



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคของสุกรขุนที่เกิดจาก
พ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5”

โดย

นายกมล ฉวีวรรณ และคณะ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

มีนาคม 2558

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคของสุกรขุนที่เกิดจาก
พ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5”

คณะผู้วิจัย	หน่วยงาน
1. นายกมล ฉวีวรรณ	ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครราชสีมา
2. นางวโรชา จำปารัตน์	ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครราชสีมา
3. นางสาววิไลวรรณ แทนธานี	ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครราชสีมา
4. รศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
5. ดร.รุจริน ลิ้มศุภวานิช	คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
6. ผศ.ดร.จันทร์พร เจ้าทรัพย์	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้รับทุน สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Executive Summary

โครงการ “คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคของสุกรขุน ที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5”

สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 เป็นสุกรที่เกิดจากการรวมพันธุ์กรรมที่เป็นข้อเด่นของสุกรพันธุ์ดุริโอกและสุกรพันธุ์เปียตรงเพื่อพัฒนาเป็นพ่อพันธุ์สุดท้าย (Terminal sire) ในการผลิตสุกรขุนที่โตเร็ว ให้ปริมาณเนื้อแดงมาก สุกรพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 มีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางเศรษฐกิจเหล่านี้ไปยังสุกรขุนได้อย่างสม่ำเสมอ เมื่อเกษตรกรนำไปใช้ประโยชน์ทำให้ลดต้นทุนและเพิ่มผลกำไรให้แก่เกษตรกร แต่ยังคงขาดผลการศึกษาวิจัยในด้านคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ ซึ่งในปัจจุบันพฤติกรรมผู้บริโภคมีการเปลี่ยนแปลง มีความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพมากขึ้น การศึกษาวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์จะนำไปสู่การวิจัยที่เชื่อมโยงถึงผู้บริโภค นำไปใช้ในการส่งเสริมและกระจายพันธุ์ เพื่อผลิตสุกรที่มีคุณภาพสำหรับผู้บริโภค ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคของสุกรขุนที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ดำเนินการทดลองโดยเปรียบเทียบคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคระหว่างสุกรปากช่อง 5 พันธุ์แท้ สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดุริโอก และทำการเปรียบเทียบสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรจากบริษัทเอกชนในเชิงการค้า ใช้เทคนิควิธีการศึกษาโดยการทดสอบสมรรถนะการผลิตจากการขุน และการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์

การศึกษพบว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 มีเปอร์เซ็นต์ซาก ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งไม่แตกต่างจากสุกรปากช่อง 5 พันธุ์แท้และสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดุริโอก มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง สะโพก ความหนาไขมันสันหลัง ใกล้เคียงกับสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดุริโอก แต่มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันที่ใหญ่กว่า และค่าดัชนี LSQ สูงกว่า นอกจากนี้สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 จะมีไขมันสูงกว่าสุกรปากช่อง 5 พันธุ์แท้ ในขณะที่องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสุกรไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับลักษณะทางกายภาพ ยกเว้นขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อของสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 มีขนาดใหญ่กว่าสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดุริโอก สุกรพันธุ์แท้ปากช่อง 5 มีปริมาณการแสดงออกของยีน fast MHC IIx มากที่สุด ในขณะที่สุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 และ พ่อพันธุ์ดุริโอกมีปริมาณการแสดงออกของยีนที่เป็น fastest MHC IIb มากที่สุด การศึกษาลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกพบว่าพันธุ์และเพศมีอิทธิพลร่วมต่อความนุ่มของเนื้อสุกรขุน แต่ไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพด้านความฉ่ำน้ำ กลิ่นรสหมู หรือกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ โดยสุกรปากช่อง 5 พันธุ์แท้เนื้อมีความนุ่มน้อยที่สุด ในขณะที่สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดุริโอกมีความนุ่มใกล้เคียงกัน ผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบกลิ่นรสของสุกรเพศเมียมากกว่าเพศผู้

การเปรียบเทียบสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 กับพ่อพันธุ์สุดท้ายในทางการค้า 2 บริษัท พบว่าสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และค่าดัชนี LSQ ไม่แตกต่าง

จากสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ทางการค้า ในขณะที่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงอยู่ระหว่างสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ทางการค้าทั้งสองบริษัท ในส่วนของลักษณะทางกายภาพของเนื้อของสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 มีสีแดง (a^* ต่ำกว่า) ต่ำกว่าสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ทางการค้าบริษัทที่สองอย่างชัดเจน แต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อน้อยกว่าสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ทางการค้าทั้งสองบริษัทซึ่งส่งผลถึงค่าการสูญเสีย น้ำระหว่างการปรุงสุก (cooking loss) ที่ต่ำกว่าด้วย ในขณะที่ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อไม่แตกต่างกัน ในส่วนของอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 3 กลุ่มพบว่าพันธุ์ของสุกรมีอิทธิพลต่อความนุ่มแต่ไม่มีอิทธิพลต่อความฉ่ำน้ำ กลิ่นรสหมู หรือกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ ซึ่งสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 เนื้อมีความนุ่มมากที่สุด โดยใกล้เคียงกับสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ทางการค้าบริษัทที่ 2 แต่นุ่มกว่าบริษัทที่ 1 ซึ่งในส่วนของกลิ่นรส และความชอบโดยรวมพบว่าผู้บริโภครสชอบเนื้อสุกรขุนเพศเมียที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า สุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 มีคุณสมบัติในด้านคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพการบริโภค ใกล้เคียงกับสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ทางการค้า หรือพ่อพันธุ์จากบริษัทเอกชน แม้จะไม่ได้มีคุณสมบัติดีกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพ่อพันธุ์ทางการค้าผู้บริโภครสให้การยอมรับสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 มากกว่า การนำสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ส่งเสริมให้แก่เกษตรกรใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้ายในกระบวนการผลิตสุกรขุน ควรทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในด้านการยอมรับของเกษตรกรต่อการให้ผลผลิต การยอมรับของผู้บริโภคในระดับท้องถิ่นต่อคุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค เพื่อให้เกษตรกรได้มีโอกาสเข้าถึงสุกรพันธุ์กรรมที่ดี และได้สุกรขุนที่มีคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อใกล้เคียงกับสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้าของเอกชน

แนวทางการพัฒนาสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้ายในการผลิตสุกรขุนลูกผสมสามสาย ควรเน้นการปรับปรุงพันธุ์ให้มีปริมาณเนื้อแดงเพิ่มขึ้นและไขมันในซากลดลง หรือการกำหนดน้ำหนักสิ้นสุตระยะการขุนที่เหมาะสมให้มีสัดส่วนของเนื้อแดงต่อไขมัน (lean to fat ratio) ที่สูง หรือการปรับปรุงสูตรอาหารเพื่อลดปริมาณไขมันและเพิ่มปริมาณเนื้อแดงในช่วงระยะสุดท้ายของการขุน

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัยเป็นจำนวนเงิน 1,139,020 บาท (หนึ่งล้านหนึ่งแสนสามหมื่นเก้าพันยี่สิบบาทถ้วน) และ รศ.ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล ผู้ประสานงานชุดโครงการนี้ที่ช่วยประสานงานเป็นอย่างดีและให้คำแนะนำที่มีคุณค่ายิ่ง ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครราชสีมา อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา วสันต์ฟาร์ม อ.สูงเนิน จ.นครราชสีมา บริษัท DK Interfoods อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่ได้อนุญาตให้คณะผู้วิจัยได้เข้าดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนที่เอื้อเฟื้อและช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล รวมถึงขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และนักศึกษาทุกท่านที่ได้ช่วยงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อองค์กร หน่วยงานผู้ประกอบการ เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร ตลอดจนนักวิชาการที่สนใจในการนำผลจากการวิจัยครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

คณะผู้วิจัย

เมษายน 2558

บทคัดย่อ

สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 เป็นสุกรที่วิจัยพัฒนาเพื่อใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้าย เกิดจากการรวมพันธุ์กรรมของสุกรพันธุ์ดอร์คและสุกรพันธุ์เปย์แตง เพื่อผลิตสุกรขุนที่โตเร็ว ให้เนื้อแดงมาก แต่ยังคงผลการศึกษาวิจัยในด้านคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคของสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 โดยเปรียบเทียบกับสุกรปากช่อง 5 พันธุ์แท้ (P5) กับสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) และสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดอร์ค (CD) กลุ่มละ 16 ตัว เพศผู้ตอน 8 ตัว และเพศเมีย 8 ตัว และเปรียบเทียบกับสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) กับสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์เอกชน 2 บริษัท (CB1 และ CB2) กลุ่มละ 16 ตัว เพศผู้ 8 ตัว และเพศเมีย 8 ตัว ศึกษาด้วยการทดสอบสมรรถนะการขุน และศึกษาด้านวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองโดย General linear model (GLM) และ Analysis of variance (ANOVA) ผลการศึกษาพบว่า CP5 มีเปอร์เซ็นต์ซากชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งส่วนใหญ่ไม่แตกต่างจาก P5 และ CD ขณะที่เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง สะโพก ความหนาไขมันสันหลัง มีปริมาณใกล้เคียงกับ CD แต่มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันที่ใหญ่กว่า และค่าดัชนีสัดส่วนความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ) สูงกว่า ($P < 0.05$) สุกรกลุ่ม CP5 จะมีไขมันสูงกว่า P5 ในขณะที่องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสุกรไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับลักษณะทางกายภาพ ยกเว้นขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อของ CP5 มีขนาดใหญ่กว่า CD ในขณะที่ปริมาณการแสดงออกของยีนในกลุ่ม P5 มีปริมาณการแสดงออกของยีน fast MHC IIx มากที่สุด ($P < 0.05$) ในขณะที่ CP5 และ CD มีปริมาณการแสดงออกของยีนที่เป็น fastest MHC IIb มากที่สุด ($P < 0.05$) การศึกษาลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกพบว่าพันธุ์และเพศมีอิทธิพลร่วมต่อความนุ่มของเนื้อสุกรขุน ($P < 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพด้านความฉ่ำน้ำ กลิ่นรสหมู หรือกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ ในผู้ประเมินกึ่งฝึกฝน พบว่าเนื้อสุกร P5 มีความนุ่มน้อยกว่า ($P < 0.05$) ในขณะที่ CP5 และ CD มีความนุ่มไม่ต่างกัน ผู้บริโภคชอบเนื้อของสุกรเพศเมียมากกว่าเพศผู้ตอน ในส่วนของผู้บริโภคทั่วไปให้เนื้อสุกร CD มีความนุ่มมากกว่า ($P < 0.05$) P5 และ CP5 และให้ความชอบโดยรวมของเนื้อ CD มากกว่า ($P < 0.05$) P5 และมีความชอบเนื้อสุกรเพศเมียมากกว่าเพศผู้ตอน

การเปรียบเทียบ CP5 CB1 และ CB2 พบว่า CP5 มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และค่าดัชนี LSQ ไม่แตกต่างจากสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์เอกชน CP5 มีค่า a^* ของเนื้อ (redness) ต่ำกว่าสุกรขุนที่เกิดจาก CB1 ($P < 0.05$) แต่มีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กกว่า CB1 และ CB2 และมีค่าการสูญเสียไอน้ำระหว่างการปรุงสุก (cooking loss) ต่ำกว่า ($P < 0.05$) ในขณะที่ค่าแรงตัดผ่านของเนื้อไม่แตกต่างกัน พันธุ์ของสุกรขุนมีอิทธิพลต่อความนุ่ม ($P < 0.05$) แต่ไม่มีอิทธิพลต่อความฉ่ำน้ำ กลิ่นรสหมู หรือกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ ซึ่งเนื้อของ CP5 มีความนุ่มมากที่สุด ใกล้เคียงกับ CB2 แต่นุ่มกว่า CB1 ($P < 0.05$) ผู้บริโภคชอบกลิ่นรส และมีความชอบโดยรวมต่อเนื้อสุกรขุนเพศเมียมากกว่าเพศผู้ตอน จากการศึกษาสรุปได้ว่า CP5 มีคุณสมบัติด้านคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพการบริโภค ใกล้เคียงกับสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์เอกชน ดังนั้นจึงควรมีการส่งเสริมสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ไปสู่เกษตรกรเพื่อใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้ายในการผลิตสุกรขุน

Abstract

Pakchong 5 swine is a synthetic terminal boar that was established from genetic combination of Duroc and Pietrain pigs. The development of Pakchong 5 was targeted to produce high growth rate and leaner fattening pigs. However, its carcass quality, meat quality and eating quality have not been investigated. It is, therefore, the purpose of this study to examine carcass quality, meat quality and eating quality of Pakchong 5-derived fattening pigs (CP5). This study was divided into 2 experiments. Experiment 1 compared Pakchong 5 pure line (P5), Pakchong 5-derived fattening pig (CP5), and Duroc-derived fattening pig (CD), consisting of 16 pigs in each group (8 castrated males and 8 females). Experiment 2 compared CP5 with two commercial terminal boar-derived fattening pigs (CB1 and CB2), consisting of 16 pigs in each group (8 males and 8 females). The experimental data were collected from fattening trials and meat science study. The collected data were analyzed using General linear model (GLM) and Analysis of variance (ANOVA). Results indicated that carcass percentages and most parts obtained from carcass dressing were not significantly different among P5, CP5 and CD. Lean percentage, ham percentage and back fat thickness of CP5 were similar to CD. However, the loin eye area and Lenden-speck quotient (LSQ) index of CP5 were higher than CD ($P<0.05$). The fat content of CP5 was higher than P5 ($P<0.05$). Chemical composition and physical characteristics of *Longissimus dorsi* (LD) muscles were not significantly different among treatments. Muscle fiber diameters of CP5 were larger than CD ($P<0.05$). P5 had higher ($P<0.05$) relative percentages of fast Myosin heavy chain type IIx (MHC IIx) expression but had lower ($P<0.05$) relative percentages of fastest Myosin heavy chain type IIb (MHC IIb) expression than CP5 and CD. Sensory evaluation of LD by semi-trained panelists showed the combined effects of breed and sex on tenderness ($P<0.05$), but had no significant ($P>0.05$) effects on juiciness, pork flavor and off-flavor. CP5 and CD was similarly tender ($P>0.05$), but they were more tender than P5 ($P<0.05$). For consumer evaluation, CD was ($P<0.05$) tender than P5 and CP5, while CD was rated higher ($P<0.05$) than P5 for over liking. The consumers preferred pork flavor of female fattening pigs.

In experiment 2, lean percentage, loin eye area and LSQ index were not significantly different among CP5, CB1 and CB2. CP5 was less ($P<0.05$) red compared to CB1. Muscle fiber diameters of CP5 were smaller than CB1 and CB2 ($P<0.05$) and similar trend was found in cooking loss ($P<0.05$). There was no difference ($P>0.05$) in Warner-Bratzler shear force

(WBSF). Breeds of fattening pigs affected tenderness ($P<0.05$), but not juiciness, pork flavor and off-flavor. CP5 and CB2 were tender than CB1 ($P<0.05$). Most consumers preferred the flavor of female and gave higher overall liking scores than male. In conclusion, the carcass quality, meat quality and eating quality of CP5 were not significantly different from the commercial terminal boars. Pakchong 5 terminal boar should be distributed to the farmers to be used as a terminal sire for fattening pig production.

สารบัญ

	หน้า
Executive Summary	I
กิตติกรรมประกาศ	III
บทคัดย่อ.....	IV
Abstract	V
สารบัญ	VII
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ปัญหาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 การดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ระยะเวลาและสถานที่ในการดำเนินการวิจัย	2
บทที่ 2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 สายพันธุ์สุกรที่สำคัญ	3
2.2 คุณสมบัติของเนื้อสัตว์ที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ	5
2.3 คุณสมบัติของเนื้อสัตว์ที่มีผลต่อคุณภาพในการบริโภค.....	8
2.4 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ	11
2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีต่อคุณภาพเนื้อ	13
2.6 การประเมินทางประสาทสัมผัส.....	14
2.7 อิทธิพลของพันธุกรรมต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกร.....	15
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....	17
3.1 การทดลองที่ 1.....	17
3.2 การทดลองที่ 2.....	25
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์.....	29
4.1 การทดลองที่ 1.....	29
4.2 การทดลองที่ 2.....	39
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	54

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 พันธุ์สุกรและแผนการผสมพันธุ์สุกรลูกผสมสองสายและสุกรลูกผสมสี่สาย	5
2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และค่าความสว่าง (L*) ต่อการเกิดเนื้อ PSE และ DFD	6
3 การเรียกชื่อชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ	12
4 ลักษณะทางชีวภาพของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิด	12
5 การจัดจำแนกชนิดของเส้นใย	13
6 ส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกร	19
7 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรขุน	29
8 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อความหนาไขมันสันหลังและความลึกของกล้ามเนื้อสันนอก ของสุกรขุนจากการประเมินด้วยเครื่องอัลตราซาวด์	29
9 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อเปอร์เซ็นต์ซากและน้ำหนักชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งของ สุกรขุน	31
10 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อองค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน	32
11 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อลักษณะทางกายภาพในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน	34
12 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อสัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อสันนอกของ สุกรขุน	35
13 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน ที่ประเมินโดยผู้ประเมินกึ่งฝึกฝน	36
14 อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศต่อความนุ่มของกล้ามเนื้อสันนอกสุกรขุนซึ่งประเมิน โดยผู้ประเมินกึ่งฝึกฝน	36
15 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อความชอบของผู้บริโภค (n=76) ที่มีต่อกล้ามเนื้อสันนอกของ สุกรขุน	37
16 อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศต่อความนุ่มและความชอบโดยรวมของผู้บริโภค (n=76) ที่มีต่อกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน	38
17 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อเปอร์เซ็นต์ซากและน้ำหนักชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งของ สุกรขุน	39
18 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อลักษณะทางกายภาพในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน	41
19 อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของสุกรขุน	41
20 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน ลูกผสมสามสายที่ประเมินโดยผู้ประเมินกึ่งฝึกฝน	42

- 21 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อความชอบของผู้บริโภค ($n=100$) ต่อก้ามเนื้อสันนอกของ
สุกรขุนลูกผสมสามสาย 43
- 22 อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศต่อความชอบของผู้บริโภค ($n=100$) ที่มีต่อลักษณะ
ทางประสาทสัมผัสของก้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนลูกผสมสามสาย 44

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 สกรสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตสกรขุน.....	4
2 เส้นใยย่อย (myofibril) และซาร์โคเมอร์.....	7
3 คอกสกรขุนที่ใช้ในการทดลอง.....	18
4 ตำแหน่งที่ใช้ในการประเมินความหนาไขมันสันหลังและความลึกของกล้ามเนื้อสันนอก ด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (Renco®).....	19
5 ซากสกรที่ได้ภายหลังการฆ่าและชำแหละซาก	20
6 ตำแหน่งในการวัดความยาวซาก.....	20
7 การวัดความหนาไขมันสันหลัง.....	21
8 การวัดค่า LSQ และ ตำแหน่งที่ใช้ในการวัดค่า LSQ.....	21
9 การวัดค่า pH และอุณหภูมิบริเวณกล้ามเนื้อสันนอก.....	22
10 การตัดแต่งซากสกรสำหรับการศึกษาคุณภาพซาก	22
11 การตัดแบ่งตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกสำหรับการศึกษาคุณภาพเนื้อ.....	23

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและความสำคัญของปัญหา

สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 เป็นสุกรที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้าย (terminal boar) ในการผลิตสุกรขุนลูกผสม เกิดจากการรวมพันธุ์กรรมที่เป็นข้อเด่นของสุกรพันธุ์ดีสองพันธุ์ คือ สุกรพันธุ์ดุร็อคที่มีพันธุ์กรรมที่โตเร็ว คุณภาพเนื้อดี และสุกรพันธุ์เปียแตงที่มีพันธุ์กรรมเด่นในด้านปริมาณเนื้อแดง โดยมีสัดส่วนพันธุ์กรรมของสุกรพันธุ์ดุร็อคร้อยละ 62.5 และสุกรพันธุ์เปียแตงร้อยละ 37.5 สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 เป็นสุกรสายพ่อพันธุ์สุดท้ายที่โตเร็ว ให้ปริมาณเนื้อแดงมาก ไขมันสันหลังบาง ซึ่งลักษณะทางเศรษฐกิจเหล่านี้ได้มาจากการกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาพันธุ์ การคัดเลือกและการพัฒนาพันธุ์อย่างต่อเนื่อง พ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ผสมกับแม่สุกรลูกผสมสองสายพันธุ์เพื่อผลิตสุกรขุน ทำให้ได้สุกรที่โตเร็ว ให้เนื้อแดงมาก แข็งแรง เลี้ยงง่าย สุกรพ่อพันธุ์สุดท้ายปากช่อง 5 มีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางเศรษฐกิจเหล่านี้ไปยังสุกรขุนได้อย่างสม่ำเสมอ สืบเนื่องมาจากการพัฒนาพันธุ์ด้วยการผสมพันธุ์ภายในรุ่น (*Inter se mating*) และคัดเลือกลักษณะทางเศรษฐกิจตามเป้าหมายในการพัฒนาพันธุ์อย่างเข้มข้นสม่ำเสมอถึง 5ชั่วอายุ สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ที่พัฒนาพันธุ์แล้วได้นำไปส่งเสริมแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรเพื่อใช้ผลิตสุกรขุน ได้รับการตอบรับจากเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรในวงกว้าง ในการพัฒนาสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ใช้ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัยรวม 7 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ถึง 2555

การพัฒนาสายพันธุ์ของสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีเป้าหมายในด้านการเจริญเติบโตและปริมาณเนื้อแดง โดยเน้นในด้านประสิทธิภาพการผลิตเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลกำไรให้แก่เกษตรกร แต่ยังคงผลการศึกษาวิจัยในด้านคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ ซึ่งในปัจจุบันพฤติกรรมผู้บริโภคมีการปรับเปลี่ยน มีความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพ (quality meat) เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะเนื้อที่มีความอร่อยน่ารับประทาน (palatability) หรือมีคุณภาพทางการบริโภค (eating quality) ดังนั้นการศึกษาวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ (meat science) เช่น ความนุ่มของเนื้อจากการวัดด้วยค่าแรงตัดผ่าน ลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อ คุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ประเมินโดยผู้บริโภค จะทำให้ได้รายละเอียดเพิ่มเติมในส่วนของคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ตลอดจนคุณภาพการบริโภค นำไปสู่การศึกษาวิจัยที่เชื่อมโยงถึงผู้บริโภค ผลการศึกษานำไปใช้ในการส่งเสริม กระจายพันธุ์ นำสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ไปส่งเสริมให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรเพื่อผลิตสุกรที่มีคุณภาพสำหรับผู้บริโภคต่อไป นอกจากนี้ยังเป็นการเตรียมความพร้อมด้านพันธุ์กรรมสุกรเพื่อสนับสนุนความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป ตลอดจนลดการนำเข้าสุกรจากต่างประเทศ

เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรในประเทศไทยแบ่งออกเป็น เกษตรกรรายย่อย ฟาร์มขนาดเล็ก ฟาร์มขนาดกลาง และฟาร์มขนาดใหญ่ซึ่งเลี้ยงแบบอุตสาหกรรม โดยจากสถิติของกรมปศุสัตว์ในปี พ.ศ. 2555 พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรเป็นเกษตรกรรายย่อยถึงร้อยละ 95 ฟาร์มขนาดเล็กร้อยละ 3.58 ฟาร์มขนาดกลางร้อยละ 0.53 และฟาร์มขนาดใหญ่ร้อยละ 0.07 โดยคิดเป็นจำนวนรายเกษตรกรเท่ากับ 108,431 4,058 596 และ 85 ราย

ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ยังเป็นเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงสุกรน้อยกว่า 50 ตัว เกษตรกรรายย่อยเหล่านี้เป็นเกษตรกรเป้าหมายที่จะนำสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ไปใช้ประโยชน์ เกษตรกรรายย่อยเป็นเกษตรกรที่ไม่มีอำนาจต่อรองและไม่สามารถเข้าถึงพันธุ์กรรมสุกรพันธุ์ดีของเอกชนได้ การพัฒนาสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ที่ประกอบด้วยข้อมูลการให้ผลผลิต คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคจึงมีความจำเป็นในการศึกษาอย่างมาก เพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลในเชิงวิชาการในการนำไปเผยแพร่ให้แก่เกษตรกรในวงกว้าง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มทางเลือกให้เกษตรกรสามารถเข้าถึงสุกรพันธุ์ดีที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตได้มากขึ้น และในขณะเดียวกันยังให้ผลผลิตที่มีคุณภาพการบริโภคที่ดีอีกด้วย อันจะส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้นและมีคุณภาพชีวิตดีขึ้น ตลอดจนสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ คุณภาพการบริโภคของสุกรปากช่อง 5 พันธุ์แท้ และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อพันธุ์สุกรทางการค้า

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบถึงข้อมูลทางด้านคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคของสุกรปากช่อง 5 พันธุ์แท้ และสุกรขุนที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 เปรียบเทียบกับสุกรขุนที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้าของเอกชนที่ได้รับความนิยมในการผลิตสุกรขุน

1.3.2 นำข้อมูลที่ได้ไปประกอบเป็นชุดองค์ความรู้เพื่อให้ข้อมูลและส่งเสริมให้แก่เกษตรกรในการนำสุกรสายพันธุ์ปากช่อง 5 ไปใช้ผลิตสุกรขุนเพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่เกษตรกร

1.3.3 เพื่อให้เกษตรกรมีโอกาสในการเข้าถึงพันธุ์กรรมสุกรที่ดี เป็นการลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และเพื่อการกระจายพันธุ์ในวงกว้าง

1.4 การดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคของสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดัตช์ และ การทดลองที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคของสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า

1.5 ระยะเวลาและสถานที่ในการดำเนินการวิจัย

1.5.1 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

18 เดือน จากเดือน กันยายน พ.ศ. 2556 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2558

1.5.2 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

- 1) ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครราชสีมา กรมปศุสัตว์ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา
- 2) วสันต์ฟาร์ม อ.สูงเนิน จ.นครราชสีมา
- 3) บริษัท DK Interfoods อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา
- 4) ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
- 5) ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 สายพันธุ์สุกรที่สำคัญ

ในการผลิตสุกรขุนนั้นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อต้นทุนการผลิตและคุณภาพซาก ได้แก่ พันธุ์สุกร สุกรที่จะนำมาเลี้ยงเป็นสุกรขุนได้จะต้องมีอัตราเจริญเติบโตดี ประสิทธิภาพการใช้อาหารสูง ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้น และที่สำคัญคือต้องมีคุณภาพซากที่ดีด้วย ซึ่งคุณภาพซากของสุกรนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลของพันธุกรรมเป็นอันดับแรก นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอาหารและการจัดการ การเลี้ยงสุกรพันธุ์แท้พันธุ์โดพันธุ์หนึ่งมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ดังนั้นจึงนิยมนำพันธุ์แท้มาผสมข้ามพันธุ์เพื่อทำให้ลูกสุกรที่เกิดขึ้นมีลักษณะของเฮเตอร์โรซิส (heterosis) หรือไฮบริดวิกเกอร์ (hybrid vigor) หรือเรียกว่าพลังอัดแฉ คือการที่ลูกสุกรมีความสามารถโดยเฉลี่ยดีกว่าสุกรในรุ่นพ่อและแม่ ดังที่การเลี้ยงสุกรเชิงอุตสาหกรรมได้นำมาใช้สร้างสุกรขุนลูกผสมที่มักจะเรียกว่าสุกรขุนสามสายหรือสุกรสามสายเลือด ซึ่งการสร้างสุกรสามสายนั้นมักจะใช้ลูกผสมระหว่างสุกรพันธุ์แลนด์เรซกับพันธุ์ลาร์จไวท์เป็นสายแม่พันธุ์ที่มีสมรรถนะการผลิตสูง ให้ลูกตก เลี้ยงลูกเก่ง มีความเป็นแม่ที่ดี หลังจากนั้นจึงนำมาผสมกับพ่อพันธุ์สุกรที่โตเร็ว ให้ปริมาณเนื้อแดงมาก เช่น สุกรพันธุ์ดอร์ค จะได้สุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ที่เกิดจากการรวมพันธุกรรมของสุกรพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เพื่อใช้เป็นสุกรขุนต่อไป พันธุ์สุกรที่สำคัญที่นิยมใช้ในการผลิตสุกรขุนลูกผสม (รณชัย, 2540) ได้แก่

2.1.1 พันธุ์ลาร์จไวท์ (Large White)

เป็นสุกรที่มีลำตัวสีขาว หูตั้ง (prick ears) ลำตัวยาวและลึก เป็นสุกรที่โตเร็ว มีประสิทธิภาพการใช้อาหารดี มีคุณสมบัติการเป็นแม่ที่ดี คือ ให้ลูกตก และเลี้ยงลูกได้ดี มีขาที่แข็งแรง คุณภาพซากดี เป็นสายพันธุ์ที่สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี เมื่อโตเต็มที่จะให้เนื้อส่วนเบคอน (bacon) มาก นิยมใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับผลิตสุกรพันธุ์ลูกผสมสองสายเพื่อเป็นแม่พันธุ์หรือสุกรขุนส่งตลาด

2.1.2 พันธุ์แลนด์เรซ (Landrace)

เป็นสุกรที่มีลำตัวสีขาว หูปกร (loop ears) มีรูปร่างดี คือ มีลักษณะลำตัวยาวและลึก (สุกรพันธุ์นี้มีซี่โครง 16-17 คู่) ไหล่กว้าง สะโพกมีขนาดใหญ่ มีคุณสมบัติเป็นแม่พันธุ์ที่ดี ให้ลูกตก เฉลี่ยให้ลูกประมาณ 11 ตัวต่อครอก ให้เนื้อแดงมาก แต่สายพันธุ์นี้มีแนวโน้มอาจมีขาหลังที่ไม่ค่อยแข็งแรงมากนัก ประเทศในเขตร้อนนิยมนำมาเลี้ยงเป็นแม่พันธุ์ในการผลิตสุกรพันธุ์ลูกผสมสองสายเพื่อผลิตสุกรที่มีคุณภาพซากดีและมีมันระดับปานกลาง แต่ทางทวีปยุโรปนิยมนำมาเลี้ยงเป็นสุกรเพื่อผลิตเบคอนเป็นหลัก

2.1.3 พันธุ์ดอร์คหรือดอร์คเจอร์ซี (Duroc Jersey)

เป็นสุกรที่มีลำตัวสีน้ำตาลแดง มีรูปร่างขนาดปานกลางไม่ใหญ่มาก มีลักษณะเด่นคือ มีไหล่และสะโพกหนาและกว้าง หลังโค้งกว่าพันธุ์อื่น เป็นสุกรที่โตเร็ว มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี มีคุณสมบัติเป็นแม่ที่ไม่ค่อยดี เลี้ยงลูกไม่เก่ง ให้ลูกที่มีขนาดครอกเล็ก แต่เป็นสุกรพันธุ์ที่แข็งแรง เลี้ยงง่าย จึงมีอัตราการตายต่ำ และเป็นสุกรที่มีปริมาณไขมันมาก แต่พบว่าสายพันธุ์ที่มีปริมาณไขมันแทรกในเนื้อมากเช่นเดียวกัน นิยม

นำมาเป็นสายพ่อพันธุ์เพื่อผลิตสุกรลูกผสม สุกรขุน เนื่องจากเลี้ยงง่าย โตเร็ว ถ่ายทอดลักษณะทางเศรษฐกิจ เช่น การเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อได้ดี

2.1.4 พันธุ์เปี้ยตรง (Pietrain)

เป็นสุกรที่มีลำตัวมีสีขาว และมีจุดดำกระจายตามลำตัว (piebald) ลำตัวค่อนข้างสั้น แต่บริเวณสะโพกมีขนาดใหญ่เห็นได้ชัดเจน ทำให้ส่วนสะโพกมีปริมาณเนื้อแดงมาก นิยมใช้เป็นสุกรสายพ่อพันธุ์สำหรับผลิตสุกรลูกผสมเพื่อเลี้ยงเป็นสุกรขุน แต่อาจมีปัญหาเรื่องการจัดการในการเลี้ยง เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่มักพบลักษณะพันธุกรรมที่เป็นยีนด้อย (recessive) ของยีน halothane ส่งผลให้ไม่ทนต่อความเครียด เกิดการช็อคตายได้ง่าย

2.1.5 พันธุ์ปากช่อง 5 (Pakchong 5)

สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้ายในการผลิตสุกรลูกผสมสามสาย ได้จากการรวมพันธุกรรมเด่นๆ ของสุกร 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ดุริโอก ที่มีลักษณะโตเร็ว และพันธุ์เปี้ยตรง ที่มีปริมาณเนื้อแดงมาก โดยมีสัดส่วนพันธุกรรมจากพันธุ์ดุริโอกร้อยละ 62.5 และพันธุ์เปี้ยตรงร้อยละ 37.5 จนได้สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ที่มีลักษณะเด่นคือ โตเร็ว อัตราการเจริญเติบโตดี ให้ปริมาณเนื้อแดงมาก มีไขมันสันหลังบาง ลำตัวยาว รูปร่างภายนอกเป็นมัดกล้ามเนื้อเด่นชัด ไม่มียีนเครียด และมีความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางเศรษฐกิจเหล่านี้ไปยังรุ่นลูกซึ่งก็คือสุกรขุนได้อย่างสม่ำเสมอ (Chaweewan *et al.*, 2012; กมลและคณะ, 2556)



รูปที่ 1 สุกรสายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตสุกรขุน

นอกจากนี้ Chaweewan *et al.* (2012) ได้ทำการศึกษาคูณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางเศรษฐกิจของสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 โดยเริ่มการทดสอบเมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 30 กิโลกรัม และสิ้นสุดการทดสอบเมื่อสุกรมีน้ำหนักตัว 90 กิโลกรัม อาหารที่ใช้ทดสอบมีโปรตีนร้อยละ 18 ให้สุกรทุกตัวกินอาหารแบบเต็มที (*ad libitum*) ทำการเก็บข้อมูลการทดสอบทั้งหมด 5 รุ่น (F1 ถึง F5) ผลการศึกษาพบว่าสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่า 850 กรัมต่อวัน ประสิทธิภาพการใช้อาหารน้อยกว่า 2.50 ความหนาไขมันสันหลังต่ำกว่า 1 เซนติเมตร และมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมากกว่า 37 ตารางเซนติเมตร

อย่างไรก็ตามการผลิตสุกรขุนนิยมใช้สุกรลูกผสมสามสายที่เกิดจากการนำสุกรพันธุ์แท้มาผสมข้ามพันธุ์เพื่อทำให้ลูกสุกรที่เกิดขึ้นมีลักษณะของเฮเตอร์โรซีส ซึ่ง Cassady *et al.* (2002) ได้ศึกษาอิทธิพลของพันธุ์กรรมและผลของเฮเตอร์โรซีสต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของสุกร โดยใช้สุกรพันธุ์แท้ (pure breed) สุกรลูกผสมสองสาย (two-breed cross) และสุกรลูกผสมสี่สาย (four-breed cross) จากสุกร 8 สายพันธุ์ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ใช้สุกรพันธุ์ยอร์กเชียร์ (Yorkshire) พันธุ์แลนด์เรซ พันธุ์ลาร์จไวท์ และพันธุ์เชสเตอร์ไวท์ (Chester White) การทดลองที่ 2 ใช้สุกรพันธุ์ดิวอี้ค พันธุ์แฮมเชียร์ (Hampshire) พันธุ์เปียตเรง และพันธุ์สปอต (Spot) แผนการผสมพันธุ์สุกรดังแสดงในตารางที่ 1 ผลการศึกษาพบว่าสุกรลูกผสมทั้งสองสายและสี่สายมีน้ำหนักแรกคลอด น้ำหนักตัว และอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น ในขณะที่ความหนาไขมันสันหลังมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสุกรพันธุ์แท้ ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของเฮเตอร์โรซีสที่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าสุกรลูกผสมสี่สายจะมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันลดลง

ตารางที่ 1 พันธุ์สุกรและแผนการผสมพันธุ์สุกรลูกผสมสองสายและสุกรลูกผสมสี่สาย

การทดลองที่ 1			การทดลองที่ 2		
pure breed	2-breed cross	4-breed cross	pure breed	2-breed cross	4-breed cross
Y × Y	Y × L	WL × YL	H × H	H × D	PD × HS
L × L	L × Y		D × D	D × H	PD × SH
W × W	Y × W		P × P	P × S	PH × DS
C × C	W × Y		S × S	S × P	PH × SD
	L × W			S × H	SH × DP
	W × L			H × S	SH × PD
	W × C			S × D	SD × HP
	C × L			D × S	SD × PH
	L × C			P × D	SP × DH
	C × Y			D × P	SP × HD
	Y × C			P × H	
	C × W			H × P	

Y = York Shire, L = Landrace, W = Large White, C = Chester White, H = Hampshire, D = Duroc, P = Pietrain, S = Spot

ที่มา: Cassady *et al.* (2002)

2.2 คุณสมบัติของเนื้อสัตว์ที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ

เมื่อพิจารณาในแง่ของพื้นฐานทางเคมีแล้วกล้ามเนื้อ หมายถึง โปรตีนที่มีความสมดุลและอยู่ภายใต้สารละลายเกลือ ซึ่งประกอบไปด้วย ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และสารประกอบอื่นๆ ในปริมาณที่แปรปรวน กล้ามเนื้อได้ผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีต่างๆ ที่ติดตามมาภายหลังจากสัตว์ตาย จนแปรสภาพมาเป็นเนื้อสัตว์ซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆ ที่ตามมาอีกจนสร้างผลสืบเนื่องไปถึงการยอมรับและความพอใจของผู้บริโภค คุณสมบัติที่สำคัญของเนื้อสัตว์ (ชัยณรงค์, 2529) ได้แก่

2.2.1 สี (color)

สีของเนื้อมักเป็นความรู้สึกแรกที่ผู้บริโภคจะได้รับจากเนื้อสัตว์ สารสี (pigment) ในเนื้อจะประกอบไปด้วยโปรตีน 2 ชนิด คือ ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ซึ่งเป็นสารสีในเลือด และไมโอโกลบิน (myoglobin) ซึ่งเป็นสารสีในกล้ามเนื้อ ความแตกต่างของสีในระหว่างมัดกล้ามเนื้อแตกต่างกัน เนื่องมาจากปริมาณไมโอโกลบินไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมและความต้องการออกซิเจนที่แตกต่างกันของมัดกล้ามเนื้อแต่ละมัด กล้ามเนื้อที่มีไมโอโกลบินสูงจะมีสีเข้มกว่า หากพิจารณาในแง่จุลกายวิภาค (histology) แล้วจะมีสาเหตุมาจากชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber type) โดยถ้าเป็นกล้ามเนื้อที่มีสีเข้มกว่าจะมีสัดส่วนของ red fiber สูงกว่านั่นเอง

ความแตกต่างของสีเนื้อที่มองเห็นสืบเนื่องมาจาก 3 องค์ประกอบด้วยกัน คือ hue, chroma และ value โดย hue เป็นคลื่นแสงที่ตามองเห็นได้ เช่น แดง เหลือง เขียว และน้ำเงิน ส่วน chroma หรือ saturation หมายถึง ระดับความเข้มข้นของสีพื้นฐานซึ่งขึ้นอยู่กับว่ามีปริมาณสีขาวผสมอยู่มากน้อยเพียงใด และ value หมายถึง ค่าการสะท้อนแสงของสีหรือค่าความสว่างของสี (brightness) (จันทรพร, 2554) การวัดค่าสีของเนื้อสามารถวัดได้โดยนำเนื้อมาตัดเปิดหน้าของชิ้นเนื้อให้สัมผัสกับอากาศประมาณ 30-45 นาที จากนั้นจึงวัดด้วยเครื่องวัดสี ซึ่งจะแสดงผลของการวัดในรูปของค่า L^* (lightness), a^* (redness), b^* (yellowness), c^* (chroma or saturation) และ h^* (hue angle) นอกจากนี้ยังพบว่าค่า L^* ไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ผิวหน้าของชิ้นเนื้อสัมผัสกับออกซิเจนแต่จะขึ้นอยู่กับค่า pH ของเนื้อ ประมาณร้อยละ 65 ของค่า L^* ที่อ่านค่าได้นั้นขึ้นอยู่กับความแปรปรวนของการละลายของโปรตีนชนิดซาร์โคพลาสมิก (sarcoplasmic proteins) ดังนั้นค่า L^* จึงสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการเกิด PSE หรือ DFD ในเนื้อได้เป็นอย่างดี (ดังแสดงในตารางที่ 2) ส่วนของค่า b^* หรือค่าสีเหลืองพบว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันแทรกภายในมัดกล้ามเนื้อ โดยหากค่า b^* มีค่าสูงอาจแสดงว่าเนื้อนั้นมีแนวโน้มมีปริมาณไขมันแทรกสูงด้วยเช่นกัน (Kerry *et al.*, 2002)

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และค่าความสว่าง (L^*) ต่อการเกิดลักษณะ PSE และ DFD ในเนื้อสุกร

	pH 45 นาที	ultimate pH	ค่าความสว่าง (L^*)
เนื้อสุกรที่เป็น PSE	<6.0	<5.4	60-66
เนื้อสุกรปกติ	6.4	5.7-5.8	54
เนื้อสุกรที่เป็น DFD	6.4	6.2-6.8	42-48

ที่มา: ดัดแปลงจาก Adzitey *et al.* (2011) ; Faucitano *et al.* (2010) ; Warriss *et al.* (1987)

2.2.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

โปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นสารประกอบที่มีประจุ (ขั้วบวกหรือลบ) สูง ซึ่งสามารถจับโมเลกุลของน้ำได้เป็นอย่างดี ความสามารถในการอุ้มน้ำ คือ ความสามารถของเนื้อที่จะคงไว้ซึ่งจำนวนน้ำให้เกือบเท่าหรือเท่าเดิมได้ถึงแม้จะมีแรงจากภายนอกกระทำ เช่น การตัด การให้ความร้อน การบด และการอัด ทั้งนี้ อาจจะมีโมเลกุลของน้ำที่สูญเสียออกไปบ้างเล็กน้อย เพราะโมเลกุลน้ำเหล่านั้นอยู่ในแบบอิสระ สมบัติทางกายภาพหลายอย่างของเนื้อ เช่น สี ความแน่น ลักษณะโครงสร้าง และความหยาบละเอียด มักจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นปัจจัยร่วมด้วยอยู่เสมอ

คุณสมบัติในการอุ้มน้ำของเนื้อมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับค่า pH ในเนื้อสัตว์ เนื้อที่มีค่า pH ต่ำจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ในทางกลับกันเนื้อที่มีค่า pH สูงจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะลดลงอย่างช้าๆ ภายหลังสัตว์ตาย ค่า pH ของกล้ามเนื้อในขณะที่สัตว์กำลังตายนั้นจะมีค่าประมาณ 6.4-7.0 และเนื่องจากเซลล์กล้ามเนื้อยังคงมีการทำงานอยู่ต่อไปอีกเป็นระยะเวลาหนึ่งหลังสัตว์ตาย จึงทำให้ค่า pH ลดลงไปถึงประมาณ 5.2-5.4 เนื่องมาจากมีกรดแลคติก (lactic acid) เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกว่าไกลโคเจนจะหมดไป ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อขณะที่สัตว์มีชีวิตอยู่จะมีค่าสูงที่สุดและจะค่อยๆ ลดลงจนถึงจุดต่ำสุดภายหลังจากสัตว์ตายแล้วประมาณ 12-24 ชั่วโมง ซึ่งกล้ามเนื้อจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า rigor mortis หรือการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งจะเป็นระยะที่ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อต่ำที่สุด เนื้อสัตว์ที่มีคุณสมบัติของการอุ้มน้ำต่ำจะมีการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อในระหว่างการเก็บรักษาและระหว่างการปรุงสุกสูงทำให้เนื้อมีลักษณะแห้งและหยาบ (Aberle *et al.*, 2001; จันทรพร, 2554; จุฑารัตน์, 2540; ชัยณรงค์, 2529) ในขณะที่ Bulotienė *et al.* (2008) รายงานว่าขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อด้วยเช่นกัน เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่มีผลทำให้เนื้อสุกมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อ การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา และการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุกสูงขึ้น

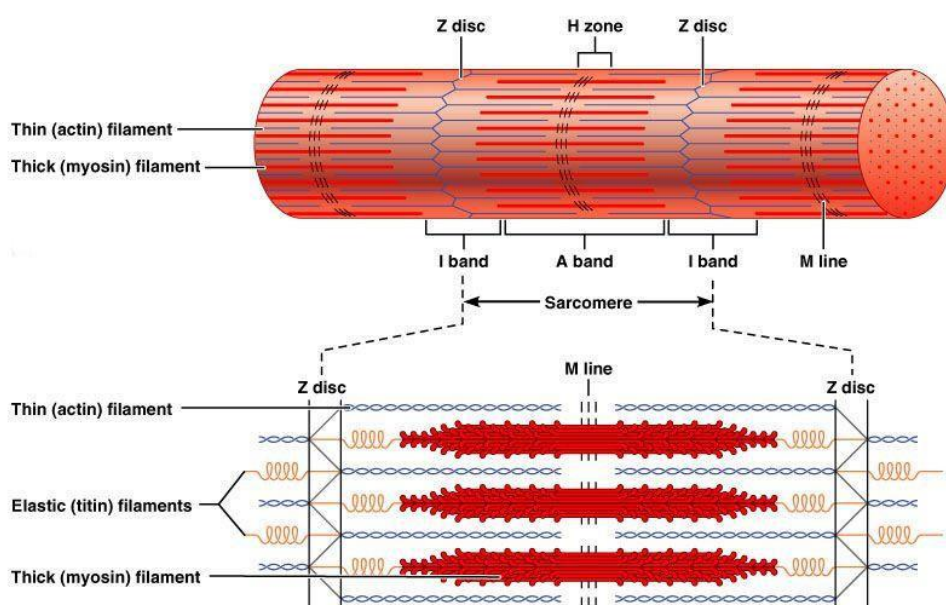
2.2.3 ลักษณะโครงสร้าง (structure) และเนื้อสัมผัส (texture)

เนื้อที่มีคุณภาพสูงนั้นจะมีลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่ค่อนข้างแน่นและคงรูปร่างได้ดี กล้ามเนื้อที่มีลักษณะอ่อนตัวหรือเหลวนั้นส่วนมากจะเป็นผลมาจากการที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ถ้าเนื้อมีความหนาแน่นและลักษณะโครงสร้างดีแล้วย่อมน่าจะดึงดูดใจมากกว่า การที่กล้ามเนื้อมีความแตกต่างกันมีปัจจัยหลายประการ เช่น

1) **สภาวะของ rigor** เนื่องจากซากที่แช่เย็นอย่างถูกวิธีจะมีความแน่นมากกว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้เป็นผลมาจากการเกิดการอยู่ตัว (setting-up) ของกล้ามเนื้อในระหว่างการแช่เย็นซากตามปกติ และการอยู่ตัวนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากการสูญเสียความสามารถในการยืดหรือคลายตัวออก (extensibility) ของกล้ามเนื้อซึ่งมักจะเกิดขึ้นควบคู่ไปกับ rigor mortis อยู่เสมอ และนอกจากนั้นยังเป็นผลมาจากการแข็งตัวของไขมันภายในหรือรอบๆ มัดกล้ามเนื้อ หากนำกล้ามเนื้อไปวัดความยาวซาร์โคเมียร์จะพบว่าอาจหดสั้นไป

มาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเส้นใยพอยไมโอซิน (myosin) และแอคติน (actin) เกิดการเคลื่อนที่เชื่อมเข้าหาและเชื่อมกัน (crossbridge) อย่างมากจนทำให้กล้ามเนื้อมีลักษณะแน่นและตึงตัวมาก

การคลายตัวหรืออาจเรียกอีกอย่างว่าการอ่อนตัวของ rigor mortis นี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของเส้นใยพอย (myofibril) และ crossbridge ของมัน โดยจะมีการคลายตัวที่บริเวณ Z-line จนทำให้ความแข็งตัวของเส้นใยพอยลดระดับลงไป (ลักษณะของเส้นใยพอยและซาร์โคเมอร์ดังแสดงในรูปที่ 2) นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงในการเกิด crossbridge ระหว่างเส้นใยพอย จนทำให้ซาร์โคเมอร์ขยายตัวกว้างออกไปหลังจากที่หดสั้นลง การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลสืบเนื่องมาจากการทำงานของเอนไซม์ คาลเพน (calpain) ที่ย่อยสลายโครงสร้างของโปรตีนในกล้ามเนื้อ เป็นผลให้เนื้อนุ่มกว่าเดิมหรืออาจทำให้เนื้อมีความสามารถในการจับน้ำสูงขึ้น



รูปที่ 2 เส้นใยพอย (myofibril) และซาร์โคเมอร์

ที่มา: http://41.media.tumblr.com/0bffa6a52dac95325ec73e377dcadeb7/tumblr_mpuvrlev1e1s2ybeco1_1280.jpg

ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการอุ้มน้ำกับการเกิด rigor รวมถึงการเปลี่ยนแปลงภายหลังสัตว์ตาย เช่น ค่า pH จะส่งผลให้เนื้อที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไปได้ เช่น ถ้าเนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำดีมีปริมาณน้ำที่ถูกตรึงไว้ในระดับสูงเนื้อก็จะมีลักษณะแน่น มีลักษณะโครงสร้างที่อัดแน่น คงรูป และผิวเนื้อด้านนอกแห้งเหนียว ในทางตรงกันข้ามถ้าเนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำก็จะมีลักษณะอ่อนตัว โครงสร้างหลวม ผิวหน้าเปียกฉะ และจะมีลักษณะโครงสร้างหยวบ

2) ไขมันแทรก (intramuscular fat หรือ marbling) ไขมันแทรก คือ ไขมันที่พบบ่อยภายในมัดกล้ามเนื้อ และเมื่อผ่าชิ้นเนื้อดูจะมองเห็นเป็นลายสีขาวแทรกอยู่ทั่วไปในมัดกล้ามเนื้อนั้นๆ ปริมาณไขมัน

นับว่ามีส่วนสำคัญต่อความแน่นของเนื้อ โดยเฉพาอย่างยิ่งถ้าเป็นเนื้อที่ผ่านการฆ่าและมีการแช่ซากเย็นที่ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เพราะไขมันแทรกเหล่านี้จะแข็งตัวเมื่อซากเย็นลง เมื่อครบ 24 ชั่วโมงแล้วเนื้อที่ได้จะมีลักษณะค่อนข้างแน่นและลักษณะโครงสร้างดี

3) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีอิทธิพลต่อลักษณะโครงสร้างของเนื้อสัตว์เป็นอย่างมาก กล้ามเนื้อที่มีการทำงานมากและเป็นระยะเวลานาน เช่น กล้ามเนื้อบริเวณขาหลัง มักจะดูลักษณะหยาบหรือมองดูเส้นเนื้อใหญ่และหยาบ ส่วนกล้ามเนื้อที่มีการทำงานน้อย เช่น กล้ามเนื้อสันใน จะมีลักษณะเนื้อที่เล็กและละเอียดกว่า เหตุผลที่เป็นเช่นนี้เพราะกล้ามเนื้อที่ต้องทำงานหนัก ร่างกายจะต้องสร้างโครงข่ายของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันให้มีปริมาณมากกว่า และแข็งแรงกว่าตามความต้องการใช้งานในร่างกายเป็นหลัก เนื้อที่มีลักษณะโครงสร้างหยาบนั้นส่วนใหญ่จะได้มาจากสัตว์ที่อายุมาก ถึงแม้ว่าปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะไม่เพิ่มขึ้นตามอายุที่สูงขึ้น แต่คุณภาพของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะเปลี่ยนแปลงไป คือ มีความแข็งแรงมากขึ้น ดังนั้นเนื่องจากสัตว์ที่อายุมากจึงค่อนข้างเหนียว นอกจากนี้ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใหญ่กว่าก็จะเป็นตัวที่ทำให้เนื้อมีลักษณะโครงสร้างที่หยาบกว่าได้ด้วย

2.3 คุณสมบัติของเนื้อสัตว์ที่มีผลต่อคุณภาพในการบริโภค

มนุษย์อาจบริโภคเนื้อสัตว์ด้วยเหตุผลต่างๆ หลายประการ เช่น ประเพณี คุณค่าทางโภชนาการ ความง่ายในการเข้าถึง ความเชื่อทางศาสนา ถึงแม้ว่าด้วยเหตุผลใดก็ตามเนื้อสัตว์จะต้องเป็นส่วนประกอบหลักของอาหารมนุษย์มาอย่างสม่ำเสมอ การทดสอบคุณค่าขั้นสุดท้ายของเนื้อสัตว์นั้นอยู่ที่การยอมรับของผู้บริโภค (acceptability) การยอมรับหรือความนิยมนี้นี้จะมีมากขึ้นขึ้นอยู่กับ การตอบสนองทางจิตวิทยาและความรู้สึกของผู้บริโภค (sensory) ซึ่งเป็นความรู้สึกสัมผัสของแต่ละบุคคลไป

ความอร่อยของเนื้อนับเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคนิยม ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันได้มีนักวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์และอาหารได้วิจัยและแยกแยะเพื่อจะชี้ชัดให้เห็นถึงสารประกอบในเนื้อสัตว์ที่น่าจะเป็นตัวการทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติของเนื้อ โดยการนำเอาคุณสมบัติทางเคมีมาสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางกายภาพเพื่อวิเคราะห์ความอร่อยของเนื้อ แต่ยังไม่สามารถให้คำตอบได้ใกล้เคียงเท่ากับการใช้มนุษย์เป็นผู้ตรวจชิมโดยตรง ด้วยเหตุนี้วิธีวัดความรู้สึกต่อคุณภาพด้านต่างๆ ของเนื้อสัตว์ เช่น ความน่ารับประทาน ความนุ่ม โดยใช้การประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) จึงยังคงเป็นวิธีการที่ใช้การได้ดีและเหมาะสม ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความอร่อยที่ส่งผลต่อการยอมรับและความนิยมของผู้บริโภค (ชัยณรงค์, 2529) ได้แก่

2.3.1 ลักษณะปรากฏของเนื้อ

ตามปกติผู้บริโภคโดยทั่วไปอยากได้เนื้อที่มีสีสันทนน่ารับประทาน ซึ่งได้แก่เนื้อที่สีออกแดงๆ แต่ถ้าเนื้อมีสีคล้ำก็มักจะลงความเห็นว่าเนื้อที่ได้จากสัตว์ที่อายุมาก หรือเป็นสัตว์ที่ตายก่อนถูกฆ่าตามปกติทำให้มีผลสืบเนื่องคือ ผู้บริโภคจะคาดคะเนว่ารสชาติของเนื้อจะไม่ดีตามไปด้วย สีของเนื้อที่สุกก็นับว่ามีผลต่อความชอบของผู้บริโภคเช่นกัน ถ้าสีที่ออกน้ำตาลบนผิวนอกของเนื้อที่ทำให้สุกด้วยการอบ หรือย่าง ผู้บริโภค

อาจคาดเอาว่าเป็นเนื้อที่กรอบนอกและมีรสชาติอร่อย รูปลักษณะเช่นนี้จะช่วยกระตุ้นต่อมน้ำลายในปากของผู้บริโภคได้เป็นอย่างดี ส่วนในด้านไขมันของเนื้อนั้นตามปกติผู้บริโภคจะชอบสื้ออกขาวถึงสีครีม

ในเรื่องของสัดส่วนระหว่างกล้ามเนื้อ กระดูก และไขมันจะมีผลต่อรูปลักษณะของเนื้อสัตว์ด้วยการมีไขมันมากเกินไป มีกระดูกมากเกินไป หรือแม้แต่มีเอ็นผังผืดติดอยู่ปริมาณมากกว่าปกติก็มักจะไม่น่าจะได้รับคามนิยมจากผู้บริโภค

2.3.2 ความนุ่ม

มีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับความนุ่ม ส่วนประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เส้นใยกล้ามเนื้อ และไขมันในส่วนที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อ รวมถึงความรู้สึกของมนุษย์ด้วย และการที่จะวัดความรู้สึกของมนุษย์นั้นเป็นเรื่องยากและละเอียดอ่อน การวัดความนุ่มของเนื้อพิจารณาได้จาก

2.3.2.1 การรับรู้ความนุ่ม การรับรู้ความนุ่มของเนื้อในขณะที่กำลังเคี้ยวอยู่นั้น สามารถแยกแยะรายละเอียดต่างๆ ได้เป็น

1) ความอ่อนนุ่มที่รู้สึกในแก้มและลิ้น หมายถึง ความรู้สึกเริ่มแรกที่เนื้อสัตว์เริ่มเข้าปากและไปสัมผัสที่ลิ้น และเนื้อเยื่อบริเวณแก้ม ความอ่อนนุ่มที่สัมผัสนั้นอาจมีความรู้สึกที่นุ่มจนถึงยุ่ย (mushy) หรืออาจรู้สึกกระด้าง

2) ความสามารถต้านต่อแรงกดของฟัน เป็นความรู้สึกที่มนุษย์รับทราบจากแรงกดของฟันที่พยายามกัดก้อนเนื้อในปาก

3) ความง่ายในการเคี้ยว หมายถึง ความสามารถของฟันที่จะกัดผ่านเส้นใยกล้ามเนื้อและทำให้ผนังเส้นใยกล้ามเนื้อขาดได้ง่าย ความรู้สึกในช่วงนี้กล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าเป็นความรู้สึกง่ายที่จะเคี้ยวขึ้นเนื้อให้มีขนาดย่อยละเอียดไปกว่าเดิม

4) การยุ่ยละเอียด (mealiness) เป็นความละเอียดของเนื้อที่ถูกเคี้ยวบดด้วยฟันไปอีกระยะหนึ่ง ความรู้สึกนี้มาจากการเลือนไหลไปมาของอนุภาคเล็กๆ ในระหว่างลิ้น เหงือก และแก้ม ในขณะที่เคี้ยว และนอกจากนั้นก็ทำให้ความรู้สึกว่าเนื้อแห้งหรือชุ่มฉ่ำด้วย

5) การเกาะตัว (adhesion) หมายถึง ระดับที่เส้นใยกล้ามเนื้อสามารถเกาะตัวอยู่ด้วยกันได้ ความแข็งแรงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ห่อหุ้มรอบเส้นใยกล้ามเนื้อและกลุ่มเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีอิทธิพลโดยตรงต่อความรู้สึกของการเกาะตัว

6) การตกค้างหลังการเคี้ยว ความรู้สึกนี้ทราบได้โดยการประมาณจำนวนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหรือกากที่เหลืออยู่ หลังจากที่มีส่วนใหญ่ของเนื้อได้ถูกเคี้ยวละเอียดจนพร้อมที่จะกลืนได้แล้ว

2.3.2.2 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ปริมาณและโครงสร้างภายในของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันทำให้เนื้อสัตว์มีความแตกต่างกันในแง่ของความนุ่ม เนื้อที่นุ่มกว่ามักมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำกว่า เนื้อเยื่อเกี่ยวพันประกอบไปด้วยคอลลาเจน (collagen) อิลาสติน (elastin) และเรติคิวลิน (reticulin) ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้มีผลทำให้เนื้อมีความเหนียวได้

คำว่าเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีความหมายที่ครอบคลุมโครงสร้างหลายๆ อย่างในร่างกาย ได้แก่ เอ็นและผังผืด ซึ่งทำหน้าที่ในการยึดและมัดรวมเนื้อเยื่อให้อยู่รวมกันได้ในกล้ามเนื้อนั้น เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีอยู่ในรูปของอีพิมิเซียม (epimysium) เพอริมิเซียม (perimysium) และเอนโดมิเซียม (endomysium) ซึ่งห่อหุ้มและแทรกตัวเข้าภายในกล้ามเนื้อจนถึงระดับเส้นใยกล้ามเนื้อ ปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสัมพันธ์กับการทำงานของกล้ามเนื้อ การที่สัตว์มีอายุมากขึ้นกล้ามเนื้อต้องทำงานหนักขึ้น จึงเป็นเหตุให้ความเหนียวของเนื้อเพิ่มขึ้น (Weston *et al.*, 2002; สัตยชัย, 2547)

2.3.2.3 ลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อ ปัจจัยที่มีผลต่อความเหนียวนุ่มของเนื้อสัตว์อีกประการหนึ่งคือ สถานะของการยึดหดตัวของกล้ามเนื้อหลังการแข็งตัว (post rigor) ถ้าบริเวณใดมีการเกิด crossbridge มากกว่าก็จะเหนียวกว่า และในทางตรงกันข้ามถ้ามี crossbridge ต่ำกว่าก็จะนุ่มกว่า นั้นแสดงถึงความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้าม (inverse) ระหว่างความยาวซาร์โคเมียร์และค่าแรงตัดผ่าน (shear force) ของกล้ามเนื้อ

2.3.2.4 ไขมันแทรก ชัยณรงค์ (2529) กล่าวว่าไขมันแทรกไม่มีความสัมพันธ์ต่อความนุ่มของเนื้อ อย่างไรก็ตามไขมันแทรกจะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวหล่อลื่นขณะเคี้ยว จึงทำให้มีความรู้สึกเหมือนกับว่าเนื้อมีความนุ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาก่อนหน้านี้รายงานว่าปริมาณไขมันแทรกในเนื้อที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง (Berry, 1993; Li *et al.*, 2006) ในขณะการศึกษาของ Kerry *et al.* (2002) รายงานว่าปริมาณไขมันแทรกมีอิทธิพลต่อคุณภาพด้านการบริโภค โดยมีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อของผู้บริโภค ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่จะเลือกเนื้อที่มีปริมาณไขมันแทรกน้อย ไม่นิยมเลือกซื้อเนื้อที่มีปริมาณไขมันแทรกในระดับปานกลางถึงระดับสูง แต่เมื่อนำมาปรุงสุกแล้วพบว่า ปริมาณไขมันแทรกยิ่งสูงยิ่งช่วยทำให้เนื้อนั้นมีความนุ่มเพิ่มมากขึ้น

2.3.3 ความชุ่มฉ่ำ

เนื้อที่มีความชุ่มฉ่ำในขณะบริโภคนั้นส่วนใหญ่จะเป็นเนื้อที่ได้รับความนิยมสูง ทั้งนี้เพราะทำให้มีความรู้สึกว่เนื้อนั้นอร่อย นอกจากนี้แล้วยังมีรสชาติที่ดีของน้ำเนื้อร่วมอยู่ในนั้นด้วย และในขณะที่บดเคี้ยวในปากน้ำเนื้ออาจจะช่วยหล่อลื่นทำให้การเคี้ยวเป็นไปได้อย่างจนกระทั่งกลืน แหล่งของน้ำเนื้อก็คือ ไขมันแทรก และปริมาณน้ำที่มีอยู่ในเนื้อ ในระหว่างการบดเคี้ยวยังช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำลายจนทำให้มีความรู้สึกอร่อยมากขึ้น

ในระหว่างการใช้ความร้อนเพื่อให้เนื้อสุกนั้น ไขมันแทรกจะละลายแล้วไปอุดช่องว่างระหว่างเพอริมิเซียม จึงทำหน้าที่คล้ายๆ กับเป็นตัวกั้นมิให้น้ำภายในเนื้อถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้เนื้อก่อนนั้นมีความชุ่มฉ่ำภายในสูง นอกจากไขมันแทรกแล้วไขมันใต้ผิวหนังอาจทำหน้าที่เช่นเดียวกันนี้ได้

Kerry *et al.* (2002) รายงานว่าความชุ่มฉ่ำของเนื้อมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ในเนื้อหลังจากปรุงสุก รวมถึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันแทรกในเนื้อด้วยเช่นกัน เนื้อที่มีค่า pH สุดท้ายสูง เมื่อนำมาปรุงสุกจะทำให้เนื้อนั้นมีปริมาณน้ำเหลืออยู่ภายในเนื้อมาก ตรงกันข้ามกับเนื้อที่มีค่า pH สุดท้ายต่ำ หรือพวกที่เป็นเนื้อ PSE จะมีน้ำเหลืออยู่ในเนื้อน้อยหลังจากปรุงสุกทำให้เนื้อมีความชุ่มฉ่ำลดลง นอกจากนี้

พบว่าระดับของอุณหภูมิในการปรุงสุกของเนื้อก็มีผลต่อความชุ่มฉ่ำของเนื้อด้วยเช่นกัน โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียสจะทำให้ความชุ่มฉ่ำของเนื้อลดลง

2.3.4 รสชาติและกลิ่น

ความรู้สึกของรสชาติและกลิ่นของเนื้อสัตว์ที่บริโภคนั้นนับเป็นความรู้สึกที่ยากในการแยกแยะ ส่วนประกอบในเนื้อที่ทำให้เกิดรสชาตินั้น ได้แก่ สารประกอบในเนื้อ ซึ่งเมื่อถูกความร้อนก็จะแปรสภาพไปเป็นสารประกอบรสและกลิ่น ได้แก่ อินโนซีนโมโนฟอสเฟต (inosine monophosphate, IMP) และ ไฮโปแซนทีน (hypoxanthine) ที่เป็นผลผลิตจากการแปรสภาพของอะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate, ATP)

นอกจากนี้ส่วนประกอบของรสชาติของเนื้อนั้นมาจากส่วนที่เป็น water soluble เช่น กรดอะมิโนและคาร์โบไฮเดรตในกล้ามเนื้อ (จุฑารัตน์, 2539) แต่รสชาติที่แตกต่างกันในระหว่างชนิดสัตว์นั้น จะมาจากส่วนที่ละลายได้ในไขมัน ซึ่งจะกลายเป็นสารระเหยได้เมื่อถูกความร้อน

การเปลี่ยนแปลงในรสชาติและกลิ่นของเนื้ออาจเกิดขึ้นได้จากปัจจัยบางประการ และที่สำคัญคือ ระยะเวลากับสภาวะในการเก็บรักษา รสชาติและกลิ่นเหล่านี้อาจเป็นได้ทั้งที่พึงประสงค์และไม่พึงประสงค์ สำหรับสิ่งที่พึงประสงค์อาจมาจากรสชาติและกลิ่นที่เกิดจากการบ่มซากในอุณหภูมิต่ำ (0-4 องศาเซลเซียส) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ ได้แก่ การสลายตัวของโมโนนิวคลีโอไทด์ (mononucleotide) อะดีโนซีนโมโนฟอสเฟต (adenosine monophosphate, AMP) และอินโนซีนโมโนฟอสเฟต (Michael Eskin *et al.*, 2013) และผลผลิตจากจุลินทรีย์ต่างๆ ส่วนที่ให้รสชาติและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ก็อาจเกิดขึ้นได้จากการเก็บรักษา เช่น การเหม็นหืน (rancidity) ของไขมัน เกิดการแตกตัวของกรดไขมันได้เป็นสารเคมีประเภทอัลดีไฮด์และคีโตน ซึ่งทำให้เกิดรสชาติและกลิ่นที่เหม็นหืนอย่างรุนแรง (ชัยณรงค์, 2529)

2.3.5 การทำให้สุก

การใช้อุณหภูมิและระยะเวลาในการทำให้สุกที่เหมาะสม จะทำให้เนื้อมีความอร่อยและน่ารับประทาน การใช้ความร้อนเพื่อทำให้เนื้อสุกนั้นอาจส่งผลทำให้เนื้อนุ่มหรือเหนียวขึ้นได้ โดยทั่วไปแล้วเมื่อโปรตีนถูกความร้อนก็จะเกิดการจับตัวเป็นก้อน (coagulation) และแข็งตัวในที่สุด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นผลให้เนื้อเหนียวขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามถ้ามีการเปลี่ยนแปลงโดยมีความสามารถละลายน้ำสูงขึ้นแล้วเนื้อก็จะนุ่มกว่าได้ ซึ่งก็คือการเกิดการแข็งตัวของโปรตีนกับการกลายสภาพไปเป็นเจลาติน (gelatin) ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันคอลลาเจนนั่นเอง หากป้องกันมิให้อุณหภูมิภายในเนื้อสูงจนเกินไป (72-74 องศาเซลเซียส) ก็จะทำให้เนื้อรักษาความนุ่มไว้ได้และไม่มีการแข็งตัวของโปรตีนเกิดขึ้น อุณหภูมิในการทำให้สุกของเนื้อสุกรที่แนะนำคือ 77 องศาเซลเซียส

2.4 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

มัดกล้ามเนื้อประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้ออยู่เป็นจำนวนมาก โดยกล้ามเนื้อแต่ละมัดจะประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดเดียวหรือหลายชนิดแต่มีสัดส่วนของเส้นใยแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน เส้นใย

กล้ามเนื้อสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการหดตัว (contraction) หรือแบ่งตามกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดขึ้น (metabolic properties) (ตารางที่ 3 และ 4)

1) การแบ่งตามลักษณะการหดตัว โดยอาศัยโปรตีนไมโอซินเป็นตัววัดการหดตัวของกล้ามเนื้อ การแบ่งตามลักษณะการหดตัวนี้แบ่งเป็นแบบ slow-twitch type I ซึ่งเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้รักษาการทรงตัว และ fast-twitch type II ซึ่งเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคลื่อนไหว (Lefaucheur and Gerrard, 1998) วิธีการวัดโดยหลักการ Histochemistry นั้นสามารถแบ่ง type I และ type II ด้วย m-ATPase staining โดย type I m-ATPase จะถูกยับยั้งหลังจาก alkaline pre-incubation และ type II หลังจาก acid pre-incubation (Picard *et al.*, 2002)

2) การแบ่งตามกระบวนการเมแทบอลิซึม สามารถวัดจาก activity ของ metabolic enzymes ในไมโทคอนเดรีย เช่น oxidative enzyme succinate dehydrogenase (SDH) โดย oxidative (red fiber) and non-oxidative (white fibre) สามารถแยกได้ด้วย SDH staining (Gauthier, 1969) เมื่อรวมทั้งสองวิธีเข้าด้วยกันโดยจะทำการแบ่งระหว่าง slow type I และ fast type II ด้วย mATPase-based จากนั้นทำการแบ่งระหว่าง fast oxidative และ fast glycolytic ด้วย metabolic enzyme based

แต่เนื่องจากหลักการ Histochemistry นั้นเป็นเทคนิคที่ใช้เวลาค่อนข้างมากในการตรวจสอบ ดังนั้นในปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคนิคอื่นๆ เพื่อมาใช้ในการแบ่งชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ เป็นต้นว่า การแบ่งตาม Myosin Heavy Chain (MHC) isoforms ซึ่งสามารถแบ่งได้โดยหลักการ immuno-histochemistry ซึ่งอาศัย antibodies ที่เฉพาะเจาะจงกับ MHC isoforms หรืออาศัยหลักการของอิเล็กโตรโฟรีซิสที่ชนิดของ MHC มีการเคลื่อนที่ในเจลอะครีลาไมด์ไม่เท่ากัน นอกจากนี้แล้วยังสามารถจำแนกชนิดของ MHC ตามการแสดงออกของยีน (gene expression) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถตรวจสอบชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อได้รวดเร็วกว่าแบบ Histochemistry ที่เป็นแบบดั้งเดิม ซึ่งจากผลการทดลองของ Jones *et al.* (1999) พบว่าการแบ่งเส้นใยกล้ามเนื้อตามหลักการ Histochemistry มีความสอดคล้องกับการแบ่งตาม MHC isoforms ในการศึกษาชนิดของ MHC ในสุกรพบว่าจำแนกได้ 4 ชนิดตามการแสดงออกของยีน คือ MHC I MHC IIa MHC IIx และ MHC IIb (Chikuni *et al.*, 2001; Lefaucheur *et al.*, 2004) นอกจากนี้ Toniolo *et al.*, (2004) รายงานว่ากล้ามเนื้อสันนอกของสุกรมี MHC 4 ชนิดเช่นเดียวกัน โดยการจำแนกตามวิธีการร่วมระหว่าง histochemistry และ immuno-histochemistry รวมทั้งตามการจำแนกตามหลักการของอิเล็กโตรโฟรีซิส

ตารางที่ 3 การเรียกชื่อชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

Nomenclature		Muscle Fiber types		
contractile type	Slow-twitch	----- Fast twitch -----		
mATPase activity	I	IIa		IIb
mATPase activity and SDH activity	β R (red)	α R (red)		α W (white)
metabolic type	Slow Oxidative	Fast Oxidative-glycolytic		Fast Glycolytic
Myosin heavy chain	MHC I	MHC IIa	MHC IIx	MHC IIb

ที่มา: ดัดแปลงจาก Picard *et al.* (2002)

ตารางที่ 4 ลักษณะทางชีวภาพของเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิด

	I	IIa	IIx	IIb
Contraction speed	+	+++	++++	+++++
Myofibrillar ATPase	+	+++	++++	+++++
Oxidative metabolism	+++++	++++	++	+
Glycolytic metabolism	+	++++	++++	+++++
Myoglobin	+++++	++++	++	+
Triglycerides	+++++	++	+	+
Glycogen	+	+++ ++	++++	+++++
Collagen	+++++	+	+	+
Diameter	+	++	++++	+++++

+ = ต่ำมาก, ++ = ต่ำ, +++ = ปานกลาง, ++++ = สูง, +++++ = สูงมาก

ที่มา: ดัดแปลงจาก Lefaucheur (2006)

การจำแนกชนิดของ MHC ตามการแสดงออกของยีน (gene expression) ซึ่งเป็นหลักการที่จะนำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผลการทดลองของ Wimmers *et al.* (2008) รายงานสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่จำแนกตามหลักการของ histochemistry กับ real-time PCR ระหว่างการจัดจำแนกชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อตามทั้ง 2 วิธี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.53 – 0.72 โดยจากการจำแนกชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อในสุกรพบว่าทั้ง 2 วิธีนั้นมีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด MHC II เป็นส่วนใหญ่ (ดังตารางที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lefaucheur *et al.* (2004) ที่พบว่าชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่จำแนกตามปริมาณการแสดงออกของยีนสอดคล้องกับการจำแนกตามการแสดงออกของโปรตีน การจัดจำแนกชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อด้วยวิธี histochemistry ในสุกรนั้นพบว่าแยกเส้นใยกล้ามเนื้อเป็น 3 ชนิดคือ type I, IIa และ IIb (Lefaucheur *et al.*, 1991) สำหรับวิธีที่ใช้ในการแยกระหว่าง type IIx และ IIb รวมทั้ง ไฮบริดระหว่างเส้นใย 2 ชนิดนั้นต้องอาศัยวิธี immunocytochemistry โดยใช้ antibodies ที่เฉพาะเจาะจงกับชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ หรืออาศัยวิธี real-time PCR (Wimmers *et al.*, 2008) ซึ่ง real-time PCR นี้ถือว่าไม่ใช่การจำแนกชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อโดยตรงแต่เป็นการวัดปริมาณการแสดงออกของยีนที่สร้างเส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีดั้งเดิมคือ histochemistry พบว่ามีความต่างกันในการจำแนก fast fiber type ดังตารางที่ 5 ที่พบว่า MHC IIb ที่จำแนกด้วย histochemistry มี 80.4 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การจำแนกตามการแสดงออกของยีนพบว่า MHC IIb มี 52.4 เปอร์เซ็นต์ แต่มี MHC IIx อยู่ 16.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Wimmers *et al.* (2008) สรุปว่าการจำแนกด้วย real-time PCR น่าจะสามารถจำแนกชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อได้ตรงตามยีนในร่างกายสัตว์มากกว่า แต่ข้อด้อยของวิธีนี้ คือ ไม่สามารถวัดขนาดหรือจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อได้

ตารางที่ 5 การจัดจำแนกชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อตามวิธี histochemistry และ real-time RT-PCR

Muscle fiber type	Histochemistry ATPase pH 4.6	Real-time RT-PCR	Correlation coefficient
MHC I	16.1 ± 1.9	18.3 ± 1.8	0.72 (P = 0.004)
MHC IIa	3.5 ± 0.6	12.8 ± 3.0	0.67 (P = 0.004)
MHC IIx		16.5 ± 2.6	
MHC IIb	80.4 ± 1.9	52.4 ± 5.0	0.53 (P = 0.004)

ที่มา : Wimmers *et al.* (2008)

2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อต่อคุณภาพเนื้อ

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีอิทธิพลต่อขบวนการเมตาบอลิซึมภายในกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงส่งผลถึงคุณภาพเนื้อ โดยเฉพาะในเรื่องของความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity) ที่เป็นผลจากการลดลงของค่า pH ในเนื้อหลังสัตว์ตาย (Sonesson *et al.*, 1998; Brocks *et al.*, 2000) โดย Ryu and Kim (2006) รายงานว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด type I มีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบกับค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (drip loss) และการสูญเสียระหว่างการปรุง (cooking loss) และค่าความสว่าง (lightness) ของสีเนื้อ ในขณะที่กล้ามเนื้อที่มีปริมาณเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด type IIb จะมีค่าการสูญเสียน้ำสูงกว่า ซึ่งอัตราการลดลงของค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่สูงกว่าในกล้ามเนื้อที่เส้นใยชนิด type IIb นั้น เนื่องมาจากมีการสะสมไกลโคเจนสูงกว่า type I ดังนั้นภายหลังสัตว์ตาย การสลายพลังงานจะเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic glycolysis) ซึ่งทำให้ได้กรดแลคติกสูงกว่าด้วย ส่งผลให้ค่า pH ลดลงมากกว่า นอกจากนี้ Seideman and Crouse (1986) พบว่าขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อ โดยกล้ามเนื้อที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่โดยเฉพาะ type IIb นั้นมีความเหนียวของเนื้อมากกว่ากล้ามเนื้อที่มีเส้นใยขนาดเล็กสำหรับปริมาณไขมันแทรก (intramuscular fat) เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพเนื้อ โดย Renand *et al.* (2001) รายงานค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณไขมันแทรกและความนุ่มของเนื้อ ในขณะที่ปริมาณไขมันแทรกมีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบกับขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Karlsson *et al.*, 1999) ในโคพบว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด type I มีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณไขมันแทรก (Calkins *et al.*, 1981) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ากล้ามเนื้อที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดเล็กชนิด type I สูงจะมีคุณภาพดีกว่ากล้ามเนื้อที่มีเส้นใยขนาดใหญ่โดยเฉพาะ type IIb ในเรื่องของความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและมีปริมาณไขมันแทรกมากกว่า แต่ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อกับความนุ่มของเนื้อนั้นยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน

2.6 การประเมินทางประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) ด้านคุณภาพการบริโภค (eating quality) หรือ meat palatability มีความสำคัญต่อการเข้าใจถึงคุณลักษณะทางการบริโภคของเนื้อที่ได้จากพันธุ์สุกรที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ขึ้นมาใหม่ ซึ่งการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสามารถศึกษาได้โดยทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภค (consumer panels) หรือกลุ่มผู้ประเมินที่ได้รับการฝึกฝน (trained panels) การประเมินโดยทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภค หมายถึง การศึกษาการยอมรับ ความพึงพอใจ หรือความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพในการบริโภคของเนื้อ ซึ่งรวมถึงความฉ่ำน้ำของเนื้อ ความนุ่ม และกลิ่นรส (รสชาติและกลิ่น) การรับรู้ของผู้บริโภคต่อลักษณะทั้งสามด้านของเนื้อดังกล่าวส่งผลให้เกิดการรับรู้เป็นความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อเนื้อที่ถูกทดสอบ อย่างไรก็ตามผู้บริโภคมีความหลากหลาย ขณะเดียวกันผู้บริโภคมักไม่เข้าใจคำศัพท์เฉพาะที่จะใช้อธิบายถึงคุณลักษณะของเนื้อที่ตนบริโภคว่าแตกต่างกันอย่างไร หรือเป็นเพราะอะไรที่ทำให้เกิดความแตกต่างกันในตัวอย่างที่ตนเองกำลังบริโภค ส่วนใหญ่ผู้บริโภคจะสามารถบอกได้เพียงว่าตนเองชอบหรือไม่ชอบ เช่น ผู้บริโภคสามารถบอกได้ว่าเนื้อนั้นนุ่มหรือเหนียวตามความชอบเฉพาะบุคคล และบอกระดับความนุ่มตามความรู้สึกของตนเองได้ หากมีการอธิบายให้เข้าใจและชัดเจนถึงวิธีการประเมินความนุ่มและมาตรวัดที่ใช้ แต่ระดับความนุ่มที่ได้อาจแตกต่างกันตามความชอบของผู้บริโภคแต่ละคน และไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นความนุ่มหรือเหนียวโดยเกิดจากอิทธิพลของเส้นใยกล้ามเนื้อ หรือจากปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งความนุ่มหรือเหนียวดังกล่าวจะสามารถทราบได้โดยการทดสอบจากผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน หรือจากการใช้เครื่องมือวัด เป็นต้น เนื่องจากผู้ประเมินแบบฝึกฝนจะได้รับการฝึกจนมีความเข้าใจในคุณลักษณะและมาตรวัดที่ใช้ไปในทางเดียวกัน (Miller, 1998; Miller, 2003) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส โดยเฉพาะการทดสอบกับผู้ประเมินแบบฝึกฝน กับคุณสมบัติที่ทดสอบโดยทางเคมีและทางกายภาพ จะให้ข้อมูลพื้นฐานที่สามารถใช้อธิบายคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อลักษณะคุณภาพนั้นๆ สำหรับวิธีการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ประเมินแบบฝึกฝน ได้แก่ Descriptive tests (การทดสอบเชิงพรรณนา) เช่น spectrum method, quantitative descriptive analysis method, flavor profile method และ texture profile method เป็นต้น และ attribute difference tests (การทดสอบความแตกต่างของคุณลักษณะ) เช่น triangle test, duo-trio test, และ difference from control test เป็นต้น (Meilgaard *et al.*, 2007) ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อสัตว์ เช่น เนื้อสุกรทั้งชิ้น (whole pork muscle) โดยใช้ผู้ประเมินแบบฝึกฝน มีแนวทางการประเมินตามข้อเสนอแนะของ American Meat Science Association (AMSA) ร่วมกับ National Livestock and Meat Board (MB) ของสหรัฐอเมริกา โดยใช้มาตรวัดแบบตัวเลข (8-point numerical scale) เพื่อประเมิน meat descriptive attributes เช่น ความฉ่ำน้ำของเนื้อ สามารถประเมินเป็น initial juiciness และ sustained juiciness ให้คะแนน 1 คือ extremely dry และคะแนน 8 คือ extremely juicy หรือความนุ่ม สามารถประเมินเป็น muscle fiber tenderness (first impression) และ overall tenderness โดยให้คะแนน 1 คือ extremely tough และคะแนน 8 คือ extremely tender นอกจากนั้น

ยังสามารถประเมินเป็น connective tissue amount โดยให้คะแนน 1 คือ abundant และคะแนน 8 คือ none เป็นต้น (AMSA, 1995; Miller, 1998)

2.7 อิทธิพลของพันธุกรรมต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกร

สุกรมีชีวิตที่ถูกฆ่าและชำแหละโดยผ่านกระบวนการฆ่าที่ได้มาตรฐานสากล ไม่ได้หมายความว่าซากนั้นมีความคุณภาพดี แต่ซากที่มีคุณภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น สายพันธุ์ เพศ อายุ คุณภาพอาหาร การดูแล การจัดการภายในฟาร์ม และการจัดการก่อนฆ่า (จุฑารัตน์, 2539) ซากของสัตว์ หมายถึง ร่างกายสัตว์ภายหลังจากถูกฆ่า โดยที่ซากจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ กระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน (ชัยณรงค์, 2529) ในขณะที่คุณภาพซากที่ดี หมายถึง ซากที่มีสัดส่วนของปริมาณกล้ามเนื้อต่อไขมันสูง รวมถึงเนื้อและไขมันต้องมีความคุณภาพดี เนื่องจากคุณภาพเนื้อที่ได้จากแต่ละส่วนของซากนั้นแตกต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางด้านการบริโภค (eating value) และคุณภาพด้านคุณค่าทางโภชนาการ (nutritional value) (จุฑารัตน์, 2539)

เปอร์เซ็นต์ซากของสุกรในประเทศไทยโดยทั่วไปอยู่ระหว่างร้อยละ 70-80 (สัญญาชัย, 2547) และมีส่วนสำคัญที่มีปริมาณเนื้อแดงมาก 4 ส่วน (4 lean cuts) อยู่มากกว่าร้อยละ 60 (จุฑารัตน์, 2539) ซึ่ง กานต์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาอิทธิพลของพันธุกรรม เพศ และน้ำหนักซากต่อปริมาณเนื้อแดงรวม ปริมาณไขมันรวม และปริมาณชิ้นส่วนจากการตัดแต่งของสุกร สุกรที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สุกรลูกผสมสองสาย (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) และสุกรลูกผสมสามสาย (ดอร์ค x ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) สุกรทั้งหมดถูกเลี้ยงภายใต้ระบบการจัดการเดียวกัน เมื่อครบอายุนำสุกรเข้าฆ่าและตัดแต่งออกเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ได้แก่ ไหล่ตอนบน ไหล่ตอนล่าง สันนอก สันใน สะโพก สามชั้นไม่รวมหนัง ซีโครง กระดูกรวม และขาหน้ารวมขาหลัง แบ่งน้ำหนักซากก่อนภายหลังกระบวนการฆ่าออกเป็น 4 ระดับ คือ 60.0-69.9 70.0-79.9 80.0-89.9 และ 90.0-99.9 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่าสุกรลูกผสมสองสายมีน้ำหนักชิ้นส่วนไหล่ตอนบนและสามชั้นไม่รวมหนังสูงกว่าสุกรลูกผสมสามสาย ในขณะที่สุกรลูกผสมสามสายมีน้ำหนักซีโครง กระดูกรวม และขาหน้ารวมขาหลังสูงกว่า ($P < 0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่าสุกรเพศเมียมีปริมาณเนื้อแดง สะโพก สันใน และสันนอกมากกว่าสุกรเพศผู้ตอน ในขณะที่สุกรเพศผู้ตอนมีปริมาณไขมันรวมและสามชั้นสูงกว่าสุกรเพศเมีย ($P < 0.01$)

Alonso *et al.* (2009) ได้ศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพเนื้อ ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (intramuscular fat) และไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat) โดยใช้สุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ ได้แก่ ลาร์จไวท์ x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) ดอร์ค x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) และเปียตรง x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) แบ่งออกเป็นสุกรเพศเมีย 90 ตัว และสุกรเพศผู้ตอน 90 ตัว ศึกษาในกล้ามเนื้อ 2 ชนิด คือ *Longissimus dorsi* และ *Semimembranosus* ผลการทดลองพบว่าคุณภาพเนื้อของสุกรลูกผสมทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่สุกรลูกผสม ดอร์ค x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) มีระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงที่สุด ในขณะที่สุกรเพศผู้ตอนมีระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงกว่าและมีสีเนื้อดีกว่าสุกรเพศเมีย

Miar *et al.* (2014) ได้ศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและลักษณะปรากฏ (phenotype) ของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ โดยใช้สุกรขุนลูกผสมสามสายทางการค้า (ดอร์ค × ลาร์จไวท์ × แลนด์เรซ) พบว่าการคัดเลือกพันธุ์ด้วยลักษณะน้ำหนักแรกคลอด (birth weight) มีผลทำให้ค่าการสูญเสียเนื้อระหว่างการเก็บรักษา และค่าความสว่าง (lightness) ของกล้ามเนื้อสูงขึ้น (เนื้อมีสีซีด) ในขณะที่ความหนาไขมันสันหลังของสุกรจะลดลง ซึ่งการคัดเลือกพันธุ์ด้วยลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตจะมีผลทำให้สุกรมีน้ำหนักซากและน้ำหนักชิ้นส่วนหลัก (primal cuts) เพิ่มขึ้น ส่วนการคัดเลือกพันธุ์ด้วยลักษณะประสิทธิภาพการใช้อาหารจะมีผลทำให้ค่าความสว่างของเนื้อสันนอกลดลง จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหากคัดเลือกสุกรที่มีลักษณะให้เนื้อแดงมากจะส่งผลต่อค่าการสูญเสียเนื้อระหว่างปรุงสุกของเนื้อและสีของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพเนื้อจะลดลงหากเน้นการปรับปรุงพันธุ์สุกรให้มีความหนาไขมันสันหลังและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น ในขณะที่การคัดเลือกลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตไม่มีผลต่อคุณภาพเนื้อแต่อย่างใด ในขณะที่ McCann *et al.* (2008) รายงานว่าในการคัดเลือกลักษณะที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพซากของสุกรไม่สามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อได้

Morales *et al.* (2013) ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของสุกรลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดอร์คและพ่อสุกรพันธุ์เปย์แตรง ผลการทดลองพบว่าสุกรลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดอร์คมีอัตราการเจริญเติบโตและมีระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงกว่า ในขณะที่ชิ้นส่วนสะโพกและสันนอกต่ำกว่าสุกรลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์เปย์แตรง นอกจากนี้ Bunter *et al.* (2008) รายงานว่าสุกรลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดอร์คมีคุณภาพการบริโภคของเนื้อที่ดี คือ มีระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงและค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำ แต่คุณภาพซากไม่ดีเนื่องจากมีปริมาณไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat) และสามชั้น (belly) สูง อย่างไรก็ตามการคัดเลือกสุกรสายพ่อพันธุ์ที่มีลักษณะดีเด่นสามารถช่วยปรับปรุงคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตรวมถึงคุณภาพเนื้อของลูกสุกรได้

Edwards *et al.* (2006) ประเมินลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของสุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดอร์คและเปย์แตรง พบว่าสุกรลูกผสมทั้งสองกลุ่มมีน้ำหนักแรกเกิด ความหนาไขมันสันหลัง และขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันไม่แตกต่างกัน สุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดอร์คเป็นสุกรที่เจริญเติบโตเร็วแต่มีไขมันในซากมากกว่า ในขณะที่สุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์เปย์แตรงเป็นสุกรที่เจริญเติบโตช้ากว่าแต่มีปริมาณเนื้อแดงมากกว่า

Wood *et al.* (2004) ได้ศึกษาผลของพันธุ์และอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโต การสะสมไขมันและชนิดของไขมัน และลักษณะทางการบริโภคของสุกร 4 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ดอร์ค พันธุ์ลาร์จไวท์ พันธุ์เบิร์กเชียร์ (Berkshire) และพันธุ์แทมเวิร์ธ (Tamworth) อาหารทดลองแบ่งออกเป็น 2 สูตร คือ สูตรที่มีระดับโปรตีนปกติ (โปรตีน 20%) และสูตรอาหารโปรตีนต่ำ (โปรตีน 16%) การประเมินลักษณะทางการบริโภค ได้แก่ ความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ กลิ่นที่พึงประสงค์และไม่พึงประสงค์ของไขมัน และรสชาติของเนื้อที่พึงประสงค์และไม่พึงประสงค์ (8-point category scales) ผลการทดลองพบว่าพันธุกรรมมีผลต่อการเจริญเติบโต การสะสมไขมัน และคะแนนความอร่อยของเนื้อสุกร สุกรพันธุ์ดอร์คมีปริมาณไขมันและระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสันนอก

และกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาว (long-chain polyunsaturated fatty acids, 20:5n-3 and 22:6n-3) สูงที่สุด ในขณะที่อาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตและการสะสมไขมัน อาหารที่มีระดับโปรตีนต่ำมีผลทำให้สุกรเจริญเติบโตช้าและมีการสะสมไขมันมากขึ้น แต่ส่งผลทำให้เนื้อมีความนุ่มและความชุ่มฉ่ำมากขึ้น ในขณะที่รสชาติในเนื้อลดลง

Edwards *et al.* (2003) รายงานว่าสุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์เป็ดตรงมีเปอร์เซ็นต์ซาก และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงกว่าสุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดิวอี้ (74.0, 73.1% และ 52.6, 50.7% ตามลำดับ) นอกจากนี้ลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์เป็ดตรงมีชิ้นส่วนหลัก (primal cuts) ได้แก่ แฮม (23.0 และ 22.4%) และสันนอก (21.6 และ 21.2%) สูงกว่าสุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดิวอี้ ในขณะที่สุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดิวอี้มีชิ้นส่วนสามชิ้นสูงกว่า (12.0 และ 11.7) ในส่วนของค่าคะแนนคุณภาพเนื้อ ได้แก่ สี ระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ และความแน่นของเนื้อ (ระดับคะแนน 1-5) พบว่าสุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดิวอี้มีระดับคะแนนที่สูงกว่า นอกจากนี้สุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดิวอี้ยังมีค่า pH ที่ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ค่าสีแดง (a^*) สูงกว่า และมีค่าการสูญเสียไอน้ำระหว่างการเก็บรักษาต่ำกว่าลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์เป็ดตรง นอกจากนี้การศึกษาของ Suzuki *et al.* (2003) รายงานว่าพันธุ์สุกรที่จะเลือกใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้าย มีผลต่อการสะสมไขมันและคุณลักษณะของไขมันของสุกรขุนลูกผสม

บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคของสุกรพันธุ์แท้ปากช่อง 5 สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค และการทดลองที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคของสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า

3.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคของสุกรพันธุ์แท้ปากช่อง 5 สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค

3.1.1 แผนการทดลอง

การทดลองใช้สุกรทั้งหมด 48 ตัว อายุประมาณ 8-9 สัปดาห์ น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 20 กิโลกรัม กลุ่มทดลองแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 สุกรพันธุ์แท้ปากช่อง 5 จำนวน 16 ตัว (เพศผู้ตอน 8 ตัว และเพศเมีย 8 ตัว) กลุ่มที่ 2 สุกรลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 จำนวน 16 ตัว (เพศผู้ตอน 8 ตัว และเพศเมีย 8 ตัว) และกลุ่มที่ 3 สุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค จำนวน 16 ตัว (เพศผู้ตอน 8 ตัว และเพศเมีย 8 ตัว)

3.1.2 การดำเนินการทดลอง

3.1.2.1 การเตรียมสัตว์ทดลอง

- 1) จัดเตรียมสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 พันธุ์แท้ทั้งเพศผู้ตอนและเพศเมียจากศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครราชสีมา
- 2) จัดเตรียมสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค (ฟาร์มเอกชน) ทั้งเพศผู้ตอนและเพศเมียจากฟาร์มเกษตรกร (วสันต์ฟาร์ม)
- 3) สุกรลูกผสมสามสายทั้ง 2 กลุ่มเกิดจากสุกรแม่พันธุ์ลูกผสมสองสาย (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) ที่มีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรม เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการศึกษาผลตอบสนองของสุกรพ่อพันธุ์
- 4) สุกรทั้งสามกลุ่มเลี้ยงทดลองที่วสันต์ฟาร์ม อ.สูงเนิน จ.นครราชสีมา
- 5) ตอนลูกสุกรเพศผู้ทุกตัวเมื่ออายุได้ 3 สัปดาห์

3.1.2.2 การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต

1) เริ่มต้นการทดลองเมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 20 กิโลกรัม เลี้ยงสุกรแต่ละกลุ่มในคอกขังรวมทั้งหมด 3 คอก จำนวนสุกรคอกละ 16 ตัว (ดังแสดงในรูปที่ 3)



รูปที่ 3 คอกสุกรขุนที่ใช้ในการทดลอง

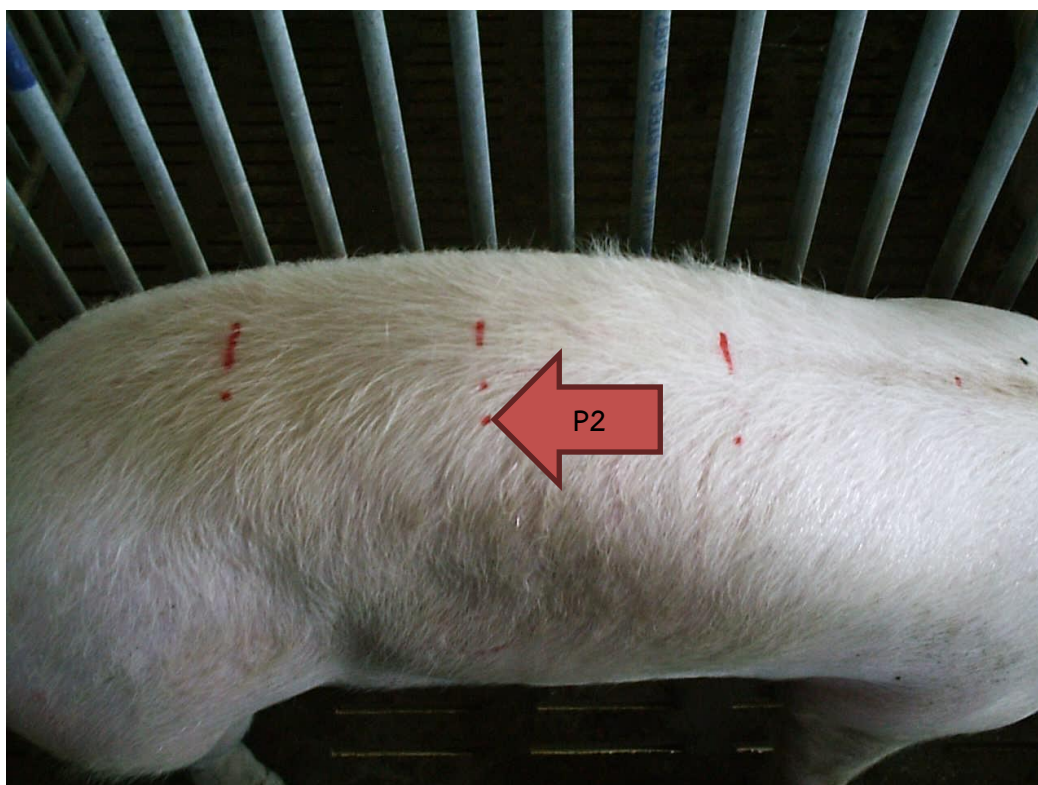
2) ให้สุกรทุกตัวได้รับอาหารและน้ำกินอย่างเต็มที่ (*ad libitum*) อาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ อาหารสำหรับสุกรรุ่น (20-50 กิโลกรัม) และอาหารสำหรับสุกรขุน (50-110) กิโลกรัม ส่วนประกอบของสูตรอาหารแสดงในตารางที่ 6

3) ใช้ระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการเจริญเติบโตทั้งหมด 108 วัน บันทึกน้ำหนักสุกรทุกตัวเมื่อเริ่มต้นการทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (*body weight gain, BWG*) และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (*average daily gain, ADG*) บันทึกปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดในแต่ละคอก นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาประสิทธิภาพการใช้อาหาร (*feed conversion ratio, FCR*)

4) ทำการประเมินความหนาไขมันสันหลังและความลึกของกล้ามเนื้อสันนอกด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (Renco®) ที่บริเวณตำแหน่งซี่โครงซี่สุดท้ายห่างจากแกนหลังประมาณ 2.6 นิ้ว (P2) ดังแสดงในรูปที่ 4

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกร

ส่วนประกอบ (ร้อยละ)	ระยะรุ่น (น้ำหนัก 20-50 กิโลกรัม)	ระยะขุน (น้ำหนัก 50-110 กิโลกรัม)
ปลายข้าว	51.70	54.86
รำละเอียด	15.00	19.95
กากถั่วเหลือง	21.00	15.96
ปลาป่น	5.00	3.99
ไคคลเซียมฟอสเฟต	4.00	3.99
น้ำมันพืช	2.00	0.00
เกลือ	0.50	0.50
ยาปฏิชีวนะ	0.30	0.25
พรีมิกซ์	0.50	0.50
ส่วนประกอบทางโภชนาะจากการคำนวณ		
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโกลอรีต่อกิโลกรัม)	3,214.00	3,156.00
โปรตีน	17.98	16.08



รูปที่ 4 ตำแหน่งที่ใช้ในการประเมินความหนาไขมันสันหลังและความลึกของกล้ามเนื้อสันนอกด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (Renco®)

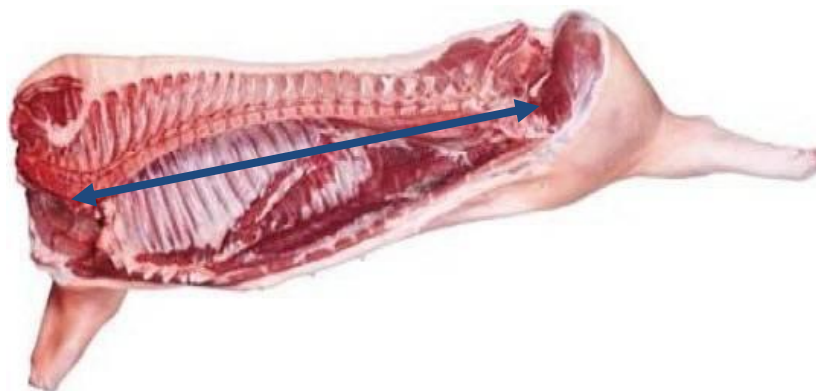
3.1.2.3 การศึกษาคุณภาพซาก

1) เมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 110 กิโลกรัม ขนส่งสุกรไปยังโรงฆ่าสุกรเอกชน (DK Interfoods) โดยมีขั้นตอนการฆ่าดังนี้ พักสุกรก่อนฆ่า ทำให้สลบโดยการช็อตด้วยไฟฟ้า แทงคอเอาเลือดออก ลวกซาก ขูดขน เอาเครื่องในออก แบ่งซากออกเป็น 2 ซีก และล้างทำความสะอาด ดังแสดงในรูปที่ 5



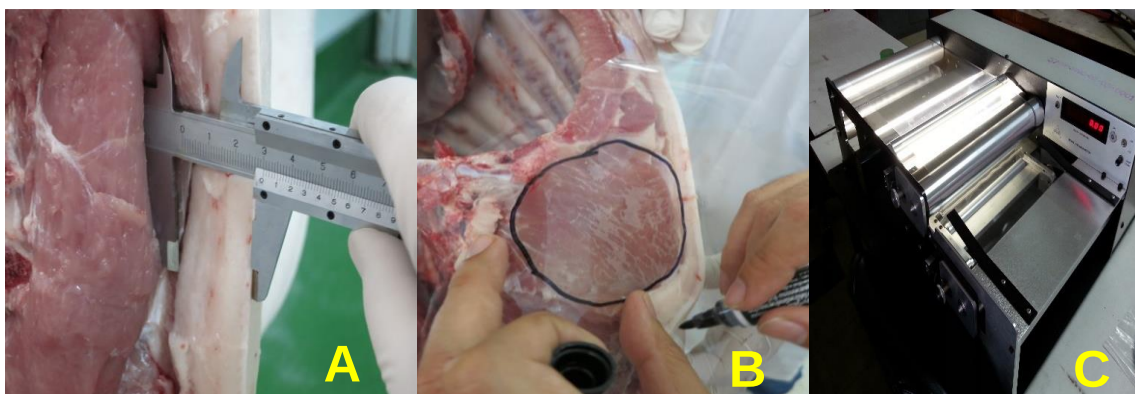
รูปที่ 5 ซากสุกรที่ได้ภายหลังจากการฆ่าและชำแหละซาก

2) บันทึกน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอุ่น และบันทึกความยาวซาก (ดังแสดงในรูปที่ 6) จากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัว



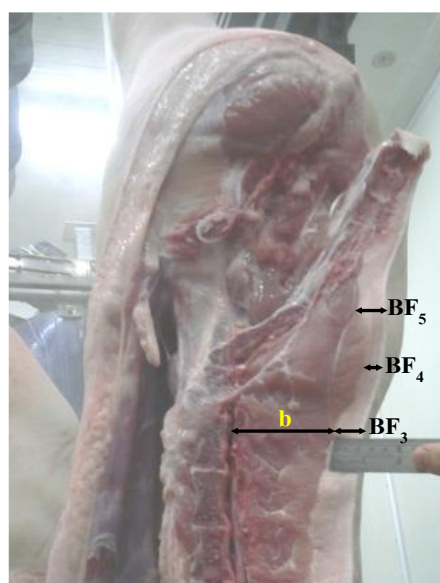
รูปที่ 6 ตำแหน่งในการวัดความยาวซาก โดยวัดจากกระดูกซี่โครงซี่แรกที่ติดกับกระดูกสันหลัง (anterior edge of the rib) ถึงจุดหน้าสุดของกระดูกสะโพก (anterior of the aitch bone) (ลูกศรชี้)

3) บันทึกความหนาไขมันสันหลังจากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัว บันทึกขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) ลงบนแผ่นพลาสติกใสโดยวัดที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ระหว่างซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 หลังจากนั้นนำแบบที่ได้ไปคัดลอกลงบนกระดาษขาว ตัดกระดาษให้ได้ตามขนาดตัวอย่าง แล้วนำไปวัดขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันด้วยเครื่อง Area meter (LI-3100C) ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยนำกระดาษที่ตัดได้ตามขนาดตัวอย่างพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันแล้ว ไปวางลงบนจุดวัดพื้นที่ตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นแผ่นใสแสงสามารถทะลุผ่านได้ จุดวัดพื้นที่ตัวอย่างจะเคลื่อนที่และนำตัวอย่างกระดาษผ่านหลอดฟลูออเรสเซนส์ (fluorescent) เครื่อง Area meter จะอ่านค่าการสะท้อนของแสงที่เกิดขึ้นเมื่อแสงฟลูออเรสเซนส์กระทบกับกระดาษ



รูปที่ 7 (A) การวัดความหนาไขมันสันด้วยเวอร์เนียคาร์ปเปอร์ (B) การวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและการบันทึกขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันลงบนแผ่นพลาสติกใส (C) เครื่อง Area meter (LI-3100C)

4) บันทึกค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก (Lenden-speck quotient, LSQ) จากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัว ตามวิธีของจุฑารัตน์ (2540) ดังแสดงในรูปที่ 8



$$LSQ = \frac{BF_3 + BF_4}{2b}$$

BF_3 = backfat thickness (including rind) at the front base of m.glutaeus medius

BF_4 = backfat thickness (including rind) at the thinnest part covering m.glutaeus medius

b = the shortest distance between the front base of m.glutaeus medius and the upper edge of the vertebral canal

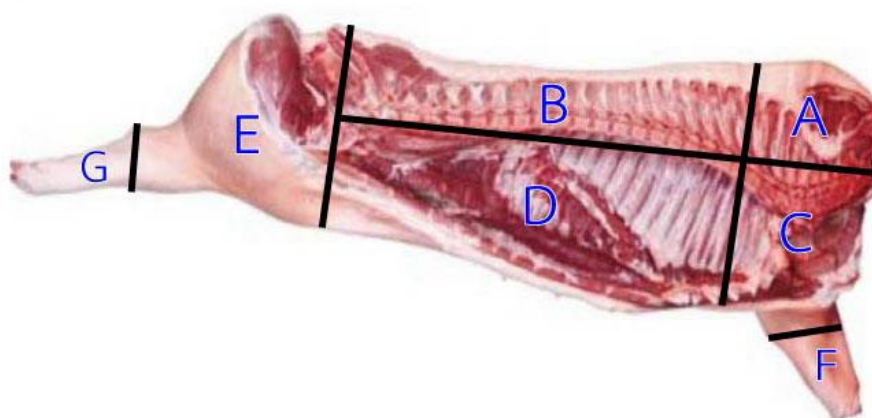
รูปที่ 8 การวัดค่า LSQ และ ตำแหน่งที่ใช้ในการวัดค่า LSQ

5) บันทึกอุณหภูมิและค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter (Mettler-Toledo: SevenGo™ SG2) ของกล้ามเนื้อที่เวลา 45 นาที และ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย โดยวัดที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อสันนอก ระหว่างซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 จากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัว ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 การวัดค่า pH และอุณหภูมิบริเวณกล้ามเนื้อสันนอก

6) นำซากสุกรทั้งซีกซ้ายและซีกขวามาตัดแต่งซากแบบไทย โดยตัดแต่งออกเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ดังนี้ หัว คาง หาง สันใน สันนอก สะโพก สันคอ ไหล่ สามชั้นรวมรวมนม ขาหน้า ขาหลัง ซี่โครง (ดังแสดงในรูปที่ 10) จากนั้นนำชิ้นส่วนที่ได้มาเลาะแยกเนื้อแดง กระดูก และไขมัน นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และเปอร์เซ็นต์ไขมัน โดยนำไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักซากอุ่นของสุกรแต่ละตัว

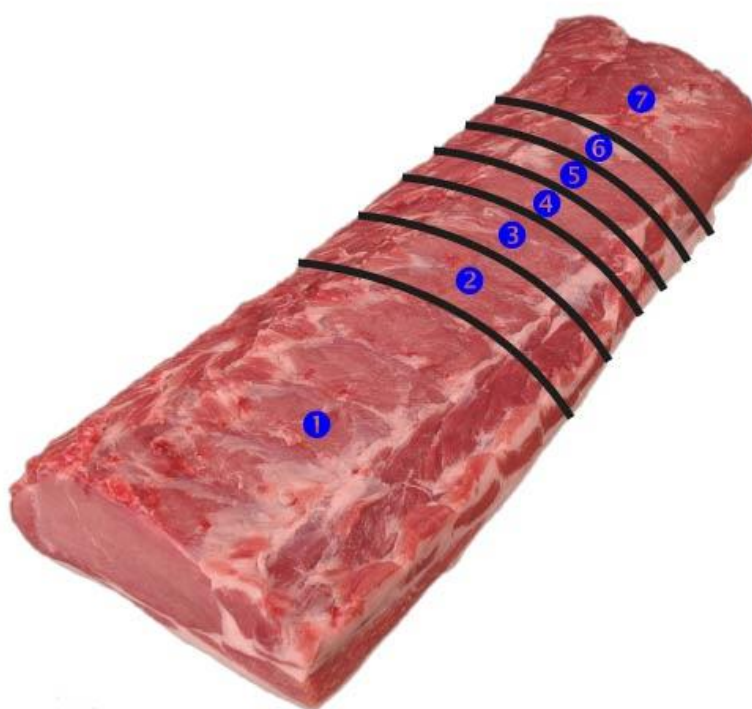


รูปที่ 10 การตัดแต่งซากสุกรสำหรับการศึกษาคุนภาพซาก (A) สันคอ (B) สันนอก (C) ไหล่ (D) สามชั้นรวมรวมนม (E) สะโพก (F) ขาหน้า และ (G) ขาหลัง

3.1.1.1 การศึกษาคุณภาพเนื้อ

1) เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกภายหลังจากสัตว์ตายให้เร็วที่สุด โดยเก็บจากชิ้นเนื้อบริเวณซี่โครงซี่ที่ 11-12 จากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัวประมาณ 100 กรัม นำตัวอย่างเนื้อที่ได้ไปเก็บรักษาในไนโตรเจนเหลว แล้วขนส่งตัวอย่างเนื้อไปยังสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นำตัวอย่างไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปศึกษาสัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค qPCR ตามวิธีของ Wimmers *et al.* (2008) โดยแบ่งตาม Myosin Heavy Chain (MHC) isoforms

2) เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกจากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัว แล้วขนส่งตัวอย่างเนื้อไปยังสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เวลา 48 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย นำชิ้นส่วนกล้ามเนื้อสันนอกมาตัดแบ่งเป็นชิ้นส่วนย่อยเพื่อใช้ในการศึกษาคุณภาพเนื้อดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 การตัดแบ่งตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกสำหรับการศึกษาคุณภาพเนื้อ (1) ตัวอย่างสำหรับศึกษาคุณภาพเนื้อทางประสาทสัมผัสและชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (2) และ (3) ตัวอย่างสำหรับศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการละลาย เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างปรุงสุก และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (4) และ (5) ตัวอย่างสำหรับศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำระหว่างการเก็บรักษา (6) ตัวอย่างสำหรับศึกษาขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อและความยาวซาร์โคเมอร์ และ (7) ตัวอย่างสำหรับศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณคอลลาเจน

3) วัดอุณหภูมิ และค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอก และค่าความสว่าง ค่าความแดง ค่าความเหลือง ด้วยเครื่องมือวัดค่าสี (Minolta Chromameter CR-300 ใช้ Illuminant D65 2° observer) ซึ่งแสดงผลในรูปของ L* (lightness) a* (redness) และ b* (yellowness)

4) นำตัวอย่างไปวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (drip loss) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการละลาย (thawing loss) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างปรุงสุก (cooking loss) หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler shear force)

5) นำตัวอย่างเนื้อไปวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อ ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ตามวิธีของ AOAC (2005) และวิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อตามวิธีของ Hill (1966)

6) นำตัวอย่างเนื้อไปวิเคราะห์ขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber diameter) ตามวิธีของ Tuma *et al.* (1962) และนำตัวอย่างเนื้อไปวิเคราะห์ความยาวซาร์โคเมอร์ (sarcomere length) ตามวิธีของ Cross *et al.* (1981)

3.1.1.2 การศึกษาคุณภาพเนื้อทางประสาทสัมผัส เป็นการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค และการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน

1) เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกภายหลังการสัต์ตายจากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัว นำมาตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมที่มีความหนาประมาณ 1.5 นิ้ว บรรจุลงในถุงสุญญากาศ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปศึกษาคุณภาพเนื้อทางประสาทสัมผัสต่อไป

2) การเตรียมตัวอย่างเนื้อสันนอกสุกรสำหรับการทดสอบคุณภาพการบริโภค โดยนำเนื้อสันนอกที่จะใช้ในการประเมินทางประสาทสัมผัสมาละลายที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นใช้กระดาษซับน้ำที่เนื้อให้แห้ง นำเนื้อไปอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที หรือจนได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อเท่ากับ 71 องศาเซลเซียส จากนั้นนำออกจากเตาอบ แล้วห่อเนื้อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์จนอุณหภูมิใจกลางเนื้อเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเนื้อออกจากอะลูมิเนียมฟอยล์ทั้งไว้ที่อุณหภูมิห้องแล้วตัดส่วนพื้นผิวที่แห้งหรือสีเข้มกว่าออก ก่อนตัดแบ่งเป็นชิ้นขนาด $1.3 \times 1.3 \times 1.3$ เซนติเมตร หลังจากนั้นนำตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ได้ไปใส่ภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด แล้วนำไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการแห้งของผิวหน้าเนื้อ (Lee *et al.*, 2012)

3) การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค โดยหาอาสาสมัครที่เป็นผู้บริโภคเนื้อสุกรที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ช่วงอายุตั้งแต่ 20 ถึง 65 ปี ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 76 คน ให้ผู้บริโภคทดสอบชิมตัวอย่างทั้ง 6 กลุ่มทดลองๆ ละ 2 ชิ้น โดยเสิร์ฟทีละตัวอย่าง ใช้ลำดับการเสิร์ฟตัวอย่างแบบสุ่ม ให้ผู้บริโภคตอบแบบประเมินซึ่งจะสอบถามถึงความชอบหรือพึงพอใจที่มีต่อแต่ละตัวอย่าง และให้คะแนนความชอบหรือพึงพอใจในด้านความนุ่ม (tenderness) ความฉ่ำน้ำของเนื้อ (juiciness) กลิ่นรสชาติโดยรวม (flavor) และความชอบโดยรวม (overall liking) โดยใช้ 9-point hedonic scale นอกจากนั้นสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ การศึกษา รายได้ ความถี่ในการซื้อและบริโภคเนื้อสุกร สิ่งที่พิจารณาเมื่อเลือกซื้อเนื้อสุกร เหตุที่บริโภคเนื้อสุกร

4) การทดสอบด้วยผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนใช้ผู้ประเมิน 6 ท่าน ฝึกผู้ประเมินโดยใช้ตัวอย่างอ้างอิงและตัวอย่างเนื้อสุกร ตามคำแนะนำของ AMSA (1995) เพื่อทำความเข้าใจในคำที่จะใช้อธิบายลักษณะ (attributes) ได้แก่ ความนุ่ม ความฉ่ำน้ำ กลิ่นรสหยาบ กลิ่นรสไม่พึงประสงค์ ทำความเข้าใจในมาตรวัดและการให้คะแนน แล้วจึงเริ่มการประเมินตัวอย่างที่จะศึกษา แต่ละกลุ่มทดลองจะถูกทดสอบ 6 ซ้ำ โดยใช้ลำดับการเสิร์ฟแบบ balanced serving เพื่อลดความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้นจากรสชาติตกค้าง (Gacula *et al.*, 2009)

3.1.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบแผนการทดลองดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + A_iB_j + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = ค่าสังเกตจากทรีทเมนต์ที่ ij ซ้ำที่ k

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าสังเกตที่ต้องการศึกษา

A_i = อิทธิพลของสายพันธุ์สุกรที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3$

B_j = อิทธิพลของเพศสุกรที่ j เมื่อ $j = 1, 2$

A_iB_j = อิทธิพลร่วมของสายพันธุ์สุกรทดลองที่ i และเพศของสุกรที่ j

ϵ_{ijk} = ค่าความคลาดเคลื่อน

2) เปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาโดยใช้สถิติแบบหุ่นเส้นตรงทั่วไป (General linear model, GLM) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในรูป Least Square Mean (LSM) โดยการใช้ pdiff ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3) วิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค และข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแต่ละค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (Gacula *et al.*, 2009)

3.2 การทดลองที่ 2 : การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคของสุกรขุน ลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า

3.2.1 แผนการทดลอง

การทดลองใช้สุกรทั้งหมด 48 ตัว (อายุประมาณ 8-9 สัปดาห์ น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 20 กิโลกรัม) กลุ่มทดลองแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปาก

ช่อง 5 จำนวน 16 ตัว (เพศผู้ตอน 8 ตัว และเพศเมีย 8 ตัว) กลุ่มที่ 2 สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า 1 จำนวน 16 ตัว (เพศผู้ตอน 8 ตัว และเพศเมีย 8 ตัว) และกลุ่มที่ 3 สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า 2 จำนวน 16 ตัว (เพศผู้ตอน 8 ตัว และเพศเมีย 8 ตัว)

3.2.2 การดำเนินการทดลอง

3.2.2.1 สัตว์ทดลอง

1) จัดซื้อสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า 1 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า 2 ทั้งเพศผู้ตอนและเพศเมียอย่างละ 8 ตัวต่อกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มเป็นสุกรที่เลี้ยงขุนในชุดเดียวกัน ที่มีน้ำหนักตัวใกล้เคียงกันประมาณ 110 กิโลกรัม

2) สุกรพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้าทั้ง 2 กลุ่มที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นสุกรที่มีส่วนผสมทางพันธุกรรมของสุกรพันธุ์ครีโอลและพันธุ์เปียแตรง

3) สุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 3 กลุ่มเกิดจากแม่พันธุ์สุกรลูกผสมสองสาย (ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ)

4) ขนส่งสุกรทุกตัวไปยังโรงฆ่าสุกรเอกชน (DK Interfoods) เพื่อชำ ซ้ำและซากศึกษาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ

3.2.2.2 การศึกษาคุณภาพซาก

1) เมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 110 กิโลกรัม ขนส่งสุกรไปยังโรงฆ่าสุกรเอกชน (DK Interfoods) โดยมีขั้นตอนการชำดังนี้ พักสุกรก่อนชำ ทำให้สลบโดยการช็อตด้วยไฟฟ้า แหวงคอเอาเลือดออก ลวกซาก ขูดขน เอาเครื่องในออก แบ่งซากออกเป็น 2 ซีก และล้างทำความสะอาด

2) ชั่งน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอุ่น และวัดความยาวซาก (ดังแสดงในรูปที่ 6) จากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัว

3) วัดความหนาไขมันสันหลังจากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัว บันทึกขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) ลงบนแผ่นพลาสติกใสโดยวัดที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ระหว่างซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 (ดังแสดงในรูปที่ 7) หลังจากนั้นนำแบบที่ได้ไปคัดลอกลงบนกระดาษขาว ตัดกระดาษให้ได้ตามขนาดตัวอย่างพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน แล้วนำไปวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันด้วยเครื่อง Area meter (LI-3100C)

4) วัดค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก (Lenden-speck quotient, LSQ) จากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัว ตามวิธีของจุฑารัตน์ (2540) ดังแสดงในรูปที่ 8

5) วัดอุณหภูมิและค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter (Metler-Toledo: SevenGo™ SG2) ของกล้ามเนื้อที่เวลา 45 นาที และ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย โดยวัดที่ตำแหน่งกล้ามเนื้อสันนอก ระหว่างซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 จากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัว (ดังแสดงในรูปที่ 9)

6) นำซากสุกรทั้งซีกซ้ายและซีกขวามาตัดแต่งซากแบบไทย โดยตัดแต่งออกเป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังนี้ หัว คาง หาง สันใน สันนอก สะโพก สันคอ ไหล่ สามชั้นรวมรวมนม ขาหน้า ขาหลัง ซี่โครง จากนั้นนำชิ้นส่วนที่ได้มาแกะแยกเนื้อแดง กระดูก และไขมัน นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และเปอร์เซ็นต์ไขมัน โดยนำไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักซากอ่อนของสุกรแต่ละตัว

3.2.2.3 การศึกษาคุณภาพเนื้อ

1) ภายหลังสัตว์ตายที่ 48 ชั่วโมง วัดอุณหภูมิ และค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอก และค่าความสว่าง ค่าสีแดง ค่าสีเหลืองด้วยเครื่องมือวัดค่าสี (Minolta Chromameter CR-300 ใช้ Illuminant D65 2°observer) ซึ่งแสดงผลในรูปของ L* (lightness) a* (redness) และ b* (yellowness)

2) นำตัวอย่างไปวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (drip loss) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการละลาย (thawing loss) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก (cooking loss) หลังจากนั้นนำเนื้อไปวิเคราะห์ค่าแรงต้านเนื้อด้วยเครื่อง Texture analyzer (Instron model 1011, USA)

3.2.2.4 การศึกษาคุณภาพเนื้อทางประสาทสัมผัส การศึกษาคุณภาพเนื้อทางประสาทสัมผัสเป็นการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค และการทดสอบโดยใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาแล้ว

1) เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกสุกรหลังจากสัตว์ตายนอกจากซากซีกซ้ายของสุกรแต่ละตัว นำมาตัดเป็นชิ้นให้มีความหนาประมาณ 1.5 นิ้ว บรรจุลงในถุงสุญญากาศ แล้วนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปศึกษาคุณภาพเนื้อทางประสาทสัมผัสต่อไป

2) การเตรียมตัวอย่างเนื้อสันนอกสุกรสำหรับการทดสอบคุณภาพการบริโภค โดยนำเนื้อสันนอกที่จะใช้ในการประเมินทางประสาทสัมผัสมาละลายที่อุณหภูมิ 0-4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นใช้กระดาษซับน้ำที่เนื้อให้แห้ง นำเนื้อไปอบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที หรือจนได้อุณหภูมิใจกลางเนื้อเท่ากับ 71 องศาเซลเซียส นำเนื้อออกจากเตาอบ แล้วหั่นเนื้อด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิใจกลางเนื้อเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส จากนั้นนำเนื้อออกจากอะลูมิเนียมฟอยล์แล้วตัดส่วนพื้นผิวที่แห้งหรือสีเข้มกว่าออก ก่อนตัดแบ่งเป็นชิ้นขนาด 1.3 x 1.3 x 1.3 เซนติเมตร (กว้าง x สูง x ลึก) หลังจากนั้นนำตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ได้ไปใส่ภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด แล้วนำไปอุ่นในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการแห้งของผิวหน้าเนื้อ (Lee *et al.*, 2012)

3) การทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค โดยหาอาสาสมัครที่เป็นผู้บริโภคเนื้อสุกรที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย ช่วงอายุตั้งแต่ 20 ถึง 65 ปี ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 100 คน ให้ผู้บริโภคทดสอบชิมตัวอย่างทั้ง 6 กลุ่มทดลองๆ ละ 2 ชิ้น โดยเสิร์ฟทีละตัวอย่าง ใช้ลำดับการเสิร์ฟตัวอย่างแบบสุ่ม ให้ผู้บริโภคตอบแบบประเมินซึ่งจะสอบถามถึงความชอบหรือพึงพอใจที่มีต่อแต่ละตัวอย่าง และให้คะแนนความชอบหรือพึงพอใจในด้านความนุ่ม (tenderness) ความฉ่ำน้ำของเนื้อ (juiciness) กลิ่นรสชาติโดยรวม (flavor) และความชอบโดยรวม (overall liking) โดยใช้ 9-point hedonic scale นอกจากนั้น

สอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ การศึกษา รายได้ ความถี่ในการซื้อและบริโภคเนื้อสุกร สิ่งที่พิจารณาเมื่อเลือกซื้อเนื้อสุกร เหตุที่บริโภคเนื้อสุกร

4) การทดสอบด้วยผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนใช้ผู้ประเมิน 6 ท่าน ฝึกผู้ประเมินโดยใช้ตัวอย่างอ้างอิงและตัวอย่างเนื้อสุกร ตามคำแนะนำของ AMSA (1995) เพื่อทำความเข้าใจในคำที่จะใช้อธิบายลักษณะ (attributes) ได้แก่ ความนุ่ม ความฉ่ำน้ำ กลิ่นรสหมู กลิ่นรสไม่พึงประสงค์ ทำความเข้าใจในมาตรวัดและการให้คะแนน แล้วจึงเริ่มการประเมินตัวอย่างที่จะศึกษา แต่ละกลุ่มทดลองจะถูกทดสอบ 6 ซ้ำ โดยใช้ลำดับการเสิร์ฟแบบ balanced serving เพื่อลดความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้นจากรสชาติตกค้าง (Gacula *et al.*, 2009)

3.2.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบหุนการทดลองดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + A_iB_j + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = ค่าสังเกตจากทรีทเมนต์ที่ ij ซ้ำที่ k

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าสังเกตที่ต้องการศึกษา

A_i = อิทธิพลของสายพันธุ์สุกรที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3$

B_j = อิทธิพลของเพศสุกรที่ j เมื่อ $j = 1, 2$

A_iB_j = อิทธิพลร่วมของสายพันธุ์สุกรทดลองที่ i และเพศของสุกรที่ j

ϵ_{ijk} = ค่าความคลาดเคลื่อน

2) เปรียบเทียบอิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาโดยใช้สถิติแบบหุนเส้นตรงทั่วไป (General linear model, GLM) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในรูป Least Square Mean (LSM) โดยการใช้ pdiff ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

3) วิเคราะห์ข้อมูลการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค และข้อมูลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝนโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างแต่ละค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's Multiple Range Test (Gacula *et al.*, 2009)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 การทดลองที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคของสุกรขุน พันธุ์แท้ปากช่อง 5 สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค

4.1.1 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรขุน

การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรขุนดังแสดงในตารางที่ 6 การทดลองเป็นการทดสอบการขุนแบบกลุ่มโดยแบ่งเป็นคอกซึ่งรวมแยกตามสายพันธุ์คอกละ 16 ตัว แบ่งเป็นเพศเมีย 8 ตัวและเพศผู้ตอน 8 ตัว ผลการศึกษาพบว่าสุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค (CD) มีน้ำหนักตัวเมื่อเริ่มต้นการทดสอบเท่ากับ 24.63 21.06 และ 21.15 กิโลกรัมต่อตัว ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดสอบที่ 108 วัน สุกรขุนทั้งสามกลุ่มมีน้ำหนักตัวเท่ากับ 93.13 99.25 และ 105.03 กิโลกรัมต่อตัว ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 776.68 723.96 และ 634.26 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินเท่ากับ 297.5 286.56 และ 286.56 กิโลกรัมต่อตัว ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 4.34 3.66 และ 3.42 ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่รายงานว่าสุกรลูกผสมจะมีสมรรถภาพการเจริญเติบโตที่ดีกว่าสุกรพันธุ์แท้ (Jiang *et al.*, 2012; McLaren *et al.*, 1987; Permentier *et al.*, 2013; Wilson *et al.*, 1981) ในขณะที่การศึกษาของ Morales *et al.* (2013) รายงานว่าสุกรพันธุ์เปียแตงมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าสุกรพันธุ์ดুর็อค และการศึกษาของ McCann *et al.* (2008) รายงานว่าสุกรลูกผสมเปียแตง $\times$ (แลนด์เรซ $\times$ ลาร์จไวท์) มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าสุกรลูกผสมดুর็อค $\times$ (แลนด์เรซ $\times$ ลาร์จไวท์) ทั้งนี้สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีพันธุกรรมของสุกรพันธุ์เปียแตง อยู่ถึงร้อยละ 37.5 จึงมีผลทำให้สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค อย่างไรก็ตามสมรรถภาพการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นของสุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 2 กลุ่ม (CP5 และ CD) เป็นผลมาจากอิทธิพลของเฮตเตอร์โรซิสที่เกิดขึ้นจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ (crossbreeding) ซึ่งเป็นลักษณะเด่นที่เกิดขึ้นในสุกรลูกผสม (Cassady *et al.*, 2002; Falconer *et al.*, 1996; รณชัย, 2540)

การศึกษาค้นคว้าพบว่าสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรขุนเพศเมียและสุกรเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 700.87 และ 722.39 กรัมต่อวัน ตามลำดับ (ดังแสดงในตารางที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ที่พบว่าสุกรเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณอาหารที่กินสูงกว่าสุกรเพศเมีย (Latorre *et al.*, 2003a; Latorre *et al.*, 2003b; Morales *et al.*, 2013)

ตารางที่ 7 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรขุน¹

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ²			เพศ	
	P5	CP5	CD	เมีย	ผู้ตอน
น้ำหนักเริ่มต้น (กิโลกรัม/ตัว)	24.63	21.06	21.15	21.61	22.95
น้ำหนักสิ้นสุด (กิโลกรัม/ตัว)	93.13	99.25	105.03	97.30	100.97
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม/ตัว)	68.50	78.19	83.88	75.69	78.02
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	634.26	723.96	776.68	700.87	722.39
ปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม/ตัว)	297.50	286.56	286.56	-	-
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	4.34	3.66	3.42	-	-

¹สมรรถภาพการผลิตของสุกรขุนเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบแบบกลุ่มโดยไม่มีการเปรียบเทียบทางสถิติ ระยะเวลาในการทดสอบสมรรถภาพการเจริญเติบโตเท่ากับ 108 วัน

²P5 = สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5, CD = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดуроค โดยแต่ละพันธุ์มี 16 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมีย อย่างละ 8 ตัว

การศึกษาพบว่าอิทธิพลของพันธุ์และเพศไม่มีผลต่อความหนาไขมันสันหลังและความลึกของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนจากการประเมินด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (Renco[®]) ในสุกรมีชีวิต พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสุกรทั้ง 3 กลุ่ม (P5, CP5 และ CD) ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อความหนาไขมันสันหลังและความลึกของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนจากการประเมินด้วยเครื่องอัลตราซาวด์²

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ¹			เพศ		P-value		
	P5	CP5	CD	เมีย	ผู้ตอน	พันธุ์	เพศ	พันธุ์เพศ
ความหนาไขมันสันหลัง (มิลลิเมตร) ³	8.07	13.23	10.09	10.62	10.31	0.20	0.90	0.68
ความลึกของกล้ามเนื้อสันนอก (มิลลิเมตร) ³	65.37	64.35	65.54	64.12	66.06	0.82	0.25	0.23

¹P5 = สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5, CD = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดуроค โดยแต่ละพันธุ์มี 16 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมีย อย่างละ 8 ตัว

²วัดที่ตำแหน่งซี่โครงซี่สุดท้าย (P2)

³คำนวณด้วย Analysis of covariance โดยให้น้ำหนักเริ่มต้นเป็น covariance

4.1.2 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งของสุกรขุน

การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งของสุกรขุนดังแสดงในตารางที่ 9 พบว่าอิทธิพลของพันธุ์สุกรไม่มีผลต่อน้ำหนักซากอ่อน ความยาวซาก น้ำหนักชิ้นส่วนย่อยที่ได้จากการตัดแต่ง ได้แก่ สันใน สันนอก สันคอ ไหล่ หัว ซี่โครง ขาหน้า ขาหลัง และกระดูกของสุกร

ขุนทั้ง 3 กลุ่ม ในขณะที่สุกรพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) มีน้ำหนักมีชีวิตต่ำกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดुर็อค (CD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้จะเป็นผลมาจากสุกรพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 2 กลุ่ม (CP5 และ CD) ดังแสดงในตารางที่ 7 ในขณะที่สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (จากกล้ามเนื้อ 5 ชิ้นส่วนหลัก ได้แก่ สันใน สันนอก สันคอ ไหล่ และสะโพก) สูงกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดुर็อค (CD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากสุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) มีน้ำหนักสะโพกสูงกว่า ($P < 0.05$) สุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 2 กลุ่ม (CP5 และ CD) ดังแสดงในตารางที่ 9 ทั้งนี้การศึกษาของ Morales *et al.* (2013) รายงานว่าสุกรพันธุ์เปี้ยตรงมีน้ำหนักสะโพก (ham) และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงกว่าสุกรพันธุ์ดुर็อค จึงเป็นผลให้สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) ที่ประกอบด้วยพันธุกรรมของสุกรพันธุ์เปี้ยตรงอยู่ถึงร้อยละ 37.5 มีน้ำหนักสะโพกสูงกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 2 กลุ่ม

สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) มีน้ำหนักสามชิ้นรวมรวมนม เปอร์เซ็นต์ไขมันที่ได้จากการตัดแต่ง และความหนาไขมันสันหลังต่ำกว่า ($P < 0.05$) สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) แต่ไม่แตกต่างจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดुर็อค (CD) ทั้งนี้จะเป็นผลมาจากสุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) มีน้ำหนักตัวเมื่อเข้าฆ่าที่ต่ำจึงทำให้มีการสะสมไขมันในซากต่ำ (ดังแสดงในตารางที่ 7) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kim *et al.* (2005) ที่รายงานว่าสุกรที่มีน้ำหนักตัวมากจะมีไขมันในซากและความหนาไขมันสันหลังสูงกว่าสุกรที่มีน้ำหนักตัวน้อย อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Latorre *et al.* (2003b) รายงานว่าสุกรลูกผสมเปี้ยตรง $\times$ ลาร์จไวท์ มีความหนาไขมันสันหลังสูงกว่าสุกรพันธุ์ดुर็อค และสุกรลูกผสมดुर็อค $\times$ ลาร์จไวท์ ในขณะที่การศึกษาของ Choi *et al.* (2014) รายงานว่าสุกรพันธุ์แท้ดुर็อคมีความหนาไขมันสันหลังไม่แตกต่างจากสุกรลูกผสมสามสายดुर็อค $\times$ (แลนด์เรซ $\times$ ยอร์คเชียร์)

สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีค่าดัชนี LSQ สูงกว่าสุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดुर็อค (CD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งค่าดัชนี LSQ เป็นข้อมูลที่ใช้ประเมินคุณภาพซากของสุกร โดยการวัดสัดส่วนของความหนาของไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก หากซากสุกรมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงจะมีค่าดัชนี LSQ ต่ำ (จุฑารัตน์ และคณะ, 2553) การที่สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีค่าดัชนี LSQ สูงกว่าสุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) อาจจะเป็นผลมาจากอิทธิพลร่วมทางพันธุกรรมของแม่สุกรสองสาย (แลนด์เรซ $\times$ ลาร์จไวท์) และพ่อพันธุ์ปากช่อง 5 ที่ทำให้สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีความหนาไขมันสันหลังเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาของ McCann *et al.* (2008) รายงานว่าสุกรพันธุ์ดुर็อค สุกรลูกผสมดुर็อค $\times$ (แลนด์เรซ $\times$ ลาร์จไวท์) และสุกรลูกผสมเปี้ยตรง $\times$ (แลนด์เรซ $\times$ ลาร์จไวท์) มีความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอกและความหนาของไขมันสันหลังที่ตำแหน่งซี่โครงซี่สุดท้าย (last rib) ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 9 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อเปอร์เซ็นต์ซากและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งของสุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ¹			เพศ		P-value		
	P5	CP5	CD	เมีย	ผู้ตอน	พันธุ์	เพศ	พันธุ์เพศ
น้ำหนักมีชีวิต (กก.)	93.56 ^a	105.28 ^b	101.67 ^b	98.53	101.81	<0.01	0.13	0.09
น้ำหนักซากอ่อน ² (กก.)	84.49	83.76	83.15	83.50	84.09	0.12	0.22	0.83
ความยาวซาก ³ (ซม.)	84.69	84.74	87.69	85.83	85.58	0.08	0.83	0.88
เปอร์เซ็นต์ซาก ³ (%)	79.89 ^b	78.11 ^a	78.32 ^a	78.62	78.93	0.01	0.51	0.74
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ^{3,4} (%)	47.04 ^b	44.36 ^a	45.03 ^a	45.90	45.05	<0.01	0.15	0.46
LSQ ⁵	0.19 ^a	0.26 ^b	0.20 ^a	0.21	0.22	<0.01	0.33	0.33
ชิ้นส่วนย่อยที่ได้จากการตัดแต่ง (%ของน้ำหนักซากอ่อน)								
สันใน	1.41	1.36	1.36	1.38	1.38	0.63	0.93	0.87
สันนอก	8.33	8.16	8.22	8.52 ^b	7.95 ^a	0.83	0.01	0.62
สันคอ	4.73	4.60	4.41	4.58	4.57	0.18	0.93	0.08
ไหล่	10.35	10.34	10.47	10.49	10.28	0.93	0.49	0.48
สะโพก	21.42 ^b	19.37 ^a	19.89 ^a	20.33	20.12	<0.01	0.60	0.29
สามชิ้นรวมรวมนม	12.42 ^a	13.39 ^b	12.53 ^a	12.57	12.99	0.04	0.23	0.73
คาง	3.58	3.90	3.84	3.76	3.79	0.06	0.81	0.35
หัว	5.91	6.06	6.23	6.02	6.11	0.11	0.44	0.85
ซี่โครง	5.11	5.01	2.22	5.18	5.04	0.35	0.26	0.93
ขาหน้า	3.07	3.02	3.13	3.03	3.12	0.24	0.09	0.75
ขาหลัง	1.64	1.56	1.62	1.60	1.61	0.17	0.70	0.66
เปอร์เซ็นต์กระดูกจากการตัดแต่ง ³	8.54 ^a	8.38 ^a	9.63 ^b	9.06	8.63	<0.01	0.13	0.78
เปอร์เซ็นต์ไขมันจากการตัดแต่ง ³	11.56 ^a	12.94 ^b	11.33 ^a	11.49	12.39	0.02	0.08	0.10
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ³ (ซม. ²)	55.12 ^b	53.62 ^b	47.21 ^a	53.24	50.73	0.04	0.34	0.11
ความหนาไขมันสันหลัง ³ (มม.)	19.36 ^a	22.27 ^b	18.84 ^a	19.32	20.99	0.03	0.14	0.95

¹P5 = สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5, CD = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดรู๊ค โดยแต่ละพันธุ์มี 16 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมีย อย่างละ 8 ตัว

²คำนวณด้วย Analysis of covariance โดยใช้น้ำหนักมีชีวิตเป็น covariate

³คิดจากน้ำหนักซากอ่อน คำนวณด้วย Analysis of covariance โดยใช้น้ำหนักซากอ่อนเป็น covariate

⁴คำนวณจากกล้ามเนื้อ 5 ชิ้นส่วนหลัก ได้แก่ สันใน สันนอก สันคอ ไหล่ และสะโพก

⁵คำนวณด้วย Analysis of covariance โดยใช้น้ำหนักซากอ่อนเป็น covariate

^{a,b}ตัวอักษรที่ต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันใหญ่กว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดรู๊ค (CD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่สุกรขุนทั้ง 3 กลุ่มมีน้ำหนักสันนอกไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดรู๊ค (CD) เป็นสุกรที่มีความยาวซากมากกว่า

สุกรพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) และสุกรลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) (88.96 83.38 และ 84.97 เซนติเมตร ตามลำดับ, $P < 0.05$) จึงมีผลทำให้น้ำหนักสันนอกไม่แตกต่างกันถึงแม้สุกรลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค (CD) จะมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเล็กกว่า นอกจากนี้การศึกษาของ Edwards *et al.* (2003) รายงานว่าสุกรพันธุ์เปียวตรงมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันใหญ่กว่าสุกรพันธุ์ดুর็อค (53.2 และ 50.2 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ) ในขณะการศึกษาของ Suzuki *et al.* (2003) รายงานว่าสุกรพันธุ์ดুর็อค และสุกรลูกผสมดুর็อค x (ดুর็อค x แลนด์เรซ) มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันไม่แตกต่างกัน

ในส่วนอิทธิพลของเพศสุกรพบว่าไม่มีผลต่อน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอ่อน ความยาวซาก เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง น้ำหนักชิ้นส่วนย่อยที่ได้จากการตัดแต่ง ได้แก่ สันใน สันคอ ไหล่ สะโพก สามชั้นรวมรวม คาง หัว ซีโครง ขาหน้า ขาหลัง และกระดูก ไขมันที่ได้จากการตัดแต่ง ขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ความหนาไขมันสันหลัง และค่าดัชนี LSQ ของสุกรทั้ง 2 เพศ ในขณะที่สุกรเพศเมียมีน้ำหนักสันนอกสูงกว่าสุกรเพศผู้ตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Latorre *et al.* (2003a) ที่รายงานว่าสุกรเพศเมียมีน้ำหนักสันนอกสูงกว่าและมีความหนาไขมันสันหลังต่ำกว่าสุกรเพศผู้ตอน ในขณะที่ Latorre *et al.* (2003b) รายงานว่าสุกรเพศเมียและสุกรเพศผู้ตอนมีน้ำหนักสันนอกไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักชิ้นส่วนหลักจากการตัดแต่ง (สันใน สันนอก สันคอ ไหล่ และสะโพก) แล้วพบว่าสุกรทั้ง 2 เพศมีปริมาณเนื้อแดงในซากไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 9

การศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศของสุกรพบว่า ไม่มีผลต่อน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอ่อน ความยาวซาก เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง น้ำหนักชิ้นส่วนย่อยที่ได้จากการตัดแต่ง ได้แก่ สันใน สันนอก สันคอ ไหล่ สะโพก สามชั้นรวมรวม คาง หัว ซีโครง ขาหน้า ขาหลัง และกระดูก ไขมันที่ได้จากการตัดแต่ง ขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ความหนาไขมันสันหลัง และค่าดัชนี LSQ

4.1.3 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อองค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน

การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อองค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อสันนอก ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และปริมาณคอลลาเจน ดังแสดงในตารางที่ 9 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Latorre *et al.* (2003b) ที่ศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อองค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรพบว่า กล้ามเนื้อสันนอกของสุกรลูกผสมดুর็อค x ลาร์จไวท์ และสุกรลูกผสมเปียวตรง x ลาร์จไวท์ มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น โปรตีน และไขมันไม่แตกต่างกัน ในขณะที่สุกรเพศผู้ตอนและเพศเมียมีปริมาณโปรตีนในกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกัน

ปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีความสัมพันธ์กับการทำงานและความนุ่มของกล้ามเนื้อ (Weston *et al.*, 2002; สัตยชัย, 2547) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่มมีปริมาณคอลลาเจนที่ไม่ละลาย ปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้ และปริมาณคอลลาเจนรวมไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างสุกร

ทั้ง 3 กลุ่ม แต่อย่างไรก็ตามพบว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีเปอร์เซ็นต์การละลายได้ของคอลลาเจนสูงกว่าสุกรกลุ่มอื่น ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อองค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ¹			เพศ		P-value		
	P5	CP5	CD	เมีย	ผู้ตอน	พันธุ์	เพศ	พันธุ์เพศ
ความชื้น (%)	74.17	73.28	73.79	26.34	26.17	0.11	0.61	0.08
โปรตีน (%)	23.17	23.83	23.58	23.72	23.33	0.55	0.44	0.22
ไขมัน (%)	1.51	2.11	1.84	1.82	1.82	0.15	0.98	0.79
เถ้า (%)	1.02	1.03	1.02	1.02	1.03	0.96	0.72	0.76
IC (มิลลิกรัมต่อกรัม)	3.68	3.36	3.46	3.47	3.54	0.76	0.84	0.14
SC (มิลลิกรัมต่อกรัม)	0.54	0.59	0.49	0.54	0.54	0.28	0.94	0.06
TC (มิลลิกรัมต่อกรัม)	4.23	3.96	3.94	4.00	4.08	0.82	0.84	0.13
% Solubility	13.04 ^b	15.00 ^a	12.20 ^b	13.49	13.33	0.01	0.83	0.09

¹P5 = สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5, CD = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดริค โดยแต่ละพันธุ์มี 16 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมีย อย่างละ 8 ตัว

IC = insoluble collagen, SC = soluble collagen, TC = total collagen, % Solubility = % collagen solubility

4.1.4 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อลักษณะทางกายภาพในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน

การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อลักษณะทางกายภาพในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าไม่มีผลต่อค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่ 45 นาที ($\text{pH}_{45\text{min}}$) และที่ 24 ชั่วโมง ($\text{pH}_{24\text{h}}$) ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) ในกล้ามเนื้อ ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา (drip loss) ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการละลาย (thawing loss) ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการปรุงสุก (cooking loss) ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force) และความยาวซาร์โคเมอร์ (sarcomere length) ของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 11 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Alonso *et al.* (2009) และ McCann *et al.* (2008) ที่รายงานว่ากล้ามเนื้อสันนอกของสุกรลูกผสมดริค x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) และสุกรลูกผสมเปียตรง x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) มีค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่ 24 ชั่วโมง ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสี (a^* และ b^*) ในกล้ามเนื้อ ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการปรุงสุก และค่าแรงตัดผ่านเนื้อไม่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาค่า $\text{pH}_{24\text{h}}$ และค่า L^* จากกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่ม (P5 CP5 และ CD) พบว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ (pH 5.7-5.8 และค่า L^* ประมาณ 54) ไม่มีแนวโน้มว่าจะมีลักษณะเป็นเนื้อ Pale Soft Exudative (PSE) หรือ Dark Firm Dry (DFD) (Adzitey *et al.*, 2011; Faucitano *et al.*, 2010; Warriss *et al.*, 1987) ในขณะที่สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มี

แนวโน้มว่าจะมีค่า b^* ในกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าสุกรขุนทั้ง 2 กลุ่ม (P5 และ CD, $P = 0.06$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อพบว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อสันนอกค่อนข้างสูง (ตารางที่ 9) ซึ่งค่า b^* มีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันแทรกภายในกล้ามเนื้อ โดยหากค่า b^* มีค่าสูงอาจแสดงว่าเนื้อนั้นมีแนวโน้มมีปริมาณไขมันแทรกสูงด้วยเช่นกัน (Kerry *et al.*, 2002)

สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดรูว์ค (CD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) Bulotiené *et al.* (2008) รายงานว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่จะมีผลทำให้เนื้อสุกรมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อ การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา และการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุกสูงขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่มมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อ การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา ระหว่างการละลาย และระหว่างการปรุงสุกไม่แตกต่างกัน

อิทธิพลของเพศสุกรไม่มีผลต่อค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมง ค่าสีแดงและสีเหลืองในกล้ามเนื้อ (a^* และ b^*) ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการละลาย ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการปรุงสุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ ในขณะที่ Alonso *et al.* (2009) รายงานว่าสุกรเพศผู้ตอนและสุกรเพศเมียมีค่าความสว่างของกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกัน แต่สุกรเพศผู้ตอนมีค่าสีแดงและสีเหลือง (a^* และ b^*) สูงกว่าสุกรเพศเมียนอกจากนี้ Latorre *et al.* (2003a) รายงานว่าสุกรเพศผู้ตอนมีค่าสีเหลือง (b^*) สูงกว่าสุกรเพศเมีย จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสุกรเพศเมียมีค่า L^* ต่ำกว่าสุกรเพศผู้ตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อาจเป็นผลจากสุกรเพศเมียมีค่า pH_{45min} สูงกว่าสุกรเพศผู้ตอน อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Alonso *et al.* (2009) รายงานว่ากล้ามเนื้อสันนอกของสุกรเพศเมียและเพศผู้ตอนมีค่า L^* ไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าสุกรเพศเมียมีความยาวซาร์โคเมอร์ต่ำกว่าสุกรเพศผู้ตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ค่าแรงตัดผ่านเนื้อระหว่างสุกรเพศเมียและสุกรเพศผู้ตอนไม่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 11

การศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศของสุกรขุนพบว่า ไม่มีผลต่อค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมง ค่าความสว่าง ค่าสีแดง และสีเหลือง ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการละลาย ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการปรุงสุก ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ และความยาวซาร์โคเมอร์ในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน ดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 11 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อลักษณะทางกายภาพในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ¹			เพศ		P-value		
	P5	CP5	CD	เมีย	ผู้ตอน	พันธุ์	เพศ	พันธุ์เพศ
pH _{45min}	6.13	6.19	6.34	6.25	6.18	0.08	0.39	0.34
pH _{24h}	5.75	5.71	5.76	5.76	5.71	0.58	0.12	0.67
L*	52.42	52.12	51.19	50.67 ^a	53.16 ^b	0.39	<0.01	0.87
a*	3.28	3.96	3.41	3.81	3.29	0.22	0.12	0.19
b*	11.82	12.32	11.47	11.67	12.08	0.06	0.16	0.38
Drip loss (%)	3.16	3.11	3.15	3.23	3.05	0.98	0.41	0.85
Thawing loss (%)	8.62	8.87	9.14	8.59	9.16	0.76	0.32	0.67
Cooking loss (%)	22.10	21.75	22.50	22.49	21.75	0.78	0.40	0.34
WBSF (kg)	6.29	6.49	6.28	6.50	6.20	0.77	0.27	0.58
MFD (μm)	71.27 ^a	71.71 ^a	65.70 ^b	70.15	68.97	0.01	0.51	0.61
SL (μm)	1.71	1.63	1.66	1.63 ^a	1.70 ^b	0.10	0.02	0.40

¹P5 = สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5, CD = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดรู๊ค โดยแต่ละพันธุ์มี 16 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมีย อย่างละ 8 ตัว

pH_{45min} = ค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่ 45 นาที, pH_{24h} = ค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่ 24 ชั่วโมง, L* = lightness (ค่าความสว่าง), a* = redness (ค่าสีแดง), b* = yellowness (ค่าสีเหลือง), WBSF = Warner-Bratzler shear force (ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ), MFD = muscle fiber diameter (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ), SL = sarcomere length (ความยาวซาร์โคเมอร์)

^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.1.5 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อการแสดงออกของยีน MHC isoforms ในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน

การศึกษาชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อในการทดลองครั้งนี้จำแนกชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อตามการแสดงออกของยีน (gene expression) ตามชนิดของ myosin heavy chain (MHC) ด้วยเทคนิค qPCR ซึ่งในสุกรมีรายงานว่าสามารถจำแนกได้เป็น 4 ชนิด คือ slow MHC-I และ fast MHC-IIa MHC-IIx และ MHC-IIb (Chikuni *et al.*, 2001; Lefaucheur *et al.*, 2004; Toniolo *et al.*, 2005) การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อการแสดงออกของยีน MHC isoforms ในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนดังแสดงในตารางที่ 12 จากการศึกษาพบว่าอิทธิพลของพันธุ์สุกรไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อการแสดงออกของยีน MHC-I และ MHC-IIa ในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรทั้ง 3 กลุ่ม ($P > 0.05$) ในขณะที่สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) มีการแสดงออกของยีน MHC-IIx สูงกว่า ในขณะที่มีการแสดงออกของยีน MHC-IIb ต่ำกว่ากว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดรู๊ค (CD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่สุกรขุนลูกผสมสามสายทั้งสองกลุ่ม (CP5 และ CD) มีสัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน การศึกษาครั้งนี้พบว่าอิทธิพลของเพศและอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศของสุกรไม่

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ต่อการแสดงออกของยีน MHC I MHC IIa MHC IIx และ MHC IIb ในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 12

การศึกษาค้นคว้าพบว่าสุกรพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) มีเปอร์เซ็นต์ของการแสดงออกของยีน MHC IIb ที่จัดว่าอยู่ในกลุ่มเส้นใยกล้ามเนื้อที่เป็น fastest muscle fiber type อยู่ต่ำกว่า ในขณะที่พบ MHC IIx มากกว่าสุกรลูกผสมพันธุ์ปากช่อง 5 (PC5) ที่เกิดจากแม่พันธุ์ลูกผสมระหว่างลาร์จไวท์และแลนด์เรซ กับพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรลูกผสมดิวอี้ (CD) ที่เกิดจากแม่พันธุ์ลูกผสมระหว่างลาร์จไวท์และแลนด์เรซกับพ่อสุกรพันธุ์ดิวอี้ Wimmers *et al.* (2008) รายงานว่าการแสดงออกของยีน MHC IIb ของสุกรพันธุ์เป็ดแดง (65.4 %) และ สุกรพันธุ์ดิวอี้ (59.7 %) มากกว่า ($P < 0.01$) ในสุกรลูกผสมดิวอี้เป็ดแดง (54.0 %) ซึ่งแสดงว่าสุกรลูกผสมดิวอี้เป็ดแดงมีการแสดงออกของยีน fast MHC IIb ลดลงกว่าพ่อแม่ที่เป็นพันธุ์แท้ อาจเป็นเหตุผลสนับสนุนการพบปริมาณการแสดงออกของยีน MHC IIb ที่ต่ำในสุกรพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) ในการทดลองนี้ที่มีสัดส่วนพันธุกรรมของสุกรพันธุ์ดิวอี้ 62.5 เปอร์เซ็นต์ และสุกรพันธุ์เป็ดแดง 37.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สุกรลูกผสมพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) ที่เกิดจากแม่ลูกผสมระหว่างลาร์จไวท์และแลนด์เรซ กับพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรลูกผสมดิวอี้ (CD) ที่เกิดจากแม่ลูกผสมระหว่างลาร์จไวท์และแลนด์เรซ กับพ่อสุกรพันธุ์ดิวอี้ มีปริมาณการแสดงออกของยีน MHC IIb สูงกว่า P5 ซึ่ง Gil *et al.* (2008) รายงานว่าสุกรสายพันธุ์เป็ดแดงและดิวอี้มีเปอร์เซ็นต์ของ slow oxidative fiber สูงกว่า ในขณะที่มี fast glycolytic fiber ต่ำกว่าสุกรสายพันธุ์แลนด์เรซและลาร์จไวท์ โดยเปอร์เซ็นต์ของ slow oxidative fiber เป็น 12.27 11.61 9.26 และ 8.93 เปอร์เซ็นต์ ส่วน fast glycolytic fiber เป็น 51.02 51.69 54.36 และ 54.46 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังนั้นเหตุผลที่สุกรลูกผสม CP5 และ CD ในการทดลองครั้งนี้มีปริมาณการแสดงออกของยีน fast MHC IIb มากกว่า P5 อาจเนื่องจากทั้ง CP5 และ CD เกิดจากแม่ลูกผสมระหว่างลาร์จไวท์และแลนด์เรซ

ตารางที่ 12 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อการแสดงออกของยีน MHC isoforms ในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ¹			เพศ		P-value		
	P5	CP5	CD	เมีย	ผู้ตอน	พันธุ์	เพศ	พันธุ์เพศ
MHC-I (%)	0.10	0.09	0.12	0.08	0.11	0.47	0.39	0.21
MHC-IIa (%)	5.58	5.30	5.03	5.34	5.28	0.83	0.93	0.96
MHC-IIx (%)	39.16 ^b	29.59 ^a	27.51 ^a	31.97	32.20	0.02	0.96	0.76
MHC-IIb (%)	55.16 ^a	65.04 ^b	67.33 ^b	62.61	62.41	0.01	0.97	0.75

¹P5 = สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5, CD = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวอี้ โดยแต่ละพันธุ์มี 16 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมีย อย่างละ 8 ตัว

^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

MHC-I = Myosin heavy chain type I, MHC-IIa = Myosin heavy chain type IIa, MHC-IIx = Myosin heavy chain type IIx, MHC-IIb = Myosin heavy chain type IIb

4.1.6 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน

การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่มโดยผู้ประเมินกึ่งฝึกฝนดังแสดงในตารางที่ 13 จากการศึกษาพบว่าพันธุ์และเพศสุกรไม่มีผลต่อความฉ่ำน้ำ กลิ่นรสหมู และกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่ม ในขณะที่สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) มีคะแนนความนุ่มน้อยกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 2 กลุ่ม (CP5 และ CD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้เป็นผลมาจากสุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อยาวกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวรีค (CD) (ตารางที่ 11) ซึ่งเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่มีผลทำให้เนื้อสุกรมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงขึ้น (Bulotienė *et al.* 2008) จึงมีผลทำให้สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) มีคะแนนความนุ่มน้อยที่สุด ในขณะที่สุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 2 กลุ่ม (CP5 และ CD) มีคะแนนความนุ่มไม่แตกต่างกัน น่าจะเป็นผลมาจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) ได้รับอิทธิพลมาจากแม่สุกรสองสายจึงมีผลทำให้สุกรมีไขมันในเนื้อเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 10) มีผลทำให้ความนุ่มของเนื้อสูงขึ้นเนื่องจากปริมาณไขมันในเนื้อมีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อลดลง (Berry, 1993; Li *et al.*, 2006)

ตารางที่ 13 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนที่ประเมินโดยผู้ประเมินกึ่งฝึกฝน

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ^ψ			เพศ		SEM	P-value		
	P5	CP5	CD	เมีย	ผู้ตอน		พันธุ์	เพศ	พันธุ์เพศ
Tenderness ¹	3.98 ^a	3.51 ^b	3.14 ^b	3.30 ^b	3.76 ^a	0.11	<0.01	0.01	0.04
Juiciness ¹	4.08	3.91	3.73	3.84	3.99	0.10	0.14	0.29	0.19
Pork Flavor ²	2.00	2.00	1.92	1.92	2.03	0.13	0.65	0.18	0.74
Off-flavor ²	1.12	1.14	1.12	1.16	1.09	0.10	0.89	0.78	0.85

^ψP5 = สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5, CD = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวรีค โดยแต่ละพันธุ์มี 16 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมีย อย่างละ 8 ตัว

^{a,b}ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันภายใต้อิทธิพลของพันธุ์หรือเพศแสดงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

¹line scale 1-8; 1 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำมากที่สุด, 2 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำมาก, 3 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำปานกลาง, 4 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำเล็กน้อย, 5 = เหนียวหรือแห้งเล็กน้อย, 6 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำปานกลาง, 7 = เหนียวหรือแห้งมาก, 8 = เหนียวหรือแห้งมากที่สุด

²line scale 1-8; 1 = ไม่มีกลิ่นรสหมูหรือไม่มีกลิ่นรสไม่พึงประสงค์, 8 = มีกลิ่นรสหมูมากที่สุดหรือมีกลิ่นรสไม่พึงประสงค์มากที่สุด

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศต่อความนุ่มของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่ม (ดังแสดงในตารางที่ 14) พบว่าสุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) เพศผู้ตอนมีคะแนนความนุ่มน้อยกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 2 กลุ่ม (CP5 และ CD) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยสุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) เพศผู้ตอนมีความนุ่มเล็กน้อยถึงเหนียวเล็กน้อย (คะแนน 4.45) ในขณะที่สุกรขุนพันธุ์แท้ปาก

ช่อง 5 (P5) เพศเมีย สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) เพศเมียและเพศผู้ตอน และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวรี (CD) เพศเมียและเพศผู้ตอน ได้รับคะแนนความนุ่มไม่แตกต่างกัน ($P < 0.05$) โดยคะแนนอยู่ในระดับนุ่มปานกลาง (2.99 ถึง 3.52)

ตารางที่ 14 อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศต่อความนุ่มของกล้ามเนื้อสันนอกสุกรขุนซึ่งประเมินโดยผู้ประเมินกึ่งฝึกฝน

ลักษณะที่ศึกษา	P5		CP5		CD		SEM	P-value
	เมีย	ผู้ตอน	เมีย	ผู้ตอน	เมีย	ผู้ตอน		

Tenderness ¹	3.50 ^b	4.45 ^a	3.52 ^b	3.49 ^b	2.99 ^b	3.29 ^b	0.08	0.04
-------------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	------	------

P5 = สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5, CD = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวรี

^{a,b}ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

¹line scale 1-8; 1 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำมากที่สุด, 2 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำมาก, 3 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำปานกลาง, 4 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำเล็กน้อย, 5 = เหนียวหรือแห้งเล็กน้อย, 6 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำปานกลาง, 7 = เหนียวหรือแห้งมาก, 8 = เหนียวหรือแห้งมากที่สุด

SEM = Standard error of mean

การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนลูกผสมสามสายโดยการทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคนำมาแสดงในตารางที่ 15 จากการศึกษาพบว่าพันธุ์ของสุกรไม่มีผลต่อความฉ่ำน้ำ และกลิ่นรสโดยรวมของกล้ามเนื้อสันนอกสุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 3 กลุ่ม ในขณะที่สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวรี (CD) มีคะแนนความนุ่มสูงกว่า ($P < 0.05$) สุกรขุนพันธุ์ปากช่อง 5 ทั้ง 2 กลุ่ม (P5 และ CP5) ทั้งนี้จะเป็นผลมาจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวรี (CD) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อสันกว่า (ตารางที่ 11) จึงมีผลทำให้เนื้อมีความนุ่มมากกว่า นอกจากนี้สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวรี (CD) ยังมีคะแนนความชอบโดยรวมสูงกว่า ($P < 0.05$) สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) แต่ไม่แตกต่างกับสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) สำหรับอิทธิพลของเพศต่อกลิ่นรสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนพบว่า ผู้บริโภคมีความชอบต่อกลิ่นรสของสุกรขุนเพศเมีย (5.83) มากกว่า ($P < 0.05$) สุกรขุนเพศผู้ตอน (5.38) เล็กน้อย

อิทธิพลร่วมของพันธุ์และเพศต่อคะแนนความนุ่มและความชอบโดยรวมจากการประเมินด้วยผู้บริโภค แสดงอยู่ในตารางที่ 16 พบว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวรี (CD) เพศเมียได้รับคะแนนความชอบด้านความนุ่มมากที่สุด (6.03 = ชอบเล็กน้อย) แต่ผลการประเมินไม่แตกต่างจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวรี (CD) เพศผู้ตอน สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) เพศเมีย และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) เพศเมีย (5.91 5.75 และ 5.59 ตามลำดับ) โดยเนื้อสันนอกจากสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่มดังกล่าวมีคะแนนความนุ่มไม่แตกต่างจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) เพศผู้ตอน แต่พบว่าเนื้อสันนอกของสุกรขุนเพศผู้ตอนทั้ง

จากพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีความนุ่มน้อยกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์คูรีอ็อค (CD) เพศเมีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยเฉพาะสุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) เพศผู้ตอนมีคะแนนความชอบด้านความนุ่มน้อยกว่าสุกรขุนในกลุ่มอื่นๆ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินโดยผู้ประเมินทั้งฝึกฝน สำหรับด้านความชอบโดยรวมพบว่าสุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 (P5) เพศผู้ตอนได้รับคะแนนต่ำกว่าสุกรขุนในกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการรับรู้ในด้านความนุ่มของเนื้อมื้อมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจด้านความชอบโดยรวมของผู้บริโภค

ตารางที่ 15 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อความชอบของผู้บริโภค ($n=76$) ที่มีต่อกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ^ψ			เพศ		SEM	P-value		
	P5	CP5	CD	เมีย	ผู้ตอน		พันธุ์	เพศ	พันธุ์เพศ
tenderness ¹	5.26 ^b	5.54 ^b	5.97 ^a	5.79 ^a	5.39 ^b	0.12	<0.01	0.01	0.02
juiciness ¹	5.21	5.29	5.57	5.53	5.18	0.13	0.09	0.12	0.10
flavor ¹	5.45	5.55	5.80	5.83 ^a	5.38 ^b	0.12	0.06	<0.01	0.25
overall ¹	5.41 ^b	5.63 ^{ab}	5.84 ^a	5.85 ^a	5.40 ^b	0.13	0.03	<0.01	0.02

^ψP5 = สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5, CD = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์คูรีอ็อค

^{a,b}ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

¹คะแนนความชอบในลักษณะที่ศึกษา 9-point hedonic scale; 9 = ชอบมากที่สุด, 8 = ชอบมาก, 7 = ชอบปานกลาง, 6 = ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 2 = ไม่ชอบมาก, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

SEM = standard error of mean

ตารางที่ 16 อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศต่อความนุ่มและความชอบโดยรวมของผู้บริโภค ($n=76$) ที่มีต่อกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	P5		CP5		CD		SEM	P-value
	เมีย	ผู้ตอน	เมีย	ผู้ตอน	เมีย	ผู้ตอน		
tenderness ¹	5.75 ^{ab}	4.78 ^c	5.59 ^{ab}	5.49 ^b	6.03 ^a	5.91 ^{ab}	0.24	0.02
overall ¹	5.87 ^a	4.95 ^b	5.64 ^a	5.61 ^a	6.03 ^a	5.64 ^a	0.22	0.02

^ψP5 = สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5, CD = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์คูรีอ็อค

^{a,b,c}ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

¹คะแนนความชอบในลักษณะที่ศึกษา 9-point hedonic scale; 9 = ชอบมากที่สุด, 8 = ชอบมาก, 7 = ชอบปานกลาง, 6 = ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 2 = ไม่ชอบมาก, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

SEM = standard error of mean

4.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคของสุกรขุน ลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า

4.2.1 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งของสุกรขุน ลูกผสมสามสาย

การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพซากและชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งของสุกรขุน พบว่าอิทธิพลของพันธุ์ไม่มีผลต่อความยาวซาก เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง น้ำหนักชิ้นส่วนย่อยที่ได้จากการตัดแต่ง ได้แก่ สันคอ ไหล่ สามชิ้นรวมรวนนม คาง ซีโครง และขาหลังของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่ม แต่จากการศึกษาพบว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีน้ำหนักซากอ่อนไม่แตกต่างจากสุกรลูกผสมทั้ง 2 กลุ่ม (CB1 และ CB2) อย่างไรก็ตามสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีสันในต่ำกว่า ($P<0.05$) สุกรขุนลูกผสมทั้ง 2 กลุ่ม (CB1 และ CB2) ในขณะที่สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีสันนอก สะโพก หัว และกระดูกต่ำกว่า ($P<0.05$) สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1 (CB1) แต่ไม่แตกต่างจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2 (CB2) (ตารางที่ 17)

สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และและความหนาไขมันสันหลังไม่แตกต่างจากสุกรลูกผสมทั้ง 2 กลุ่ม (CB1 และ CB2) อย่างไรก็ตามสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีปริมาณไขมันที่ได้จากการตัดแต่งและค่าดัชนี LSQ สูงกว่า ($P<0.05$) สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1 (CB1) แต่ไม่แตกต่างจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2 (CB2) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีคุณภาพซากใกล้เคียงกับสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า อย่างไรก็ตามการพัฒนาสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 เพื่อนำมาใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้ายในการผลิตสุกรขุนลูกผสมสามสายที่ให้ปริมาณเนื้อแดงสูง ควรเน้นการปรับปรุงพันธุ์ให้มีปริมาณเนื้อแดงเพิ่มขึ้นและไขมันในซากลดลง หรือการกำหนดน้ำหนักสันสุดท้ายการขุนที่เหมาะสมให้มีสัดส่วนของปริมาณเนื้อแดงสูง หรือการปรับปรุงสูตรอาหารที่ลดปริมาณไขมันและเพิ่มปริมาณเนื้อแดงในช่วงระยะสุดท้ายของการขุน

จากผลการศึกษาพบว่าอิทธิพลของเพศสุกรไม่มีผลต่อน้ำหนักซากอ่อน ความยาวซาก เปอร์เซ็นต์ซาก น้ำหนักชิ้นส่วนย่อยที่ได้จากการตัดแต่ง ได้แก่ สันใน สันคอ ไหล่ คาง หัว ซีโครง ขาหน้า ขาหลัง และกระดูก พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และค่าดัชนี LSQ ในขณะที่สุกรเพศผู้ตอมนมีน้ำหนักสันนอกและสะโพกต่ำกว่าสุกรเพศเมีย ($P<0.05$) นอกจากนี้สุกรเพศผู้ตอมนมีน้ำหนักสามชิ้นรวมรวนนม ไขมันที่ได้จากการตัดแต่ง และความหนาไขมันสันหลังสูงกว่าสุกรเพศเมีย ($P<0.05$)

การศึกษานิธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศของสุกรขุนพบว่า ไม่มีผลต่อน้ำหนักมีชีวิต น้ำหนักซากอ่อน ความยาวซาก เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง น้ำหนักชิ้นส่วนย่อยที่ได้จากการตัดแต่ง ได้แก่ สันใน สันนอก สันคอ ไหล่ สะโพก สามชิ้นรวมรวนนม คาง หัว ซีโครง ขาหน้า และขาหลัง ไขมันที่ได้

จากการตัดแต่ง ไขมันที่ได้จากการตัดแต่ง ขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ความหนาไขมันสันหลัง และค่าดัชนี LSQ ดังแสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อเปอร์เซ็นต์ซากและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งของสุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ¹			เพศ		P-value		
	CB1	CB2	CP5	เมีย	ผู้ตอน	พันธุ์	เพศ	พันธุ์เพศ
น้ำหนักมีชีวิต (กก.)	108.81 ^a	99.25 ^b	102.56 ^b	101.54 ^a	105.54 ^b	<0.01	0.01	0.06
น้ำหนักซากอุ่น ² (กก.)	87.85 ^b	86.23 ^a	86.84 ^{ab}	87.19	86.76	0.04	0.33	0.61
ความยาวซาก (ซม.)	85.97	83.64	85.01	84.51	85.24	0.09	0.28	0.98
เปอร์เซ็นต์ซาก (%)	79.33	78.82	79.19	79.43	78.80	0.64	0.10	0.24
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ³ (%)	44.52	42.68	43.20	44.32 ^b	42.62 ^a	0.08	<0.01	0.79
LSQ	0.22 ^a	0.32 ^b	0.28 ^b	0.26	0.29	0.01	0.12	0.54
ชิ้นส่วนย่อยที่ได้จากการตัดแต่ง ⁴ (%)								
สันใน	1.31 ^a	1.26 ^a	1.14 ^b	1.24	1.21	<0.01	0.28	0.93
สันนอก	8.88 ^b	7.91 ^a	8.04 ^a	8.83 ^b	8.02 ^a	<0.01	0.01	0.35
สันคอ	4.10	4.38	4.49	4.40	4.24	0.06	0.18	0.66
ไหล่	9.67	9.80	9.76	9.87	9.61	0.86	0.10	0.98
สะโพก	19.75 ^b	18.36 ^a	18.53 ^a	19.26 ^b	18.51 ^a	0.01	0.02	0.56
สามชิ้นรวมรวมนม	13.48	14.12	13.42	13.39 ^a	13.95 ^b	0.06	0.02	0.84
คาง	3.89	4.19	4.13	4.04	4.10	0.06	0.45	0.45
หัว	5.98 ^b	5.77 ^{ab}	5.67 ^a	5.82	5.79	0.02	0.69	0.21
ซี่โครง	4.67	4.58	4.71	4.66	4.64	0.38	0.79	0.90
ขาหน้า	1.53 ^b	1.41 ^a	1.56 ^b	1.48	1.52	<0.01	0.14	0.29
ขาหลัง	2.83	2.83	2.91	2.86	2.85	0.11	0.94	0.24
กระดูก	9.76 ^b	8.90 ^a	9.13 ^a	9.23	9.29	<0.01	0.69	0.06
ไขมันจากการตัดแต่ง (%)	12.69 ^a	14.39 ^b	14.19 ^b	13.26 ^a	14.26 ^b	0.02	0.02	0.88
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ซม. ²)	57.05	48.98	52.31	53.32	52.23	0.20	0.70	0.22
ความหนาไขมันสันหลัง (มม.)	22.60	24.08	24.94	22.64 ^a	25.10 ^b	0.18	0.01	0.58

¹CB1 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1, CB2 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 โดยแต่ละพันธุ์มี 16 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมีย อย่างละ 8 ตัว

²คำนวณด้วยโควาริแอนซ์โดยใช้น้ำหนักมีชีวิตเป็นตัวแปรร่วม (covariable)

³คำนวณจากกล้ามเนื้อ 5 ชิ้นส่วนหลัก ได้แก่ สันใน สันนอก สันคอ ไหล่ และสะโพก

⁴คิดจากน้ำหนักซากอุ่น คำนวณด้วยโควาริแอนซ์โดยใช้น้ำหนักซากอุ่นเป็นตัวแปรร่วม (covariable)

^{a,b}ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2.2 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อลักษณะทางกายภาพในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนลูกผสม

สามสาย

การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อลักษณะทางกายภาพในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนลูกผสมสามสายดังแสดงในตารางที่ 18 จากผลการศึกษาพบว่าอิทธิพลของพันธุ์สุกรไม่มีผลต่อค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่ 45 นาที ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการเก็บรักษา ค่าการสูญเสียน้ำในระหว่างการละลาย ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และความยาวซาร์โคเมอร์ของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่ม ในขณะที่สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่ 24 ชั่วโมง สูงกว่า ($P<0.05$) และมีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุกต่ำกว่า ($P<0.05$) สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้าทั้ง 2 กลุ่ม (CB1 และ CB2) ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Bulotienė and Jukna (2008) ที่รายงานว่าค่า pH ภายหลังสัตว์ตาย (ที่ 48 ชั่วโมง) มีความสัมพันธ์กับค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุก ($P<0.01$) ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อภายหลังสัตว์ตายกรดแลคติกในเนื้อจะเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ค่า pH ลดลง ทำให้เกิดการเสื่อมสลาย (denaturation) ของไมโอซิน (myosin) มีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในกล้ามเนื้อลดลง (Huff-Lonergan and Lonergan, 2005; Adzitey and Nurul 2011)

นอกจากนี้ยังพบว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1 (CB1) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2 (CB2) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อสูงกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากปัจจัยทั้ง 2 นี้ส่งผลให้สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้าทั้ง 2 กลุ่ม (CB1 และ CB2) มีค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงสุกสูงกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ทั้งนี้เนื่องมาจากค่า pH ที่ต่ำลงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อที่มากขึ้นส่งผลให้กล้ามเนื้อมีคุณสมบัติในด้านการอุ้มน้ำของเนื้อลดลง (Aberle *et al.*, 2001; Bulotienė *et al.*, 2008; จันทรพร, 2554; จุฑารัตน์, 2540; ชัยณรงค์, 2529)

สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1 (CB1) มีค่า L^* ต่ำกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2 (CB2) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่า pH ที่ลดลงส่งผลทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ในขณะที่ Huff-Lonergan *et al.*, (2002); Bulotienė and Jukna (2008); Karamucki *et al.* (2013) รายงานว่าค่าความสว่าง (L^*) จะเพิ่มขึ้นเมื่อค่า pH ในเนื้อลดลง ทั้งนี้เมื่อค่า pH ในเนื้อลดลงจะทำให้เกิดการเสื่อมสลายของเส้นใยย่อย (myofibrillar proteins) ในกล้ามเนื้อ ส่งผลให้เกิดการสะท้อนของแสงมากขึ้น (Warriss and Brown, 1987; Devine *et al.*, 2004; Adzitey and Nurul, 2011).

ในขณะที่สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2 (CB2) มีค่า a^* และ b^* สูงกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1 (CB1) และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าค่าความสว่าง

(L*) ที่สูงขึ้นมีผลทำให้ค่าสีเหลือง (b*) สูงขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bulotienė and Jukna (2008) ที่รายงานว่าค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) ของเนื้อมีความสัมพันธ์กัน ($P < 0.01$)

ตารางที่ 18 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อลักษณะทางกายภาพในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ¹			เพศ		P-value		
	CB1	CB2	CP5	เมีย	ผู้ตอน	พันธุ์	เพศ	พันธุ์เพศ
pH _{45min}	6.21	6.13	6.19	6.16	6.19	0.69	0.74	0.68
pH _{24h}	5.56 ^c	5.71 ^b	6.06 ^a	5.77	5.78	<0.01	0.73	0.59
L*	49.16 ^b	51.49 ^a	50.89 ^a	49.99	51.04	0.02	0.13	0.29
a*	3.66 ^b	4.63 ^a	3.42 ^b	3.70	4.11	0.01	0.22	0.67
b*	10.94 ^b	12.31 ^a	10.94 ^b	11.16	11.63	<0.01	0.08	0.92
Drip loss, %	3.25	3.59	3.18	3.54	3.14	0.53	0.21	0.74
Thawing loss, %	7.79	8.67	8.84	8.38	8.48	0.29	0.87	0.53
Cooking loss, %	23.88 ^a	23.07 ^a	20.18 ^b	22.22	22.54	0.01	0.75	0.70
WBSF (kg)	5.95	5.77	5.45	5.92	5.53	0.45	0.24	0.52
MFD (μm)	83.34 ^a	77.44 ^a	71.41 ^b	78.79	76.01	<0.01	0.26	0.04
SL (μm)	1.63	1.61	1.60	1.61	1.62	0.44	0.57	0.65

¹CB1 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1, CB2 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 โดยแต่ละพันธุ์มี 16 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมีย อย่างละ 8 ตัว

pH_{45min} = ค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่ 45 นาที, pH_{24h} = ค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่ 24 ชั่วโมง, L* = lightness (ค่าความสว่าง), a* = redness (ค่าสีแดง), b* = yellowness (ค่าสีเหลือง), WBSF = Warner-Bratzler shear force (ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ), MFD = muscle fiber diameter (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ), SL = sarcomere length (ความยาวซาร์โคเมอร์)

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ผลการศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของสุกรขุน แสดงให้เห็นว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1 (CB1) เพศเมียมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อยาวที่สุด ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1 (CB1) เพศผู้ตอน และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2 (CB2) เพศเมีย ในขณะที่สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) เพศเมียมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อสั้นที่สุด ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2 (CB2) เพศผู้ตอน และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) เพศผู้ตอน ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของสุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	CB1		CB2		CP5		P-value
	เมีย	ผู้ตอน	เมีย	ผู้ตอน	เมีย	ผู้ตอน	
MFD (μm)	87.80 ^a	78.88 ^{ab}	80.06 ^{ab}	74.81 ^{bc}	68.50 ^c	74.33 ^{bc}	0.04

CB1 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1, CB2 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 โดยแต่ละพันธุ์มี 16 ตัว เป็นเพศผู้ตอนและเพศเมีย อย่างละ 8 ตัว

MFD = muscle fiber diameter (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ)

a,b,c ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2.3 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน

ลูกผสมสามสาย

การศึกษาอิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 3 กลุ่มที่ประเมินโดยผู้ประเมินกึ่งฝึกฝน ดังแสดงในตารางที่ 20 ผลการศึกษาพบว่าพันธุ์ของสุกรไม่มีผลต่อความฉ่ำน้ำ กลิ่นรสหมู หรือกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนลูกผสมสามสายทั้ง 3 กลุ่ม อย่างไรก็ตามผู้บริโภคระเมินว่ากล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) มีความนุ่มมากที่สุด (คะแนน = 3.08) แต่ไม่แตกต่างจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2 (CB2) (คะแนน = 3.31) โดยกล้ามเนื้อสันนอกของทั้งสองกลุ่มทดลองมีความนุ่มมากกว่า ($P < 0.05$) เนื้อสันนอกของสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1 (CB1) (คะแนน = 3.65) โดยคะแนน 4 หมายถึง มีความนุ่มเล็กน้อย ทั้งนี้จะเป็นผลมาจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1 (CB1) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใหญ่ (ตารางที่ 18) จึงทำให้ผู้บริโภครู้สึกเหนียวเมื่อบริโภค

อิทธิพลของเพศสุกรไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่ม นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ทำการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 20

ผลการศึกษาความชอบของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนลูกผสมสามสาย ดังแสดงในตารางที่ 21 พบว่าทั้งพันธุ์ของสุกรและเพศมีอิทธิพลร่วมกัน ($P < 0.05$) ต่อความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพของเนื้อสันนอก แต่ไม่พบอิทธิพลของพันธุ์หรือเพศต่อความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพของเนื้อสันนอก

ตารางที่ 20 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน
ลูกผสมสามสายที่ประเมินโดยผู้ประเมินกึ่งฝึกฝน

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ^ψ			เพศ		SEM	P-value		
	CB1	CB2	CP5	เมีย	ผู้ตอน		พันธุ์	เพศ	พันธุ์เพศ
tenderness	3.65 ^a	3.31 ^b	3.08 ^b	3.34	3.35	0.06	<0.01	0.96	0.11
juiciness	3.86	3.97	3.78	3.83	3.91	0.06	0.28	0.42	0.55
flavor	2.01	1.92	2.01	1.96	2.00	0.05	0.48	0.63	0.89
off-flavor	1.17	1.19	1.09	1.17	1.14	0.02	0.11	0.42	0.89

^ψCB1 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1, CB2 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5

^{a,b}ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

¹line scale 1-8; 1 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำมากที่สุด, 2 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำมาก, 3 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำปานกลาง, 4 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำเล็กน้อย, 5 = เหนียวหรือแห้งเล็กน้อย, 6 = นุ่มหรือฉ่ำน้ำปานกลาง, 7 = เหนียวหรือแห้งมาก, 8 = เหนียวหรือแห้งมากที่สุด

SEM = Standard error of mean

อิทธิพลร่วมของพันธุ์ของสุกรและเพศต่อการประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกสุกรลูกผสมสามสาย ดังแสดงในตารางที่ 22 ในด้านความนุ่ม พบว่าสันนอกจากสุกรขุนสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) ทั้งเพศเมีย เพศผู้ตอนมีคะแนนความชอบด้านความนุ่มไม่แตกต่าง ($P > 0.05$) ไปจากกล้ามเนื้อสันนอกจากสุกรขุนสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า 2 ทั้งเพศเมียและเพศผู้ตอน รวมทั้งจากที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า 1 ที่เป็นเพศผู้ตอน โดยมีคะแนน 6.46 5.98 6.43 6.10 และ 6.47 ตามลำดับ ทั้งนี้คะแนนประเมิน 6 คือ ชอบเล็กน้อย ส่วนคะแนน 7 คือ ชอบปานกลาง แต่พบว่าสันนอกจากสุกรขุนสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า 1 (CB1) ที่เป็นเพศเมียได้รับคะแนนความชอบด้านความนุ่ม (5.55) ต่ำกว่า ($P < 0.05$) สุกรกลุ่มเดียวกันที่เป็นเพศผู้ตอน และกลุ่มที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า 2 (CB2) เพศเมียและผู้ตอน รวมทั้งจากสุกรเพศเมียที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม CB1 เพศเมียมีคะแนนความชอบด้านความนุ่มไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) จาก CP5 เพศผู้ตอน

อิทธิพลร่วมของพันธุ์และเพศต่อผลการประเมินความชอบด้านความฉ่ำน้ำของกล้ามเนื้อสันนอกสุกรขุนลูกผสมสามสายแสดงดังตารางที่ 22 พบว่าสันนอกจากสุกรขุนสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า CB 1 เพศผู้ตอน และ CB2 เพศเมีย ได้รับคะแนนความชอบด้านความฉ่ำน้ำมากกว่า ($P < 0.05$) ทุกกลุ่มทดลอง แต่ทั้งสองกลุ่มได้คะแนนไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ไปจากสันนอกจากสุกรขุนสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 เพศเมีย โดยมีคะแนน 6.37 6.39 และ 6.02 ตามลำดับ ขณะที่ CB1 เพศเมียจะได้รับคะแนนต่ำที่สุด (5.44) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ไปจาก CB2 เพศผู้ตอน และ CP5 เพศผู้ตอน (คะแนน 5 คือ รู้สึกเฉยๆ 6 คือ ชอบเล็กน้อย และ 7 คือ ชอบปานกลาง)

ตารางที่ 21 อิทธิพลของพันธุ์และเพศต่อความชอบของผู้บริโภค (n=100) ต่อกลิ้มเนื้อสันนอกของ

สุกรขุนลูกผสมสามสาย

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์ ^ψ			เพศ		SEM	P-value		
	CB1	CB2	CP5	เมีย	ผู้ตอน		พันธุ์	เพศ	พันธุ์เพศ
tenderness ¹	6.01	6.27	6.22	6.15	6.18	0.09	0.35	0.81	<0.01
juiciness ¹	5.91	6.04	5.82	5.95	5.89	0.09	0.49	0.68	<0.01
flavor ¹	5.85	6.07	6.00	5.98	5.96	0.09	0.46	0.87	<0.01
overall ¹	5.92	6.13	5.99	6.02	6.00	0.09	0.36	0.83	<0.01

^ψCB1 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1, CB2 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5

¹คะแนนความชอบในลักษณะที่ศึกษา 9-point hedonic scale; 9 = ชอบมากที่สุด, 8 = ชอบมาก, 7 = ชอบปานกลาง, 6 = ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 2 = ไม่ชอบมาก, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

^{a,b}ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

SEM = standard error of mean

ด้านกลิ่นรส พบว่ากลีมนเนื้อสันนอกจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) เพศเมีย ได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุด คือ 6.25 แต่ผลการประเมินไม่แตกต่าง (P>0.05) จาก CB1 เพศผู้ตอน และ CB2 เพศเมีย และเพศผู้ตอน (6.19 6.19 และ 5.94 ตามลำดับ) โดย CB1 เพศเมีย (5.50) ได้รับคะแนนความชอบต่ำที่สุด แต่ไม่ต่าง (P>0.05) จากผลการประเมินใน CP5 เพศผู้ตอน (5.74) และ CB2 เพศผู้ตอน (5.94)

ตารางที่ 22 อิทธิพลร่วมระหว่างพันธุ์และเพศต่อความชอบของผู้บริโภค (n=100) ที่มีต่อลักษณะทาง

ประสาทสัมผัสของกลีมนเนื้อสันนอกของสุกรขุนลูกผสมสามสาย

ลักษณะที่ศึกษา	CB1		CB2		CP5		SEM	P-value
	เมีย	ผู้ตอน	เมีย	ผู้ตอน	เมีย	ผู้ตอน		
tenderness ¹	5.55 ^b	6.47 ^a	6.43 ^a	6.10 ^a	6.46 ^a	5.98 ^{ab}	0.16	<0.01
juiciness ¹	5.44 ^c	6.37 ^a	6.39 ^a	5.68 ^{bc}	6.02 ^{ab}	5.62 ^{bc}	0.16	<0.01
flavor ¹	5.50 ^c	6.19 ^{ab}	6.19 ^{ab}	5.94 ^{abc}	6.25 ^a	5.74 ^{bc}	0.16	<0.01
overall ¹	5.53 ^b	6.30 ^a	6.29 ^a	5.97 ^{ab}	6.25 ^a	5.72 ^b	0.15	<0.01

^ψCB1 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 1, CB2 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากสุกรพ่อพันธุ์ทางการค้า 2, CP5 = สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5

¹คะแนนความชอบในลักษณะที่ศึกษา 9-point hedonic scale; 9 = ชอบมากที่สุด, 8 = ชอบมาก, 7 = ชอบปานกลาง, 6 = ชอบเล็กน้อย, 5 = เฉยๆ, 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 2 = ไม่ชอบมาก, 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

^{a,b,c}ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

SEM = standard error of mean

สำหรับความชอบโดยรวม พบว่าผลการประเมินเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับลักษณะคุณภาพด้านอื่น โดยพบว่าสัณนอกจากสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 (CP5) เพศเมีย ได้รับคะแนนความชอบโดยรวม 6.25 ซึ่งไม่แตกต่าง ($P>0.05$) จาก CB1 เพศผู้ตอน และ CB2 เพศเมีย และเพศผู้ตอน (6.30 6.29 และ 5.97 ตามลำดับ) คือ ผู้บริโภคมีความชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง ขณะที่ CB1 เพศเมีย ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด (5.53) แต่ทั้งนี้ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) จาก CP5 เพศผู้ตอน และ CB2 เพศผู้ตอน (5.72 และ 5.97 ตามลำดับ)

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคของสุกรขุนที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 สามารถสรุปเป็นประเด็นสำคัญได้ดังนี้

5.1 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคของสุกรพันธุ์แท้ปากช่อง 5 สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค

1) จากการศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรขุนที่ 108 วัน สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค ในขณะที่สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 พันธุ์แท้ เนื่องมาจากอิทธิพลของ heterosis ที่เกิดขึ้นจากการผสมข้ามพันธุ์

2) สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 เพอร์เซ็นต์ซากมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและเปอร์เซ็นต์สะโพกสูงที่สุด ในขณะที่สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อคมีเปอร์เซ็นต์ซากและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันใหญ่กว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีค่าดัชนี LSQ สูงกว่าสุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อค

3) กล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่มมีองค์ประกอบทางเคมี ค่า pH ภายหลังสัตว์ตายที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมง ค่าความสว่าง (L^*) และค่าสี (a^* และ b^*) ค่าการสูญเสียน้ำ (drip loss, thawing loss และ cooking loss) ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และความยาวซาร์โคเมอร์ไม่แตกต่างกัน

4) สุกรขุนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 มีปริมาณการแสดงออกของยีน MHC IIx สูงกว่า แต่มีการแสดงออกของยีน MHC IIb ต่ำกว่า สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดুর็อค ส่วนขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อนั้นพบว่าสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดুর็อคมีขนาดเล็กที่สุด

5) โดยรวมผู้บริโภคมองกลิ่นรสของสุกรเพศเมียมากกว่าเพศผู้ตอน ส่วนด้านความนุ่มจะชอบเนื้อสุกรเพศเมียจากทั้งสามกลุ่มไม่ต่างจากสุกรขุนลูกผสมสามสาย ที่เกิดจากพ่อพันธุ์ดুর็อคเพศผู้ตอน แต่พบว่าสุกรขุนเพศผู้ตอนพันธุ์แท้ปากช่อง 5 จะนุ่มน้อยที่สุด รวมทั้งมีคะแนนความชอบโดยรวมต่ำที่สุด

5.2 การศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคของสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ทางการค้า

1) สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีคุณภาพซากและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วน

ใหญ่ที่ได้จากการตัดแต่ง เช่น ค่า LSQ เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วน คือ สันใน สันนอก สะโพก และไขมันจากการตัดแต่ง อยู่ระหว่างสุกรขุนที่เกิดจากพ่อพันธุ์ทางการค้าสองบริษัท ซึ่งบริษัทหนึ่งให้เนื้อแดงสูง ในขณะที่อีกบริษัทหนึ่งให้ไขมันสูง

2) สุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นโยกล้ามเนื้อ และการสูญเสียเนื้อระหว่างการปรุงต่ำกว่าสุกรลูกผสมที่เกิดจากพ่อพันธุ์ทางการค้าทั้งสองกลุ่ม ในขณะที่ค่า pH และค่าความสว่างของเนื้อสูงกว่า แต่มีค่าสีแดงและสีเหลืองของเนื้อต่ำกว่าสุกรกลุ่มที่มีเนื้อแดงสูง (CB1) ในขณะที่ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยรวมของสุกรทั้งสามกลุ่มไม่ต่างกันทางสถิติ

จากผลการศึกษาคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคของสุกรขุนที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 สามารถสรุปเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์และการพัฒนาปรับปรุง ได้ดังนี้

1) สุกรขุนที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีคุณภาพซากใกล้เคียงกับสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวอี้ และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อพันธุ์ทางการค้า อย่างไรก็ตามจากการศึกษาพบว่า สุกรขุนที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีเปอร์เซ็นต์ไขมันในซากค่อนข้างสูง ดังนั้นการพัฒนาสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 เพื่อนำมาใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้ายในการผลิตสุกรขุนลูกผสมสามสายที่ให้ปริมาณเนื้อแดงสูง ควรเน้นการปรับปรุงพันธุ์ให้มีปริมาณเนื้อแดงเพิ่มขึ้นและไขมันในซากลดลง หรือการกำหนดน้ำหนักสิ้นสุตระยะการขุนที่เหมาะสมให้มีสัดส่วนของเนื้อแดงต่อไขมัน (lean to fat ratio) ที่สูง หรือการปรับปรุงสูตรอาหารเพื่อลดปริมาณไขมันและเพิ่มปริมาณเนื้อแดงในช่วงระยะสุดท้ายของการขุน

2) สุกรขุนที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคใกล้เคียงกับสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อสุกรพันธุ์ดิวอี้ และสุกรขุนลูกผสมสามสายที่เกิดจากพ่อพันธุ์ทางการค้า ดังนั้นสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 จึงมีความเหมาะสมที่จะนำไปส่งเสริมให้แก่เกษตรกรเพื่อเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงสุกรที่มีพันธุกรรมดี เพื่อนำไปใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้ายในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสุกรขุนที่มีคุณภาพสำหรับผู้บริโภคต่อไป

3) สุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาพันธุ์เพื่อให้ได้พ่อพันธุ์สุดท้ายที่ใช้ผลิตสุกรขุนที่โตเร็ว ให้ปริมาณเนื้อแดงมาก โดยไม่ได้มีเป้าหมายด้านคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค การที่ผลการศึกษาทั้งในด้านคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับพ่อพันธุ์สุกรทางการค้า แสดงให้เห็นว่าสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 มีคุณสมบัติที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นพ่อพันธุ์สุดท้ายได้ โดยมีต้นทุนด้านพันธุกรรมที่ต่ำกว่าแต่ให้ผลใกล้เคียงกัน เนื่องจากสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 พัฒนาพันธุ์ด้วยงบประมาณจำนวนน้อย จำหน่ายในราคาถูกเพื่อให้เกษตรกรทั่วไปสามารถเข้าถึงได้

4) ควรมีการจัดทำข้อมูลในเชิงวิชาการ และประชาสัมพันธ์ข้อดีและแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์ของสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ให้แก่เกษตรกรได้รับทราบในวงกว้าง นอกจากนี้ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในด้านการยอมรับของเกษตรกรต่อการให้ผลผลิต ตลอดจนการสร้างการรับรู้ให้แก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร เพื่อนำไปสู่การส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ให้แก่เกษตรกรต่อไป

บรรณานุกรม

- กมล ฉวีวรรณ แสนศักดิ์ นาคะวิสุทธิ วโรชา จำปารัตน์ และวิศาล ศรีสุริยะ. 2556. การศึกษาความแปรปรวนของลักษณะทางเศรษฐกิจของสุกรพันธุ์ปากช่อง 5. งานประชุมวิชาการปศุสัตว์แห่งชาติ ปี 2556, เมืองทองธานี นนทบุรี, กรมปศุสัตว์: 246-255.
- กานต์ สุขสุแพทย์ วิทวัส อัครพันธ์นิมิต และรณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2555. อิทธิพลของพันธุ์กรรม เพศ และน้ำหนักซากต่อปริมาณเนื้อแดงและไขมันสุกรภายใต้การจัดการเชิงพานิชย์. หน้า 57-63 ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 3, วันที่ 21-22 มิถุนายน 2555. ณ ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุมอิมแพ็ค เมืองทองธานี นนทบุรี.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ชั้นสูง. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2540. การจัดการโรงฆ่าสัตว์. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- จุฑารัตน์ เศรษฐกุล พรณิภา ศิวะพิรุฬห์เทพ วิทวัส อัครพันธ์นิมิต และนภาพันท์ ปิยะเสถียร. 2553. การใช้ค่าดัชนี LSQ ในการประเมินชิ้นส่วนตัดแต่งซากสุกรทางการค้า. หน้า 26-32 ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 2, วันที่ 17-18 ธันวาคม 2553. ณ โรงแรมรามารการ์เด็นส์ กรุงเทพมหานคร.
- จันทร์พร เจ้าทรัพย์. 2554. เทคโนโลยีการฆ่าสัตว์. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพมหานคร.
- ทิมรักบ้านเกิด. 2556. พันธุ์สุกร. [Online] Available : <http://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=3694&s=tblanimal.22> ตุลาคม 2557.
- รณชัย สิทธิไกรพงษ์. 2540. การผลิตสุกร. กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สัณชัย จตุรสีทธา. 2547. การจัดการเนื้อสัตว์. : ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่
- Aberle, E. D., J. C. Forrest, D. E. Gerrard, E. W. Mills, H. B. Hedrick, M. D. Judge and R. A. Merkel. 2001. Principles of Meat Science, Dubuque, IA: Kendall/Hunt.
- Adzitey, F. and H. Nurul. 2011. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences - a mini review. International Food Research Journal 18: 11-20.

- Alonso, V., M. Campo Mdel, S. Espanol, P. Roncales and J. A. Beltran. 2009. Effect of crossbreeding and gender on meat quality and fatty acid composition in pork. *Meat Sci* 81(1): 209-217.
- AMSA. 1995. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. American Meat Science Association and National Live Stock and Meat Board, Illinois. 48 p.
- AOAC, 2005. Official methods of analysis. 18th ed. AOAC Int., Washington, DC.
- Berry, B. W. 1993. Tenderness of beef loin steaks as influenced by marbling level, removal of subcutaneous fat, and cooking method. *J. Anim. Sci.* 71(9): 2412-2419.
- Brocks, L., R.E. Klont, W. Buist, K. de Greef, M. Tieman, and B. Engel. 2000. The effects of selection of pigs on growth rate vs. leanness on histochemical characteristics of different muscles. *J. Anim. Sci.* 78: 1247–1254.
- Bulotienė, G. and V. Jukna. 2008. The influence of muscle fibre area on pork quality. *Veterinarija Ir Zootechnika. T* 42(64): 34-37.
- Bunter, K. L., C. Bennett, B. G. Luxford and H. U. Graser. 2008. Sire breed comparisons for meat and eating quality traits in Australian pig populations. *Animal*. 2(8): 1168-1177.
- Calkins, C. R., T. R. Dutson, G. C. Smith, Z. L. Carpenter, and G. W. Davis. 1981. Relationship of fiber type composition to marbling and tenderness of bovine muscle. *J. Food Sci.* 46:708–710.
- Cassady, J. P., L. D. Young and K. A. Leymaster. 2002. Heterosis and recombination effects on pig growth and carcass traits. *J Anim Sci* 80(9): 2286-2302.
- Chaweewan, K., S. Nakavisut, V. Jumparat and V. Srisuriya. 2012. Genetic Parameters of Selection for Economic Traits over Five Generations of Pakchong 5 Swine. *Proceedings of the 15th AAAP Animal Science Congress, Thammasat University, Rangsit Campus, Thailand, AAAP: 1347-1351.*
- Chikuni, K., R. Tanabe, S. Muroya, and I. Nakajima. 2001. Differences in molecular structure among the porcine myosin heavy chain-2a, -2x, and -2b isoforms. *Meat Sci.* 57:311– 317.
- Choi, J. S., H. J. Lee, S. K. Jin, Y. I. Choi and J. J. Lee. 2014. Comparison of carcass characteristics and meat quality between Duroc and crossbred pigs. *Korean J. Food Sci. An.* 34(2): 238-244.
- Cross, H. R., R. L. West and T. R. Dutson. 1981. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Sci* 5(4): 261-266.

- Devine, C., C. Devine and W. K. Jensen. 2004. Encyclopedia of Meat Sciences, Three-Volume Set, Elsevier Science.
- Edwards, D. B., R. O. Bates and W. N. Osburn. 2003. Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for carcass and meat quality measures. *J Anim Sci* 81(8): 1895-1899.
- Edwards, D. B., R. J. Tempelman and R. O. Bates. 2006. Evaluation of Duroc- vs. Pietrain-sired pigs for growth and composition. *J Anim Sci* 84(2): 266-275.
- Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay. 1996. "Introduction to quantitative genetics." 4th ed. Longman Scientific and Technical, England.
- Faucitano, L., M. C. Ielo, C. Ster, D. P. Lo Fiego, S. Methot and L. Saucier. 2010. Shelf life of pork from five different quality classes. *Meat Sci.* 84(3): 466-469.
- Gacula, M. Jr., J. Singh, J. Bi, and S. Altan. 2009. "Statistical methods in food and consumer research". 2nd ed. Elsevier Inc., UK.
- Gauthier, G.F. 1969. On the relationship of ultrastructural and cytochemical features to color in mammalian skeletal muscle. *Cell and Tissue Research.* 95(3): 462-482.
- Gil M., M.I. Delday, M. Gispert, M.F. I Furnols, C.M. Maltin, G.S. Plastow, R. Klont, A.A. Sosnicki, and D. Carrión. 2008. Relationships between biochemical characteristics and meat quality of Longissimus thoracis and Semimembranosus muscles in five porcine lines. *Meat Sci.* 80 : 927–933.
- Hill F. 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *Journal of Food Science* 31 : 161-166.
- Huff-Loneragan, E., T.J. Baas, M. Malek, J.C. Dekkers, K. Prusa and M.F. Rothschild. 2002. Correlations among selected pork quality traits. *J Anim Sci* 80: 617-627.
- Huff-Loneragan, E., and S. M. Lonergan. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Sci.* 71: 194-204.
- Jiang, Y. Z., L. Zhu, G. Q. Tang, M. Z. Li, A. A. Jiang, W. M. Cen, S. H. Xing, J. N. Chen, A. X. Wen, T. He, Q. Wang, G. X. Zhu, M. Xie and X. W. Li. 2012. Carcass and meat quality traits of four commercial pig crossbreeds in China. *Genet Mol Res* 11(4): 4447-4455.
- Jones, S.W., T. Parr, P.L. Sensky, G.P. Scothern, R.G. Bardsley and P.J. Buttery. 1999. Fibre type-specific expression of p94, a skeletal muscle-specific calpain. *Journal of Muscle Research and Cell Motility.* 20: 417-424.
- Karamucki, T., M. Jakubowska, A. Rybarczyk, and J. Gardzielewska. 2013. The influence of myoglobin on the colour of minced pork loin. *Meat Sci.* 94: 234-238.

- Karlsson, A.H., R.E. Klont and X. Fernandez. 1999. Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Livestock Production Sci.* 60: 255-269.
- Kerry, J. P., J. F. Kerry and D. Ledward. 2002. *Meat processing: improving quality*. New York : CRC Press.
- Kim, Y. S., S. W. Kim, M. A. Weaver and C. Y. Lee. 2005. Increasing the Pig Market Weight: World Trends, Expected Consequences and Practical Considerations. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18(4): 590-600.
- Latorre, M. A., R. Lazaro, M. I. Gracia, M. Nieto and G. G. Mateos. 2003a. Effect of sex and terminal sire genotype on performance, carcass characteristics, and meat quality of pigs slaughtered at 117 kg body weight. *Meat Sci* 65(4): 1369-1377.
- Latorre, M. A., P. Medel, A. Fuentetaja, R. Lázaro and G. G. Mateos. 2003b. Effect of gender, terminal sire line and age at slaughter on performance, carcass characteristics and meat quality of heavy pigs. *Animal Science* 77: 33-45.
- Lee, S. H., J. H. Choe, Y. M. Choi, K. C. Jung, M. S. Rhee, K. C. Hong, S. K. Lee, Y. C. Ryu and B. C. Kim. 2012. The influence of pork quality traits and muscle fiber characteristics on the eating quality of pork from various breeds. *Meat Science* 90(2): 284-291.
- Lefaucheur, L., J. Le Dividich, J. Mourot, G. Monin, P. Ecolan, and D. Krauss. 1991. Influence of environmental temperature on growth, muscle and adipose tissue metabolism, and meat quality in swine. *J. Anim. Sci.* 69:2844–2854.
- Lefaucheur, L. and D. Gerrard 1998. Muscle fiber plasticity in farm mammals. *Proceeding of the American Society of Anim Sci.* 1-19.
- Lefaucheur, L., D. Milan, P. Ecolan, and C. Le Callennec. 2004. Myosin heavy chain composition of different skeletal muscles in Large White and Meishan pigs. *J. Anim. Sci.* 82:1931–1941.
- Lefaucheur, L. 2006. Myofibre typing and its relationships to growth performance and meat quality. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 49 Special Issue: 4-17.
- Li, C., G. Zhou, X. Xu, J. Zhang, S. Xu and Y. Ji. 2006. Effects of marbling on meat quality characteristics and intramuscular connective tissue of beef Longissimus muscle. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 19(12): 1799-1808.
- McCann, M. E. E., V. E. Beattie, D. Watt and B. W. Moss. 2008. The effect of boar breed type on reproduction, production performance and carcass and meat quality in pigs. *Irish J. Agri. Food Res* 47: 171–185.

- McLaren, D. G., D. S. Buchanan and J. E. Williams. 1987. Economic evaluation of alternative crossbreeding systems involving four breeds of swine. II. System efficiency. *J Anim Sci* 65(4): 919-928.
- Meilgaard, M., G.V. Civille, and B.T. Carr. 2007. *Sensory evaluation techniques*, 4th Edition. CRC Press, Florida, USA. pp. 346-347; 407-412.
- Melton, C., M. Dikeman, H. J. Tuma and R. R. Schalles. 1974. Histological Relationships of Muscle Biopsies to Bovine Meat Quality and Carcass Composition^{1,2}. *J. Anim. Sci.* 38(1): 24-31.
- Miar, Y., G. Plastow, H. Bruce, S. Moore, G. Manafiazar, R. Kemp, P. Charagu, A. Huisman, B. van Haandel, C. Zhang, R. McKay and Z. Wang. 2014. Genetic and phenotypic correlations between performance traits with meat quality and carcass characteristics in commercial crossbred pigs. *PLoS One* 9(10): e110105.
- Michael Eskin, N. A. and F. Shahidi. 2013. *Biochemistry of foods* 3rd ed. Academic Press, St Louis, Missouri, U.S.A.
- Miller, R. 1998. Sensory evaluation of pork. *Pork Quality Factsheet*. National Pork Board, Iowa, USA, 20 p.
- Miller, R. 2003. Assessing consumer preferences and attitudes toward meat and meat products. *Proceedings of the 49th International Congress of Meat Science and Technology*. 67-80.
- Morales, J. I., M. P. Serrano, L. Camara, J. D. Berrocoso, J. P. Lopez and G. G. Mateos. 2013. Growth performance and carcass quality of immunocastrated and surgically castrated pigs from crossbreeds from Duroc and Pietrain sires. *J Anim Sci* 91(8): 3955-3964.
- Permentier, L., D. Maenhout, K. Broekman, W. Deley, V. Van de Perre, G. Verbeke and R. Geers. 2013. Comparison of growth performance, body composition, body conformation and meat quality between three genetic pig lines. *The Open Agri. J.* 7: 96-106.
- Picard, B., L. Lefaucheur, C. Berri and M. J. Duclos. 2002. Muscle fibre ontogenesis in farm animal species. *Reprod. Nutr. Dev.* 42: 415-431.
- Renand, G., B. Picard, C. Touraille, P. Berge and J. Lepetit. 2001. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Sci.* 59: 49-60.

- Ryu, Y.C. and B.C. Kim. 2006. Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. *J. Anim. Sci.* 84: 894–901.
- Seideman, S.C., and J.D. Crouse. 1986. The Effects of Sex Condition, Genotype and Diet on Bovine Muscle Fiber Characteristics. *Meat Sci.* 17: 55-72.
- Sonesson, A.K., K.H. de Greef and T.H.E. Meuwissen. 1998. The Genetic parameters and trends of meat quality, carcass composition and performance traits in two selected lines of Large White pigs. *Livest. Prod. Sci.* 57: 23-32.
- Suzuki, K., T. Shibata, H. Kadowaki, H. Abe and T. Toyoshima. 2003. "Meat quality comparison of Berkshire, Duroc and crossbred pigs sired by Berkshire and Duroc." *Meat Sci* 64(1): 35-42.
- Toniolo L, L. Maccatrozzo, M. Patrino, F. Caliaro, F. Mascarello and C. Reggiani. 2005. Expression of eight distinct MHC isoforms in bovine striated muscles: evidence for MHC-2B presence only in extra-ocular muscles. *J. Exp Biol.* 208: 4243–4253.
- Tuma, H.J., J.H. Venable, P.R. Wuthier and R.L. Henrickson. 1962. Relationship of fiber diameter to tenderness and meatiness as influenced by *Bovine* age. *J. Anim. Sci.* 21:33-36.
- Warriss, P. D. and S. N. Brown. 1987. The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. *Meat Sci.* 20(1): 65-74.
- Weston, A. R., R. W. Rogers and T. G. Althen. 2002. Review: The Role of Collagen in Meat Tenderness. *The Prof. Anim. Sci.* 18(2): 107-111.
- Wheeler, T. L., S. D. Shackelford and M. Koohmaraie. 2002. Technical note: Sampling methodology for relating sarcomere length, collagen concentration, and the extent of postmortem proteolysis to beef and pork longissimus tenderness. *J Anim Sci* 80(4): 982-987.
- Wilson, E. R. and R. K. Johnson. 1981. Comparison of three-breed and backcross swine for litter productivity and postweaning performance. *J Anim. Sci.* 52(1): 18-25.
- Wood, J. D., G. R. Nute, R. I. Richardson, F. M. Whittington, O. Southwood, G. Plastow, R. Mansbridge, N. da Costa and K. C. Chang. 2004. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Sci.* 67(4): 651-667.
- Wimmers K., N.T. Ngu, D.G. Jennen, D. Tesfaye, E. Murani, K. Schellander and S. Ponsuksili. 2008. Relationship between myosin heavy chain isoform expression and muscling in several diverse pig breeds. *J Anim. Sci.* 86(4) : 795-803.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ ก1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการทดลองที่ 1

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
น้ำหนักเริ่มต้น (กก./ตัว)	P5	เมีย	8	24.25	3.37	20.00	28.00
		ผู้ดอน	8	25.00	2.07	23.00	28.00
	CP5	เมีย	8	20.13	2.90	14.00	23.00
		ผู้ดอน	8	22.00	3.66	16.00	26.00
	CD	เมีย	9	20.44	2.40	18.00	23.00
		ผู้ดอน	7	21.86	2.41	18.00	25.00
น้ำหนักสิ้นสุด (กก./ตัว)	P5	เมีย	8	93.63	9.53	76.00	106.00
		ผู้ดอน	8	92.63	12.05	70.00	112.00
	CP5	เมีย	8	94.50	5.37	85.00	100.00
		ผู้ดอน	8	104.00	14.47	85.00	130.00
	CD	เมีย	9	103.78	12.06	88.00	119.00
		ผู้ดอน	7	106.29	9.86	98.00	125.00
น้ำหนักตัวที่เพิ่ม (กก./ตัว)	P5	เมีย	8	69.38	9.33	54.00	79.00
		ผู้ดอน	8	67.63	11.49	47.00	87.00
	CP5	เมีย	8	74.38	4.87	63.00	79.00
		ผู้ดอน	8	82.00	12.15	65.00	104.00
	CD	เมีย	9	83.33	12.57	65.00	101.00
		ผู้ดอน	7	84.43	8.77	76.00	101.00
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/ตัว/วัน)	P5	เมีย	8	642.36	86.43	500.00	731.48
		ผู้ดอน	8	626.16	106.37	435.19	805.56
	CP5	เมีย	8	688.66	45.07	583.33	731.48
		ผู้ดอน	8	759.26	112.53	601.85	962.96
	CD	เมีย	9	771.60	116.39	601.85	935.19
		ผู้ดอน	7	781.75	81.22	703.70	935.19
ความหนาไขมันสันหลังขณะสุกมีชีวิต (มม.)	P5	เมีย	8	8.63	1.65	6.00	11.00
		ผู้ดอน	8	8.84	1.96	6.67	11.73
	CP5	เมีย	8	9.64	1.43	8.00	12.00
		ผู้ดอน	8	11.04	2.62	7.00	13.67
	CD	เมีย	9	8.45	0.91	7.00	9.67
		ผู้ดอน	7	10.14	1.91	8.33	14.0

ภาคผนวกที่ ก1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการ
ทดลองที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ความหนาของกล้ามเนื้อ สันนอก (มม.)	P5	เมีย	8	65.63	5.53	60.00	74.00
		ผู้ตอ	8	63.63	3.50	59.00	70.00
	CP5	เมีย	8	62.50	7.35	54.00	72.00
		ผู้ตอ	8	66.25	6.30	57.00	76.00
	CD	เมีย	9	63.56	5.75	55.00	71.00
		ผู้ตอ	7	69.00	5.68	62.00	76.00
น้ำหนักมีชีวิต (กิโลกรัม)	P5	เมีย	8	94.25	5.34	84.00	102.00
		ผู้ตอ	8	92.88	7.88	81.00	108.00
	CP5	เมีย	8	96.75	3.41	91.00	100.00
		ผู้ตอ	8	105.38	8.93	97.00	123.00
	CD	เมีย	9	104.56	10.10	84.00	119.00
		ผู้ตอ	7	106.00	6.48	100.00	119.00
น้ำหนักซากอ่อน (กิโลกรัม)	P5	เมีย	8	79.41	4.96	70.60	87.20
		ผู้ตอ	8	79.09	7.26	66.60	91.80
	CP5	เมีย	8	88.90	3.04	79.40	84.50
		ผู้ตอ	8	87.16	8.33	74.30	102.00
	CD	เมีย	9	87.46	8.08	71.30	98.60
		ผู้ตอ	7	88.83	5.33	83.80	100.00
ความยาวซาก (ซม.)	P5	เมีย	8	83.25	5.68	74.00	94.00
		ผู้ตอ	8	83.50	4.37	78.00	92.00
	CP5	เมีย	8	84.25	2.49	81.00	88.00
		ผู้ตอ	8	85.50	4.28	78.00	93.00
	CD	เมีย	9	88.78	4.55	84.00	96.00
		ผู้ตอ	7	89.14	2.54	85.00	92.00
เปอร์เซ็นต์ซาก (%)	P5	เมีย	8	79.14	0.96	77.47	80.20
		ผู้ตอ	8	79.94	1.89	76.79	83.39
	CP5	เมีย	8	78.55	1.33	76.10	80.77
		ผู้ตอ	8	77.70	2.76	71.60	80.95
	CD	เมีย	9	78.60	1.06	77.25	80.09
		ผู้ตอ	7	78.71	0.98	77.15	80.40

ภาคผนวกที่ ก1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการ
ทดลองที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (%)	P5	เมีย	8	47.37	2.79	42.16	51.56
		ผู้ต้อน	8	46.71	2.03	43.20	49.28
	CP5	เมีย	8	45.08	1.76	42.73	46.75
		ผู้ต้อน	8	43.87	1.67	41.20	46.84
	CD	เมีย	9	45.06	1.89	43.25	49.17
		ผู้ต้อน	7	45.00	1.01	43.39	46.44
สันใน (%)	P5	เมีย	8	1.42	0.12	1.24	1.63
		ผู้ต้อน	8	11.42	0.17	1.15	1.64
	CP5	เมีย	8	1.37	0.20	1.12	1.73
		ผู้ต้อน	8	1.36	0.15	1.16	1.53
	CD	เมีย	9	1.34	0.09	1.24	1.50
		ผู้ต้อน	7	1.37	0.18	1.10	1.59
สันนอก (%)	P5	เมีย	8	8.59	0.72	7.78	9.99
		ผู้ต้อน	8	8.07	0.55	7.29	8.85
	CP5	เมีย	8	8.48	0.77	7.70	9.95
		ผู้ต้อน	8	7.95	0.90	6.60	9.49
	CD	เมีย	9	8.39	0.80	7.07	9.64
		ผู้ต้อน	7	8.05	0.63	6.97	8.63
สันคอ (%)	P5	เมีย	8	4.55	0.44	3.93	4.99
		ผู้ต้อน	8	4.85	0.61	3.91	5.83
	CP5	เมีย	8	4.78	0.39	4.17	5.20
		ผู้ต้อน	8	4.47	0.34	3.99	4.94
	CD	เมีย	9	4.40	0.34	3.61	4.78
		ผู้ต้อน	7	4.47	0.21	4.22	4.88
ไหล่ (%)	P5	เมีย	8	10.32	0.93	9.29	11.97
		ผู้ต้อน	8	10.37	0.83	9.32	11.58
	CP5	เมีย	8	10.65	1.21	9.28	12.72
		ผู้ต้อน	8	10.13	0.99	8.66	11.72
	CD	เมีย	9	10.44	0.78	9.58	11.66
		ผู้ต้อน	7	10.49	0.21	9.76	11.23

ภาคผนวกที่ ก1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการ
ทดลองที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
สะโพก (%)	P5	เมีย	8	21.69	1.67	18.35	24.08
		ผู้ตอ	8	21.29	1.07	19.93	23.08
	CP5	เมีย	8	19.01	1.67	15.76	20.91
		ผู้ตอ	8	19.65	1.25	17.63	21.22
	CD	เมีย	9	20.63	0.93	19.14	22.29
		ผู้ตอ	7	19.38	0.76	18.32	20.35
สามชั้นรวมรววม (%)	P5	เมีย	8	12.04	0.84	10.55	13.25
		ผู้ตอ	8	12.19	1.43	10.12	14.60
	CP5	เมีย	8	12.96	1.19	11.07	14.72
		ผู้ตอ	8	13.76	1.68	11.04	15.93
	CD	เมีย	9	12.64	0.99	11.16	13.87
		ผู้ตอ	7	13.00	1.22	12.25	15.70
คาง (%)	P5	เมีย	8	3.44	0.32	3.09	3.98
		ผู้ตอ	8	3.66	0.20	3.36	3.91
	CP5	เมีย	8	3.92	0.25	3.75	4.49
		ผู้ตอ	8	3.89	0.55	2.84	4.66
	CD	เมีย	9	3.94	0.41	3.49	4.78
		ผู้ตอ	7	3.81	0.22	3.62	4.27
หัว (%)	P5	เมีย	8	6.05	0.33	5.69	6.72
		ผู้ตอ	8	6.09	0.65	4.96	6.95
	CP5	เมีย	8	6.05	0.33	5.32	6.28
		ผู้ตอ	8	6.03	0.48	5.42	6.62
	CD	เมีย	9	6.07	0.39	5.58	6.52
		ผู้ตอ	7	6.08	0.19	5.83	6.33
ซี่โครง (%)	P5	เมีย	8	5.22	0.48	4.36	5.78
		ผู้ตอ	8	5.09	0.52	4.43	5.87
	CP5	เมีย	8	5.13	0.42	4.62	5.82
		ผู้ตอ	8	4.91	0.24	4.49	5.25
	CD	เมีย	9	5.22	0.40	4.51	5.70
		ผู้ตอ	7	5.12	0.21	4.76	5.34

ภาคผนวกที่ ก1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการทดลองที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ขาหน้า (%)	P5	เมีย	8	3.08	0.16	2.86	3.33
		ผู้ตอม	8	3.22	0.27	2.67	3.51
	CP5	เมีย	8	3.02	0.13	2.88	3.32
		ผู้ตอม	8	3.01	0.25	2.73	3.43
	CD	เมีย	9	3.02	0.19	2.74	3.33
		ผู้ตอม	7	3.08	0.19	2.75	3.34
ขาหลัง (%)	P5	เมีย	8	1.66	0.09	1.49	1.74
		ผู้ตอม	8	1.68	0.14	1.47	1.87
	CP5	เมีย	8	1.59	0.14	1.37	1.79
		ผู้ตอม	8	1.54	0.13	1.41	1.75
	CD	เมีย	9	1.57	0.10	1.47	1.75
		ผู้ตอม	7	1.61	0.13	1.43	1.81
กระดูก (%)	P5	เมีย	8	9.21	0.75	8.16	9.64
		ผู้ตอม	8	8.95	1.15	7.89	10.30
	CP5	เมีย	8	9.17	1.48	7.00	11.10
		ผู้ตอม	8	7.40	2.87	4.47	10.15
	CD	เมีย	9	9.33	0.32	9.20	9.98
		ผู้ตอม	7	8.88	0.77	8.28	9.80
ไขมันที่ได้จากการตัดแต่ง (%)	P5	เมีย	8	11.11	1.92	8.29	14.37
		ผู้ตอม	8	11.42	2.14	9.03	16.07
	CP5	เมีย	8	11.79	1.52	10.01	13.92
		ผู้ตอม	8	13.82	2.51	9.08	16.72
	CD	เมีย	9	11.61	1.07	9.77	12.74
		ผู้ตอม	7	11.62	1.20	10.05	13.27
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)	P5	เมีย	8	60.05	4.20	47.21	56.36
		ผู้ตอม	8	50.01	8.15	40.48	59.17
	CP5	เมีย	8	54.21	12.45	30.64	6.59
		ผู้ตอม	8	53.16	2.09	50.17	54.31
	CD	เมีย	9	45.54	7.44	35.71	54.31
		ผู้ตอม	7	48.91	8.12	43.92	58.10

ภาคผนวกที่ ก1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการ
ทดลองที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ความหนาไขมันสันหลัง (มม.)	P5	เมีย	8	17.27	3.72	12.02	23.62
		ผู้ตอ	8	18.38	3.79	13.98	25.94
	CP5	เมีย	8	21.09	3.12	16.02	24.90
		ผู้ตอ	8	23.36	6.78	11.42	31.18
	CD	เมีย	9	19.21	3.07	14.17	23.55
		ผู้ตอ	7	21.43	5.23	16.50	32.32
LSQ	P5	เมีย	8	0.18	0.04	0.12	0.24
		ผู้ตอ	8	0.18	0.04	0.14	0.25
	CP5	เมีย	8	0.23	0.05	0.19	0.34
		ผู้ตอ	8	0.28	0.12	0.11	0.49
	CD	เมีย	9	0.21	0.04	0.17	0.31
		ผู้ตอ	7	0.21	0.05	0.15	0.29
ความชื้น (%)	P5	เมีย	5	73.97	0.88	72.73	75.15
		ผู้ตอ	5	74.38	0.60	73.84	75.36
	CP5	เมีย	5	73.72	.96	72.70	75.06
		ผู้ตอ	5	72.84	0.47	72.44	73.58
	CD	เมีย	5	73.29	1.15	71.63	74.56
		ผู้ตอ	5	74.29	1.17	73.13	76.17
โปรตีน (%)	P5	เมีย	5	23.91	0.73	23.18	25.07
		ผู้ตอ	5	22.43	0.80	21.51	23.56
	CP5	เมีย	5	23.49	1.65	22.22	26.38
		ผู้ตอ	5	24.17	0.90	23.07	25.35
	CD	เมีย	5	23.77	2.33	21.14	26.30
		ผู้ตอ	5	23.39	0.92	22.42	24.58
ไขมัน (%)	P5	เมีย	5	1.44	0.58	0.85	2.25
		ผู้ตอ	5	1.58	0.50	1.11	2.13
	CP5	เมีย	5	2.23	1.07	1.00	3.74
		ผู้ตอ	5	1.99	0.36	1.55	2.37
	CD	เมีย	5	1.80	0.85	0.55	2.67
		ผู้ตอ	5	1.87	0.27	1.60	2.23

ภาคผนวกที่ ก1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการทดลองที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
เถ้า (%)	P5	เมีย	5	1.01	0.12	0.89	1.20
		ผู้ตอม	5	1.02	0.112	0.91	1.19
	CP5	เมีย	5	1.00	0.10	0.89	1.11
		ผู้ตอม	5	1.06	0.13	0.91	1.21
	CD	เมีย	5	1.03	0.12	0.09	1.20
		ผู้ตอม	5	1.01	0.12	0.85	1.15
Insoluble collagen (mg/g)	P5	เมีย	5	3.13	0.82	2.44	4.45
		ผู้ตอม	5	4.24	1.18	3.24	6.24
	CP5	เมีย	5	3.54	0.60	2.85	4.16
		ผู้ตอม	5	3.19	0.71	2.22	3.88
	CD	เมีย	5	3.73	1.25	2.40	5.60
		ผู้ตอม	5	3.19	1.13	2.16	7.41
Soluble collagen (mg/g)	P5	เมีย	5	0.46	0.11	0.37	0.59
		ผู้ตอม	5	0.62	0.15	0.40	0.75
	CP5	เมีย	5	0.58	0.13	.044	072
		ผู้ตอม	5	0.61	017	0.43	0.84
	CD	เมีย	5	0.57	0.20	0.32	0.83
		ผู้ตอม	5	0.40	0.15	0.26	0.61
Total collagen (mg/g)	P5	เมีย	5	3.59	0.87	2.83	5.04
		ผู้ตอม	5	4.86	1.29	3.78	6.99
	CP5	เมีย	5	4.12	0.73	3.29	4.88
		ผู้ตอม	5	3.80	0.87	2.69	4.72
	CD	เมีย	5	4.30	1.45	2.72	6.43
		ผู้ตอม	5	3.59	1.27	2.47	5.32
Solubility (%)	P5	เมีย	5	13.18	3.51	10.87	19.29
		ผู้ตอม	5	12.91	2.34	10.14	15.32
	CP5	เมีย	5	14.03	0.69	13.42	14.79
		ผู้ตอม	5	15.96	1.56	13.83	17.74
	CD	เมีย	5	13.27	1.05	11.62	14.28
		ผู้ตอม	5	11.13	1.25	9.28	12.21

ภาคผนวกที่ ก1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการทดลองที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
pH _{45min}	P5	เมีย	8	6.08	0.29	5.50	6.51
		ผู้ตอม	8	6.17	0.25	5.91	6.63
	CP5	เมีย	8	6.29	0.17	6.03	6.55
		ผู้ตอม	8	6.08	0.36	6.56	6.52
	CD	เมีย	9	6.38	0.24	6.07	6.89
		ผู้ตอม	7	6.29	0.34	01	6.92
pH _{24h}	P5	เมีย	8	5.76	0.14	5.63	6.03
		ผู้ตอม	8	5.74	0.10	5.61	5.87
	CP5	เมีย	8	5.76	0.14	5.57	6.01
		ผู้ตอม	8	5.66	0.09	5.50	5.73
	CD	เมีย	9	5.78	0.11	5.58	5.95
		ผู้ตอม	7	5.73	0.09	5.66	5.90
L*	P5	เมีย	8	51.40	2.73	48.61	56.76
		ผู้ตอม	8	53.43	1.80	50.87	55.84
	CP5	เมีย	8	50.62	2.04	47.77	54.96
		ผู้ตอม	8	53.62	2.71	50.35	58.10
	CD	เมีย	9	49.98	2.27	46.22	52.12
		ผู้ตอม	7	52.42	3.79	48.92	59.86
a*	P5	เมีย	8	3.96	1.34	2.28	6.28
		ผู้ตอม	8	2.60	0.88	1.50	3.89
	CP5	เมีย	8	3.92	1.05	2.18	5.31
		ผู้ตอม	8	3.98	1.40	1.46	5.69
	CD	เมีย	9	3.54	0.91	1.92	4.62
		ผู้ตอม	7	3.28	1.17	1.30	4.75
b*	P5	เมีย	8	11.87	1.38	9.86	13.39
		ผู้ตอม	8	11.76	0.73	10.93	12.92
	CP5	เมีย	8	11.89	0.88	10.87	13.23
		ผู้ตอม	8	12.76	1.19	11.17	14.63
	CD	เมีย	9	11.24	0.68	10.22	12.01
		ผู้ตอม	7	11.71	0.93	10.90	13.64

ภาคผนวกที่ ก1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการทดลองที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
Drip loss (%)	P5	เมีย	8	3.30	0.91	2.32	4.94
		ผู้ต้อน	8	3.02	0.49	1.96	3.63
	CP5	เมีย	8	3.23	0.72	1.84	3.92
		ผู้ต้อน	8	2.98	0.62	2.14	3.75
	CD	เมีย	9	3.15	0.86	2.02	4.73
		ผู้ต้อน	7	3.14	0.73	2.22	3.96
Thawing loss (%)	P5	เมีย	8	8.68	2.38	5.10	12.88
		ผู้ต้อน	8	8.56	1.65	5.84	11.03
	CP5	เมีย	8	8.49	2.41	5.40	12.58
		ผู้ต้อน	8	9.25	1.48	8.20	12.19
	CD	เมีย	9	8.60	1.93	6.58	11.96
		ผู้ต้อน	7	9.67	1.41	8.16	11.79
Cooking loss (%)	P5	เมีย	8	23.37	3.52	17.57	26.65
		ผู้ต้อน	8	20.84	2.57	17.19	24.75
	CP5	เมีย	8	21.78	3.18	13.83	24.77
		ผู้ต้อน	8	21.72	3.19	17.25	27.08
	CD	เมีย	9	22.31	2.88	15.77	26.03
		ผู้ต้อน	7	22.69	2.19	19.54	25.34
WBSF (kg)	P5	เมีย	8	6.25	0.55	5.12	6.97
		ผู้ต้อน	8	6.34	0.84	5.25	7.60
	CP5	เมีย	8	6.76	0.80	5.89	8.06
		ผู้ต้อน	8	6.22	0.71	5.11	7.32
	CD	เมีย	9	6.50	1.46	4.93	9.77
		ผู้ต้อน	7	6.05	0.76	4.78	7.14
Muscle fiber diameter (μm)	P5	เมีย	8	71.67	5.50	59.97	76.17
		ผู้ต้อน	8	70.87	6.98	57.11	79.65
	CP5	เมีย	8	73.46	4.44	70.20	83.93
		ผู้ต้อน	8	69.96	3.85	64.74	76.47
	CD	เมีย	9	65.32	7.83	51.87	75.73
		ผู้ต้อน	7	66.08	5.89	59.52	77.23

ภาคผนวกที่ ก1 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการทดลองที่ 1 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
Sarcomere length (μm)	P5	เมีย	8	1.66	0.11	1.53	1.84
		ผู้ตอม	8	1.76	0.16	1.59	2.07
	CP5	เมีย	8	1.61	0.06	1.52	1.71
		ผู้ตอม	8	1.63	0.06	1.54	1.75
	CD	เมีย	9	1.61	0.08	1.53	1.75
		ผู้ตอม	7	1.71	0.11	1.59	1.85
MHC-I (%)	P5	เมีย	8	0.11	0.04	0.10	0.20
		ผู้ตอม	8	0.08	0.06	0.00	0.17
	CP5	เมีย	8	0.07	0.04	0.00	0.10
		ผู้ตอม	8	0.10	0.01	0.10	0.12
	CD	เมีย	9	0.09	0.05	0.02	0.20
		ผู้ตอม	7	0.15	0.17	0.00	0.50
MHC-IIa (%)	P5	เมีย	8	5.47	1.61	3.80	8.50
		ผู้ตอม	8	5.69	2.87	2.40	11.44
	CP5	เมีย	8	5.40	2.72	2.30	11.09
		ผู้ตอม	8	5.21	3.17	1.50	10.86
	CD	เมีย	9	5.14	2.21	2.40	9.59
		ผู้ตอม	7	4.93	2.06	3.00	8.98
MHC-IIx (%)	P5	เมีย	8	40.11	9.79	28.30	50.40
		ผู้ตอม	8	38.20	13.95	12.42	59.80
	CP5	เมีย	8	27.59	10.75	5.84	44.60
		ผู้ตอม	8	31.59	14.84	9.75	54.60
	CD	เมีย	9	28.20	10.88	12.55	44.20
		ผู้ตอม	7	26.81	12.24	12.02	43.40
MHC-IIb (%)	P5	เมีย	8	54.31	10.39	43.00	66.10
		ผู้ตอม	8	56.00	11.95	37.70	75.6
	CP5	เมีย	8	66.92	9.91	49.20	83.02
		ผู้ตอม	8	63.14	13.13	40.80	79.26
	CD	เมีย	9	66.58	10.26	52.00	81.34
		ผู้ตอม	7	68.09	11.58	52.30	82.24

ภาคผนวกที่ ก2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการทดลองที่ 2

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
น้ำหนักมีชีวิต (กิโลกรัม)	CB1	เมีย	8	109.38	7.89	102.00	124.00
		ผู้ตอม	8	108.25	4.10	101.00	103.00
	CB2	เมีย	8	95.63	5.18	86.00	103.00
		ผู้ตอม	8	102.88	6.01	95.00	112.00
	CP5	เมีย	8	99.63	3.02	95.00	105.00
		ผู้ตอม	8	105.50	3.07	102.00	112.00
น้ำหนักซากอ่อน (กิโลกรัม)	CB1	เมีย	8	92.70	6.32	87.10	105.20
		ผู้ตอม	8	91.65	3.65	86.10	96.60
	CB2	เมีย	8	80.24	4.68	71.70	86.80
		ผู้ตอม	8	85.18	5.14	78.30	92.00
	CP5	เมีย	8	83.70	3.10	80.10	90.10
		ผู้ตอม	8	88.38	2.87	84.90	94.10
ความยาวซาก (ซม.)	CB1	เมีย	8	86.88	3.72	81.00	91.00
		ผู้ตอม	8	87.25	1.28	86.00	90.00
	CB2	เมีย	8	81.88	2.36	79.00	85.00
		ผู้ตอม	8	83.63	2.50	81.00	89.00
	CP5	เมีย	8	83.88	1.96	82.00	87.00
		ผู้ตอม	8	85.75	1.67	83.00	89.00
เปอร์เซ็นต์ซาก (%)	CB1	เมีย	8	79.86	1.86	75.83	82.50
		ผู้ตอม	8	79.73	1.02	78.23	81.25
	CB2	เมีย	8	78.95	1.36	77.53	80.99
		ผู้ตอม	8	77.92	1.19	75.72	79.53
	CP5	เมีย	8	79.08	0.95	77.73	81.05
		ผู้ตอม	8	79.13	0.96	77.24	80.39
เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (%)	CB1	ผู้ตอม	8	45.48	1.29	43.51	47.10
		ผู้ตอม	8	43.43	1.51	41.89	45.92
	CB2	เมีย	8	43.67	2.02	41.53	46.79
		ผู้ตอม	8	41.80	1.46	38.99	43.30
	CP5	เมีย	8	43.87	1.90	41.21	46.79
		ผู้ตอม	8	42.56	1.82	40.16	45.34

ภาคผนวกที่ ก2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการ
ทดลองที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
สั้นใน (%)	CB1	เมีย	8	1.31	0.06	1.24	1.42
		ผู้ต้อน	8	1.28	0.11	1.16	1.52
	CB2	เมีย	8	1.27	0.11	1.13	1.45
		ผู้ต้อน	8	1.20	0.10	1.05	1.36
	CP5	เมีย	8	1.16	0.09	1.06	1.31
		ผู้ต้อน	8	1.13	0.13	0.88	1.22
สั้นนอก (%)	CB1	เมีย	8	9.20	0.70	7.95	10.03
		ผู้ต้อน	8	8.52	0.59	7.85	9.69
	CB2	เมีย	8	8.28	0.60	7.32	9.21
		ผู้ต้อน	8	7.56	0.45	6.91	8.30
	CP5	เมีย	8	8.12	0.58	7.19	8.99
		ผู้ต้อน	8	7.97	0.66	7.15	9.09
สั้นคอ (%)	CB1	เมีย	8	4.23	0.53	3.53	5.11
		ผู้ต้อน	8	4.20	0.37	3.60	4.76
	CB2	เมีย	8	4.35	0.30	3.95	4.83
		ผู้ต้อน	8	4.22	0.49	3.71	5.24
	CP5	เมีย	8	4.53	0.18	4.33	4.81
		ผู้ต้อน	8	4.41	0.41	3.89	5.07
ไหล่ (%)	CB1	เมีย	8	9.83	0.62	8.57	10.69
		ผู้ต้อน	8	9.58	0.47	9.01	10.13
	CB2	เมีย	8	9.88	0.43	9.24	10.50
		ผู้ต้อน	8	9.66	0.44	9.02	10.37
	CP5	เมีย	8	9.89	0.52	9.09	10.54
		ผู้ต้อน	8	9.61	0.55	8.72	10.54
สะโพก (%)	CB1	เมีย	8	20.11	0.97	18.27	21.30
		ผู้ต้อน	8	18.98	1.03	17.54	20.80
	CB2	เมีย	8	18.97	1.09	17.83	20.94
		ผู้ต้อน	8	18.07	1.17	16.15	19.97
	CP5	เมีย	8	18.87	0.82	17.88	20.04
		ผู้ต้อน	8	18.31	0.88	17.20	19.85

ภาคผนวกที่ ก2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการ
ทดลองที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
สามชั้นรวมรวม (%)	CB1	เมีย	8	13.41	0.33	12.99	13.91
		ผู้ตอม	8	14.01	0.77	13.09	15.64
	CB2	เมีย	8	13.63	1.17	11.72	14.69
		ผู้ตอม	8	14.23	0.67	13.09	15.03
	CP5	เมีย	8	12.93	0.71	11.94	14.01
		ผู้ตอม	8	13.82	0.81	12.63	15.07
คาง (%)	CB1	เมีย	8	3.91	0.23	3.44	4.14
		ผู้ตอม	8	4.05	0.19	3.82	4.27
	CB2	เมีย	8	4.11	0.34	3.42	4.44
		ผู้ตอม	8	4.11	0.47	3.45	4.70
	CP5	เมีย	8	4.02	0.11	3.87	4.16
		ผู้ตอม	8	4.21	0.19	3.84	4.42
หัว (%)	CB1	เมีย	8	5.82	0.44	5.32	6.43
		ผู้ตอม	8	5.83	0.16	5.71	6.21
	CB2	เมีย	8	5.90	0.34	5.58	6.69
		ผู้ตอม	8	5.89	0.20	5.68	6.30
	CP5	เมีย	8	5.86	0.23	5.55	6.27
		ผู้ตอม	8	5.53	0.22	5.12	5.70
ซี่โครง (%)	CB1	เมีย	8	4.62	0.38	4.04	5.11
		ผู้ตอม	8	4.65	0.19	4.35	4.82
	CB2	เมีย	8	4.64	0.29	4.28	5.16
		ผู้ตอม	8	4.57	0.20	4.31	4.89
	CP5	เมีย	8	4.76	0.22	4.38	5.13
		ผู้ตอม	8	4.67	0.21	4.36	5.10
ขาหน้า (%)	CB1	เมีย	8	1.47	0.12	1.36	1.72
		ผู้ตอม	8	1.48	0.07	1.37	1.59
	CB2	เมีย	8	1.43	0.08	1.32	1.53
		ผู้ตอม	8	1.47	0.07	1.38	1.55
	CP5	เมีย	8	1.58	0.08	1.44	1.69
		ผู้ตอม	8	1.55	0.08	1.46	1.70

ภาคผนวกที่ ก2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการ
ทดลองที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
ขาหลัง (%)	CB1	เมีย	8	2.81	0.14	2.61	3.04
		ผู้ตอน	8	2.80	0.14	2.61	3.02
	CB2	เมีย	8	2.82	0.16	2.63	3.07
		ผู้ตอน	8	2.88	0.06	2.78	2.97
	CP5	เมีย	8	2.97	0.07	2.89	3.08
		ผู้ตอน	8	2.87	0.16	2.57	3.13
กระดูก (%)	CB1	เมีย	8	9.64	0.70	8.75	10.64
		ผู้ตอน	8	9.31	0.43	8.48	9.91
	CB2	เมีย	8	9.07	0.59	8.08	10.04
		ผู้ตอน	8	9.19	0.42	8.59	9.64
	CP5	เมีย	8	9.23	0.32	8.63	9.68
		ผู้ตอน	8	9.13	0.40	8.67	9.66
ไขมันที่ได้จากการตัดแต่ง (%)	CB1	เมีย	8	12.28	1.21	10.81	14.69
		ผู้ตอน	8	13.50	1.44	11.03	15.12
	CB2	เมีย	8	13.65	1.31	11.02	14.93
		ผู้ตอน	8	14.81	1.24	13.10	16.83
	CP5	เมีย	8	13.70	1.50	12.02	15.83
		ผู้ตอน	8	14.63	1.48	12.65	16.74
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)	CB1	เมีย	8	62.13	11.78	37.34	73.77
		ผู้ตอน	8	53.84	5.28	48.99	63.95
	CB2	เมีย	8	46.51	8.18	37.37	58.93
		ผู้ตอน	8	49.91	6.38	37.63	58.10
	CP5	เมีย	8	50.56	11.83	37.48	72.74
		ผู้ตอน	8	53.72	8.99	45.41	72.93
ความหนาไขมันสันหลัง (มม.)	CB1	เมีย	8	22.14	2.41	18.00	25.37
		ผู้ตอน	8	23.23	2.52	19.61	26.88
	CB2	เมีย	8	21.84	2.67	18.69	25.84
		ผู้ตอน	8	26.81	2.31	23.54	29.78
	CP5	เมีย	8	23.36	3.73	19.40	31.28
		ผู้ตอน	8	26.48	2.89	22.30	30.34

ภาคผนวกที่ ก2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
LSQ	CB1	เมีย	8	0.22	0.04	0.18	0.29
		ผู้ตอน	8	0.25	0.006	0.15	0.33
	CB2	เมีย	8	0.28	0.08	0.11	0.34
		ผู้ตอน	8	0.35	0.08	0.27	0.52
	CP5	เมีย	8	0.27	0.06	0.20	0.39
		ผู้ตอน	8	0.29	0.05	0.21	0.37
pH _{45min}	CB1	เมีย	8	6.23	0.23	5.87	6.56
		ผู้ตอน	8	6.18	0.15	6.03	6.39
	CB2	เมีย	8	6.06	0.23	5.79	6.50
		ผู้ตอน	8	6.18	0.07	6.12	6.31
	CP5	เมีย	8	6.18	0.28	5.84	6.73
		ผู้ตอน	8	6.19	0.49	5.25	6.80
pH _{24h}	CB1	เมีย	8	5.58	0.16	5.40	5.87
		ผู้ตอน	8	5.55	0.20	5.34	5.87
	CB2	เมีย	8	5.70	0.09	5.56	5.83
		ผู้ตอน	8	5.71	0.10	5.60	5.88
	CP5	เมีย	8	6.02	0.11	5.89	6.15
		ผู้ตอน	8	6.08	0.07	5.97	6.22
L*	CB1	เมีย	8	48.09	3.87	42.69	54.69
		ผู้ตอน	8	50.23	1.56	48.43	53.40
	CB2	เมีย	8	51.72	1.62	49.11	54.12
		ผู้ตอน	8	51.26	1.76	48.52	54.35
	CP5	เมีย	8	50.15	22.31	46.07	52.21
		ผู้ตอน	8	51.63	2.40	48.93	55.33
a*	CB1	เมีย	8	3.59	1.47	1.43	5.25
		ผู้ตอน	8	3.73	1.19	1.87	4.91
	CB2	เมีย	8	4.22	1.02	2.89	5.44
		ผู้ตอน	8	5.04	0.88	3.54	5.92
	CP5	เมีย	8	3.28	1.00	2.28	5.30
		ผู้ตอน	8	3.56	1.15	1.83	5.23

ภาคผนวกที่ ก2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
b*	CB1	เมีย	8	10.65	0.92	9.63	11.92
		ผู้ต้อน	8	11.24	0.79	9.78	12.39
	CB2	เมีย	8	12.14	0.69	11.22	13.08
		ผู้ต้อน	8	12.47	0.62	11.60	13.28
	CP5	เมีย	8	10.70	1.09	9.35	12.38
		ผู้ต้อน	8	11.9	1.13	9.58	12.85
Drip loss (%)	CB1	เมีย	8	3.41	0.87	2.17	4.72
		ผู้ต้อน	8	3.10	0.56	2.43	4.24
	CB2	เมีย	8	3.96	1.78	1.96	6.69
		ผู้ต้อน	8	3.22	0.73	2.38	4.58
	CP5	เมีย	8	3.25	0.77	2.13	4.45
		ผู้ต้อน	8	3.10	1.37	1.71	5.63
Thawing loss (%)	CB1	เมีย	8	7.29	1.05	6.03	8.89
		ผู้ต้อน	8	8.29	2.22	6.09	12.61
	CB2	เมีย	8	8.93	2.17	6.74	11.73
		ผู้ต้อน	8	8.41	2.30	5.31	11.66
	CP5	เมีย	8	8.94	2.27	5.31	11.50
		ผู้ต้อน	8	8.74	1.64	7.01	10.90
Cooking loss (%)	CB1	เมีย	8	23.98	4.04	15.76	28.05
		ผู้ต้อน	8	23.78	3.19	19.25	27.97
	CB2	เมีย	8	22.31	3.44	17.23	27.32
		ผู้ต้อน	8	23.82	2.46	18.88	27.67
	CP5	เมีย	8	20.36	3.68	16.24	27.22
		ผู้ต้อน	8	20.00	3.46	15.70	24.45
WBSF (kg)	CB1	เมีย	8	6.39	0.84	4.89	7.38
		ผู้ต้อน	8	5.50	1.48	4.14	8.95
	CB2	เมีย	8	5.79	1.23	3.57	7.26
		ผู้ต้อน	8	5.76	1.12	4.88	7.65
	CP5	เมีย	8	5.57	0.91	4.23	6.88
		ผู้ต้อน	8	5.32	0.89	3.98	6.62

ภาคผนวกที่ ก2 แสดงค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของลักษณะที่ศึกษาในการทดลองที่ 2 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	พันธุ์	เพศ	n	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
Muscle fiber diameter (μm)	CB1	เมีย	8	87.80	10.14	73.32	101.77
		ผู้ตอ	8	78.88	9.12	67.74	93.04
	CB2	เมีย	8	80.06	6.76	72.93	89.76
		ผู้ตอ	8	74.81	9.88	63.84	84.64
	CP5	เมีย	8	68.50	3.49	62.84	73.33
		ผู้ตอ	8	74.32	7.64	64.27	87.75
Sarcomere length (μm)	CB1	เมีย	8	1.61	0.08	1.50	1.79
		ผู้ตอ	8	1.65	0.15	1.53	2.00
	CB2	เมีย	8	1.61	0.05	1.48	1.65
		ผู้ตอ	8	1.61	0.05	1.54	1.67
	CP5	เมีย	8	1.60	0.05	1.54	1.69
		ผู้ตอ	8	1.59	0.05	1.52	1.67

ภาคผนวกที่ ก3 ตารางแผนการดำเนินงานของงานทดลองที่ 1 และงานทดลองที่ 2

กิจกรรม	เดือน											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
จัดเตรียมสัตว์ทดลอง วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี												
ดำเนินการทดลอง												
ศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และ คุณค่าการบริโภค												
วิเคราะห์ข้อมูล												
จัดทำรายงาน												

ภาคผนวกที่ ก4 ตารางการดำเนินงานของงานทดลองที่ 1 และงานทดลองที่ 2

กิจกรรม	เดือนที่					
	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18
จัดเตรียมสัตว์ทดลอง วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี						
การดำเนินการขุนสุกรที่ใช้ในการ ทดลอง และศึกษาซากสุกร						
การศึกษากualitasซาก คุณภาพเนื้อ และคุณค่าการบริโภค						
การวิเคราะห์ข้อมูล						
จัดทำรายงาน						

หมายเหตุ เริ่มดำเนินการวิจัยเดือนกันยายน พ.ศ. 2556

ภาคผนวกที่ ก5 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคจำนวน 76 คน ที่ทำการประเมินความพึงพอใจในการบริโภคเนื้อหมูจากการทดลองตอนที่ 1

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	23	30.3
หญิง	53	69.7
2. อายุ		
ต่ำกว่า 20 ปี	8	10.5
20-29 ปี	36	47.4
30-39 ปี	22	28.9
40-49 ปี	6	7.9
50-59 ปี	4	5.3
60 ปีขึ้นไป	0	0
3. สถานภาพ		
โสด	59	77.6
สมรส	16	21.1
4. การศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	3	3.9
ปริญญาตรี	48	63.2
ปริญญาโท	16	21.1
ปริญญาเอก	9	11.8
5. อาชีพ		
ข้าราชการ/พนักงานของรัฐ	18	23.7
นักเรียน/นักศึกษา	33	43.4
ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย	1	1.3
พนักงานบริษัท	24	31.6
อาชีพทางการเกษตร/ปศุสัตว์	0	0

ภาคผนวกที่ ก5 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคจำนวน 76 คน ที่ทำการประเมินความพึงพอใจในการบริโภคเนื้อหมูจากการทดลองตอนที่ 1 (ต่อ)

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
6. รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่า 5,000 บาท	16	21.1
5,001-10,000 บาท	16	21.1
10,001-15,000 บาท	4	5.3
15,001-20,000 บาท	8	10.5
20,001-25,000 บาท	2	2.6
25,001-30,000 บาท	5	6.6
30,001 ขึ้นไป	25	32.9

ภาคผนวกที่ ก6 พฤติกรรมการซื้อเนื้อหมูของผู้บริโภคจำนวน 76 คน จากการทดลองตอนที่ 1

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ชอบรับประทานเนื้อหมูหรือไม่		
ชอบ	73	96.1
ไม่ชอบ	3	3.9
2. ความถี่ในการรับประทานเนื้อหมูโดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์		
ไม่เกิน 1 ครั้งต่อสัปดาห์	0	0
2-3 ครั้งต่อสัปดาห์	16	21.1
4-5 ครั้งต่อสัปดาห์	34	44.7
6-7 ครั้งต่อสัปดาห์	26	34.2
3. มูลค่าการซื้อเนื้อหมูโดยเฉลี่ยต่อครั้ง		
ไม่เกิน 100 บาท	22	28.9
101-300 บาท	48	63.2
301-500 บาท	4	5.3
มากกว่า 500 บาท	2	2.6
4. แหล่งที่ซื้อเนื้อหมู		
ตลาดสด	27	35.5
ซูเปอร์มาร์เก็ต/ห้างสรรพสินค้า	20	26.3
ร้านค้าปลีกสมัยใหม่ (Makro/ Big C / Tesco)	11	14.5
รถขายกับข้าว	4	5.3
ไม่ได้จ่ายตลาดด้วยตนเอง	12	15.8
อื่นๆ (สวัสดิการโรงงาน/ฟาร์ม)	2	2.6

ภาคผนวกที่ ก6 พฤติกรรมการซื้อเนื้อหมูของผู้บริโภคจำนวน 76 คน จากการทดลองตอนที่ 1 (ต่อ)

รายการ		จำนวน (คน)	ร้อยละ
5. หากมีการศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงพันธุ์สุกรให้มีคุณภาพในด้านการบริโภคที่ดีขึ้น			
ท่านยินดีจ่ายเงินเพิ่มเพื่อซื้อเนื้อสุกรนั้นมาบริโภคหรือไม่			
ยินดี		74	97.4
ไม่ยินดี		2	2.6
หากยินดี ท่านยินดีจ่ายเงินเพิ่มจำนวนเท่าไรต่อกิโลกรัม			
1-9	บาท/กก.	2	2.7
10-50	บาท/กก.	50	67.6
51-100	บาท/กก.	17	23.0
101-150	บาท/กก.	1	1.4
151-200	บาท/กก.	3	4.1
มากกว่า 201	บาท/กก.	1	1.4

ภาคผนวกที่ ก7 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ที่ทำการประเมินความพึงพอใจในการบริโภค
 เนื้อหาจากการทดลองตอนที่ 2

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	37	37.0
หญิง	63	63.0
2. อายุ		
ต่ำกว่า 20 ปี	3	3.0
20-29 ปี	39	39.0
30-39 ปี	20	20.0
40-49 ปี	14	14.0
50-59 ปี	20	20.0
60 ปีขึ้นไป	4	4.0
3. สถานภาพ		
โสด	59	59.0
สมรส	37	37.0
อื่นๆ	4	4.0
4. การศึกษา		
ต่ำกว่าปริญญาตรี	15	15.0
ปริญญาตรี	42	42.0
ปริญญาโท	29	29.0
ปริญญาเอก	12	12.0
อื่นๆ	2	2.0
5. อาชีพ		
ข้าราชการ/พนักงานของรัฐ	33	33.0
นักเรียน/นักศึกษา	34	34.0
ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย	7	7.0
พนักงานบริษัท	19	19.0
อาชีพทางการเกษตร/ปศุสัตว์	2	2.0
อื่นๆ	5	5.0

ภาคผนวกที่ ก7 ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคจำนวน 100 คน ที่ทำการประเมินความพึงพอใจในการบริโภค
 เนื้อหาจากการทดลองตอนที่ 2 (ต่อ)

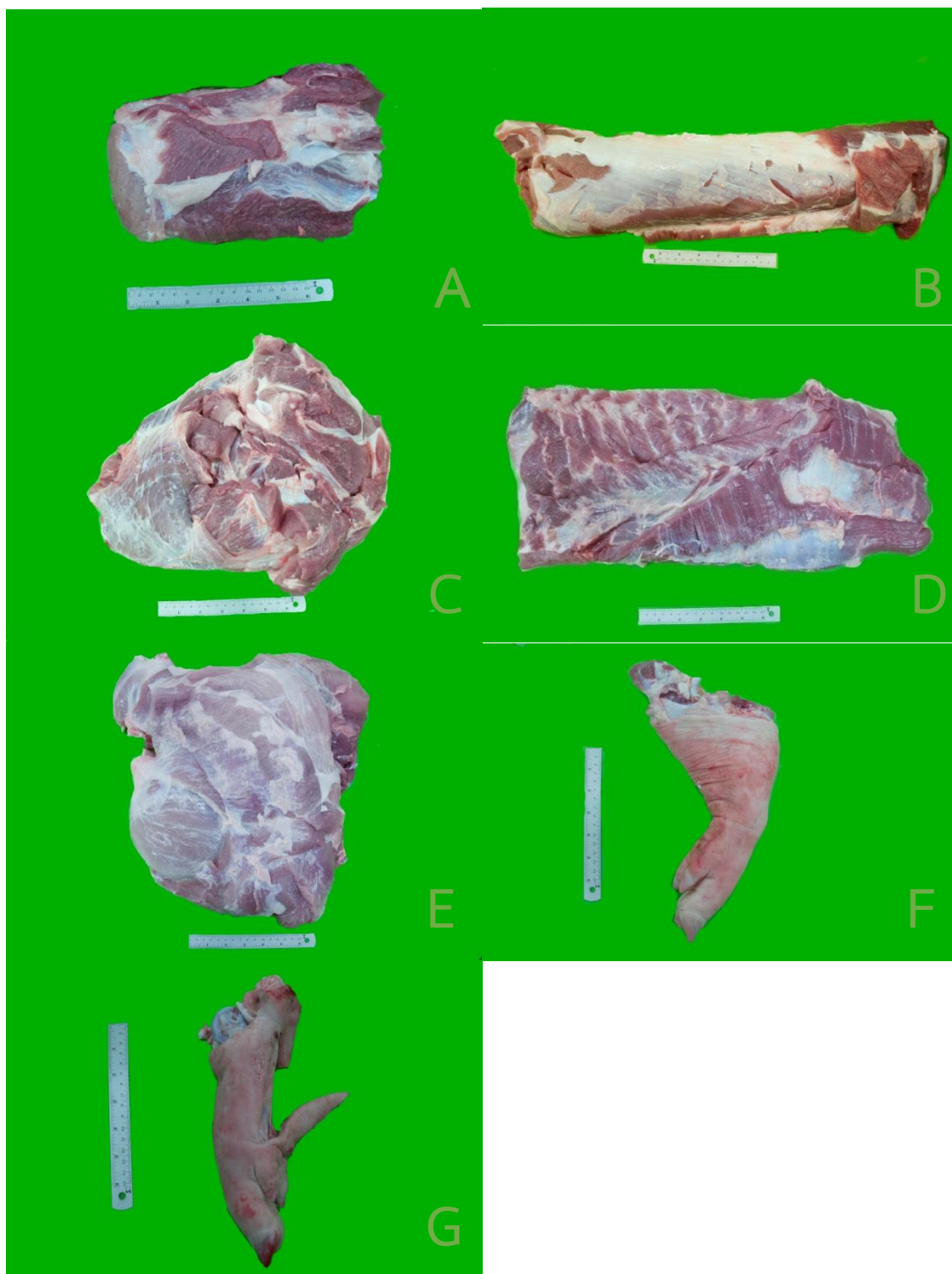
รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
6. รายได้ต่อเดือน		
ต่ำกว่า 5,000 บาท	10	10.0
5,001-10,000 บาท	14	14.0
10,001-15,000 บาท	16	16.0
15,001-20,000 บาท	8	8.0
20,001-25,000 บาท	13	13.0
25,001-30,000 บาท	5	5.0
30,001 ขึ้นไป	30	30.0
ไม่ระบุ	4	4.0

ภาคผนวกที่ ก8 ข้อมูลพฤติกรรมการซื้อเนื้อหมูของผู้บริโภคจำนวน 100 คน จากการทดลองตอนที่ 2

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1. ชอบรับประทานเนื้อหมูหรือไม่		
ชอบ	93	93.0
ไม่ชอบ	4	4.0
อื่นๆ (ไม่ระบุ)	3	3.0
2. ความถี่ในการรับประทานเนื้อหมูโดยเฉลี่ยต่อสัปดาห์		
ไม่เกิน 1 ครั้งต่อสัปดาห์	6	6.0
2-3 ครั้งต่อสัปดาห์	23	23.0
4-5 ครั้งต่อสัปดาห์	38	38.0
6-7 ครั้งต่อสัปดาห์	33	33.0
3. มูลค่าการซื้อเนื้อหมูโดยเฉลี่ยต่อครั้ง		
ไม่เกิน 100 บาท	32	32.0
101-300 บาท	52	52.0
301-500 บาท	10	10.0
มากกว่า 500 บาท	4	4.0
อื่นๆ (ไม่ระบุ)	2	2.0
4. แหล่งที่ซื้อเนื้อหมู (ตอบมากกว่า 1 ข้อ)		
ตลาดสด	42	33.6
ซูเปอร์มาร์เก็ต/ห้างสรรพสินค้า	53	42.4
ร้านค้าปลีกสมัยใหม่ (Makro/ Big C / Tesco)	10	8.0
ร้านค้าปลีกเนื้อสัตว์สมัยใหม่ (CP Fresh mart/ betagro shop)	5	4.0
รถขายกับข้าว	0	0.0
ไม่ได้จ่ายตลาดด้วยตนเอง	12	9.6
อื่นๆ (สวัสดิการโรงงาน/ฟาร์ม)	3	2.4

ภาคผนวกที่ ก8 ข้อมูลพฤติกรรมการซื้อขายของผู้บริโภคจำนวน 100 คน จากการทดลองตอนที่ 2 (ต่อ)

รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
5. หากมีการศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงพันธุ์สุกรให้มีคุณภาพในด้านการบริโภคที่ดีขึ้น		
ท่านยินดีจ่ายเงินเพิ่มเพื่อซื้อเนื้อสุกรนั้นมาบริโภคหรือไม่		
ยินดี	95	95.0
ไม่ยินดี	3	3.0
ไม่ระบุ	2	2.0
หากยินดี ท่านยินดีจ่ายเงินเพิ่มจำนวนเท่าไรต่อกิโลกรัม		
1-25 บาท/กก.	51	51.0
26-50 บาท/กก.	27	27.0
51-75 บาท/กก.	4	4.0
76-100 บาท/กก.	1	1.0
101-125 บาท/กก.	4	4.0
126-150 บาท/กก.	3	3.0
มากกว่า 150 บาท/กก.	0	0
อื่นๆ (ไม่ระบุ)	10	10.0



ภาคผนวกที่ ข1 รูปชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งซากสุกรสำหรับการศึกษาคูณภาพซาก (A) เนื้อแดงส่วนสันคอ (B) เนื้อแดงส่วนสันนอก (C) เนื้อแดงส่วนไหล่ (D) ส่วนสามชิ้นรวมรววม (E) เนื้อแดงส่วนสะโพก (F) เนื้อแดงขาหน้า และ (G) เนื้อแดงขาหลัง



ภาคผนวกที่ ข2 รูปแสดงการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน
โดยผู้บริโภคร



ภาคผนวกที่ ข3 รูปการวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

ภาคผนวกที่ ข4 การวิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

นำเนื้อใส่ถุงแล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรือจนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางเนื้อเท่ากับ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เย็นลงโดยแช่ในน้ำไหลผ่านประมาณ 30 นาที หรือจนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางเนื้อเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างเนื้อที่ได้มาตัดตามแนวความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีขนาด $1 \times 1 \times 3$ เซนติเมตร (กว้าง $\times$ สูง $\times$ ลึก) จำนวน 10 ชิ้นต่อตัวอย่าง หลังจากนั้นนำไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่อง Texture analyzer (Instron model 1011, USA)

ภาคผนวกที่ ข5 การวิเคราะห์ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Wimmers *et al*, 2008)

Isolation of RNA and cDNA Synthesis

ชั่งตัวอย่างกล้ามเนื้อให้ได้น้ำหนักประมาณ 0.2 กรัม เติมสารละลาย Trizol (Invitrogen, Karlsruhe, Germany) ปริมาตร 2 ml เพื่อสกัด RNA ทั้งหมดในตัวอย่าง หลังจากนั้นเติมด้วย DNase I (Thermo, Lithuania) เพื่อกำจัด genomic DNA ออกจากตัวอย่าง นำตัวอย่างที่ได้ไปวัดความเข้มข้นของ RNA ด้วยเครื่อง spectrophotometer (Bio-Rad, USA) ที่ความยาวคลื่น 260 และ 280 nm โดยกำหนดให้อัตราส่วนของ 260/280 nm จากตัวอย่างทั้งหมดต้องอยู่ในช่วง 1.8 ถึง 2.0

ทำการสังเคราะห์ First-strand cDNA จากตัวอย่าง RNA ด้วย RevertAid First Stand cDNA synthesis kit (Invitrogen, USA) โดยการเติม random primer หลังจากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเติมด้วย transcription mixture ซึ่งประกอบด้วย first strand 5X buffer 4 μ L, deoxynucleoside triphosphate 2 μ L, RevertAid reverse transcriptase 1 μ L และ Ribolock RNase inhibitor 1 μ L ปรับปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่างให้ได้ 20 μ L นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และอุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที หลังจากนั้นหยุดปฏิกิริยาโดยใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที นำตัวอย่างที่ได้ไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

Quantitative Real-Time PCR

ส่วนประกอบของปฏิกิริยาประกอบด้วยตัวอย่าง cDNA, forward และ reverse primers และ SYBR Green (SensiFastTM SYBR , BIONE) ซึ่งประกอบไปด้วย SYBR Green I dye, DNA polymerase, deoxynucleoside triphosphate และ deoxyuridine triphosphate, และ stabilizers and enhancers

ขั้นตอนการ polymerase activation ใช้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที การ denaturation ใช้อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วินาที จำนวนรอบ 40 รอบ (cycles) ขั้นตอนการ annealing และ extension ใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 15 วินาที เปรียบเทียบความเข้มข้นของตัวอย่างที่วัดได้จากกราฟมาตรฐาน (standard curve) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาสัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ (MHC) ด้วยสมการ

$$rER = \frac{[1 + E(\text{MHC target gene})]^{-Ct(\text{MHC target gene})}}{[1 + E(\text{MHC control gene})]^{-Ct(\text{MHC control gene})}}$$

เมื่อ E = PCR reaction efficiencies

rER = relative expression ratio

โดยใช้ primer ในการศึกษา Myosin Heavy Chain (MHC) isoforms ดังนี้

Gene	Primer sequence (5' to 3')	Annealing temperature, °C	accession no.
MyHC I	Forward: AAGGGCTTGAACGAGGAGTAGA Reverse: TTATTCTGCTTCCTCCAAAGGG	55	AB053226
MyHC IIa	Forward: GCTGAGCGAGCTGAAATCC Reverse: ACTGAGACACCAGAGCTTCT	55	AB025260
MyHC IIx	Forward: AGAAGATCAACTGAGTGAACCT Reverse: AGAGCTGAGAACTAACGTG	55	AB025262
MyHC IIb	Forward: ATGAAGAGGAACACATTA Reverse: TTATTGCCTCAGTAGCTTG	55	AB025261

ที่มา : Wimmers *et al.* (2008)

ภาคผนวกที่ ๖ การวิเคราะห์ปริมาณคอลลาเจน (Hill, 1966)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 4 กรัม ใส่ลงในหลอดปั่นกลม (centrifuge tube ปริมาตร 80 ml พร้อมฝาปิด) เติมน้ำเกลือละลาย ¼ Ringer ปริมาตร 20 ml นำไปปั่นด้วยเครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (homogenizer) เพื่อให้ตัวอย่างและสารละลายเข้ากัน (ระวังไม่ให้ตัวอย่างเนื้อติดข้างหลอด) นำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ที่อุณหภูมิ 77 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 66 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2,500 g เป็นเวลา 10 นาที

ดูดสารละลายส่วนใสไปใส่ในหลอดแก้วทนความร้อน (hydrolysis tube 35 ml พร้อมฝาปิด) เติมน้ำเกลือละลาย 12N HCl ปริมาตร 20 ml (soluble collagen) เทส่วนตะกอนด้านล่างลงในหลอดแก้วทนความร้อน เติมน้ำเกลือละลาย 6N HCl ปริมาตร 30 ml (insoluble collagen) นำหลอดทดลองไปแช่ลงในน้ำมันพาราฟินที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เขย่าหลอดทดลองทุก 30 นาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปกรองจนได้สารละลายใสและเก็บตัวอย่างที่ได้ลงใน volumetric flask ปริมาตร 100 ml นำไปปรับค่า pH ด้วย 0.1N NaOH โดยให้เครื่อง pH-meter ให้ค่า pH อยู่ในช่วง 6.0-7.5 หลังจากนั้นปรับด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 100 ml เก็บตัวอย่างไว้ในขวดแก้วและนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

เติมสารละลาย chloramines-T ปริมาตร 1 ml ลงในตัวอย่าง เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นเติม color reagent ปริมาตร 1 ml นำไปป้อนในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย spectrophotometer เครื่องที่ความยาวแสง 550 nm นำผลที่ได้มาคำนวณหาปริมาณคอลลาเจนด้วยสมการ

$$\text{mg collagen per gram fresh meat sample} = \frac{c \times f \times 100 \times 8}{1000 \times 4}$$

เมื่อ c = ค่าที่อ่านได้จากกราฟ หรือปริมาณ hydroxyproline (µg/ml) ที่ได้จากตัวอย่าง

f = จำนวนครั้งในการเจือจาง

8 = ค่าคงที่ในการเปลี่ยนปริมาณ hydroxyproline ไปเป็นปริมาณคอลลาเจน

ภาคผนวกที่ ข7 การวิเคราะห์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ (Tuma *et al.*, 1962)

ตัดชิ้นเนื้อให้มีขนาด 3 x 3 x 3 เซนติเมตร (กว้าง x สูง x ลึก) นำไปแช่ใน 4% neutral formalin เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเนื้อไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเติมสารละลาย 0.9% NaCl ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ลงในเครื่องปั่นแล้วปั่นด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 30 วินาที จนเนื้อแตกละเอียด หยดสารละลายที่ปั่นได้ลงบนแผ่นสไลด์ นำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ (compound microscope) กำลังขยาย 4 เท่า เพื่อวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อด้วย microscope eye-piece camera รุ่น Dino-eye (ANMO electronics corporation; Taiwan) และใช้โปรแกรม DinoCapture 2.0 ในการประมวลผลภาพ

ภาคผนวกที่ ข8 การวิเคราะห์ความยาวซาร์โคเมอร์ (Cross *et al.*, 1981)

เตรียม solution A (0.1M KCl, 0.039M boric acid, 5mM EDTA ใน 2-5% glutaraldehyde) โดยเติม KCl 7.46 กรัม boric acid 2.49 กรัม EDTA 1.85 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติม 25% glutaraldehyde 100 มิลลิลิตร ปรับค่า pH ของสารละลายให้มีค่าประมาณ 6.5-7.0 ปรับปริมาตรสารละลายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร และเตรียม solution B (0.25M KCl, 0.29M boric acid, 5mM EDTA ใน 2-5% glutaraldehyde) โดยเติม KCl 18.64 กรัม boric acid 17.93 กรัม EDTA 1.86 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 700 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติม 25% glutaraldehyde 100 มิลลิลิตร ปรับค่า pH ของสารละลายให้มีค่าประมาณ 6.5-7.0 ปรับปริมาตรสารละลายด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

จากนั้นตัดชิ้นเนื้อให้มีขนาด 1 x 1 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น นำไปแช่ใน solution A เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นย้ายชิ้นเนื้อไปแช่ใน solution B เป็นเวลา 17-19 ชั่วโมง นำตัวอย่างเนื้อมาวางบนแผ่นสไลด์ ใช้แท่งแก้วบีบชิ้นเนื้อให้แตกเป็นเส้นๆ นำแผ่นสไลด์ที่เตรียมเสร็จแล้วไปทำการวัดหาความยาวซาร์โค

เมียร์ด้วยเครื่อง Helium-Neon Laser (SC-31004) โดยใช้ไม้บรรทัดวัดความกว้างของแสงเลเซอร์ที่ทะลุผ่านบนแผ่นสไลด์มายังวัสดุรับภาพนำผลที่ได้มาคำนวณหาความยาวซาร์โคเมียร์ด้วยสมการ

$$\mu = 0.6328 \sqrt{\left(\frac{D}{T}\right)^2 + 1}$$

เมื่อกำหนดให้ μ = ความยาวของซาร์โคเมียร์ (ไมโครเมตร)

D = ระยะห่างระหว่างแผ่นสไลด์กับจอรับภาพ (เซนติเมตร)

T = ระยะห่างระหว่างแถบสว่าง 2 เส้น (เซนติเมตร) / 2