผู้ที่ไม่ถูกตอนจะมีขนาดใหญ่และน้ำหนักตัวมากกว่าเพศเมีย มีการสร้างกล้ามเนื้อมากกว่าและมีอายุสภาพร่างกายน้อยกว่าสัตว์เพศผู้ที่ถูกตอนและสัตว์เพศเมียที่อายุนับตามวัน (chronological age) เท่ากัน ดังนั้น เมื่อสัตว์เพศผู้ถูกส่งฆ่าเมื่อมีขนาดน้ำหนักตัวเท่ากัน จึงพบว่าซากมีปริมาณเนื้อแดงสูงและมีปริมาณไขมันต่ำสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Olsson *et al.* (2003) ศึกษาอิทธิพลของเพศสุกรในสุกรลูกผสม (สวีดิชแลนด์เรซ x สวีดิชยอร์คเชียร์) xแฮมเชียร์ พบว่าสุกรเพศผู้มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เท่ากับ 56.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสุกรเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เท่ากับ 58.8 เปอร์เซ็นต์ Correa *et al.* (2006) รายงานว่า สุกรลูกผสม ดูร็อคx(แลนด์เรซxยอร์คเชียร์) เพศผู้และเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เท่ากับ 42.9 และ 45.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ Ramírez and Cava (2007) ศึกษาความหนาไขมันสันหลังในสุกรลูกผสมไอเบอเรียนxดูร็อคเพศผู้และเพศเมีย พบว่ามีค่าเท่ากับ 5.9 และ 6.1 เซนติเมตร ตามลำดับ Correa *et al.* (2006) ศึกษาความเป็นกรดด่างในเนื้อวัดที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตาย (pH45) และวัดที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย (pH24) พบว่า สุกรลูกผสม ดูร็อคx(แลนด์เรซxยอร์คเชียร์) เพศผู้ มีค่า pH45 และ pH24 เท่ากับ 6.2 และ 5.7 ส่วนสุกรลูกผสมเพศเมียมีค่า pH45 และ pH24 เท่ากับ 6.3 และ 5.7 ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับ Ramírez and Cava (2007) ที่รายงานว่า สุกรลูกผสมไอเบอเรียนxดูร็อค เพศผู้ มีค่า pH45 และ pH24 เท่ากับ 5.7 และ 5.4 ส่วนสุกรเพศเมีย มีค่า pH45 และ pH24 เท่ากับ 5.8 และ 5.4 Beattie *et al.* (1999) รายงานว่า สุกรลูกผสมแลนด์เรซ xลาร์จไวท์ เพศผู้และเพศเมีย มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก เท่ากับ 41.4 และ 43.3 ตารางเซนติเมตร

2.8.5 อิทธิพลของอาหารต่อคุณภาพซาก

อาหารเป็นปัจจัยสำคัญเป็นอันดับหนึ่งในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น ไก่และสุกร เพราะต้นทุนการผลิตส่วนใหญ่เป็นค่าอาหาร นอกจากนี้อาหารยังมีผลต่อสมรรถนะการผลิต ได้แก่ การเจริญเติบโต คุณภาพซากและปริมาณเนื้อแดงในซาก ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์และการให้ผลผลิต และภูมิต้านทานโรค (เยาวมาลย์ ค้าเจริญ, 2546)

Rosenvold and Anderson (2003) กล่าวว่า สุกรเป็นสัตว์กระเพาะเดี่ยว อาหารของสุกรเป็นอาหารผสมที่มีส่วนประกอบหลายอย่าง อาหารที่ให้สุกรจะใช้สร้างกล้ามเนื้อและไขมันในร่างกายและสร้างเป็นไกลโคเจนเก็บสะสมในร่างกาย อาหารที่สุกรได้รับนี้พบว่ามีผลต่อคุณภาพเนื้อด้วย การให้อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงจะสามารถช่วยลดการเกิดเนื้อคล้ำ แข็งและแห้ง (Dark, firm and dry; DFD) ที่จะเกิดขึ้นเมื่อไกลโคเจนที่สะสมในร่างกายมีปริมาณน้อยจนไม่สามารถสร้างแลคเตตภายหลังสัตว์ตายได้ สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้โดยการให้อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงแก่สุกรก่อนส่งโรงฆ่าสัตว์ 2-3 วัน หรือให้ในระหว่างที่สุกรอยู่ในคอกพักจะช่วยเพิ่มปริมาณไกลโคเจนในร่างกายและยังช่วยลดความเป็นกรดด่างในเนื้อที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายลงได้

Olsson *et al.* (2003) ทำการศึกษาคุณภาพซากในสุกรลูกผสม (สวีดิชแลนด์เรซ x สวีดิชยอร์คเชียร์) x แฮมเชียร์ ที่เลี้ยงในโรงเรือนปิด จำนวน 40 ตัว ให้อาหารเป็นอาหารผสมที่ให้พลังงาน 16.5, 19.0, 24.1, 29 และ 34.1 เมกะจูล ตามน้ำหนักตัวที่ 25, 30, 40, 50 และ 60 กิโลกรัม ตามลำดับ เลี้ยงจนมีน้ำหนัก 108 กิโลกรัมจึงส่งเข้าโรงฆ่าเพื่อศึกษาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า มีเนื้อแดง 58.6 เปอร์เซ็นต์ เนื้อสะโพก 34.0 เปอร์เซ็นต์ pH_{24} เท่ากับ 5.48 มี drip loss เท่ากับ 8.3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อเท่ากับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 49.6, 7.6 และ 4.7 ตามลำดับ มีค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อเท่ากับ 32.1 นิวตัน

2.9 คุณภาพเนื้อ

Joseph *et al.* (2002) กล่าวว่า คุณภาพเนื้อ (meat quality) สามารถให้คำจำกัดความได้หลายอย่างแต่โดยทั่วไปจะหมายถึงความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อนั้นๆ Hoffman (1990) อธิบายว่า คุณภาพเนื้อเป็นผลรวมในทุกๆปัจจัยของคุณลักษณะของเนื้อ ได้แก่ คุณลักษณะด้านการบริโภค คุณลักษณะทางสุขศาสตร์ คุณลักษณะทางโภชนะ และคุณลักษณะที่เกี่ยวกับการแปรรูปเนื้อสัตว์

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2538) กล่าวว่า คุณภาพเนื้อเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ ส่วนประกอบของซากที่มีปริมาณเนื้อมากย่อมเป็นที่สนใจของผู้บริโภค นอกจากนี้ความสำคัญในด้านโปรตีน ไขมัน ความนุ่มและรสชาติก็เป็นสิ่งสำคัญในเนื้อสัตว์ ซึ่งปริมาณของเนื้อและไขมันในซากสัตว์แสดงให้เห็นคุณลักษณะทางพันธุกรรม การคัดเลือกพันธุกรรม และการปรับปรุงพันธุ์จะช่วยเพิ่มปริมาณของเนื้อและลดปริมาณไขมันในซากสัตว์

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2540) กล่าวว่า คุณสมบัติของเนื้อที่มีคุณภาพดี ต้องประกอบด้วยคุณสมบัติ ดังนี้

1. คุณลักษณะทางโภชนะ (nutritional factors) ได้แก่ ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และแร่ธาตุ

2. คุณลักษณะทางการบริโภค (sensory factors) ได้แก่ สีของเนื้อ (color) ไขมันแทรกที่อยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ (marbling) ความนุ่มของเนื้อ (tenderness) กลิ่นและรสชาติ (flavor) ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ (juiciness) ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (texture)

3. คุณลักษณะทางสุขศาสตร์ (hygienic factors) ได้แก่ การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ (microbial contamination) การปนเปื้อนจากปาราสิต การปนเปื้อนจากมลพิษสิ่งแวดล้อม และสารตกค้าง

4. คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปเนื้อสัตว์ (technological value) ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity) ค่าความเป็นกรดด่างในเนื้อ (pH) ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (shear force)

5. คุณลักษณะด้านคุณธรรมและจริยธรรม (ethical value) ได้แก่ การเลี้ยงและการจัดการสัตว์อย่างดี ให้สัตว์ได้รับความสบายตั้งแต่การเลี้ยงในระดับฟาร์มจนถึงส่งโรงฆ่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบัน ในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อสัตว์ได้ให้ความสำคัญกับคุณภาพเนื้อด้านคุณลักษณะด้านการแปรรูปเป็นอย่างมาก ส่วนในด้านของผู้บริโภคก็พบว่าได้ให้ความสำคัญกับคุณภาพเนื้อด้านคุณลักษณะทางการบริโภคเพิ่มสูงขึ้น (Hoffman, 1994 อ้างโดย Heyer, 2004)

2.9.1 คุณลักษณะของคุณภาพเนื้อด้านการแปรรูป (Technological value)

1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของเนื้อ (pH)

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในเนื้อสุกรจะได้รับผลกระทบจากอิทธิพลจากปัจจัยต่างๆหลายปัจจัย เช่น พันธุ์สัตว์ เพศ และความเครียด ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้มีผลต่อขบวนการเมตาบอลิซึมในกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังการถูกฆ่า ในเซลล์กล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังการฆ่าจะไม่มีออกซิเจนมาหล่อเลี้ยงเซลล์กล้ามเนื้อ เพราะฉะนั้นพลังงานเอทีพีที่ใช้ในการคลายตัวของกล้ามเนื้อจะได้มาจากปฏิกิริยาการย่อยสลายไกลโคเจนผ่านกระบวนการเมตาบอลิซึมโดยไม่ใช้ออกซิเจน มีผลทำให้ได้พลังงานเอทีพีเป็นจำนวนน้อยและเกิดกรดแลคติคในกล้ามเนื้อ ทำให้ความเป็นกรดในเนื้อเพิ่มขึ้น หรือมีค่า pH ลดลง โดยปกติกล้ามเนื้อของสัตว์ขณะมีชีวิตมีค่า pH ประมาณ 7 แต่ภายหลังสัตว์ตายความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเมื่อค่า pH ลดลงถึงจุดที่ไม่ลดลงอีกต่อไป คือ ประมาณ 5.3 -5.5 (Ultimate pH) (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, 2539)

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดภายในกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย ถ้าระดับ pH ของกล้ามเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมง อาจลดลงถึง 5.8 หรือต่ำกว่าจึงมีโอกาสเกิดเนื้อพีเอส-อี (pale soft exudative; PSE) สูง ในทางตรงกันข้าม ถ้าเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงภายหลังฆ่า ค่า pH ในกล้ามเนื้อยังคงสูงถึง 6 หรือมากกว่า มีโอกาสเกิดเนื้อดีเอฟดี (dark firm dry; DFD) ได้ ความเป็นกรดในเนื้อสัตว์ปกติ พบว่าค่าความเป็นกรดจะลดลงถึง 5.8 หลังการฆ่าประมาณชั่วโมงที่ 6-12 (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, 2539)

2) ความสามารถของการอุ้มน้ำในเนื้อสัตว์ (Water holding capacity)

ความสามารถของการอุ้มน้ำในเนื้อสัตว์ คือความสามารถในการทำให้น้ำซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของกล้ามเนื้อยังคงอยู่ภายในกล้ามเนื้อ ถ้าโปรตีนในเนื้ออุ้มน้ำไว้ไม่ดีจะมีการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อทำให้เนื้อค่อนข้างแข็งไม่ชวนบริโภค ในกล้ามเนื้อมีน้ำเป็นองค์ประกอบถึง 75 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนในกล้ามเนื้อจะเป็นตัวจับน้ำในเนื้อ โปรตีนที่สำคัญที่สุดคือ กลุ่ม myofibrillar protein ซึ่งประกอบด้วย myosin, actin , x-protein ทั้งนี้ myosin และ actin เป็นโปรตีนที่สำคัญอย่างมากต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อสัตว์ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล , 2539) ภายหลังสัตว์ตายค่า pH ในกล้ามเนื้อจะลดลง การเปลี่ยนแปลงของประจุไฟฟ้าในเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีอิทธิพลต่อความสามารถของการอุ้มน้ำในเนื้อสัตว์ คือความสามารถของการอุ้มน้ำในเนื้อสัตว์ลดลง ค่า pH จะลดลงถึง 5.1 (Heyer, 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อ (Shear force)

เป็นการประมาณความนุ่ม – เหนียวของเนื้อ โดยใช้เครื่องมือวัด ค่าความนุ่มของเนื้อขึ้นอยู่กับการจัดเรียงตัวของคุณสมบัติทางกายภาพของโปรตีนและคอลลาเจนในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ความนุ่มในกล้ามเนื้อเป็นผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และอุณหภูมิในเนื้อหลังสัตว์ตาย ค่า pH และอุณหภูมิจะมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน (proteolytic enzyme) และมีผลต่อโปรตีนในกล้ามเนื้อที่ลดค่าคุณค่าลง (Heyer, 2004)

ลักษณะการผลิต เช่น สายพันธุ์สัตว์ ระบบการเลี้ยง น้ำหนักซาก และการให้อาหารมีอิทธิพลต่อค่าแรงตัดผ่านชิ้นเนื้อต่ำกว่าปัจจัยในกระบวนการผลิตเนื้อ ได้แก่ การดูแลสัตว์ก่อนฆ่า การทำให้สัตว์สลบ การลดอุณหภูมิซาก การบ่มซาก และระยะเวลาในการทำให้เนื้อสุก (Heyer, 2004)

4) สีของเนื้อ (Color)

สีของเนื้อเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคให้ความสนใจ เพราะสามารถบอกได้ว่าเนื้อนั้นเป็นที่ยอมรับต่อการบริโภคหรือไม่ สารสีในกล้ามเนื้อ (heam protein) ประกอบด้วยไมโอโกลบินและฮีโมโกลบิน การเปลี่ยนแปลงกลไกทางเคมีทำให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงของสี และกล้ามเนื้อมัดต่างๆในร่างกายสัตว์ทำให้มีสีที่แตกต่างกันไป เพราะไมโอโกลบินเป็นส่วนสำคัญในการเก็บออกซิเจน ดังนั้น เมื่อกล้ามเนื้อมัดใดทำงานหนักก็ต้องการใช้ออกซิเจนสูงจะทำให้มีสีเข้มกว่ากล้ามเนื้อที่ทำงานน้อยหรือทำหน้าที่เป็นโครงร่าง นอกจากนี้พันธุ์สัตว์แต่ละพันธุ์จะให้เนื้อที่มีสีแตกต่างกันออกไป เช่น สีของเนื้อโคจะแตกต่างจากสีเนื้อสุกร แพะและแกะ อายุก็เป็นตัวบอกสีได้ สัตว์ที่อายุน้อยกล้ามเนื้อจะมีไมโอโกลบินต่ำกว่าสัตว์ที่อายุมากกว่า เพศก็บ่งบอกสีของกล้ามเนื้อได้เช่นกันโดยสัตว์เพศผู้จะมีปริมาณไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อสูงกว่าสัตว์เพศเมีย (สัญชัย จตุรสิทธา, 2547)

2.9.2 อิทธิพลของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพเนื้อ

Kapelański *et al.* (2005) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน ต่อคุณภาพเนื้อในสุกรลูกผสม เพียเทรน x (ลาร์จไวท์ x แลนเรซ) โดยใช้เอนไซม์ *Msp*I ตัดยีนไมโอจีนินในบริเวณ 3'region พบว่า ยีนไมโอจีนิน มีความถี่จีโนไทป์ AA 31.9 เปอร์เซ็นต์ จีโนไทป์ AB 52.1 เปอร์เซ็นต์ และจีโนไทป์ BB 16.0 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน พบว่า ความผันแปรของคุณภาพเนื้อในสุกรเป็นผลมาจากการแสดงออกของยีนกลุ่ม MRFs โดยเฉพาะการแสดงออกของยีนไมโอจีนิน ต่อคุณภาพเนื้อจะเด่นชัดที่สุด โดยจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินมีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ($p<0.01$) ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา ($p<0.05$) และสีของเนื้อ (L*, a*, b*) ($p<0.01$) โดยสุกรที่ยีนไมโอจีนิน จีโนไทป์ BB เนื้อจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำที่ดีกว่า มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาต่ำกว่า มีระดับคะแนนความเข้มของสีดีกว่าจีโนไทป์ AA ในขณะที่จีโนไทป์ AB มีลักษณะคุณภาพเนื้อกลางๆระหว่าง AA และ BB นอกจากนี้สุกรที่มีจีโนไทป์ AA ยังมีระดับโปรตีนในเนื้อต่ำกว่า จีโนไทป์ AB และ BB

Krzęcio *et al.* (2007) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน ต่อคุณภาพเนื้อในสุกรพันธุ์แลนด์เรซ, แลนด์เรซ x ยอร์คเชียร์, แลนด์เรซ x ดูร็อค, (แลนด์เรซ x ยอร์คเชียร์) x ดูร็อค และ (แลนด์เรซ x ยอร์คเชียร์) x (ดูร็อค x เพียเทรน) พบว่าจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินไม่มีอิทธิพลต่อ pH ที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตาย pH ที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย ค่าความสว่างของสีเนื้อ (L*) และ drip loss

2.9.3 อิทธิพลของพันธุ์สัตว์ต่อคุณภาพเนื้อ

การศึกษาอิทธิพลของสายพันธุ์สุกรต่อค่าสีของเนื้อสุกร จากการศึกษาของ Serra *et al.* (1998) พบว่าสุกรพันธุ์แลนด์เรซและสุกรพันธุ์ไอเบอเรียน มีค่าความสว่างของสี (L*) เท่ากับ 54.1 และ 55.9 ตามลำดับ Śimek *et al.* (2004) ทำการศึกษาค่าสีของเนื้อในสุกรลูกผสมแฮมเชียร์ x เพียเทรน สุกรลูกผสมพันธุ์ลาร์จไวท์ x เบลเยียมแลนด์เรซ สุกรลูกผสมดูร็อค x เพียเทรน และสุกรพันธุ์เชค พบว่ามีค่าเท่ากับ 59.8 58.5 56.1 และ 56.0 ตามลำดับ Suzuki *et al.* (2003) กล่าวว่าค่าสีของเนื้อ (L*) ในสุกรพันธุ์เบิร์กเชียร์และดูร็อคมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ Correa *et al.* (2006) รายงานว่า สุกรลูกผสม ดูร็อค x(แลนด์เรซ xยอร์คเชียร์) เพศผู้มีค่าสีของเนื้อ (L* a* b*) เท่ากับ 50.7 7.1 และ 4.5 ตามลำดับ Olsson *et al.* (2003) ศึกษาค่าสีของเนื้อในสุกรลูกผสม (สวีดิชแลนด์เรซ x สวีดิชยอร์คเชียร์) xแฮมเชียร์ พบว่ามีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 49.6 7.6 และ 4.7 ตามลำดับ Beattie *et al.*(1999) รายงานว่า สุกรลูกผสมแลนด์เรซxลาร์จไวท์ เพศผู้ มีค่า L* a* และ b* เท่ากับ 57.35 5.20 และ 9.84 ตามลำดับ กิตติมา เมืองมุสิทธิ์ (2546) ศึกษาค่าสีของเนื้อในสุกรลูกผสม ดูร็อคx แลนด์เรซx ลาร์จไวท์ พบว่าค่า L* มีค่าเท่ากับ 53.09 ภัทราภรณ์ เชื้อนันตา (2540) กล่าวว่า สุกรลูกผสม ดูร็อคx แลนด์เรซx ลาร์จไวท์ มีค่า L*เท่ากับ 59.42

การศึกษาอิทธิพลของสายพันธุ์สุกรต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ดังเห็นได้จากการศึกษาของ Suzuki *et al.* (2003) ที่รายงานว่า สุกรพันธุ์เบิร์กเชียร์มีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อน้อยกว่าสุกรพันธุ์ดูร็อค คือ 3.08 และ 3.90 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนการศึกษาของ Serra *et al.* (1998) พบว่า สุกรพันธุ์ไอเบอเรียนและสุกรพันธุ์แลนด์เรซมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ คือมีค่าเท่ากับ 3.91 และ 0.66 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ Śimek *et al.* (2004) ทำการศึกษาอิทธิพลของสายพันธุ์สุกรต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ในสุกรลูกผสมพันธุ์ลาร์จไวท์ x เบลเยียมแลนด์เรซ สุกรลูกผสมพันธุ์แฮมเชียร์ x เพียเทรน สุกรลูกผสมดูร็อค x เพียเทรน และสุกรพันธุ์เชค พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกันทางสถิติ Olsson *et al.* (2003) รายงานว่า สุกรลูกผสม (สวีดิชแลนด์เรซ xสวีดิชยอร์คเชียร์) xแฮมเชียร์ มีเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 2.0 เปอร์เซ็นต์ Correa *et al.* (2006) รายงานว่า สุกรลูกผสม ดูร็อค x(แลนด์เรซ xยอร์คเชียร์) เพศผู้มีเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ เท่ากับ 2.2 เปอร์เซ็นต์ Sheard *et al.* (2005) ศึกษาเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อในสุกรพันธุ์ แฮมเชียร์และลาร์จไวท์ พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.95 และ 0.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อิทธิพลของสายพันธุ์สุกรต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา Suzuki *et al.* (2003) รายงานว่า สุกรพันธุ์ดูร็อคมีการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษามากกว่าสุกรพันธุ์เบิร์กเชียร์ คือ 6.05 และ 4.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Śimek *et al.* (2004) กล่าวว่า สุกรลูกผสมพันธุ์แฮมเชียร์ x เพียเทรน สุกรลูกผสมพันธุ์ลาร์จไวท์ x เบลเยียมแลนด์เรซ สุกรลูกผสมดูร็อค x เพียเทรน และสุกรพันธุ์เชค เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาเท่ากับ 6.0 5.5 5.2 และ 4.6 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

การผลการศึกษาดังที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าพันธุ์สัตว์มีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อ เนื่องจากสัตว์ที่พันธุ์และสายพันธุ์แตกต่างกันจะให้คุณภาพเนื้อที่แตกต่างกัน

2.9.4 อิทธิพลของเส้นใยกล้ามเนื้อต่อคุณภาพเนื้อ

เส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) เป็นหน่วยโครงสร้างที่สำคัญที่สุดในกล้ามเนื้อ มีรูปร่างเป็นทรงกระบอกยาวประมาณ 1-40 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1 มิลลิเมตร (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, 2539) เส้นใยกล้ามเนื้อแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) เส้นใยกล้ามเนื้อแดง (red fiber)

ในสภาวะสดๆ จะมองเห็นเป็นสีแดง เพราะมีส่วนประกอบของไมโอโกลบินและเส้นเลือดเป็นจำนวนมาก เซลล์มีขนาดเล็ก ภายในเซลล์บรรจุไมโทคอนเดรียเป็นจำนวนมาก มี ไมโทคอนเดรีย คริสเท (mitochondrial cristae) ค่อนข้างใหญ่ แสดงว่า การทำงานของกล้ามเนื้อชนิดนี้ต้องเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน oxidative phosphorylation ซึ่งจะมีการหดตัวอย่างช้าๆ (Slow twitch) แต่สามารถทำงานทนอยู่ได้เป็นระยะเวลานานๆ เช่น กล้ามเนื้อแขนและขา เป็นต้น

2) เส้นใยกล้ามเนื้อขาว (white fiber)

ในสภาวะสดๆ เห็นเป็นสีขาว เพราะมีไกลโคเจนจำนวนมาก มีเส้นเลือดมาเลี้ยงน้อย เซลล์ของกล้ามเนื้อนี้มีขนาดใหญ่และภายในเซลล์มีไมโทคอนเดรียขนาดเล็กและจำนวนน้อย การทำงานของกล้ามเนื้อชนิดนี้ได้รับพลังงานจาก anaerobic glycolysis ดังนั้นสามารถหดตัวได้เร็ว (fast switch) แต่ไม่ทนทานต่อการทำงาน เช่น กล้ามเนื้อหน้าอก เป็นต้น

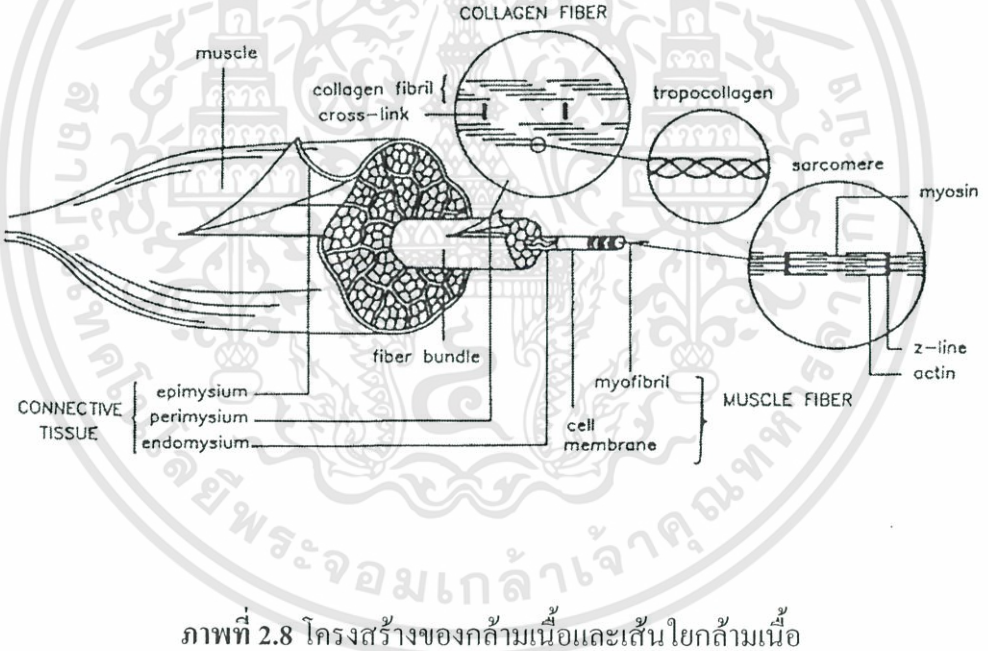
3) เส้นใยกล้ามเนื้อระหว่างสีแดงและสีขาว (Intermediate fiber)

มีลักษณะกึ่งกลางระหว่างกล้ามเนื้อลายทั้ง 2 ชนิด ส่วนใหญ่มีโครงสร้างคล้ายเส้นใยกล้ามเนื้อแดง แต่มีซาร์โคเมียร์ที่เล็กกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะบางอย่างของเส้นใยกล้ามเนื้อถูกควบคุมโดยปัจจัยทางพันธุกรรม ส่วนคุณลักษณะอื่นๆถูกควบคุมโดยปัจจัยภายนอก ได้แก่ อายุสัตว์ การทำงาน และการให้อาหารหรือการคัดเลือกพันธุ์ (Brocks *et al.*, 1998) องค์ประกอบเส้นใยกล้ามเนื้อมีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโต ปริมาณเนื้อแดงในซาก ยิ่งไปกว่านั้น พบว่า องค์ประกอบเส้นใยกล้ามเนื้อ ยังขึ้นกับพันธุ์และสายพันธุ์ของสัตว์ด้วย (Larzul *et al.*, 1997)

การคัดเลือกพันธุ์สัตว์ให้มีอัตราการเจริญเติบโตสูงและมีปริมาณเนื้อแดงมากอาจมีผลให้องค์ประกอบเส้นใยกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber มีมากยังผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ (Rahelic and Puac, 1981) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Brocks *et al.* (1998) ที่ศึกษาอิทธิพลของยีนในสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ที่ถูกคัดเลือกให้มีปริมาณเนื้อแดงมากและมีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว พบว่ามีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red fiber ต่ำ แต่มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber สูง



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างของกล้ามเนื้อและเส้นใยกล้ามเนื้อ

ที่มา: de Smet (2004)

Larzul *et al.* (1997) รายงานว่า ในสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์มีคุณลักษณะต่างๆของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมสูง ($h^2 = 0.20 - 0.59$) ได้แก่ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red fiber, white fiber และเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red fiber นอกจากนี้ยังพบว่าสุกรที่มีอัตราการเจริญเติบโตเร็ว มีปริมาณเนื้อแดงในซากสูง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ Rehfeldt *et al.* (2000) กล่าวว่า ปริมาณเนื้อแดงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้ามเนื้อในขณะที่คุณลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อและปริมาณไขมันสันหลังมีค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมต่ำเนื่องจากว่าสุกรที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่จะมีปริมาณเนื้อแดงมาก จึงทำให้มีปริมาณไขมันในซากน้อย จึงแสดงว่าคุณภาพเนื้อมีความเกี่ยวข้องกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าปัจจัยทางพันธุกรรมมีอิทธิพลต่อขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ ค่าการสูญเสียน้ำระหว่างเก็บรักษา ความสว่างของสีเนื้อ และค่าความเป็นกรดของเนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองเป็นสุกรขุนลูกผสมพันธุ์ ดูร็อค x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) และ/หรือพันธุ์เพื่อการค้านิวไลน์ x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) ที่เลี้ยงตามระบบฟาร์มเป็นการค้าโดยฟาร์มสุกรในเครือบริษัทเบทาโกร จำนวน 60 ครอก โดยแต่ละครอกสุ่มเลือกเอาสุกรเพศผู้ 2 ตัวและเพศเมีย 2 ตัว รวมจำนวน 240 ตัว ให้สุกรทุกตัวได้รับการจัดการและได้รับอาหารสูตรเดียวกัน จนสุกรมีน้ำหนักระหว่าง 76 ถึง 121 กิโลกรัมซึ่งเป็นน้ำหนักเข้าฆ่า ก่อนจะเข้าโรงฆ่าสุกรเพื่อศึกษาด้านคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อนั้นจะมีการเก็บตัวอย่างเลือดของสุกรทุกตัว เพื่อทำการศึกษาความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

3.2 อุปกรณ์และสารเคมี

3.2.1 อุปกรณ์ในการศึกษาความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

1) กระบอกฉีดยาขนาด 3 มิลลิลิตร
2) เข็มฉีดยาเบอร์ 25
3) หลอดใส่สารขนาด 1.5 มิลลิลิตร (Microcentrifuge tube 1.5 ml)
4) หลอดพีซีอาร์ (PCR tube)
5) หลอดใส่สารขนาด 0.75 มิลลิลิตร (Microcentrifuge tube 0.75 ml)
6) ไมโครปิเปต (Micropipette)
7) เครื่องชั่งอิเล็คโทรนิค (Digital Balance : BP3103, CP2243)
8) เครื่องปั่นเหวี่ยง (Microcentrifuge : 32R, D-37520)
9) เครื่องปรับความเป็นกรดด่าง (pH meter; CG842 Schott)
10) เตาให้ความร้อน (Hot plate; MS 101)
11) ตู้เช่แข็ง - 20°C (Cooled Incubator : MIR-553, SF-C692NG)
12) เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อโดยใช้ความดันไอน้ำ (Autoclave; ES315)
13) เครื่องผสมสาร (Vortex : G-560E)
14) เครื่องปั่นเหวี่ยง (Microcentrifuge; Biofuge pico SORVALL)
15) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometry; Ultrospec 1100 *pro*)
16) ตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ (Incubator : PO Box 1720, KBLee 1001, L12-2 ZZMFG)
17) ไมโครเวฟ (Microwave : R236)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18) เครื่องอิเลคโตรโฟรีซิส (Electrophoresis : GelMate 2000)

18) เครื่องถ่ายรูปเจล (Gel documentation : Gene Genius)

19) เครื่องพีซีอาร์ (PCR; T personal combi-block; Biometra)

20) Dry Bath (Block^{TM}; Labnet)

21) บีกเกอร์ (Beaker)

22) ขวดรูปชมพู่ (Flask)

23) ช้อนตักสาร

3.2.2 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีนไมโอจีนิน

ก. สารเคมีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างและสกัดดีเอ็นเอจากเลือดสัตว์ (ภาคผนวก ข)

1) 10 % Disodium ethylenediaminetetraacetate (EDTA)

2) BufferA (0.32 M sucrose, 10 mM Tris-HCl, 5 mM $MgCl_2$, 0.75% Triton x-100)

3) Buffer B (20 mM Tris-HCl, 4 mM Na_2EDTA, 100 mM NaCl)

4) 20 mg/ml Proteinase K (Vivantis)

5) 5.3 M Sodium chloride (NaCl)

6) Isopropanal

7) 70% Ethanol

8) 10% SDS

9) น้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

ข. สารเคมีที่ใช้ในปฏิกิริยาลูกโซ่พีซีอาร์

1) น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

2) 10X AmpliBufferA (vivantis)

3) 50 mM $MgCl_2$ (GIAGEN)

4) 10 mM dNTP (vivantis)

5) forward primer

6) reverse primer

7) 1 unit Taq DNA polymerase (vivantis)

8) ดีเอ็นเอต้นแบบ ความเข้มข้น 300 ng

ค. สารเคมีที่ใช้ในการตัดท่อนยีนไมโอจีนินด้วยเอนไซม์ *Msp*I

1) น้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

2) 1X NEBuffer2 (New England Bilolabs)

3) 5 unit *Msp*I (New England Bilolabs)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ผลผลิตดีเอ็นเอ (PCR product)

ง. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลผลิตของปฏิกิริยาตัดท่อนยีนไมโอจีนินด้วยเอนไซม์ *Msp*I (ภาคผนวก ข)

1) อะกาโรส เจล (Agarose gel; SeaKem)

2) 10X TBE buffer, pH 8.3 (Tris base, Boric acid, disodium EDTA)

3.2.3 อุปกรณ์ในการศึกษาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

1) เครื่องมือวัดความหนาไขมันสันหลัง (vernier caliper model 200-312)

2) เครื่องมือวัดขนาดพื้นที่กล้ามเนื้อ (planimeter)

3) เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรดด่างในเนื้อ (WTW Wiss, Techn-Werkstatten D812 weilheim) (Electrode-WTW pH-Sentix^{sp})

4) เครื่องมือวัดอุณหภูมิใจกลางเนื้อแบบอิเลคโทรนิค (Sekunden-thermometer 1103)

5) เครื่องมือวัดสีของเนื้อ (Minolta Chomameter CR-300)

6) เครื่องชั่งน้ำหนักเนื้อ (Mettler TE/J)

7) อุปกรณ์ในการชำแหละและตัดแต่งซาก

3.2.4 อุปกรณ์ในการศึกษาเส้นใยกล้ามเนื้อ (ภาคผนวก ข)

1) เครื่องตัดชิ้นเนื้อ (Cryotome; leica model cm1850-1-1)

2) กล้องจุลทรรศน์

3) ตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิ(Scientific promotion; Binder)

3.2.5 สารเคมีที่ในการศึกษาเส้นใยกล้ามเนื้อ

1) Fixed solution

2) Diaphorase incubation

3) Pre incubation solution

4) Tris $CaCl_2$ solution

5) ATPase incubation solution

6) Calcium chloride ($CaCl_2$)

7) Cobalt chloride solution

8) Ammonium sulfide (NH_4SO_3)

9) น้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วิธีการ

การศึกษาแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน

3.3.1 การศึกษาที่ 1 ศึกษาความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

3.3.1.1 การสกัดดีเอ็นเอจากเลือดสัตว์

สกัดดีเอ็นเอจากเลือดสัตว์ตามวิธีที่ดัดแปลงมาจาก Helms (2006) โดยนำเลือดสัตว์ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 10,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที ทำให้ผนังเซลล์แตกโดยการใช้ไมโครปิเปตดึงชั้นเม็ดเลือดขาวจำนวน 150 ไมโครลิตรแล้วนำมาผสมกับ Buffer A 150 ไมโครลิตร และน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 300 ไมโครลิตร พลิกหลอดกลับไปมาประมาณ 6-8 ครั้ง จากนั้นนำส่วนผสมแช่ในน้ำแข็ง นาน 3 นาที นำหลอดไปปั่นเหวี่ยงที่ 13,000 รอบต่อนาที นาน 2 นาที ทิ้งส่วนน้ำและเก็บส่วนตะกอน ทำซ้ำขั้นตอนที่กล่าวมาอีกหนึ่งครั้ง (ถ้าหากตะกอนที่ได้ยังคงมีสีแดงอยู่) ทำการย่อยโปรตีน โดยการละลายตะกอนด้วย Buffer B 300 ไมโครลิตร และ 10% SDS 30 ไมโครลิตร ผสมด้วยเครื่อง vortex นาน 30 วินาที เติม 20 mg/ml proteinnase K 5 ไมโครลิตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนด้วยเครื่อง dry bath ที่ 65 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เติม 5.3 M NaCl 200 ไมโครลิตร ผสมด้วยเครื่อง vortex นาน 30 วินาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 13,000 รอบต่อนาที นาน 2 นาที เก็บส่วนน้ำส่วนใสใส่หลอดใหม่ ทำการตกตะกอนดีเอ็นเอโดยการเติม isopropanal (1 V) 500 ไมโครลิตร (1 เท่าของปริมาณน้ำที่เก็บได้) พลิกหลอดกลับไปมาให้เข้ากัน เก็บที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 13,000 รอบต่อนาที นาน 5-10 นาที ทิ้งส่วนน้ำ (เก็บตะกอน) ทำการล้างตะกอนดีเอ็นเอด้วยการเติม 70 % Ethanol 500 ไมโครลิตร พลิกกลับไปกลับมาให้เข้ากัน ปั่นที่ 13,0000 รอบต่อนาที นาน 5 นาที ทิ้งส่วนน้ำ รอให้ตะกอนแห้ง ละลายตะกอนด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 50 ไมโครลิตร แล้วนำไปวัดความเข้มข้นและตรวจสอบคุณภาพดีเอ็นเอด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Ultrospec 1100 *pro*) เก็บสารละลายดีเอ็นเอที่ -20 องศาเซลเซียสจนกว่าจะใช้งานในขั้นตอนต่อไป

3.3.1.2 การเพิ่มปริมาณยีนไมโอจีนินด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พีซีอาร์

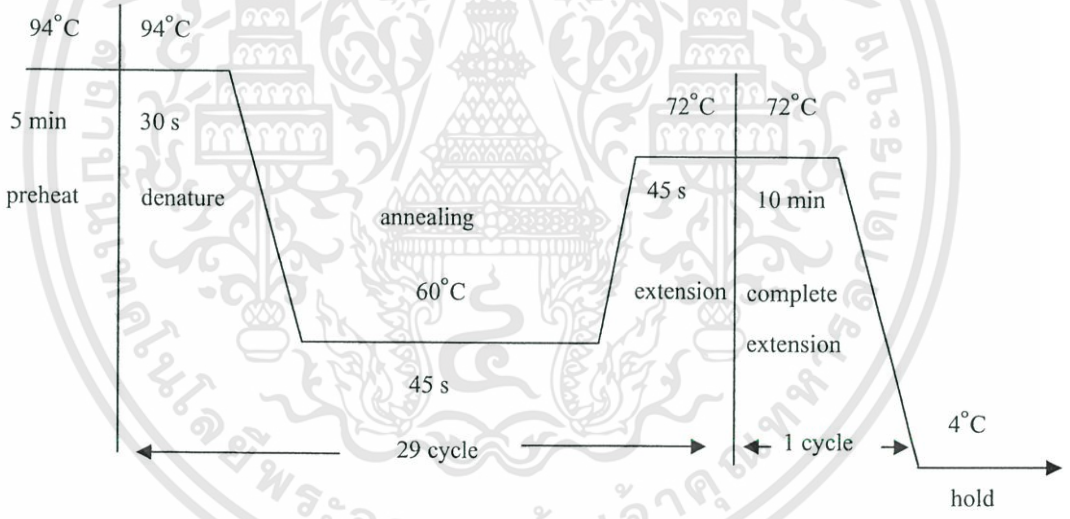
นำดีเอ็นเอที่สกัดได้และผ่านขั้นตอนวัดความเข้มข้นและตรวจสอบคุณภาพแล้วมาใช้เป็นดีเอ็นเอแม่พิมพ์ในการเพิ่มจำนวนยีนไมโอจีนิน ด้วยเทคนิคเพิ่มขยายชิ้นส่วนดีเอ็นเอ (Polymerase chain reaction) โดยเลือกใช้ไพรเมอร์ forward 5'-TCTTGACCTTGTCATTGTGG-3' และ reverse 5'- CTTCCTCACACCACCTTAC -3' (te Pas *et al.*, 1999)

ทำการเพิ่มปริมาณยีนไมโอจีนินด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พีซีอาร์ ปริมาตรรวม 25 ไมโครลิตร ประกอบด้วยดีเอ็นเอต้นแบบความเข้มข้น 300 ng, 1xAmpliBufferA (50 mM KCl, 10 mM Tris-HCl, 0.01%Triton^{TM}x-100, Stabillizers) , 5 mM dNTP, 1.5 mM $MgCl_2$, 1U TaqDNA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

polymerase(vivantis), 2.5 µM primer forward, 2.5 µM primer reward และน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (sterilized distilled water)

การทำปฏิกิริยาลูกโซ่ใช้เครื่องเพิ่มปริมาณดีเอ็นเออัตโนมัติ (T personal combi-block; Biometra) ก่อนการทำงานของปฏิกิริยาลูกโซ่ กำหนดอุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เพื่อเตรียมดีเอ็นเอต้นแบบให้แยกเป็นดีเอ็นเอสายเดี่ยวอย่างสมบูรณ์ (preheat) จากนั้นเริ่มปฏิกิริยาลูกโซ่จำนวน 30 รอบ ตามวงรอบที่อุณหภูมิต่างๆกัน คือ อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที เพื่อดีเอ็นเอเสียสภาพแยกเป็นสายเดี่ยว (denature) จากนั้นลดอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียส เพื่อให้ดีเอ็นเอต้นแบบจับตัวอย่างเหมาะสมกับไพรเมอร์ (annealing)ใช้เวลานาน 45 วินาที และเพิ่มอุณหภูมิขึ้นที่ระดับ 72 องศาเซลเซียส นาน 45 วินาที เพื่อให้มีการเพิ่มจำนวนเบสจากการจับตัวอย่างเหมาะสมของแต่ละไพรเมอร์และดีเอ็นเอต้นแบบ (extension) เมื่อปฏิกิริยาลูกโซ่ทำงานครบ 35 รอบ ก่อนสิ้นสุดปฏิกิริยา ให้คงอุณหภูมิที่ 72 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จำนวน 1 รอบ และเก็บรักษาผลผลิตพีซีอาร์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (hold) ถือเป็นขั้นตอนการทำปฏิกิริยาลูกโซ่ที่เสร็จสมบูรณ์ (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนและสภาวะการทำงานของเครื่องพีซีอาร์

3.3.1.3 การตัดท่อนยีนไมโอจีนินด้วยเอนไซม์ *Msp*I

ทำการตัดท่อนยีนไมโอจีนินเพื่อวิเคราะห์จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินโดยการนำผลผลิตพีซีอาร์ที่ได้มาตัดด้วยเอนไซม์ *Msp*I ในปฏิกิริยามีปริมาตรรวม 12 ไมโครลิตร ประกอบด้วยผลผลิตพีซีอาร์ 10 ไมโครลิตร, 1xNEBuffer2 (50 mM NaCl, 10 mM Tris-HCl, 10 mM $MgCl_2$, 1 mM dithiothreitol), 5U *Msp*I (New England Biolabs) และน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียสในเครื่องบ่มควบคุมอุณหภูมิ เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำไปหยุดปฏิกิริยาการตัดของเอนไซม์ *Msp*I ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสในเครื่อง dry bath เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 20 นาที จากนั้นวิเคราะห์ผลผลิตโดยใช้กระแสไฟฟ้า (Gel electrophoresis) โดยนำสารละลายดีเอ็นเอ จำนวน 12 ไมโครลิตรไปย้อมด้วย 6X Loading buffer และ ethydium bromide จำนวน 3 ไมโครลิตร ใช้ 1 เปอร์เซ็นต์อะกาโรสเจลเป็นตัวกลาง และใช้ดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA ladder; vivantis) ขนาด 100 คู่เบสเป็นแถบดีเอ็นเอเปรียบเทียบ ทำการแยกขนาดดีเอ็นเอด้วยกระแสไฟฟ้าขนาด 100 โวลต์ เป็นเวลา 60 นาที ด้วยเครื่องเจลอิเลคโทรโฟรีซีส (Electrophoresis : GelMate 2000)

3.3.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ขนาดแถบดีเอ็นเอ

นำแผ่นเจลไปตรวจดูขนาดแถบดีเอ็นเอและนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องถ่ายรูปเจล (Gel documentation, Gene Genius; Syngene) ทำการเปรียบเทียบชิ้นดีเอ็นเอที่ได้จากการสังเคราะห์กับแถบดีเอ็นเอมาตรฐาน ให้ท่อนยีนไมโอจีนินที่ไม่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ *Msp*I เป็นอัลลีล A (มีจำนวน 364 คู่เบส) และให้ท่อนยีนไมโอจีนินที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ *Msp*I เป็นอัลลีล B (ท่อนที่ 1 มีจำนวน 260 คู่เบส และท่อนที่ 2 มีจำนวน 160 คู่เบส) (Soumillion *et al*., 1997)

2) การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ความถี่ของจีโนไทป์และความถี่ของอัลลีล โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความถี่ของจีโนไทป์} = \frac{\text{จำนวนจีโนไทป์ที่ศึกษา}}{\text{จำนวนจีโนไทป์ทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{ความถี่ของอัลลีล} = \frac{\text{จำนวนอัลลีลของยีนที่ศึกษา}}{\text{จำนวนอัลลีลทั้งหมด}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การศึกษาที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก

ทำการศึกษาคุณภาพซากจากซากซีกซ้ายของสุกรลูกผสมที่ศึกษา ดังต่อไปนี้

3.3.2.1 การศึกษาค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างเนื้อสันนอก (LSQ)

ทำการวัดค่าความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอกในสุกรทดลองจำนวน 232 ตัว โดยทำการวัดในบริเวณ 3 จุด ตามวิธีการของ Pfeffer and Falkenberg (1972) ตำแหน่งที่ใช้วัดได้แก่

BF3 คือ ความหนาของไขมันตรงจุดที่ฐานสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ *gluteus medius* จนถึงบริเวณขอบหนัง

BF4 คือ ความหนาของไขมันตรงจุดกลางส่วนที่ไขมันสันหลังบางที่สุดของกล้ามเนื้อ *gluteus medius* จนถึงบริเวณขอบหนัง

b คือ ความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอกตอนปลาย วัดจากจุดปลายที่ฐานสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ *gluteus medius* ไปตั้งฉากกับแนวท่อนำไขสันหลัง

$$LSQ = \frac{BF3+BF4}{2b}$$

3.3.2.2 เปอร์เซ็นต์ซาก (dressing percentage)

ทำการเก็บข้อมูลในสุกรทดลองจำนวน 225 ตัว ได้แก่ น้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากเย็นที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ซากตามสูตร ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ซาก} = \frac{\text{น้ำหนักซากเย็น}}{\text{น้ำหนักมีชีวิต}} \times 100$$

3.3.2.3 วัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและพื้นที่ไขมันสันหลัง (Loin eye area; LEA and Fat eye area; FEA)

เก็บเนื้อสันส่วนสันนอกบริเวณซี่โครงที่ 13-14 จากสุกรทดลองจำนวน 104 ตัวที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วใช้แผ่นใสวางทาบแล้ววาดชั้นของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันส่วนนอก นำไปวัดพื้นที่โดยใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ (planimeter) ซึ่งมีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร จากนั้นวัดความหนาไขมันสันหลังบริเวณเหนือกล้ามเนื้อสันนอก โดยลากเส้นตรงตรงจุดที่กว้างที่สุดของกล้ามเนื้อสันนอกจากแนวกระดูกสันหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ ¼ ½ และ ¾ จากนั้นวาดเป็นเส้นตรงตั้งฉากกับเส้นแบ่งแนวขึ้นไปจนสุดชั้นกล้ามเนื้อตรงจุด ¾ จากนั้นจึงทำการวัดความหนาไขมันสันหลังโดยใช้เครื่องมือ vernier caliper (Ray, 1972)

3.3.2.4 เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (boneless lean cuts)

ทำการตัดแต่งซากแบบไทย โดยแยกชิ้นส่วนของ เนื้อแดง กระดูก ไขมัน หนัง และเศษเนื้อออกจากกันแล้วจึงนำไปชั่งน้ำหนัก วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง โดยเก็บข้อมูลน้ำหนักเนื้อแดง ได้แก่ เนื้อสะโพก (ham) เนื้อสันนอก (loin) เนื้อไหล่สันคอ (boston shoulder) เนื้อไหล่ (picnic shoulder) และเศษเนื้อแดง (lean trimming) จากสุกรทดลองจำนวน 35 ตัว แล้วนำมาวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงตามสูตร ดังนี้

$$\text{boneless lean cut (\%)} = \frac{(\text{ham} + \text{loin} + \text{boston} + \text{picnic} + \text{lean trimming}) \times 100}{\text{carcass weight}}$$

3.3.3 การศึกษาที่ 3 ศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพเนื้อ

ซากสุกรลูกผสมซีกซ้ายที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถูกนำใช้ในการศึกษาคุณภาพเนื้อ ดังต่อไปนี้

3.3.3.1 วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

วัดค่า pH บริเวณกล้ามเนื้อสันนอกบริเวณซี่โครงที่ 13 และ 14 ของซากซีกซ้ายจากสุกรทดลองจำนวน 232 ตัว โดยใช้โพรบแทงลงกล้ามเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงซี่ที่ 12 และ 13 ด้วยเครื่องมือวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH-meter, WTW) โดยทำการวัดค่า pH_{45} ที่ระยะเวลา 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย และ pHu ที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย

3.3.3.2 วัดค่าสีของเนื้อ (color)

ทำการเก็บเนื้อส่วนสันนอกบริเวณซี่โครงที่ 13-14 จากสุกรทดลองจำนวน 128 ตัว ที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการตัดแต่งพังผืดและไขมันสันหลังออก แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส เพื่อให้ผิวสัมผัสของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกสัมผัสกับอากาศประมาณ 30-45 นาที (blooming) จากนั้นวัดสีของเนื้อโดยใช้เครื่องวัดสีของเนื้อ Minolta Chroma Meter CR300 จะแสดงผลในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของค่า L (lightness), a (redness) และ b (yellowness) โดยในแต่ละตัวอย่างทำการวัด 2 ซ้ำ (Leskanich *et al.*, 1997)

3.3.3.3 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา (drip loss)

เก็บตัวอย่างเนื้อส่วนสันนอกบริเวณซี่โครงที่ 13-14 จากสุกรทดลองจำนวน 90 ตัว ที่ผ่านการเก็บรักษาไว้ในห้องเย็นอุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นตัดชิ้นเนื้อให้หนาประมาณ 2.5 เซนติเมตร น้ำหนักประมาณ 50-60 กรัม จำนวนตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักเริ่มต้น (D1) จากนั้นนำชิ้นเนื้อบรรจุในถุงพลาสติกแล้วมัดปากถุงนำไปแขวนที่อุณหภูมิ 0 - 4 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำเนื้อออกจากถุงมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งแล้วบันทึกน้ำหนักสุดท้าย (D2) แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษาที่ 1 วัน ตามสูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา} = \frac{(D1 - D2) \times 100}{D1}$$

3.3.3.4 การศึกษาชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อและจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber type and muscle fiber number) โดยวิธี myosin ATPase and diaphorase combination method (pre incubation at pH 4.2) ที่ดัดแปลงมาจาก Guth and Samaha (1970), Johnston *et al.* (1975) และ Geyikoğlu *et al.* (2004) มีวิธีการดังนี้

1) การเก็บตัวอย่างชิ้นเนื้อ

เก็บตัวอย่างเนื้อส่วนสันนอกบริเวณซี่โครงที่ 13-14 ที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตาย ตัดชิ้นเนื้อให้มีขนาด 1 x 1 x 1 เซนติเมตร จากนั้นนำชิ้นเนื้อแช่แข็งในไนโตรเจนเหลว และนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

2) การตัดชิ้นเนื้อ

ทำการตัดชิ้นเนื้อโดยตัดตามขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยใช้เครื่องมือไครโอโตม (cryotome; leica model cm1850-1-1) ในอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ให้ชิ้นเนื้อมีความหนาประมาณ 3-5 ไมโครเมตรแล้วชิ้นเนื้อที่ตัดได้วางบนแผ่นสไลด์ (mounted on glass slides) จากนั้นวางไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1-2 ชั่วโมง

3) การย้อมสีสไลด์ด้วยวิธี myosin ATPase and diaphorase combination method โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

นำแผ่นสไลด์ที่ได้ไปจุ่มลงในสารละลาย Fix solution เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นล้างแผ่นสไลด์ด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 จุ่มแผ่นสไลด์ลงในน้ำกลั่น เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำแผ่นสไลด์ไปจุ่มในน้ำกลั่นเป็นครั้งที่ 2 เป็นเวลาอีก 5 นาที ใช้กระดาษทิชชู่ซับน้ำแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สไลด์ให้แห้ง แล้วหยดสารละลาย diaphorase solution ลงบนแผ่นสไลด์ให้ท่วมแผ่นชิ้นเนื้อบนสไลด์ จากนั้นใช้กระดาษอลูมิเนียมฟอยด์ปิดแล้วนำไปบ่มที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ล้างแผ่นสไลด์ด้วยน้ำกลั่นโดยการจุ่มแผ่นสไลด์ลงในน้ำกลั่น เป็นเวลา 30 นาที ใช้กระดาษทิชชู่ซับน้ำบนแผ่นสไลด์ให้แห้ง จากนั้นนำแผ่นสไลด์ไปแช่ในสารละลาย acid pre-incubation เป็นเวลา 15 นาที นำแผ่นสไลด์ไปจุ่มในสารละลาย Tris-$CaCl_2$ solution เป็นเวลา 2 นาที แล้วแช่แผ่นสไลด์ในสารละลาย ATPase incubation solution ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (เมื่อเตรียมสารละลาย ATPase incubation solution เสร็จแล้วนำไปเก็บที่ตู้บ่มควบคุมอุณหภูมิทันที) ล้างแผ่นสไลด์ในสารละลาย $CaCl_2$ solution จำนวน 3 ครั้งๆละ 30 วินาที จากนั้นนำแผ่นสไลด์ไปจุ่มในสารละลาย $CoCl_2$ solution เป็นเวลา 3 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้งๆละ 45 วินาที นำแผ่นสไลด์ไปจุ่มในสารละลาย NH_4SO_3 เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นล้างแผ่นสไลด์โดยการเปิดน้ำก๊อกให้ไหลผ่านแผ่นสไลด์ เป็นเวลา 5 นาที แล้วนำแผ่นสไลด์ไปจุ่มในน้ำกลั่น ครั้งสุดท้าย เป็นเวลา 5 นาที นำแผ่นสไลด์มาซับน้ำให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู่ จากนั้นนำไปแผ่นสไลด์ไปวิเคราะห์ความแตกต่างของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน และวิเคราะห์ภาพโดย Scnimage Software Beta 4.03 (Scion, Frederick, MD)

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในกลุ่มประชากรสุกรที่ศึกษาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ มีแบบหุ่นทางสถิติดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + G_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = ลักษณะที่ศึกษาได้แก่ เปอร์เซ็นต์ซาก, LSQ, เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง, พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน, พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันต่อพื้นที่ไขมัน, ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง, สีของเนื้อ, drip loss, ชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ และจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อ ของสัตว์ตัวที่ j (j = 1 ถึง 240)

μ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา

G_i = ปัจจัยของจีโนไทป์สุกรลูกผสมที่ i โดย i มี 3 ระดับ ได้แก่ 1 = AA, 2 = AB, 3 = BB

e_{ij} = ความคลาดเคลื่อนทั้งหมดของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินและน้ำหนักสุกรมีชีวิตต่อเปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ มีแบบหุ่นทางสถิติดังนี้

$\mathbf{Y}_{ij} = \mu + G_i + \text{Covariable} + e_{ij}$

$\mathbf{Y}_{ij_k}$ = ลักษณะที่ศึกษาได้แก่ เปอร์เซ็นต์ซาก, พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน, เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ของสัตว์ตัวที่ j (j = 1 ถึง 240)

μ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา

G_i = ปัจจัยของจีโนไทป์สุกรลูกผสมที่ i โดย i มี 3 ระดับ ได้แก่ 1 = AA, 2 = AB, 3 = BB

Covariable = น้ำหนักของสุกรมีชีวิตเข้าฆ่า

e_{ij} = ความคลาดเคลื่อนทั้งหมดของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

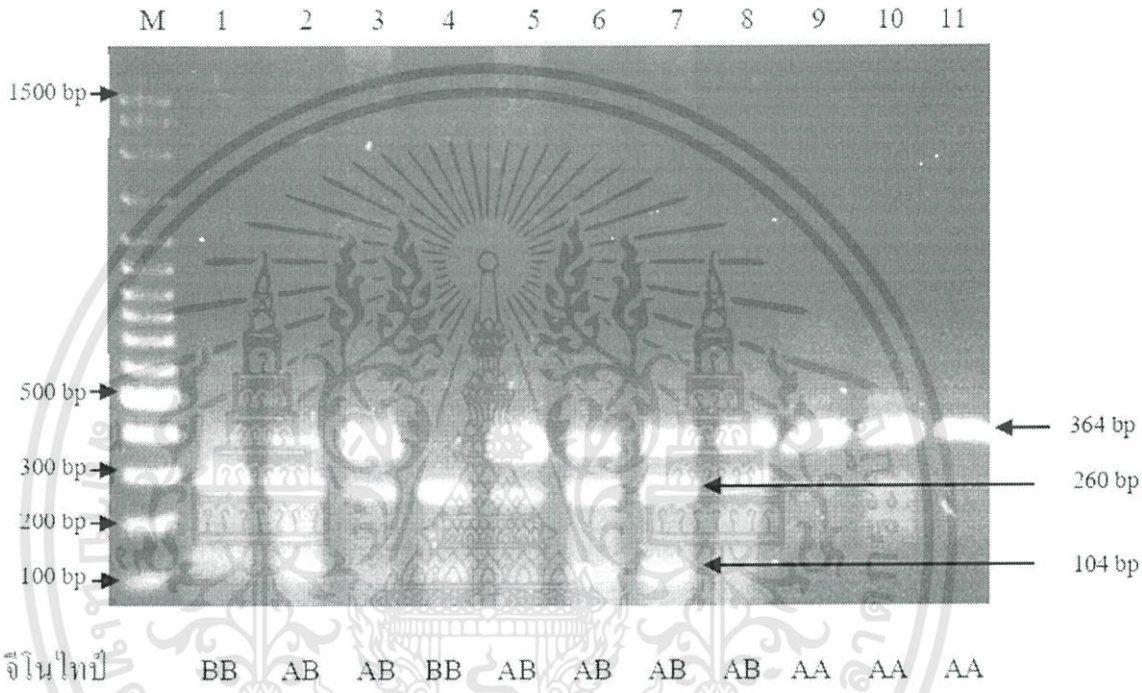
ผลการทดลอง

4.1 ความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนโมโอจีนิน

การศึกษาความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินในสุกรลูกผสมพันธุ์ ดูร็อค x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) และ/หรือพันธุ์เพื่อการค้านิวไลน์ x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) ที่เลี้ยงตามระบบฟาร์มเป็นการค้าของบริษัทเบทาโกร จำกัด จำนวน 240 ตัว โดยทำการเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำแล้วนำมาปั่นเหวี่ยง แล้วทำการสกัดดีเอ็นเอจากเม็ดเลือดขาวโดยใช้วิธีการที่ดัดแปลงมาจาก Hems (2006) ดีเอ็นเอที่สกัดได้มีความเข้มข้นโดยเฉลี่ยประมาณ 300-500 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร หากเมื่อพิจารณาจากค่าอัตราส่วนการดูดกลืนแสง (Absorbance A) ของกรดนิวคลิอิคกับโปรตีนที่ความยาวคลื่นแสง 260 ต่อ 280 นาโนเมตร (260/280) มีค่าอยู่ในช่วง 1.8-1.9 เมื่อนำมาเพิ่มขยายชิ้นส่วนดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์ โดยใช้ไพรเมอร์ forward 5'-TCTTGACCTTGTCATTGTGG-3' และ reverse 5'- CTTCCTCACACCACCTTAC -3' (te Pas *et al.*, 1999) จากการพิจารณาลำดับเบสของยีนไมโอจีนินในจีโนมที่ตำแหน่ง U14331 ที่ทำการศึกษาโดย Briley *et al.* (1995) (ภาคผนวก ก) พบว่าการใช้ไพรเมอร์ดังกล่าวเป็นการเพิ่มขยายชิ้นส่วนดีเอ็นเอในส่วนของโพรโมเทอร์ (promoter) ของยีนไมโอจีนิน ทำให้ได้ผลผลิตดีเอ็นเอ (DNA product) มีจำนวนคู่เบส 364 คู่เบส เมื่อนำผลผลิตดีเอ็นเอที่ได้จากการสังเคราะห์มาทำการศึกษาความหลากหลายทางจีโนไทป์โดยเลือกใช้เอนไซม์ *Msp*I เป็นเอนไซม์ตัดจำเพาะที่มีการเรียงตัวของเบสเหมือนกันอยู่ตรงข้าม 2 สาย และมีแกนสมมาตรอยู่กึ่งกลาง เรียกว่า พาลินโดรม (palindrome) ที่มีลำดับเบสบริเวณจดจำ เป็น 5'..C C G G..3' และ 3'..G G C C..5' ผลจากการตัดชิ้นดีเอ็นเอเมื่อขาดออกจากกันแล้วทำให้ได้ชิ้นดีเอ็นเอทั้งสองที่มีปลายยาวไม่เท่ากัน โดยชิ้นดีเอ็นเอที่ได้จากการตัดมีปลาย 5' ยาวกว่าปลาย 3' (5' sticky end) และเมื่อตรวจสอบขนาดของดีเอ็นเอด้วยเทคนิคอิเลคโทรโฟรีซีส ปรากฏแถบดีเอ็นเอทั้งสิ้น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 แถบดีเอ็นเอที่ไม่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ *Msp*I กำหนดสัญลักษณ์ให้เป็น "A" แถบดีเอ็นเอที่ได้นี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแถบดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA ladder) พบว่ามีขนาด 364 คู่เบส และรูปแบบที่ 2 เป็นแถบดีเอ็นเอที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ *Msp*I กำหนดสัญลักษณ์ให้เป็น "B" และเมื่อเปรียบเทียบกับแถบดีเอ็นเอมาตรฐาน พบว่า มีขนาด 260 และ 104 คู่เบส ดังนั้นแถบดีเอ็นเอที่ได้จากการตัดด้วยเอนไซม์ *Msp*I จะอ่านจีโนไทป์ได้ 3 จีโนไทป์ ได้แก่ จีโนไทป์ที่เป็นโฮโมไซกัส AA มีจำนวนคู่เบส 364 คู่เบส จีโนไทป์ที่เป็นเฮทเทอโรไซกัส AB มีจำนวนคู่เบส 364, 260 และ 104 คู่เบส และ จีโนไทป์ที่เป็นโฮโมไซกัส BB มีจำนวนคู่เบส 260 และ 104 คู่เบส (ภาพที่ 4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับความถี่ของอัลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินซึ่งมีความสำคัญเนื่องจากความถี่หรือสัดส่วนความมีมากหรือมีน้อยของอัลลีลและจีโนไทป์จัดเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญในประชากรสิ่งมีชีวิต ผลการศึกษาพบว่า จีโนไทป์ AA มีความถี่ 18.45 เปอร์เซ็นต์ จีโนไทป์ AB มีความถี่ 55.36 เปอร์เซ็นต์ และจีโนไทป์ BB มีความถี่ 26.18 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1) สำหรับความถี่ของอัลลีล พบว่า อัลลีล A มีความถี่เท่ากับ 0.461 และอัลลีล B มีความถี่ 0.539 (ตารางที่ 4.2)



ภาพที่ 4.1 ผลการตัดท่อนยีนไมโอจีนินด้วยเอนไซม์ *Msp*I ได้ผลผลิตดีเอ็นเอเป็น 3 ขนาด ได้แก่ 364 คู่เบส 260 คู่เบส และ 104 คู่เบส โดยหมายเลข 1-11 คือ ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา และ M คือแถบดีเอ็นเอมาตรฐาน

ตารางที่ 4.1 แสดงความถี่จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

พันธุ์สุกร	จำนวนตัว (n)	ความถี่จีโนไทป์					
		AA		AB		BB	
		ตัว	%	ตัว	%	ตัว	%
สุกรลูกผสมพันธุ์ ดูร็อค x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) และ/หรือพันธุ์เพื่อการค้านิวไลน์ x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ)	233	43	18.45	129	55.36	61	26.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงความถี่อัลลีลของยีนไมโอจีนิน

พันธุ์สุกร	จำนวนตัว	ความถี่ของอัลลีล	
	(n)	A	B
สุกรลูกผสมพันธุ์ ดูร็อค x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) และ/หรือพันธุ์เพื่อการค้านิวไลน์ x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ)	233	0.461	0.539

4.2 อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากสุกร

การศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินในสุกรลูกผสมพันธุ์ ดูร็อค x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) และ/หรือพันธุ์เพื่อการค้านิวไลน์ x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) ที่เลี้ยงตามระบบฟาร์มเป็นการค้า ต่อคุณภาพซากในกลุ่มประชากรสุกรที่ศึกษา ได้ผลการศึกษาดังนี้ (ตารางภาคผนวกที่ ค1 และ ค3)

4.2.1 เปอร์เซ็นต์ซาก (dressing percentage)

ผลการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินและน้ำหนักของสุกรต่อเปอร์เซ็นต์ซาก พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก เมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์ซากในแต่ละจีโนไทป์ พบว่า จีโนไทป์ AA AB และ BB มีเปอร์เซ็นต์ซาก เท่ากับ 76.13 76.11 และ 76.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

4.2.2 ค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างเนื้อสันนอก (lenden speck quotient; LSQ)

จากการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างเนื้อสันนอก พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างเนื้อสันนอก โดยจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างเนื้อสันนอก เท่ากับ 0.29 0.31 และ 0.29 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

4.2.3 พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก

การศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินและน้ำหนักของสุกรต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก (loin eye area; LEA) พบว่า จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินมีอิทธิพลต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยจีโนไทป์ AA และจีโนไทป์ BB มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกมากกว่าจีโนไทป์ AB ซึ่งมีค่าเท่ากับ 54.39 52.91 และ 48.88 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซาก

ลักษณะที่ศึกษา	จำนวนตัว (n)	จีโนไทป์			ระดับความแตกต่าง	p-value
		AA	AB	BB		
เปอร์เซ็นต์ซาก(%)	225	76.13 ± 0.37	76.11 ± 0.23	76.21 ± 0.30	NS	0.1421
LSQ [1/]	232	0.29 ± 0.01	0.31 ± 0.00	0.29 ± 0.00	NS	0.2415
BF3 [2/]	232	25.47 ± 0.65	26.28 ± 0.38	25.05 ± 0.55	NS	0.1619
BF4 [3/]	232	15.91 ± 0.62	16.50 ± 0.36	15.85 ± 0.52	NS	0.5135
b [4/]	232	69.76 ± 0.69	70.00 ± 0.40	69.85 ± 0.58	NS	0.9467
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (%)	35	45.37 ± 1.14	44.85 ± 0.69	45.24 ± 1.06	NS	0.1997
เนื้อสะโพก (กก.)	35	14.80 ± 0.49	14.72 ± 0.33	14.55 ± 0.46	NS	0.9288
เนื้อสันคอ (กก)	35	8.21 ± 0.35	8.35 ± 0.23	8.12 ± 0.33	NS	0.8383
เนื้อไหล่ (กก.)	35	4.75 ± 0.21	4.64 ± 0.14	4.48 ± 0.20	NS	0.6558
สันนอก (กก.)	35	7.52 ± 0.31	7.68 ± 0.21	7.07 ± 0.30	NS	0.2672
LEA [5/] (ตร.ซม.)	104	54.39^{ก} ± 1.86	48.88^{ข} ± 1.11	52.91^{ก} ± 1.35	**	0.0002
FEA [6/] (ตร.ซม.)	112	14.67 ± 0.97	14.46 ± 0.68	13.54 ± 0.84	NS	0.6136
LEA/FEA [7/]	112	3.95 ± 0.33	3.84 ± 0.23	4.26 ± 0.29	NS	0.5280
น้ำหนักสุกรมีชีวิต (กก.)	101	103.25 ± 3.14	101.38 ± 2.09	96.88± 2.96	NS	0.3109

[1/] ค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างเนื้อสันนอก (lenden speck quotient; LSQ)

[2/] ค่าความหนาของไขมันตรงจุดที่ฐานสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ *gluteus medius* จนถึงบริเวณขอบหนัง

[3/] ความหนาของไขมันตรงจุดกึ่งกลางส่วนที่ไขมันสันหลังบางที่สุดของกล้ามเนื้อ *gluteus medius* จนถึงบริเวณขอบหนัง

[4/] ความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอกตอนปลายวัดจากจุดปลายที่ฐานสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ *gluteus medius* ไปตั้งฉากกับแนวท่อนำไขสันหลัง

[5/] พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก (loin eye area; LEA)

[6/] พื้นที่หน้าตัดไขมัน (fat eye area; FEA)

[7/] พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกต่อพื้นที่หน้าตัดไขมัน (loin eye area to fat eye area ratio; LEA/FEA)

NS = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 สัดส่วนพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลัง

จากการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลัง (fat eye area; FEA) และสัดส่วนพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลัง (LEA/FEA) พบว่า จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินไม่มีอิทธิพลต่อ FEA โดยจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 14.67 14.46 และ 13.54 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับสัดส่วนของ LEA/FEA พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อ LEA/FEA โดย AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 3.95 3.84 และ 4.26 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

4.2.5 เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและปริมาณเนื้อแดงใน 4 ชิ้นส่วนหลัก

ผลจากการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินและน้ำหนักของสุกรต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงรวมและปริมาณเนื้อแดงใน 4 ชิ้นส่วนหลัก พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและปริมาณเนื้อแดงใน 4 ชิ้นส่วนหลัก เมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงรวมในแต่ละจีโนไทป์ พบว่า จีโนไทป์ AA AB และ BB มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงรวม เท่ากับ 45.37 44.85 และ 45.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณเนื้อแดงใน 4 ชิ้นส่วนหลักพบว่า เนื้อสะโพกที่จีโนไทป์ AA AB และ BB มีปริมาณเนื้อสะโพกเท่ากับ 14.80 14.72 และ 14.55 กิโลกรัมตามลำดับ เนื้อไหล่สันคอ ที่จีโนไทป์ AA AB และ BB มีปริมาณเนื้อสันคอ เท่ากับ 8.21 8.35 และ 8.12 กิโลกรัม ตามลำดับ เนื้อไหล่ ที่จีโนไทป์ AA AB และ BB มีปริมาณเนื้อไหล่ เท่ากับ 4.75 4.64 และ 4.48 กิโลกรัมตามลำดับ และเนื้อสันนอกที่จีโนไทป์ AA AB และ BB มีปริมาณเนื้อสันนอก เท่ากับ 7.52 7.68 และ 7.07 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

4.3 อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพเนื้อสุกร

ผลการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินในสุกรลูกผสมพันธุ์ ดูร็อค x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) และ/หรือพันธุ์เพื่อการค้านิวไลน์ x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) ที่เลี้ยงตามระบบฟาร์มเป็นการค้า ต่อคุณภาพเนื้อในกลุ่มประชากรสุกรที่ศึกษา ได้ผลการศึกษาดังนี้ (ตารางภาคผนวกที่ ค2 และ ค3)

4.3.1 ค่าความเป็นกรดด่างในกล้ามเนื้อสันนอก

การศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อค่าความเป็นกรดด่างในกล้ามเนื้อสันนอก พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรดด่างที่ 45 นาที(pH_{45}) และค่าความเป็นกรดด่างที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย (pH_{24}) เมื่อพิจารณาถึงค่าความเป็นกรดด่างในแต่ละจีโนไทป์ พบว่า ค่าความเป็นกรดด่างที่ 45 นาที ของจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 6.31 6.32 และ 6.36 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่าความเป็นกรดด่างที่ 24 ชั่วโมงของจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 5.80 5.81 และ 5.84 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

4.3.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา

จากการศึกษาอิทธิพลของยีนไมโอจีนินต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (drip loss) พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาในแต่ละจีโนไทป์ พบว่า จีโนไทป์ AA AB และ BB มี เท่ากับ 3.56 2.98 และ 2.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

4.3.3 สีของเนื้อ

ผลจากการศึกษาอิทธิพลของยีนไมโอจีนินต่อสีของกล้ามเนื้อสันนอก พบว่า จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินมีอิทธิพลต่อสีของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (L^*, b^*) ($p \leq 0.05$) จากการพิจารณาค่า L^* (ค่าความสว่างของเนื้อ, lightness) และค่า b^* (ค่าสีเหลืองของเนื้อ, yellowness) พบว่า จีโนไทป์ BB และ AA มีค่า L^* และ b^* สูงกว่าจีโนไทป์ AB โดยจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่า L^* เท่ากับ 49.94 49.09 และ 51.04 มีค่า b^* เท่ากับ 1.28 1.11 และ 1.67 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่า จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินไม่มีอิทธิพลต่อค่า a^* (ค่าสีแดงของเนื้อ, redness) โดยจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 5.15 5.32 และ 5.75 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 แสดงอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าสีเนื้อและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา

ลักษณะที่ศึกษา	จำนวนตัว (n)	จีโนไทป์			ระดับความแตกต่าง	p-value
		AA	AB	BB		
pII ที่ 45 นาที	232	6.31 ± 0.05	6.32 ± 0.03	6.36 ± 0.04	NS	0.7576
pH ที่ 24 ชั่วโมง	232	5.80 ± 0.03	5.81 ± 0.02	5.84 ± 0.02	NS	0.5779
L* (lightness)	128	$49.94^{ก ข}$ ± 0.63	$49.09^{ข}$ ± 0.44	$51.04^{ก}$ ± 0.56	*	0.0279
a* (redness)	128	5.15 ± 0.24	5.32 ± 0.17	5.75 ± 0.22	NS	0.1595
b* (yellowness)	128	$1.28^{ก ข}$ ± 0.18	$1.11^{ข}$ ± 0.13	$1.67^{ก}$ ± 0.16	*	0.0299
drip loss (%)	90	3.56 ± 0.32	2.98 ± 0.21	2.84 ± 0.27	NS	0.1327

NS = มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ

ผลการศึกษาเส้นใยกล้ามเนื้อ ทำโดยการย้อมสีชิ้นเนื้อโดยวิธี myosin ATPase and diaphorase combination method (pre incubation at pH 4.2) พบว่า มีเส้นใยกล้ามเนื้อ 3 ชนิด ได้แก่ red fiber white fiber และ intermediate fiber (ภาพที่ 4.2) เมื่อทำการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อสัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ พบว่า มีอิทธิพลต่อเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber ($p \leq 0.05$) โดยจีโนไทป์ BB และจีโนไทป์ AA มีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber สูงกว่าจีโนไทป์ AB โดยมีค่าเท่ากับ 67.69 66.80 และ 64.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินไม่มีอิทธิพลต่อเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red fiber และ intermediate fiber เมื่อพิจารณาสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red fiber พบว่าจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 18.88 20.27 และ 17.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด intermediate fiber พบว่าจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 14.32 15.56 และ 14.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)

4.3.5 จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ

ผลการศึกษาอิทธิพลของยีนไมโอจีนินต่อจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ $1.37x10^6$ $1.37x10^6$ และ $1.32x10^6$ เซลล์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)

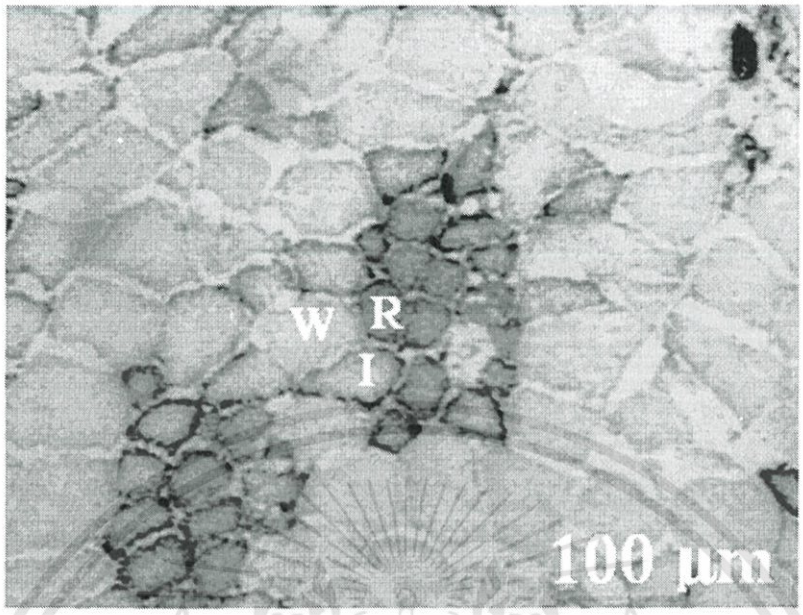
ตารางที่ 4.5 แสดงอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อเปอร์เซ็นต์ชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ และจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ

ลักษณะที่ศึกษา	จำนวนตัว (n)	จีโนไทป์			ระดับความแตกต่าง	p-value
		AA	AB	BB		
red fiber (%)	56	18.88±0.92	20.27±0.73	17.55±0.87	NS	0.0651
white fiber (%)	56	$66.80^{ก ข}$ ±1.06	$64.18^{ข}$ ±0.83	$67.69^{ก}$ ±0.99	*	0.0226
Intermediate (%)	56	14.32±0.80	15.56±0.63	14.74±0.75	NS	0.4542
จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ ($x10^6$)	42	1.37±0.10	1.37±0.08	1.32±0.11	NS	0.9378

NS = มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อจากเนื้อส่วนสันนอกของสุกรจากการย้อมสีโดยวิธี myosin ATPase and diaphorase combination method (preincubation at pH 4.2) โดย R คือ red fiber W คือ white fiber และ I คือ intermediate fiber

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนโมโอจีนินในสุกร

ผลจากการศึกษาความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินในสุกรลูกผสมพันธุ์ดูร็อค x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) และ/หรือพันธุ์เพื่อการค้านิวไลน์ x (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) ด้วยเทคนิคการเพิ่มขยายชิ้นส่วนยีนไมโอจีนินในบริเวณโพรโมเทอร์ พบว่าได้ผลผลิตดีเอ็นเอ (DNA product) มีจำนวนคู่เบส 364 คู่เบส เมื่อตัดท่อนยีนไมโอจีนินบริเวณโพรโมเทอร์ด้วยเอนไซม์ *Msp*I พบว่ายีนไมโอจีนินสามารถจำแนกเป็น 3 จีโนไทป์ ได้แก่ จีโนไทป์ AA (ขนาด 364 คู่เบส) จีโนไทป์ AB (ขนาด 364 260 และ 104 คู่เบส) จีโนไทป์ BB (ขนาด 260 และ 104 คู่เบส) ในส่วนของผลการศึกษาความถี่ของยีนไมโอจีนิน พบว่า จีโนไทป์ AA AB และ BB มีความถี่เท่ากับ 18.45 55.36 และ 26.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัลลีล A และ B มีความถี่เท่ากับ 0.461 และ 0.539 ตามลำดับ โดยปกติแล้วความถี่ หรือสัดส่วนความมีมากหรือมีน้อยของยีนและจีโนไทป์ จัดว่าเป็นคุณสมบัติสำคัญในประชากร (สมชัย จันทร์สว่าง และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์, 2546) โดยลักษณะของสัตว์แต่ละตัวถูกกำหนดโดยยีนและจีโนไทป์ตั้งแต่เกิดการปฏิสนธิ แต่ลักษณะปรากฏของประชากรจะเกิดจากผลรวมของยีนในสิ่งมีชีวิตทุกยีนที่ประกอบขึ้นเป็นประชากรนั้น ดังนั้น ลักษณะของประชากรจึงสามารถอธิบายได้ด้วยค่าความถี่ของยีนและความถี่ของจีโนไทป์ จึงอาจกล่าวได้ว่าสุกรที่สายพันธุ์และพันธุ์ที่แตกต่างกันย่อมมีความถี่ของอัลลีลและความถี่ของจีโนไทป์ที่แตกต่างกันด้วย (จันทร์จรัส เรี่ยวเดชะ, 2534) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ความถี่ของจีโนไทป์ของสุกรกลุ่มตัวอย่าง พบว่าเป็นตัวแทนของประชากรตัวอย่างที่ดีที่ได้มาจากการคัดเลือกแบบสุ่มเนื่องจากความถี่ของจีโนไทป์ได้เป็นไปตาม Hardy-Weinberg Law (ตารางภาคผนวกที่ ค 4) นั่นแสดงว่ายีนไมโอจีนินเป็นยีนประเภทข่มสมบูรณ์ (complete dominance) และเนื่องจากการผสมพันธุ์ของสุกรกลุ่มตัวอย่างนี้เป็นการผสมพันธุ์แบบสุ่ม จึงทำให้สภาพความถี่จีโนไทป์มีค่าคงที่ในการผสมแบบสุ่มในรุ่นต่อๆไป เมื่อไม่มีปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ของยีนเข้ามาเกี่ยวข้องจึงแสดงถึงสภาพความสมดุลของยีนไมโอจีนินในกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ศึกษา (สมชัย จันทร์สว่าง, 2549) ผลจากการศึกษานี้คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ te Pas *et al.* (1999) ที่ศึกษาความถี่ของของยีนไมโอจีนินในสุกรพันธุ์ยอร์คเชียร์ โดยใช้เอนไซม์ *Msp*I ตัดยีนไมโอจีนินในบริเวณโพรโมเทอร์และหาความถี่ของอัลลีลนั้น พบว่า อัลลีล A และ B มีความถี่ 0.550 และ 0.450 สำหรับความถี่จีโนไทป์ AA , AB และ BB มีค่าเท่ากับ 34 43 และ23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากสุกร

คุณภาพซากเป็นลักษณะทางกายภาพของสัตว์ที่บ่งบอกคุณค่าทางเศรษฐกิจ โดยลักษณะที่ใช้ประเมินคุณภาพซาก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ซาก ค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก พื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอก สัดส่วนพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลัง เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและปริมาณเนื้อแดงใน 4 ชิ้นส่วนหลัก

5.2.1 เปอร์เซ็นต์ซาก (dressing percentage)

จากผลการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อเปอร์เซ็นต์ซาก ปรากฏว่า ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก กล่าวคือจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 76.13 76.11 และ 76.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถึงแม้ผลจากการศึกษาครั้งนี้จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ซากก็ตาม แต่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกับสัญชัย จตุรสิทธา (2547) ที่กล่าวว่าเปอร์เซ็นต์ซากของสุกรในประเทศไทยโดยทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 70-80 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ซากเป็นตัวเลขที่ใช้บ่งชี้ถึงผลผลิตเบื้องต้นของสัตว์เท่านั้น เนื่องจากค่าเปอร์เซ็นต์ซากนี้ได้มาจากการเปรียบเทียบสัดส่วนของน้ำหนักซากเย็นและน้ำหนักสุกรมีชีวิต ดังนั้น ความผันแปรของค่าเปอร์เซ็นต์ซากจึงขึ้นอยู่กับการระเหยของน้ำ (hydration) ออกจากซากขณะแช่เย็น และปริมาณอาหารหรือสิ่งบรรจุอื่นๆในอวัยวะย่อยอาหาร นอกจากนั้นแล้ว พบว่าน้ำหนักของสุกรยังมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ซากด้วย นั่นคือ เมื่อสุกรมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นก็จะมีผลให้มีเปอร์เซ็นต์ซากเพิ่มสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม อัตราการเจริญเติบโตและเพศของสุกรพบว่าไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ซากแต่อย่างใด (Correa *et al*,. 2006) นอกจากนี้ เปอร์เซ็นต์ซากของสุกรส่วนหนึ่งยังได้รับอิทธิพลจากสายพันธุ์ด้วย ดังตัวอย่างเช่น สุกรพันธุ์ Crole จะมีเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่าพันธุ์ลาร์จไวท์ (Renaudeau and Mourot, 2007) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มกล้ามเนื้อ (เนื้อแดง) ของสุกรจะเพิ่มปริมาณสูงสุดจนถึงน้ำหนักประมาณ 90 กิโลกรัม เท่านั้น หลังจากนั้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นจะเกิดจากการเพิ่มน้ำหนักของไขมันมากกว่าเกิดจากการเพิ่มปริมาณของเนื้อแดง (Karlsson *et al*., 1999)

5.2.2 ค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก

จากผลการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก ปรากฏว่า ไม่มีอิทธิพลต่อค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก กล่าวคือจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอกมีค่าเท่ากับ 0.29 0.31 และ 0.29 ตามลำดับ โดยปกติแล้ว ค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก เป็นค่าที่ใช้ประเมินคุณภาพซากของสุกรที่มีความแม่นยำ และมีประสิทธิภาพในการจัดระดับเกรดซากสุกรเพื่อประเมินหาปริมาณเนื้อแดงและไขมันในสุกร ในการแบ่งระดับเกรดคุณภาพซากสุกรดังกล่าวนี้ ได้แบ่งออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง สูงมากและสูงที่สุด (จุฑารัตน์ และคณะ. 2544) ถึงแม้ผลการศึกษาครั้งนี้จะไม่พบอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโอจีนินต่อค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอกก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาสุกรกลุ่มตัวอย่างนี้ พบว่า เป็นสุกรในกลุ่มที่มีคุณภาพซากอยู่ในระดับสูง เนื่องจากมีค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก อยู่ในช่วงระหว่าง 0.27-0.32 จึงมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงประมาณ 45.05 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ไขมันประมาณ 18.07 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ยังพบว่า น้ำหนักสุกรมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอกอีกด้วย (r = 0.15)

5.2.3 พื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อนอก

ผลการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินและน้ำหนักสุกรต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก (loin eye area; LEA) พบว่า มีอิทธิพลต่อ LEA ($p \leq 0.01$) โดยจีโนไทป์ AA และจีโนไทป์ BB มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกมากกว่าจีโนไทป์ AB ซึ่งมีค่าเท่ากับ 54.39 52.91 และ 48.88 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังนั้น การคัดเลือกสุกรที่มีจีโนไทป์ AA หรือ BB อาจมีโอกาสได้สุกรที่มี LEA ขนาดใหญ่กว่าจีโนไทป์ AB แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักมีชีวิตของสุกรทั้ง 3 กลุ่มจีโนไทป์ พบว่า สุกรที่จีโนไทป์ BB มีน้ำหนักตัวน้อยกว่าจีโนไทป์ AA และ AB โดยมีค่าเท่ากับ 96.88 103.25 และ 101.38 กิโลกรัม ตามลำดับ พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับน้ำหนักของสุกร โดยสุกรที่มีน้ำหนักตัวสูงจะมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกใหญ่เช่นกัน (Beattie *et al.*, 1999)ในการศึกษาครั้งนี้มีการจัดการสุกรแบบเข้าเลี้ยงพร้อมกันและเข้าโรงฆ่าพร้อมกันทั้งหมด (all-in-all-out) จึงมีผลให้น้ำหนักสุกรเข้าฆ่าไม่เท่ากัน ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า สุกรจีโนไทป์ AA และจีโนไทป์ BB มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาน้ำหนักสุกรมีชีวิตก่อนเข้าฆ่าของสุกรจีโนไทป์ AA พบว่ามากกว่าจีโนไทป์ BB ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ BB มีน้ำหนักเข้าฆ่าน้อยกว่าแต่มีพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกใหญ่ ดังนั้น การคัดเลือกสุกรให้มียีนไมโอจีนินจีโนไทป์ BB จะได้สุกรที่มีน้ำหนักตัวเข้าฆ่าต่ำกว่าและมีโอกาสสร้างเนื้อแดงได้มากกว่าจีโนไทป์ AA

5.2.4 สัดส่วนพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อนอกสันต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลัง

จากผลการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อพื้นที่ไขมันสันหลัง (fat eye area; FEA) และสัดส่วนพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลัง (LEA/FEA) พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อ FEA และสัดส่วนของ LEA/FEA เมื่อพิจารณาค่า FEA พบว่า จีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่า FEA มีค่าเท่ากับ 14.67 14.46 และ 13.54 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับสัดส่วนของ LEA/FEA พบว่า จีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 3.95 3.84 และ 4.26 ตามลำดับ จากรายงานการศึกษาพบว่า จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินไม่มีอิทธิพลต่อการสร้างพื้นที่ความหนาไขมันสันหลังในสุกรพันธุ์ยอร์คเชียร์ ซึ่งอาจเนื่องมาจากยีนไมโอจีนินเป็นยีนที่มีอิทธิพล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อการสร้างจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อหรือปริมาณเนื้อแดงนั่นเอง แต่จะไม่มีอิทธิพลต่อการสร้างเนื้อเยื่อไขมัน (te Pas *et al.*, 1999)

5.2.5 เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและปริมาณเนื้อแดงใน 4 ชิ้นส่วนหลัก

จากผลการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและปริมาณเนื้อแดงใน 4 ชิ้นส่วนหลัก ปรากฏว่าไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและปริมาณเนื้อแดงใน 4 ชิ้นส่วนหลัก โดยจีโนไทป์ AA AB และ BB มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเท่ากับ 45.37 44.85 และ 45.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาร่วมกับค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก (0.27-0.32) และเปอร์เซ็นต์ซากที่ได้จากการศึกษา (70-80 เปอร์เซ็นต์) พบว่า สอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่ได้ จึงกล่าวได้ว่ากลุ่มสุกรตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จัดเป็นสุกรที่มีคุณภาพซากอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้แล้วความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงในสุกรยังขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสายพันธุ์ด้วย ตัวอย่างอิทธิพลของสายพันธุ์สุกรต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ได้แก่ สุกรลูกผสมลาร์จไวท์ x เบลเยียมแลนด์เรซ และสุกรลูกผสมแฮมเชียร์ x เพียเทรน มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเท่ากับ 55.8 และ 58.9 (Šimek *et al.*, 2004) สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และเพียเทรน มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เท่ากับ 45.1 45.3 และ 53.6 (Knapp *et al.*, 1997) แต่อย่างไรก็ตาม พบว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงในสุกรถูกกำหนดโดยปัจจัยทางพันธุกรรม (heritability; h^2 = 0.40-0.53) มากกว่าปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม (common environment; c^2 = 0.11-0.17)

5.3 อิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพเนื้อสุกร

คุณภาพเนื้อเป็นลักษณะที่บ่งบอกถึงความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อเนื้อชนิดนั้น ลักษณะของคุณภาพเนื้อที่ใช้ประเมินความพึงพอใจ ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่างในกล้ามเนื้อสันนอก สีของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างเก็บรักษา ชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อและจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ

5.3.1 ค่าความเป็นกรดด่างในกล้ามเนื้อสันนอก

จากผลการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ในกล้ามเนื้อสันนอก พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อค่า pH ที่ 45 นาที (pH_{45}) และค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง (pH_{24}) หลังสัตว์ตาย โดยจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่า pH_{45} เท่ากับ 6.31 6.32 และ 6.36 ตามลำดับ และ pH_{24} มีค่าเท่ากับ 5.80 5.81 และ 5.84 ตามลำดับ โดยปกติแล้วคุณภาพเนื้อในสุกร ได้แก่ pH drip loss และสีของเนื้อจะมีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อซึ่งถูกกำหนดโดยปัจจัยทางพันธุกรรม (Kłosowska and Fiedler, 2003) ยีนไมโอจีนินเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อเท่านั้นจึงอาจทำให้ผลการศึกษาครั้งนี้ไม่พบอิทธิพลของยีนไมโอจีนินต่อค่า pH ในกลุ่มตัวอย่างสุกรที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้ว การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในกล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยจากความเครียดที่ได้รับในระหว่างกระบวนการขนส่ง กระบวนการฆ่า และกระบวนการชีวเคมีของกล้ามเนื้อภายหลังสัตว์ตาย (Sheard *et al.*, 2005) นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในกล้ามเนื้อยังเกี่ยวข้องกับการที่สัตว์ได้รับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ต่ำและมีไขมันในสัดส่วนที่สูง ปัจจัยเหล่านี้จะส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการสะสมไกลโคเจนต่ำ (Fortina *et al.*, 2005) ค่า pH_{45} เป็นค่าหนึ่งที่ใช้ในการประเมินการเกิดลักษณะเนื้อ PSE (pale soft exudative) และ pH_{24} ใช้สำหรับประเมินการเกิดเนื้อ DFD (dark firm and dry) ในเนื้อสุกรที่เป็น PSE นั้นจะมีค่า pH_{45} กว่า 5.8 และในเนื้อสุกรที่เป็น DFD นั้นจะมีค่า pH_{24} สูงกว่า 6.0 (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, 2539) และในเนื้อสุกรปกติทั่วไปพบว่าจะมีค่า pH_{24} ระหว่าง 5.3 – 6.2 (Sheard *et al.*, 2005) จากการพิจารณาค่า pH_{45} และค่า pH_{24} ในกลุ่มตัวอย่างสุกรที่ศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าเป็นเนื้อที่ได้จากสุกรปกติ ที่ไม่เกิดความเครียดระหว่างกระบวนการขนส่งหรือในระหว่างกระบวนฆ่า จึงไม่มีลักษณะเป็นเนื้อ PSE หรือเป็นเนื้อ DFD เพราะมีค่า pH_{45} สูงกว่า 5.8 และมีค่า pH_{24} ต่ำกว่า 6.0 (Garrido *et al.*, 1994)

5.3.2 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา

จากผลการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (drip loss) พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อค่า drip loss กล่าวคือ จีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 3.56 2.98 และ 2.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่า drip loss เป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งบอกถึงลักษณะของเนื้อที่จะเป็น PSE หรือไม่โดยจะพิจารณาร่วมกับ ค่า pH_{45} และความสว่างของสีเนื้อ (L*) (Śimek *et al.*, 2004; Joo *et al.*,1999) จากรายงานการศึกษา พบว่าค่า drip loss มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับค่า L* ($r = 0.42$) นั่นคือถ้ากล้ามเนื้อมีค่า L* มากมีแนวโน้มว่าจะทำให้กล้ามเนื้อนั้นมีค่า drip loss สูงด้วย (Ryu and Kim, 2005) โดยเนื้อที่มีลักษณะเป็น PSE จะมีค่า pH_{45} ต่ำกว่า 5.8 ค่าความสว่างของสีเนื้อ (L*) มากกว่า 55 และมีค่า drip loss มากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ (Śimek *et al.*, 2004) อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษานี้ ถึงแม้จะพบว่าจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินมีอิทธิพลต่อค่าความสว่างของสีเนื้อก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับค่า pH_{45} และ drip loss ที่ได้จากการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างสุกรที่ใช้ในการศึกษาเป็นสุกรปกติที่ไม่มีลักษณะ PSE แต่อย่างใด คุณลักษณะของเนื้อ ได้แก่ ค่า pH วัดที่ 45 นาที ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ drip loss และปริมาณโปรตีนในเนื้อ ขึ้นอยู่กับการเกิดกระบวนการทางชีวเคมีแบบใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนในกล้ามเนื้อ และมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับการเกิดกระบวนการไกลโคไลซีส การยืดและหดตัวของกล้ามเนื้อ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Karlsson *et al.*, 2000) นอกจากนี้สายพันธุ์สุกรยังมีอิทธิพลต่อค่า drip loss ด้วย โดยพบว่า สุกรพันธุ์เบิร์กเชียร์เป็นสุกรที่มีเนื้อมีค่า drip loss ต่ำและมีความสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ดี เนื่องจากเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดเล็ก จึงถือว่าเป็นสุกรที่มีคุณภาพเนื้อดีเยี่ยม (Suzuki *et al.*, 2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3 สีของเนื้อ

จากผลการศึกษาอิทธิพลของยีนไมโอจีนินต่อสีของกล้ามเนื้อสันนอก พบว่า จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินมีอิทธิพลต่อสีของกล้ามเนื้อสันนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (L*, b*) ($p \leq 0.05$) จากการพิจารณาค่า L* (ค่าความสว่างของเนื้อ, lightness) และค่า b* (ค่าสีเหลืองของเนื้อ, yellowness) พบว่า จีโนไทป์ BB และ AA มีค่า L* และ b* สูงกว่าจีโนไทป์ AB โดยจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่า L* เท่ากับ 49.94 49.09 51.04 และมีค่า b* เท่ากับ 1.28 1.11 1.67 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่า จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินไม่มีอิทธิพลต่อค่า a* (ค่าสีแดงของเนื้อ, redness) โดยจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 5.15 5.32 และ 5.75 ตามลำดับ จากรายงานผลการศึกษาของ Ryu and Kim (2005) พบว่า ค่า L* มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber ($r = 0.27$) กล่าวคือ เมื่อกล้ามเนื้อมี white fiber มากจะทำให้กล้ามเนื้อนั้นมีค่าความสว่างมาก (ค่า L* สูง) เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่กว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red และ intermediate fiber จึงมีปริมาณเส้นเลือดฝอยไปหล่อเลี้ยงน้อย และนอกจากนี้ยังมีปริมาณไมโอโกลบินต่ำกว่าด้วย (de Smet, 2004) จึงอาจทำให้กล้ามเนื้อที่มี white fiber มากมีค่า L* สูง แต่อย่างไรก็ตาม ผลจากการศึกษานี้ถึงแม้จะพบอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อสีของเนื้อ แต่เมื่อพิจารณาค่า L* ร่วมกับค่า pH_{45} ที่ได้จากการศึกษาพบว่าเนื้อจากกลุ่มตัวอย่างนี้จัดได้ว่าเป็นเนื้อปกติ ที่ไม่มีลักษณะเนื้อ PSE (pale soft exudative) โดยเนื้อที่มีลักษณะ PSE นั้น ได้ให้เกณฑ์ในการประเมินการเกิดลักษณะ PSE ในเนื้อว่าถ้าค่า pH_{45} ต่ำกว่า 5.8 จัดได้ว่าเนื้อนั้นมีลักษณะ PSE (Garrido *et al.*, 1994) ซึ่งค่า pH_{45} ของเนื้อในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในเกณฑ์ปกติ

5.3.4 ชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ

จากผลการศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินต่อชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อในกลุ่มประชากรสุกรที่ศึกษา พบว่า จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber ($p \leq 0.05$) โดยจีโนไทป์ BB และจีโนไทป์ AA มีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber สูงกว่าจีโนไทป์ AB โดยมีค่าเท่ากับ 67.69 66.80 และ 64.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่าจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินไม่มีอิทธิพลต่อสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red fiber และ intermediate fiber โดยจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ 18.88 20.27 17.55 เปอร์เซ็นต์ และ 14.32 15.56 14.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการศึกษานี้พบว่าปริมาณเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber มีความสัมพันธ์กับค่าความสว่างของสีเนื้อ (L*) โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ BB จะมีปริมาณเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber ในกล้ามเนื้อมากที่สุดและมีค่าความสว่างของสีเนื้อ (L*) สูงที่สุดเมื่อเทียบกับจีโนไทป์ AA และ AB จากรายงานการศึกษา พบว่า เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber มีความสัมพันธ์กับค่า L* ของเนื้อ โดยเนื้อที่มี white fiber มาก เนื้อจะมีความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(L*) มากด้วย (Ryu and Kim, 2005) เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อประเภท glycolytic fiber ที่มีขนาดใหญ่จึงมีปริมาณเส้นเลือดฝอยไปหล่อเลี้ยงน้อย มีความเข้มข้นของไมโอโกลบินต่ำ และยังมีปริมาณไกลโคเจนสะสมในเส้นใยกล้ามเนื้อมาก (de Smet, 2004) ดังนั้นจึงตอบสนองต่อการเกิดกระบวนการไกลโคไลซีสแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anerobic metabolism) ได้ดีกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อประเภท red และ intermediate fiber จึงมีโอกาสเป็นเนื้อ PSE (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, 2539) แต่จากการพิจารณาผลการศึกษาครั้งนี้ ถึงแม้จะพบว่าสุกรกลุ่มตัวอย่างนี้จะมีปริมาณ white fiber สูง แต่ก็จัดว่าเป็นกลุ่มสุกรปกติที่ไม่เกิดความเครียดแต่อย่างใด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสุกรกลุ่มตัวอย่างนี้เป็นสุกรขุนเพื่อการค้าที่ได้ผ่านขบวนการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์กำจัดยีนเครียดออกไปแล้ว จึงเป็นสุกรที่ทนต่อความเครียดและมียังปริมาณ white fiber สูงด้วย

5.3.5 จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ

จากผลการศึกษาอิทธิพลของยีนไมโอจีนินต่อจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ พบว่า ไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยจีโนไทป์ AA AB และ BB มีค่าเท่ากับ $1.37x10^6$ $1.37x10^6$ และ $1.32x10^6$ เซลล์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ te Pas and Soumillion (2001) ที่พบว่า ยีนไมโอจีนินเป็นยีนที่มีอิทธิพลต่อการสร้างจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ การที่ไม่พบอิทธิพลของยีนไมโอจีนินต่อจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อในสุกรกลุ่มตัวอย่างเพราะว่าสุกรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นสุกรขุนเพื่อการค้าที่ได้ผ่านขบวนการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ให้มีลักษณะเนื้อแดงมาก จึงทำให้ไม่มีความแตกต่างกันในด้านปริมาณเส้นใยกล้ามเนื้อในกลุ่มตัวอย่างสุกร นอกจากนี้ ความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินที่ได้จากการตัดด้วยเอนไซม์ *MspI* ในบริเวณโพรโมเทอร์ อาจไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อสันนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

1. ความหลากหลายของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินในบริเวณโพรโมเทอร์ พบว่ามี 3 จีโนไทป์ ได้แก่ จีโนไทป์ AA มีจำนวนคู่เบสขนาด 364 คู่เบส จีโนไทป์AB มีจำนวนคู่เบสขนาด 364, 260 และ 104 คู่เบส และ จีโนไทป์ BB มีจำนวนคู่เบสขนาด 260 และ 104 คู่เบส เมื่อทำการศึกษาความถี่ของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินในกลุ่มประชากรสุกรที่ศึกษา พบว่า จีโนไทป์ AA มีความถี่ 18 เปอร์เซ็นต์ จีโนไทป์ AB มีความถี่ 56 เปอร์เซ็นต์ และจีโนไทป์ BB มีความถี่ 26 เปอร์เซ็นต์ สำหรับความถี่ของอัลลีล พบว่า อัลลีล A มีความถี่เท่ากับ 0.461 และอัลลีล B มีความถี่ 0.539

2. จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินมีอิทธิพลต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก โดยจีโนไทป์ AA และ BB มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกใหญ่กว่าจีโนไทป์ AB สำหรับค่าสีของเนื้อ (L*, b*) พบว่าจีโนไทป์ BB และ AA มีค่า L* และ b* สูงกว่าจีโนไทป์ AB

3. จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก LSQ เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและปริมาณเนื้อแดงใน 4 ชิ้นส่วนหลัก สัดส่วนพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลัง ความเป็นกรดด่าง และ drip loss

4. จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber โดยจีโนไทป์ BB และ AA มีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber สูงกว่าจีโนไทป์ AB แต่พบว่าจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนินไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red fiber intermediate fiber และจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ

5. สรุปผลจากการศึกษา พบว่า สามารถใช้ยีนไมโอจีนินเป็นดีเอ็นเอเครื่องหมาย (DNA marker) ชนิดหนึ่งในการปรับปรุงลักษณะคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกรต่อไปได้ นอกจากนี้การพิจารณาเลือกนำข้อมูลจีโนไทป์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์สุกรนั้น ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การนำไปใช้ การคัดเลือกสุกรที่ยีนไมโอจีนินจีโนไทป์ AA หรือ BB จะมีโอกาสได้สุกรที่มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันขนาดใหญ่ แต่การคัดเลือกสุกรที่จีโนไทป์ BB จะได้สุกรที่มีเนื้อแดงมากและมีน้ำหนักตัวน้อย แต่จะมีข้อเสีย คือ จะได้สุกรที่มีเนื้อสีไม่เข้มเนื่องจากมี white fiber สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาครั้งนี้ใช้เอนไซม์ *Msp*I เป็นเอนไซม์ตัดจำเพาะในบริเวณโพรโมเทอร์ของยีนไมโอจีนิน ซึ่งพบว่า สุกรที่มีจีโนไทป์ยีนไมโอจีนินแตกต่างกันจะทำให้มีคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อแตกต่างกัน เนื่องจากไมโอจีนินเป็นยีนที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนากล้ามเนื้อในสุกร เพื่อให้การศึกษาอิทธิพลของยีนไมโอจีนินมีประโยชน์สูงสุดจึงควรมีการศึกษาวิจัยอิทธิพลของยีนไมโอจีนินต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในตำแหน่ง 3'region และ intron2 ของยีนไมโอจีนินเพิ่มเติม ซึ่งจะทำให้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการคัดเลือกสายพันธุ์ของสุกรในเชิงอุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกรต่อไป

2. สุกรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นสุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ที่มีพันธุกรรมที่ใกล้ชิดกัน จึงอาจทำให้คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกรแต่ละตัวที่ประเมินได้ค่อนข้างมีความสม่ำเสมอกัน จึงทำให้ผลการศึกษาอิทธิพลของยีนไมโอจีนินที่ได้แสดงผลได้ไม่ชัดเจนมากนัก ในการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรศึกษาในสุกรหลายๆพันธุ์เพื่อเปรียบเทียบกันและเพื่อให้เห็นยีนไมโอจีนินแสดงผลต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกรที่ชัดเจนขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กิตติมา เมืองมุสิทธิ์. 2546. "ผลของสารเบต้า- อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอลต่อคุณภาพเนื้อสุกร." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กรกช เสมสีสม. 2546. "อิทธิพลของสายพันธุ์และเพศต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกรขุน." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2538. คุณภาพเนื้อกับการบริโภค (Meat quality) ใน คุณภาพเนื้อสัตว์ เอกสารประกอบการสัมมนาเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร กองส่งเสริมการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ 7-9 สิงหาคม 2537. สัตว์เศรษฐกิจ. 12(268): 36-39.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. **เอกสารประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ขั้นสูง**. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2540. **การจัดการโรงฆ่าสัตว์.** คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล รณชัย สิทธิไกรพงษ์ และกันยา ตันติวิสุทธิกุล. 2544. "การพัฒนาการจัดการระดับเกรดซากสุกรของประเทศไทย." 44-45. ใน พิธีเปิดโรงงานแปรรูปสุกรและการประกวดซากสุกร. ฉะเชิงเทรา. กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จันทร์จรัส เรี่ยวเดชะ. 2534. **เรื่องควรรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงพันธุ์สัตว์.** ภาควิชาสัตวบาล คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นันทนา นิรมิตเจียรพันธุ์. 2531. "การเกรดซากและการคาดคะเนเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของซากสุกรขุน." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภูธฤทธิ์ รักษาศิริ. 2546. "ผลของการเสริมโครเมียมพิโคลิเนตร่วมกับธาตุเหล็กในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากในสุกร." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ภัทราภณ์ เชื้อนันตา. 2540. "ผลการชำแหละซากอุ่นและซากเย็นที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพเนื้อสุกร." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ. 2546. "คุณภาพอาหารสัตว์สำหรับการผลิตสัตว์เศรษฐกิจในยุคใหม่(ตอนที่ 4)." **วารสารสัตว์เศรษฐกิจ.** 19(424): 15-18.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายชล เลิศสุวรรณ. 2544. "อิทธิพลของสารซัลบูทามอลต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกรขุน." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2547. **การจัดการเนื้อสัตว์.** โรงพิมพ์มิ่งเมือง. เชียงใหม่.

สมชัย จันทร์สว่าง และ พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2546. **พันธุศาสตร์ประชากร.** สำนักพิมพ์หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สมชัย จันทร์สว่าง. 2549. พันธุศาสตร์สถิติในกรปรับปรุงพันธุ์สัตว์.สำนักพิมพ์หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อมรรัตน์ โมพี. 2550. **เอกสารประกอบการสอบวัดคุณสมบัติการเป็นนักศึกษาปริญญาเอก เรื่อง ศักยภาพการใช้เทคโนโลยีด้านอณูพันธุศาสตร์กับการปรับปรุงพันธุ์โคนมในประเทศไทย.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

Anton, I., Zsolnai, A., Komlosi, I., Kiraly, A. and Fesus L. 2006. "Effect of MYOG genotype on growth rate and production traits in Hungarian large white pigs." **Acta Vet Hung.** 54(3):393-397 (Abstr).

Beattie, V.E., Weatherup, R.N., Moss, B.W. and Walker, N. 1999. "The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality." **Meat Sci.** 52(2): 205-211.

Bečková, R., Dvořák, J., Dančk, P. and Rozkot, M. 2002. "Genetic fertility markers in Landrace pigs in the Czech Republic." **Ann. Anim. Sci.** 2 (Suppl) : 103–108.

Briley, G.P., Reecy, J.M., Grant, A.L. and Bidwell, C.A. 1995. "Cloning and expression of the porcine myogenin gene." **Anim. Biotechnol.** 6(2): 79-92.

Brocks, L., Hulsegge, B. and Merkus, G. 1998. "Histochemical characteristics in relation to meat quality properties in the longissimus lumborum of fast and lean growing lines of Large White pigs." **Meat Sci.** 50(4): 411–420.

Brooke, M.H. and Kaiser, K.K. 1970. "Three myosin adenosine triphosphate systems: the nature of their pH lbillity and sulphydryl dependence." **J. Hist. and Cyt.** 18: 670-672.

Buckingham, M., Bajard, L., Chang, T., Daubas, D., Hadchouel, J., Meilhac, S., Montarras, D., Rocancourt, D. and Relaix, F. 2003. "The formation of skeletal muscle: from somite to limb-review." **J. Anat.** 202(1): 59-68.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Caliaro, F., Maccatrozzo, L., Toniolo, L., Reggiani, C., Mascarello, F. and Patruno, M. 2005. "Myogenic regulatory factors expressed during postnatal hyperplastic growth on porcine muscles." **Basic. Appl. Myol**. 15(2): 55-60.

Čechová, M. and Mikule, V. 2004. "The analysis of carcass value in pigs of different genotypes." **J. Anim. Sci**. 49(9): 383-388.

Cieślak, D., Kurył, J., Kapelański, W., Pierzchała, M., Grajewska, S. and Bocian, M. 2002. "A relationship between genotypes at *MYOG, MYF3* and *MYF5 loci* and carcass meat and fat deposition traits in pigs." **Anim. Sci. Pap. Rep**. 20(2) : 77-92.

Cieślak, D., Kapelański, W., Blicharski, T. and Pierzchała, M. 2000. "Restriction fragment length polymorphisms in myogenin and myf3 genes and their influence on lean meat content in pigs." **J. Anim. Breed. Genet**. 117(1): 43–45.

Correa, J.A., Faucitano, L., Laforest, J.P., Rivest, J., Marcoux, M. and Gariépy, C. 2006. "Effects of slaughter weight on carcass composition and meat quality in pigs of two different growth rates." **Meat. Sci**. 72(1): 91-99.

de Semet, S. 2004. **Workshop Meat Quality**, Chaokhuntaharn Buildings, KMITL, Thailand, 2-3 April .

Dwyer, C. M., Stickland, N.C. and Fletcher, J.M. 1994. "The influence of maternal nutrition on muscle fiber number development in the porcine fetus and on subsequent postnatal growth." **J. Anim. Sci**. 72(4): 911-917.

Edmondson, D.G. and Olson, E.N. 1993. "Helix-loop-helix proteins as regulators of muscle-specific transcription." **J. Biol. Chem**. 268(2) : 755-758.

Fiedler, I., Ender, K., Wicke, M. and von Lengerken, G. 1993. "Relationship between micro-structure of muscle tissue and stress susceptibility in Landrace pigs(halothane sensitivity)." **Arch. Anim. Breed**. 36: 525-538.

Fortina, R., Barbera, S., Lussiana, C., Mimosi, A., Tassone, S., Rossi, A. and Zanardi, E. 2005. "Performance and meat quality of two Italian pig breeds fed diet for commercial hybrids." **Meat Sci**. 71: 713-718.

Garrido, M.D., Pedauyé, J., BañÓn, S. and Laencina, J. 1994. "Objective assessment of pork quality." Meat Sci. 37(3): 411-420.e, C. and Burtonboy, G. 1982. Studies on the 7th rib in double muscle and conventional cattle. In: **Current topics in Veterinary Medicine and**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Animal Science, Vol 16 (Eds. King and Ménissier). Martinus Nijhoff Pubishers, Netherlands.

Gilbert, S. F.2007. **Developmental Biology**.[Online]. Available: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?call=bv.View..ShowSection&rid=dbio.figgrp.3478, 30/03/07.

Hanset, R., Michaux, C., Dessy-Doize, C. and Burtonboy, G. 1982. Studies on the 7th rib in double muscle and conventional cattle. In: **Current topics in Veterinary Medicine and Animal Science**, Vol 16 (Eds. King and Ménissier). Martinus Nijhoff Pubishers, Netherlands.

Hems, C. 2006. "Salting out Procedure for Human DNA extraction." [Online]. Available: http://hdklab.wustl.edu/lab_manual/dna/dan2.html.

Heyer, A. 2004. "Performance, Carcass and Meat Quality in Pigs Influence of Rearing System, Breed and Feeding" Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.

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

Houba, P. H. J. and te Pas, M. F. W. 2004. The Muscle Regulatory Factors Gene Family in Relation to Meat Production. pp.201-223. In te Pas, M. F. W., Everts, M. E., and Haagsman, H. P (eds). Muscle Development of Livestock Animals Physiology, Genetics and Meat Quality. CABI, USA.

Joo, S.T., Kauffman, R.G., Kim, B.C. and Park, G.B. 1999. "The relationship of sarcoplasmic and myofibriilar protein solubility to color and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. **Meat Sci**. 52: 291-297.

Jones, S. 2004. "An overview of the basic helix-loop-helix proteins- review." **Genome biol**. 5(6): 226.

Joseph, K., John, K. and Ledward, D. 2002. **Meat Processing – Improving Quality**. [Online]. Available: http://www.knovel.com/knovel2/Toc.jsp?Book, 28/03/07.

Kapelański, W., Grajewska, S., Kurył, J., Bocian, M.,Wyszyńska-Koko, J. and Urbański, P. 2005. "Polymorphism in coding and non-coding regions of the MyoD gene family and meat quality in pig." **Folia Biol-Krakow**. 53(Sppl.): 45-49.

Karlsson, A.H., Klont, R.E. and Fernandez, X. 1999. "Skeletal muscle fibres as factors for pork quality." **Lives. Prod. Sci**. 60: 255-269.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Karlsson, A. H., Klont, R. E. and Fernandez, X. 2000. "Skeletal muscle fibres as factors for porks quality." (In: Quality of Meat and Fats as Affected by Genetics and Nutrition. EAAP Publicaton No. 100 Zurich, Switzerland 25 August 1999. Wenk C., Fernandez, J. A., and Dupuis, M. eds): 47-67.

Kłosowska, D. and Fiedler, I. 2003. "Muscle fiber types in pigs of different genotypes in relation to meat quality." **Anim. Sci. Pap. Rep**. 21(1) : 49-60.

Knapp, P., William, A. and SÖlkner, J. 1997. "Genetic parameters for leanmeat content and meat quality traits in different pig breeds". **Lives. Prod. Sci**. 52: 69-73.

Krzęcio, E., Kowińćwin-Podsiadła, M., Kurył, J., Zybert, A., Sieczkowska, H. and Antosik, K. 2007. "The effect of genotypes at loci *CAST/Msp*I (capastatin) and *MYOG* (myogenin) and their interaction on selected productive traits of porkers free of gene *RYR1*^{T}.II.Meat quality." **Anim. Sci. Pap. Rep**. 25(1): 17-24.

Kurył, J., Kapelański, W., Cieślak, D., Pierzchała, M., Grajewska, S. and Bocian, M. 2002. "Are polymorphisms in non-coding regions of porcine MyoD genes suitable for predicting meat and fat deposition in the carcass." **Anim. Sci. Pap. Rep**. 20(4) : 245-254.

Larzul, C., Lefaucheur, L., Ecolan, P., Gogue, J., Talmant, A., Sellier, P. and Monin, G. 1997. "Phenotypic and genetic parameters for Longissimus muscle fibre characteristics in relation to growth, carcass and meat quality traits in Large White pigs." **J. Anim. Sci**. 75(12): 3126–3137.

Lengerken, G., Wicke, M. and Maak, S. 1997. "Stress susceptibility and meat quality-situation and prospects in animal breeding and research." **Arch. Anim. Breed**. 40(suppl.): 163-171.

Leskanich, C.O., Matthews, K. R., Warkup, C. C., Noble, R. C. and Hazzledine, M. 1997. "The Effect of dietary oil containing (n-3) fatty acids on the fatty acid, physicochemical, and organoleptic characteristics of pig meat and fat." **J. Anim. Sci**. 75(3): 673-683.

Muntoni, F., Brown, S., Sewry, C. and Patel, K.2002. "Muscle development genes: their relevance in neuromuscular disorders." **Neuro. Dis**. 12(9): 438-446.

Nabeshima, Y., Hanaoka, K. and Hayasaka, M. 1993. "Myogenin gene disruption results in perinatal lethality because of severe muscle detect." **Nature**. 364(6437): 532-535.

Nimmo, M.A. and Snow, D.H. 1983. "The effect of ageing on skeletal muscle fibre characteristics in two inbred strains of mice." **J. Physiol**. 40: 24 – 25.

Olson, E., Edmondson, D., Wright, W. E., Lin, V.K., Guenet, J.L., Simon-Chazottes, D., Thompson, L. H., Stallings, R.L., Schroeder, W. T., Duvic, M., Brock, D., Helin, D. and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Siciliano, M.J. 1990. "Myogenin is in evolutionarily conserved Linkage group on human chromosome 1q31-q41 and unlinked to other mapped muscle regulatory factor genes." **Genomics.** 8(3) : 427-434.

Olsson, V., Andersson, K., Hansson, I. and Lundström, K. 2003. "Differences in meat quality between organically and conventionally produced pigs." **Meat Sci.** 64(3): 287-297.

Paulk, T. and Hagemann, L. "Performance of East German pig breeds." [CD-ROM]. New York: Casell. 1998.

Pearson, A. M. and Young, R. B. 1989. **Muscle and Meat Biochemistry**. San Diego, California.

Pfeiffer, H. and Falkenberg, H. 1972. "Mae am Lendenspiegel zur objektiven Ermitlung der Schlachtkröper zusammensetzung beim Schwein." **Tierzucht**. 26: 466-467.

Rahelic, S. and Puac, S. 1981. "Fiber types in *longissimus dorsi* from wild and highly selected pig breeds. **Meat Sci.** 5(6): 451-455.

Ramírez, R. and Cava, R. 2007. Carcass composition and meat quality of three different Iberian x Duroc genotype pigs." **Meat Sci.** 75(3): 388-396.

Ray, F. K. 1972. **Pork Carcass Evaluation and Procedures**. [Online]. Available: http://www.cals.wisc.edu/student/ffatest, 23/04/07.

Rehfeldt, C. and Ender, K. 1995. "Somatotrophin action on skeletal muscle and backfat cellularity in pig of different breed and halothane sensitivity." **Arch. Anim. Breed**.38: 405-415.

Rehfeldt, C., Fiedler, I., Dietl, G. and Ender, K. 2000. "Myogenesis and postnatal skeletal muscle cell growth as influenced by selection." **Lives. Prod. Sci.** 66(2): 177-188.

Renaudeau, D. and Mourot, J. 2007. "A comparison of carcass and meat quality characteristics of Creole and Large White pigs slaughtered at 90 kg BW." **Meat Sci.** 76: 165-171.

Rosenvold, K. and Anderson, H.J. 2003. "Factors of significance for pork quality-a review." **Meat Sci**." 64(3): 219-237.

Rudnicki, M.A., Schneglesberg, P.N.J., Stead, R.H., Braun, T., Arnold, H-H. and Jaenisch, R. 1993. "MyoD or Myf5 is required for the formation of skeletal muscle." **Cell**. 75(7): 1351-1359.

Ryu, Y.C. and Kim, B.C. 2005. "The relationship between muscle fiber characteristics, postmortem metabolic rate, and meat quality of pig *longissimus dorsi* muscle." **Meat sci.** 71(2): 351 – 357.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sabourin, L.A. and Rudnicki, M.A. 2000. "The molecular regulation of myogenesis" **Clin.Genet.** 57(1): 16-25.

Serra, X., Gil, F., Pérez-Enciso, M., Oliver, M.A., Vázquez, J.M., Gispert, M., Díaz, I., Moreno, F., Latorre, R. and Noguera, J.L. 1998. "A comparison of carcass, meat quality and histochemical characteristics of Iberian(Guadyerbas line) and Landrace pigs." **Live. Prod. Sci.** 56(3): 215-223.

Sheard, P.R., Nute, G.R., Richardson, R.I. and Wood, J.D. 2005. "Effects of breed and marination on the sensory attributes of pork from large white and Hampshire-sired pigs." **Meat sci.** 70: 699-707.

Śimek, J., Grolichová, M., Steinhauserová, I. and Steinhauser, L. 2004. "Carcass and meat quality of selected final hybrids of pigs in the Czech Republic." **Meat sci.** 66(2): 383-386.

Soumillion, A., Erkens, J.H.F., Lenstra, J.A., Rettenberger, G. and te Pas, M.F.W. 1997. "Genetic variation in porcine myogenin gene locus." **Mamm. Genome.** 8(8) : 564–568.

Suzuki, K., Shibata, T., Kadowaki, H., Abe, H. and Toyoshima T. 2003. "Meat quality comparison of Berkshire, Duroc and crossbred pigs sired by Berkshire and Duroc." **Meat sci.** 64(1): 35-42.

Stickland, N. C., Bayol, S. and Rehfeldt, C. 2004. Manipulation of Muscle Fibre Number During Prenatal Development, pp. 69-82. In te Pas, M. F. W., Everts, M. E., and Haagsman, H. P (eds). Muscle Development of Livestock Animals Physiology, Genetics and Meat Quality. CABI, USA.

te Pas, M.F.W., Soumillion, A., Harders, F. L., Verburg, F. J., van den Bosch, T. J., Galesloot, P. and Meuwissen, T.H.E. 1999. "Influences of Myogenin Genotypes on Birth Weight, Growth Rate, Carcass Weight, Backfat Thickness, and Lean Weight of Pigs." **J. Anim. Sci.** 77(9): 2352–2356.

te Pas, M. F. W. and Soumillion, A. 2001. "Improvement of Livestock Breeding Strategies Using Physiologic and Functional Genomic Information of the Muscle Regulatory Factors Gene Family for Skeletal Muscle Development-review." **Curr. Genomics.** 2(2) : 285-304.

te Pas, M. F. W. and Visscher, A. H. 1994. "Genetic regulation of meat production by embryonic muscle formation-review." **J. Anim Breed Genet.** 111: 404–412.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wegner, J., Albrecht, E., Fiedler, I., Teuscher, F., Pepstien, H.J. and Ender, K. 2000. "Growth and breed related changes of muscle fibre characteristics in cattle. **J. Anim. Sci.** 78(2): 1485-1496.

Weintraub, H. 1993. "The MyoD family and myogenesis: redundancy, networks, and thresholds." **Cell.** 75(7): 1241-1244.

Wyszyńska-Koko, J. and Kurył, J. 2005. "A novel polymorphism in exon 1 of the porcine *myogenin* gene." **J. Appl. Genet.** 46(4) : 399-402.

Wyszyńska-Koko, J., Pierzchała, M., Flisikowski, K., Kamyczek, M., Różycki, M. and Kurył, J. 2006. "Polymorphism in coding and regulation and expression of the Myf6 gene in m. longissimus dorsi versus productive traits in pigs." **J Appl. Genet.** 47(2) : 131-138.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ภาคผนวกที่ ก 1 แสดงลำดับและส่วนต่างๆของนิวคลีโอไทด์ยีนไมโอจีนินในจีโนมที่ตำแหน่ง

U14331 (Briley *et al.*, 1995)

```
   1 ggatccaaaa gaacaaaaca acacaatttc tgggtttcat agtaatttct ttctttttct
  61 ccttttttat agggccacac ctgcagcata tggaagtcct aggctagggg tcgaattgga
 121 gctgcagctg ctggcttata ccatagccat agcaacacca ggtccaagct gcatctgcaa
 181 cctatgctat agcttgcagc aacgccagat ccttaaccca ctgagggagg ccagggatca
 241 acttgcatcc tcacagacac agtggtgggt ccttaacctg ctaagccaca atgggaactc
 301 ctttttttc catagtaatt tcactgtcac tgtttctctc agggctcaga ggacaagagt
 361 gtaaaccgag gtaaggattt tctttttctt ttttttcttg gtgggatttg cgttaaaaat
 421 atagattctt tttcagttca tctagacagg acaaagcaag gttatagcct acagccccca
 481 gctgccactt tttattacac ttttttcatc tcaaaggcca agaaccaaat tacagacctt
 541 gctactccac ctcgacatgc ttgggttttg aaaaaaaaat tgtctagttt tgtcccttcc
 601 ttatctctgt tccttaccct gaaagacacc agcattttcc tggctcctca gcacaatgag
 661 aggaagggaa gacaggtttt tcaagctcca ttcagatctt acctccccctg tgacgtcttc
 721 cctgaatccc cagcacaatc tctcttcctc ttattgtcct tgtcactggt tagaatatct
 781 gtctcatctg tcacaggaga agggatcaga cttagtcaaa cggtctaggg ggaaaaactg
 841 ggacaaagat agaagctaga gggagcagac tgcagtcaaa accagaaggc ctcccttcac
 901 atcaggggtt gggcttcttt gggtggccac cagggtctac tagacagtaa ggtcctcaag
 961 ggcagagacc tgcttgggtc cccgtaatct tcagccataa gactgaacct tgttcactgc
1021 ctgatccttg ttcaccttcc tgtattggga acactgtcct cttagactcc aaggtctctg
1081 ctgagaggtg actatggact gagaagccca aagtttaagt agtcctcctc cacctgacat
1141 ttgaacttag cacaatatat ataaaactaa tggctttgga gttccctggt ggcgcagtgg
1201 gtttaggatc agtcatcact gcagcagctc agattgctga tgtggcacgg gtttggtgct
1261 ggccaggaac ttcacatgct tggggcacag caaaaagaaa acgaaacaaa aactgaaggc
1321 ttatgtggga agaccacaac aatacaagcc aagtggtaag gagagggcat attaaatgga
1381 gtttgaaggt ctctcttttc tttccttccc accacaccca cagtaaggag ccaggaaaac
1441 cctagtattc aaaaggggta ggagacaaag ttgaagaggt gacataggag gacaaaacaa
1501 atgattcagg gtgagaaagg gcctaataga tcttgacctt gtcattgtgg ggaaggtggt
1561 gatgtgcaga ctgtaaattc taatctttgc tctgaccctg gccagctgta ttagagagaa
1621 aacttccact gctccggcaa aaaggaaaaa cagaaccaaa atattcctct tgcctcaatt
1681 tatccccagt cacatgagac ctaagagcat gatgtcaaag ctgctctgaa accccaaaat
1741 tgagttcatt tgcccacatt tcaatcttct tacccaggac actgagtacc aatacctgcc
1801 tctaatttga agcactctca ccctctgggg ggggatcttt ttttaagaga gtctcatctg
1861 actgacacag tctgggtaag gtgctgtgag gaagcagggg gatgcataaa ctgacttctc
1921 caggccccctt ccagcctaca cctacccccc cccccgcctc acccccaccc ccactggctt
1981 ctttgggact ggcgagtagg caggcgccca gctaggagta attgaaagga gcagatgaga
2041 ggagaatgtg tgtcctcccc cacctcccca gccccatggg ggctgcagag aaatgaaaac
2101 taatcaaatt acaccctatg gcctccttac ccgtgcacag gagcctgctg ggggcagggg
2161 caggctggct gtggggaggg ggggtgcagg gggagaggga aggggaatca catctaatcc
2221 actgtaaacg tcttgatgtg cagcaacagc ttagaggggg ctcaggtttc tgtggcgttg
2281 gctatattta tctctggttc catgccagcg gggagggttt aaatggcacc cagcagttgg
2341 cgtgaggggc tgcaggagct tgggggctgg tggcaggaac aagtcttttc tgaccccatg
2401 gagctgtatg agacatcccc ctacttctac caggaacccc acttctatga cggggaaaac
2461 tacctgcccg tccacctcca gggctttgag ccaccaggct acgagcggac tgagctgagt
2521 ctgagccctg aggcccgagt gcccctggaa gataaggggc tggggacccc cgagcactgc
2581 ccaggccagt gcctgccgtg ggcatgtaag gtgtgtaaga ggaagtccgt gtctgtggac
2641 cgtcggcggg ccgccacgct gagggagaag cgcaggctca agaaggtgaa tgaggccttt
2701 gaggccctga agaggagcac cctgctcaac cccaaccagc ggctgcccaa ggtggagatc
2761 ctgcgcagcg ccatccagta catcgagcgc ctgcaggccc tgctcagctc cctcaaccag
2821 gaggagcgag acctccgcta ccgaggcggg ggcgggccgc agccaggggt ggctggctgt
2881 cccacctcct ggggctgggg gcacaggagg cacccagaca gcctcgggga cccatggtgg
2941 gggtcggtca gatggatgaa caggagccag gcagggtctg agaaggcttc aaggtgcctg
3001 cctttgttag agcggggctg cccagctgac ctcctgcgtc accgtgtcct tttcagataa
3061 gatgaaggca gtggggagaa gcgtgtggag ggggtgggtg gcacaggacc gaaggaagga
3121 tccaggagca agtccagatg gagctggatg agggagaaga ttcaccccgt gtctggggac
3181 agggcctaaa aggcaaggcc aaatgtccct gagaagactg cttttcccct cacccgaccc
3241 catcttgggt atggctgaca gaaagaaaac ccacccagtc tctcgcatga cacctgcaca
3301 aaagtggccc tggtttggct ggacattctg cctccttcat tctgcctcct tatcccaggg
3361 tcaggaaacc acagacccca ttaagctgag tgtcctgtga ggacagaatt gccacccaga
```

364 คู่เบส

Exon1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3421 atggatgcta ggaaaggcct tgaagcaggg gttctgtggc ctgacagagg cattgaaagg
3481 agctgatttt gaagattctg gaataggagg tgggctggac tggatggttc agactgtggt
3541 ccaccttcca accccaccac aggtgcttct gcccattgga acgagacaaa gagacactgc
3601 taagaacagc ggcacgctga ccttgggcct tcaccctatc ttgcaggtgc ccagtgaatg
3661 cagttcccac agcgcctcct gcagtccaga atggggcagt gcactggagt tcggccccaa
3721 cccagggggt aagtgaggcc aggaccctgg ttaccttgac tcaagtggac agtctatctg
3781 taggtcagtt ctcccctctt accttacacc ctgctccagt cctcttccct tggcctctct
3841 agggacctct tgaaccctgg gcacacaaac agtgagctag aggcccggtg cctccctgaa
3901 gccttgacca gctaaggagt agtctaggtc tcctgcagct ccccagttgg tgcctgatgg
3961 ctgaccttcc ccacggagag gataatgtcc ctgcccaggg ggtccctggg aattgctgag
4021 tcagggctgc aaaactggta ccgcaaaggg cagttccggt ttcccaggat acaccactct
4081 ggctccacct aggaatagct gcttccaaat tctaacccca gcagggattt ccgagagaca
4141 tacttgcatt ctctctctct ctcacacaca cacaatcacg tgcatatagc atcgggaaaa
4201 gcatgggggn ngggaaaagg actctgagct tttctcaccc atctgtcctg gaaaacctgt
4261 gccacttcaa agagctcagc ctctgccttg agtcttgaga ccctttcatt acccaggtaa
4321 catctttcta ccttctcctt acagatcatc tgctcacagc tgaccctaca gatgcccaca
4381 atctgcactc cctcacctcc atcgtggaca gcatcacagt ggaggatgtg gctgtggcct
4441 tcccagatga aaccatgccc aactgagact gtctgccagg atgggtgtgc gtgagagccc
4501 cccccaaggc tggccacaga cggcaccact tctgcagcag ggctctccta agccagttgt
4561 cctgctgcca ggaagccagc cctggggttg ccaaatgcca gactaacccc ctcctcatcc
4621 atataaggtt agcccaccac ccagagaggg aatggatgct ctcatttatc tgactcctta
4681 gagcagaaag cagttctgtt tccaagggga taaaacaggg gaccagagtg ccccccttgcg
4741 tacagccctg gctcagggac aaactcagga gcttcccttt gatcataatg cagccttcaa
4801 ttccaccccc taaaaagaaa cagtttgaga gacgaagagt gtcttgacct ggacaagcta
4861 tgcacatctc ctgttcgtgt ctcttcctaa gccagtgcgt aggctgggct gcctgaattg
4921 agagaagaaa aggagaggaa caatcctcta ttcccaagtc cctggggggc caagcttttg
4981 cagtgaatat tgggaaactt ccagtggttt tatgttttgt tttgtgtgtt gtttgtaaag
5041 ctgccatctg accaagttct cttgtgctga agttgccagg gacaggcggg ggggtggggg
5101 tggggtgggg gccaggggct cctggggtga tttgttaact aagcatcgtg tggttttgcc
5161 attgttttat atatttttg ctaacttatt tggatttctt ttttaaaaaa tgaataaacg
5221 gactggcaga ggagtgaata tatagaggag gagagactct catagctctt ccacctcggt
5281 ccagacccat ccaaggggca gggcttgtgg ggcagatggg actccaaaag catcagaggc
5341 accgtaatgc tggtagtcac taggtgctgg gncctgctc tttttatcac tatgaaagga
5401 accaggtttg gtccattggc tgagcgaaga caagattcta cagaaatcct tgtgggacat
5461 gcaggaaaca ccactgaaca ttctgtnnca ctctaattca tagacatctg ttcacagtct
5521 accgcattcc attttataat cccaatagga ccactccctt tcaattaact gagcatgctc
5581 aaatgacatg cactcagccc acagccagca gatggggtat agagctagaa tttgtgggtt
5641 tcctctctct aatccctgcc tctcctctgg ttgcctgtgc cattactgga ggccctgtga
5701 ggaagtggag gagtgattaa atcagggtga ttggggtcag acactgtact ttcttgcagg
5761 ccaacatgca tgtcccctca ccacaccctt ccattcctcc aggctgcagg ggattctatc
5821 ctgtctacag ctcagaggat gaagacaatt ctgctggggg taagggaagg ggcttacaaa
5881 gaacaatcaa gggaaactaa gctgggactc tctttacatg ggatgctatt ttccaaaggc
5941 tggcttccca aggggagaaa ttggtgtgtg aacggaacac agagaatttg gagagacatt
6001 ccataatatt aactgcagag gcaccaggag ctagatagaa tttgaatgga ctaaaaactt
6061 tatggattcc aactgcttca agctaagtgt gtttgacttg ttgcaaattg caaatttcag
6121 aatcattaca gaagtcagga gattcagagt atggtacatt tcatcctcca ttcaattctt
6181 gagggccctt tccaacagac ttaacccagt tttaccagcc aggctctggt gcctattctg
6241 cacctgctct gggctcagct gggccgttcc taccacacct gccctacaga cttnctcctg
6301 gagacaggag tggacacact gctccgaatt tttccagaaa ctctggagca aaaagagaag
6361 caaaaggaga aggaagcctc agagtaggct caaaggactc atatgggggt gcagaaggac
6421 gggtcctccc agggctggtt tgtcccaaac caccagtcag ggctgggact actggaatca
6481 taaactggcc taatctgtcc tgtttatgag a
//
```

Exon2

Exon3

หมายเหตุ TCTTGACCTTGTCATTGTGG เป็นลำดับเบส ของ Forward primer

TAAGGTGCTGTGAGGAAG เป็นลำดับเบส ของ Reverse primer

CCGG เป็นตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ *Msp*I

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

1. การเตรียม Buffer A ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

1) เตรียมสารแต่ละชนิดตามปริมาณที่กำหนดในตารางผนวกที่ 7.1

2) เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

3) นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอน้ำ (autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที วางไว้ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้อุณหภูมิลดลง

4) เติม 0.75 เปอร์เซ็นต์ Triton x-100 ปริมาณ 1.5 มิลลิลิตร

5) ปรับความเป็นกรดด่าง (pH) ให้ได้ 7.6

6) เก็บสารละลายในขวดดูแรนที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ในตู้เก็บสารที่ป้องกันแสง โดยเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ตารางภาคผนวกที่ ข 1 ส่วนประกอบของ Buffer A

สาร	ปริมาณ	ความเข้มข้นสุดท้าย
Sucrose	21.9072 กรัม	0.32 M
Tris - HCl	0.2422 กรัม	10 mM
$MgCl_2$	0.2033 กรัม	5 mM

2. การเตรียม Buffer B ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

1) เตรียมสารแต่ละชนิดตามปริมาณที่กำหนดในตารางผนวกที่ 7.2

2) เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

3) ปรับความเป็นกรดด่าง (pH) ให้ได้ 7.4

4) เก็บสารละลายในขวดดูแรนที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ในตู้เก็บสารที่ป้องกันแสง โดยเก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ตารางภาคผนวกที่ ข 2 ส่วนประกอบของ Buffer B

สาร	ปริมาณ	ความเข้มข้นสุดท้าย
Tris - HCl	0.4845 กรัม	20 mM
N_2EDTA	0.2977 กรัม	4 mM
NaCl	1.1688 กรัม	100 mM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. 10xTBE buffer ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

1) ผสมสารต่างดังแสดงในตารางผนวกที่ 7.3

2) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 800 มิลลิลิตร

3) ปรับ pH ให้เท่ากับ 8.3

4) เก็บสารละลาย 10xTBE buffer ในขวดสีชาที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว โดยเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง

ตารางภาคผนวกที่ ข 3 ส่วนประกอบของ 10xTBE buffer

สาร	ปริมาณ
Tris-base	107.80 กรัม
Borric acid	55 กรัม
N_2EDTA	7.44 กรัม

4. 6X Loading buffer ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

1) ผสมสารต่างๆดังแสดงในตารางผนวกที่ 7.4

2) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร

4) เก็บสารละลายไว้ในที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

5) เมื่อจะนำไปใช้ย้อมสารละลายดีเอ็นเอเพื่อรันอิเลคโตรโฟรีซีส ให้ใช้ 6X Loading buffer ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมด้วย ethydium bromide (10 mg/ml) จำนวน 1 หยด

ตารางภาคผนวกที่ ข 4 ส่วนประกอบของ 6X Loading buffer

สาร	ปริมาณ	ความเข้มข้นสุดท้าย
Bromophenol blue	2.5 กรัม	25%
Xylene cyanol	2.5 กรัม	25%
Glycerol	3 มิลลิลิตร	30%

5. อกาโรสเจล ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์

1) ชั่งผงอกาโรส จำนวน 1 กรัม ลงในขวดรูปชมพู่

2) เติม 1x TBE buffer ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

3) นำไปต้มในไมโครเวฟ จนเดือด

4) รอจนสารละลายอกาโรสเย็นลง (แต่ไม่แข็งตัว) แล้วจึงเทลงในถาดเจลที่เตรียมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Fixed solution (สำหรับ 4 แผ่นสไลด์) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1) เตรียมสารแต่ละชนิดตามปริมาณที่กำหนดในตารางผนวกที่ 7.5

2) เติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร

3) ปรับ pH ให้เท่ากับ 6.3-6.6

4) ให้เตรียมสารเมื่อจะใช้

ตารางภาคผนวกที่ ข 5 ส่วนประกอบของ Fixed solution

สาร	ปริมาณ
Paraformaldehyde (95%)	1 กรัม
$CaCl_2$ (-6-hydrat)	2 กรัม
Saccharose or Dextran or Sucrose	6 กรัม

7. Diaphorase incubation (สำหรับ 4 แผ่นสไลด์) ปริมาตร 8.4 มิลลิลิตร

1) เตรียมสารแต่ละชนิดตามปริมาณที่กำหนดในตารางผนวกที่ 7.6

2) เติมน้ำกลั่นให้ครบ 4.8 มิลลิลิตร

3) เตรียมสารเสร็จแล้วเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ตารางภาคผนวกที่ ข 6 ส่วนประกอบของ Diaphorase incubation

สาร	ปริมาณ	ความเข้มข้นสุดท้าย
NADH (disodium salt, grad 2.98%)	16 มิลลิกรัม	
Phosphate buffer	3.2 มิลลิลิตร	0.1 M
Nitro - blue - tetrasoliumchloride	4 มิลลิลิตร	1 มิลลิกรัมต่อ 1 มิลลิตร

8. Pre incubation solution (สำหรับ 4 แผ่นสไลด์) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร

1) เตรียมสารแต่ละชนิดตามปริมาณที่กำหนดในตารางผนวกที่ 7.7

2) เติมน้ำกลั่นให้ครบ 90 มิลลิลิตร

3) ปรับ pH ให้เท่ากับ 4.2

4) ให้เตรียมสารเมื่อจะใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ข 7 ส่วนประกอบของ Preincubation solution

สาร	ปริมาณ	ความเข้มข้นสุดท้าย
$CaCl_2$ solution	10 มิลลิลิตร	0.18 M
Acetic acid (conc.)	0.3 มิลลิลิตร	

9. Tris $CaCl_2$ solution (สำหรับ 4 แผ่นสไลด์) ปริมาตร 90 มิลลิลิตร

1) เตรียมสารแต่ละชนิดตามปริมาณที่กำหนดในตารางผนวกที่ 7.8

2) เติมน้ำกลั่นให้ครบ 90 มิลลิลิตร

3) ปรับ pH ให้เท่ากับ 7.8

4) ให้เตรียมสารเมื่อจะใช้

ตารางภาคผนวกที่ ข 8 ส่วนประกอบของ Tris $CaCl_2$ solution

สาร	ปริมาณ	ความเข้มข้นสุดท้าย
Tris (hydroxymethyl)-aminomethane	1.2 กรัม	
$CaCl_2$ solution	10 มิลลิลิตร	0.18 M

10. ATPase incubation solution (สำหรับ 4 แผ่นสไลด์) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1) เตรียมสารแต่ละชนิดตามปริมาณที่กำหนดในตารางผนวกที่ 7.9

2) ใส่ $CaCl_2$ solution เป็นลำดับสุดท้าย

3) ปรับ pH ให้เท่ากับ 9.4

4) ให้เตรียมสารเมื่อจะใช้ และเมื่อเตรียมเสร็จแล้วนำไปไว้ที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส

ตารางภาคผนวกที่ ข 9 ส่วนประกอบของ ATPase incubation solution

สาร	ปริมาณ	ความเข้มข้นสุดท้าย
Potassium Chloride	370 มิลลิกรัม	
Glycine buffer	90 มิลลิลิตร	
ATP	152 มิลลิกรัม	
$CaCl_2$ solution	10 มิลลิลิตร	0.18 M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. Glycine buffer ปริมาตร 500 มิลลิลิตร

1) เตรียมสารแต่ละชนิดตามปริมาณที่กำหนดในตารางผนวกที่ 7.10

2) เติมน้ำกลั่นให้ครบ 500 มิลลิลิตร

3) ปรับ pH ให้เท่ากับ 9.4

ตารางภาคผนวกที่ ข 10 ส่วนประกอบของ Glycine buffer

สาร	ปริมาณ	ความเข้มข้นสุดท้าย
Glycine solution	125 มิลลิลิตร	98%
Sodium Hydroxside	42 มิลลิกรัม	0.4 M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ตารางภาคผนวกที่ ค 1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน ต่อคุณภาพซาก

Dependent Variation: BF3

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	68.522088	34.261044	1.84	0.1619
Error	230	4293.274292	18.666410		
Corrected Total	232	4361.796380			
Source	DF	TypeIIISS	MS	F	Pr>F
Geno	2	68.52208845	34.26104423	1.84	0.1619

R-Square=0.015710 C.V. = 16.73844 Root MSE = 4.320464 a1 Mean = 25.81163

a1 คือ ค่าความหนาของไขมันตรงจุดที่ฐานสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ *gluteus medius* จนถึงบริเวณขอบหนัง

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Dependent Variation: BF4

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	22.675992	11.337996	0.67	0.5135
Error	230	3900.865048	16.960283		
Corrected Total	232	3923.541039			
Source	DF	TypeIIISS	MS	F	Pr>F
Geno	2	22.6759152	11.33799576	0.67	0.5135

R-Square=0.005779 C.V. = 25.37802 Root MSE = 4.118286 a2 Mean = 16.22777

a2 คือ ค่าความหนาของไขมันตรงจุดกึ่งกลางส่วนที่ไขมันสันหลังบางที่สุดของกล้ามเนื้อ *gluteus medius* จนถึงบริเวณขอบหนัง

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dependent Variation: b

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	2.270841	1.135420	0.05	0.9467
Error	230	4767.880406	20.729915		
Corrected Total	232	4770.151247			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	2.27084074	1.13542037	0.05	0.9467

R-Square=0.000476 C.V. = 6.511465 Root MSE = 4.55312 b Mean = 69.92300

b คือ ความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอกตอนปลายวัดจากจุดปลายที่ฐานสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ *gluteus medius* จนถึงบริเวณขอบหนัง

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Dependent Variation: LSQ

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	0.01406620	0.00703310	1.43	0.2415
Error	229	1.12662173	0.00491975		
Corrected Total	231	1.14068793			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	0.01406620	0.00703310	1.43	0.2415

R-Square=0.012331 C.V. = 23.14749 Root MSE = 0.070141 b Mean = 0.303017

LSQ คือ ค่าดัชนีไขมันสันหลังต่อความกว้างเนื้อสันนอก

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dependent Variation: dress percentage

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	44	244.236022	5.550819	1.27	0.1421
Error	181	791.845401	4.374836		
Corrected Total	225	1036.081423			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Weight	42	244.0696773	5.8111828	1.33	0.1054
Geno	2	0.2862856	0.1431428	0.02	0.9678

R-Square=0.235731 C.V. = 2.747741 Root MSE = 2.091611 dress Mean = 76.12111

dressing percentage คือ เปอร์เซ็นต์ซาก

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

weight คือ น้ำหนักของสุกรมีชีวิต

Dependent Variation: Ham

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	0.29115000	0.14557500	0.07	0.9288
Error	32	62.91205000	1.9600156		
Corrected Total					
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	0.29115000	0.14557500	0.07	0.9288

R-Square=0.004607 C.V. = 9.538379 Root MSE = 1.402142 ham Mean = 14.70000

ham คือ เนื้อส่วนสะโพก

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dependent Variation: Shoulder

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	0.35466964	0.17733482	0.18	0.8383
Error	32	31.98898750	0.99965586		
Corrected Total	34	32.34365714			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	0.35466964	0.17733482	0.18	0.8383

R-Square=0.010966 C.V. = 12.09609 Root MSE = 0.999828 shoulder Mean = 8.265714

Shoulder คือ เนื้อส่วนไหล่

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Dependent Variation: Collar

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	0.32451302	0.16225651	0.43	0.6558
Error	32	12.14375556	0.37949236		
Corrected Total	34	12.4682857			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	0.32451302	0.16225651	0.43	0.6558

R-Square=0.026027 C.V. = 13.31257 Root MSE = 0.616030 collar Mean = 4.627429

Collar คือ เนื้อส่วนสันคอ

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Dependent Variation: Loin

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	2.24303048	1.12151524	1.38	0.2672
Error	32	26.08626667	0.81519583		
Corrected Total	34	28.32929714			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	2.24303048	1.12151524	1.38	0.2672

R-Square=0.079177 C.V. = 12.05726 Root MSE = 0.902882 collar Mean = 7.488286

Loin คือ เนื้อส่วนสันนอก

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dependent Variation: %Lean

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	23	171.4137595	7.4527722	1.64	0.1997
Error	11	50.1397948	4.5581632		
Corrected Total	34	221.5535543			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Weight	21	164.4464941	7.8307854	1.72	0.1778
Geno	2	0.7930385	0.3965193	0.09	0.9173

R-Square = 0.773690 C.V. = 4.728530 Root MSE = 2.134986 %lean Mean = 45.15114

%Lean คือ เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง

Weight คือ น้ำหนักสุกรมีชีวิต

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Dependent Variation: LEA

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	41	4612.714681	112.505236	2.72	0.0002
Error	59	2440.502010	41.364441		
Corrected Total	100	7053.216691			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Weight	39	4240.192501	108.722885	2.63	0.0004
Geno	2	349.880136	174.940068	4.23	0.0192

R-Square = 0.653987 C.V. = 12.61584 Root MSE = 6.431519 LEA Mean = 50.97970

LEA คือ พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Weight คือ น้ำหนักสุกรมีชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dependent Variation: FEA

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	24.101585	12.050793	0.49	0.6136
Error	109	2677.481486	24.564050		
Corrected Total	111	2701.583071			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	24.101585	12.050793	0.49	0.6136

R-Square=0.008921 C.V. = 34.81971 Root MSE = 4.956213 FEA Mean = 14.23393

FEA คือ พื้นที่หน้าตัดไขมันสัน

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Dependent Variation: LEA/FEA

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	3.8060297	1.9030149	0.64	0.5280
Error	109	322.9238980	2.9626046		
Corrected Total	111	326.7299277			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	3.8060297	1.9030149	0.64	0.5280

R-Square=0.011649 C.V. = 43.07574 Root MSE = 1.721222 LEA/FEA Mean = 3.995804

LEA/FEA คือ สัดส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสัน

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค 2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอิทธิพลของจีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน ต่อคุณภาพเนื้อ

Dependent Variation: pH_{45}

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	0.07609207	0.03804604	0.28	0.7576
Error	229	31.35089370	0.13690347		
Corrected Total	231	31.42698578			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	0.07609207	0.03804604	0.28	0.7576

R-Square=0.002421 C.V. = 5.844181 Root MSE = 0.370005 pH1 Mean = 6.331164

pH_{45} = คือ ค่าความเป็นกรดด่างในเนื้อวัดที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตาย

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Dependent Variation: pH_{24}

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	0.05925553	0.02962776	0.55	0.5779
Error	229	12.34397163	0.05390381		
Corrected Total	231	12.40322716			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	0.05925553	0.02962776	0.55	0.5779

R-Square=0.004777 C.V. = 3.989593 Root MSE = 0.232172 pH1 Mean = 5.819440

pH_{24} = คือ ค่าความเป็นกรดด่างในเนื้อวัดที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dependent Variation: drip loss

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	5.8604709	2.9302355	2.07	0.1327
Error	87	123.3399518	1.4177006		
Corrected Total	89	129.2004227			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	5.86047094	2.93023547	2.07	0.1327

R-Square=0.045360 C.V. = 39.02493 Root MSE = 1.190672 drip loss Mean = 3.051056

drip loss คือ ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อระหว่างการเก็บรักษา

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Dependent Variation: L*

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	88.423100	44.211550	3.69	0.0279
Error	125	1499.572349	11.99579		
Corrected Total	127	1587.995449			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	88.42309975	44.21154987	3.69	0.0279

R-Square=0.055682 C.V. = 6.44566 Root MSE = 3.463608 L Mean = 49.87508

L คือ ค่าความสว่างของสีเนื้อ (Lightness)

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dependent Variation: a*

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	6.9284771	3.4642386	1.86	0.1595
Error	125	232.4712414	1.8597699		
Corrected Total	127	239.3997186			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	6.92847713	3.46423856	1.86	0.1595

R-Square=0.028941 C.V. = 25.18129 Root MSE = 1.363734 a Mean = 5.415664

a คือ ค่าสีแดงของเนื้อ (Redness)

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Dependent Variation: b*

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	7.3297147	3.6648574	3.61	0.0299
Error	125	126.9258554	1.0154068		
Corrected Total	127	134.2555701			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	7.3291472	3.66485736	3.61	0.0299

R-Square=0.054595 C.V. = 76.35023 Root MSE = 1.007674 b Mean = 1.319805

b คือ ค่าสีเหลืองของเนื้อ (Yellowness)

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dependent Variation: red fiber type

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	74.1900884	37.0950442	2.88	0.0651
Error	53	683.1599098	12.8898096		
Corrected Total		757.3499982			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	74.19008841	37.09504421	2.88	0.0651

R-Square= 0.097960 C.V. = 18.81905 Root MSE = 3.590238 red fiber Mean = 19.07768

red fiber คือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red fiber

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Dependent Variation: white fiber type

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	137.541445	68.770723	4.07	0.0226
Error	53	895.149453	16.889612		
Corrected Total	55	1032.690898			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	137.5414451	68.7707225	4.07	0.0226

R-Square= 0.133187 C.V. = 6.231282 Root MSE = 4.109697 white fiber Mean = 65.95268

white fiber คือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fiber

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dependent Variation: intermediate fiber type

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	15.4447898	7.7223949	0.80	0.4542
Error	53	510.9244084	9.6400832		
Corrected Total	55	526.3691982			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	15.44478983	7.72239492	0.80	0.4542

R-Square= 0.029342 C.V. = 20.72341 Root MSE = 3.104848 intermediate Mean = 14.98232

intermediate คือ เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด intermediate

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

Dependent Variation: total fiber number

Source	DF	SS	MS	F	Pr>F
Model	2	0.01771882	0.00885941	0.06	0.9378
Error	39	5.37336338	0.13777855		
Corrected Total	41	5.39108220			
Source	DF	TypeIII SS	MS	F	Pr>F
Geno	2	0.01771882	0.00885941	0.06	0.9378

R-Square= 0.003287 C.V. = 27.22403 Root MSE = 0.371185 total Mean = 1.363447

total คือ จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ

geno คือ จีโนไทป์ของยีนไมโอจีนิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค 3 แสดงผลวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมของคุณภาพเนื้อและคุณภาพซากที่ศึกษา

ลักษณะที่ศึกษา	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
เปอร์เซ็นต์ซาก (%)	76.12	2.15
LSQ	0.30	0.07
BF3	25.81	4.34
BF4	16.23	4.11
b	69.92	4.53
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (%)	45.15	2.55
เนื้อสะโพก (กิโลกรัม)	14.70	1.36
เนื้อสันคอ (กิโลกรัม)	8.27	0.98
เนื้อไหล่ (กิโลกรัม)	4.63	0.61
เนื้อสันนอก (กิโลกรัม)	7.49	0.91
LEA (ตร.ซม.)	50.97	1.44
FEA (ตร.ซม.)	14.23	4.93
LEA/FEA	4.00	1.72
pH ที่ 45 นาที	6.33	0.37
pH ที่ 24 ชั่วโมง	5.82	0.23
T ที่ 45 นาที	35.09	3.43
T ที่ 24 ชั่วโมง	1.43	1.06
L* (Lightness)	49.88	3.54
a* (redness)	5.42	1.37
b* (yellowness)	1.32	1.03
Drip loss (%)	2.22	1.70
Red fiber (%)	19.08	3.71
White fiber (%)	65.95	4.33
Intermediate fiber (%)	14.98	3.09
จำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อ (10^6)	1.36	0.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค 4 แสดงผลการวิเคราะห์ค่า chi-square ของจีโนไทป์ยีนไมโอจีนินในกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ศึกษา

Genotype	Observed N	Expected N	Residual
AA	43	58.3	-15.3
AB	129	116.5	12.5
BB	61	58.3	2.8
Total	233		

Test Statistics

Characteristics	Variable
Chi-Square	5.464
df	2
Asymp. Sig	0.065

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวพรพิมล บุญวงค์
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 12 มกราคม พ.ศ. 2517 ที่ จ.พะเยา
ที่อยู่	58 หมู่ 5 ตำบลแม่ปืม อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000
ประวัติการศึกษา	2540 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาสัตวศาสตร์ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คณะเกษตรศาสตร์บางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
ประวัติการทำงาน	
พ.ศ. 2543 – 2544	ตำแหน่งนักวิชาการสัตวบาล 3 สำนักงานปศุสัตว์เขต 5 เชียงใหม่
พ.ศ. 2544 – ปัจจุบัน	ตำแหน่งนักวิชาการสัตวบาล 5 สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดเชียงราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้