



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การพัฒนาสายพันธุ์เพื่อผลิตสุกร พันธุ์หมุดำเชียงใหม่”

โดย
นายกมล จีวีวรรณ และคณะ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

กันยายน 2561

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการ “การพัฒนาสายพันธุ์เพื่อผลิตสุกร พันธุ์หมูดำเชียงใหม่”

คณะผู้วิจัย	หน่วยงาน
1. นายกมล ฉวีวรรณ	ศูนย์วิจัยและพัฒนาสุกร กรมปศุสัตว์
2. นายประภาส มหินชัย	ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ กรมปศุสัตว์
3. นายศุภมิตร เมฆฉาย	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4. นางสาวธนนันท์ ศุภกิจจานนท์	คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
5. นางสาวพินิจ เจริญสนองกุล	ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ กรมปศุสัตว์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้รับทุน สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Executive Summary

โครงการ “การพัฒนาสายพันธุ์เพื่อผลิตสุกร พันธุ์หมูดำเชียงใหม่”

เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรในประเทศไทยแบ่งออกเป็นเกษตรกรรายย่อย ฟาร์มขนาดเล็ก ฟาร์มขนาดกลาง และฟาร์มขนาดใหญ่ซึ่งเลี้ยงแบบอุตสาหกรรม เกษตรกรส่วนใหญ่ยังเป็นเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงสุกรน้อยกว่า 50 ตัว ที่ขาดความสามารถในการแข่งขัน กรมปศุสัตว์ได้วางนโยบายเพื่อลดต้นทุนการผลิตสุกร โดยเฉพาะในด้านพันธุ์ อาหาร และการจัดการ เพื่อเพิ่มทางเลือกให้เกษตรกรรายย่อย โดยเฉพาะเกษตรกรในพื้นที่ห่างไกล และชาวไทยภูเขา และเป็นการพัฒนาพันธุ์สุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูงสำหรับตลาดจำเพาะโดยใช้พันธุ์กรรมสุกรที่มีอยู่ในประเทศ โดยกรมปศุสัตว์ได้พัฒนาสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมือง ที่ให้ปริมาณเนื้อแดงมากกว่าสุกรพื้นเมืองสายพันธุ์ดั้งเดิม และลักษณะคุณภาพเนื้อที่ดี เลี้ยงง่าย ทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากพันธุ์สัตว์พื้นเมืองของไทย เพื่อนำไปใช้ส่งเสริมแก่ชาวไทยภูเขา และลูกผสมดอร์ค-หมุยซาน ซึ่งเป็นสุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูง และให้ผลผลิตสูงจากคุณสมบัติการให้ลูกดกจากพันธุ์กรรมสุกรพันธุ์หมุยซาน ซึ่งเป็นพันธุ์สัตว์พระราชทาน เพื่อนำไปใช้ส่งเสริมแก่ชาวไทยภูเขาและเกษตรกรรายย่อย สุกรทั้งสองกลุ่มนี้เป็นสุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูงเหมาะแก่การเลี้ยงในสภาพเกษตรกร คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำสุกรทั้งสองกลุ่มมาวิจัยและพัฒนาให้พันธุ์สุกรที่มีสีดำ และให้คุณภาพเนื้อในระดับสูง มีความน่ากินสูง มีความนุ่ม และมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ โดยคัดเลือกด้วยเทคนิคอนุพันธุศาสตร์ และเทคนิควิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ เพื่อพัฒนาเป็นสุกรต้นพันธุ์ที่มีคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ คุณภาพการบริโภคนสูง และมีลักษณะสีดำ ซึ่งจะใช้เป็นพันธุ์พื้นฐานสำหรับนำมาผสมข้ามพันธุ์ได้เป็นลูกผสม 4 สายพันธุ์ เพื่อใช้เป็นสุกรขุน (commercial line) ที่มีสีดำ และให้เนื้อคุณภาพสูง ให้ชื่อว่า “หมูดำเชียงใหม่”

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้นำสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมือง และลูกผสมดอร์ค-หมุยซานรุ่น F2 ของกรมปศุสัตว์ ที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ มาตรวจสอบด้วยเครื่องหมายพันธุกรรมหรือเครื่องหมายโมเลกุล (genetic marker) ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก คุณภาพการบริโภค จำนวน 10 เครื่องหมาย ได้แก่ ยีน *LEP* *LEPR* *MC4R* *IGF2* *PIT-1* *MC5R* *CRC1* *CAST* *PRKAG3* และ *PPAR* และเครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสีขนสีดำ คือ ยีน *MC1R* และ *KIT* นำสุกรที่ตรวจสอบแล้วมาทดสอบสมรรถภาพการผลิตโดยการทดสอบพันธุ์ด้วยอาหารโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงในคอกขังเดี่ยวจากน้ำหนัก 30 กิโลกรัม ถึงน้ำหนัก 90 กิโลกรัม บันทึกข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (FCR) ปริมาณอาหารที่กิน (FI) วัดความหนาไขมันสันหลัง (BF) และความลึกเนื้อสัน (LEA) สุ่มสุกรบางส่วนมาศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค เช่น เปอร์เซ็นต์ซากเย็น เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความนุ่มของเนื้อ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าสีของเนื้อ แรงตัดผ่านเนื้อ และลักษณะไขมันแทรก เป็นต้น

ผลจากการวิจัยพัฒนาได้เป็นสุกรต้นพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ในรุ่น F3 ซึ่งเป็นสุกรพ่อพันธุ์ และสุกรแม่พันธุ์ เพื่อใช้พัฒนาพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ต่อไป โดยสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมืองเหมาะใช้เป็นกลุ่มสายพ่อ (sire line) และสุกรลูกผสมดอร์ค-หมุยซานเหมาะใช้เป็นกลุ่มสายแม่ (dam line) สุกรลูกผสมดอร์ค-หมุยซานมีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัม ดีกว่าสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมือง ส่วนลักษณะคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพการบริโภคของสุกรทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน ได้เครื่องหมายโมเลกุลที่ใช้สำหรับคัดเลือกพันธุ์และพัฒนาพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ที่ให้เนื้อคุณภาพสูง และมีสีดำ โดยเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* *RYR1* *CAST2* *MC5R* และ *IGF2* ใช้สำหรับคัดเลือกลักษณะสมรรถภาพการผลิต ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *CAST2* *MC5R* และ *IGF2* ใช้คัดเลือกลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน

เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* และ *MC5R* ใช้คัดเลือกลักษณะอัตราการเจริญเติบโต และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัม เช่นเดียวกับเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* และ *RYR1* อาจจะใช้คัดเลือกลักษณะอัตราการเจริญเติบโต และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัมได้เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* *LEPR* *CAST2* *RYR1* และ *IGF2* ใช้สำหรับคัดเลือกลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค โดยเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* *LEPR* และ *IGF2* ใช้คัดเลือกลักษณะคุณภาพเนื้อในส่วนของคุณค่าแรงตัดเนื้อชั้นเนื้อ เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *RYR1* ใช้คัดเลือกลักษณะไขมันแทรก และเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *CAST2* สัมพันธ์กับลักษณะค่า pH ที่ 45 นาทีหลังฆ่า เครื่องหมายโมเลกุลของยีนเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกพันธุ์สุกรเพื่อให้ได้สุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูงได้ และเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *MC1R* ใช้ในการคัดเลือกสุกรให้มีขนสีดำตามต้องการ

สุกรรุ่น F3 ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะใช้เป็นสุกรต้นพันธุ์เพื่อพัฒนาเป็นหมูดำเชียงใหม่ที่เป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรนำไปใช้ประโยชน์ เป็นการเพิ่มมูลค่าเนื้อสุกร สนับสนุนความต้องการของผู้บริโภค สร้างอาชีพที่มีความมั่นคง ยั่งยืน เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเอง ตลอดจนการพัฒนาระบบการเลี้ยงไปสู่การเลี้ยงแบบปล่อยอิสระ หรือระบบอินทรีย์ สนับสนุนการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น มีการพัฒนาด้านการตลาดสำหรับเนื้อสุกรคุณภาพสูง และผลิตภัณฑ์ให้แพร่หลายและเกิดการยอมรับ ลดการนำเข้าเนื้อสุกรคุณภาพสูงจากต่างประเทศ ตลอดจนผู้บริโภคเองก็มีโอกาสในการเลือกซื้อสินค้าที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการ และขยายการรับรู้ของผู้บริโภคในด้านคุณภาพของเนื้อต่อไป ซึ่งในช่วงระหว่างการพัฒนาพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ ได้ดำเนินการส่งมอบให้แก่หน่วยงานราชการ และจำหน่ายให้แก่เกษตรกรฟาร์มเครือข่ายที่ร่วมโครงการ ก่อให้เกิดการรับรู้ กระจายพันธุ์ และพัฒนาต่อยอดการใช้ประโยชน์จากหมูดำเชียงใหม่ที่ให้เนื้อคุณภาพสูง ในลำดับต่อไปควรดำเนินการวิจัยพัฒนาในประเด็นต่างๆอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้สุกรต้นพันธุ์ที่มีความผันแปรทางพันธุกรรมของลักษณะที่ต้องการในระดับต่ำ เกิดความนิ่งของลักษณะทางเศรษฐกิจสำคัญเพื่อใช้ผลิตหมูดำเชียงใหม่ที่มีคุณสมบัติตามต้องการ มีการใช้ประโยชน์จากพันธุกรรมที่พัฒนาขึ้นมาสู่ผู้บริโภคอย่างเต็มประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย รศ.ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล ผู้ประสานชุดโครงการที่ช่วยประสานงานและให้คำแนะนำที่มีคุณค่ายิ่ง ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และคณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์คณะผู้วิจัยได้เข้าดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกคนที่เอื้อเฟื้อและช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล รวมถึงขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และนักศึกษาทุกท่านที่ได้ช่วยงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อองค์กร หน่วยงานผู้ประกอบการ เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร ตลอดจนนักวิชาการที่สนใจในการนำผลจากการวิจัยครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2561

บทคัดย่อ

ปัจจุบัน ผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคเนื้อคุณภาพสูงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะเนื้อสุกรบางส่วนต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ประกอบกับระบบการผลิตสุกรเชิงการค้าในปัจจุบันส่งผลให้เกษตรกรรายย่อยที่มีจำนวนมากในประเทศไม่มีทางเลือก และไม่สามารถแข่งขันได้ กรมปศุสัตว์มีนโยบายในการลดต้นทุนการผลิตสุกร ในด้านพันธุ์ อาหาร และการจัดการ เพื่อเพิ่มทางเลือกให้เกษตรกรรายย่อย ให้เกษตรกรมีอาชีพที่มั่นคง จึงได้มีการพัฒนาพันธุ์สุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูงสำหรับตลาดจำเพาะโดยใช้พันธุ์กรรมสุกรที่มีอยู่ในประเทศ ให้เป็นสุกรที่มีสีดำ ให้เนื้อมีความน่ากินสูง มีความนุ่ม และมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ โดยใช้สุกรสองกลุ่มคือ ลูกผสมเปียแตรง-พื้นเมือง (Pietrain-Native, PN) ที่ให้ปริมาณเนื้อแดงมากกว่าสุกรพื้นเมืองสายพันธุ์ดั้งเดิม และลักษณะคุณภาพเนื้อที่ดี เลี้ยงง่าย ทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากพันธุ์สัตว์พื้นเมืองของไทย และลูกผสมดুর็อค-หมยซาน (Duroc-Meishan, MS) ซึ่งเป็นสุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูง และให้ผลผลิตสูงจากคุณสมบัติการให้ลูกตกจากพันธุ์กรรมสุกรพันธุ์หมยซานซึ่งเป็นพันธุ์สัตว์พระราชทาน นำสุกรทั้งสองกลุ่มที่อยู่ในระหว่างการพัฒนาพันธุ์ชั่วอายุที่ 2 (F2) และสุกรลูกผสมของทั้งสองกลุ่ม (4-cross) มาคัดเลือกด้วยเทคนิคอนุพันธุศาสตร์ ทดสอบสมรรถภาพการผลิต และศึกษาคุณภาพเนื้อ คุณภาพการบริโภค ด้วยเทคนิควิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ เพื่อศึกษาเครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค (*LEP LEPR MC4R IGF2 PIT-1 MC5R CRC1 CAST PRKAG3* และ *PPAR*) และเครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับสีขน (*MC1R* และ *KIT*) เพื่อพัฒนาสุกรต้นพันธุ์ชั่วอายุที่ 3 (F3) ที่มีคุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคสูง และมีลักษณะสีดำ สำหรับใช้เป็นพันธุ์พื้นฐานนำมาผสมข้ามพันธุ์เพื่อสร้างให้เป็นสุกรขุน (commercial line) ที่มีสีดำ และให้เนื้อคุณภาพสูง ให้ชื่อว่า “หมูดำเชียงใหม่”

จากผลการวิจัยได้สุกรต้นพันธุ์หมูดำเชียงใหม่รุ่น F3 ซึ่งใช้เป็นสุกรพ่อพันธุ์ และสุกรแม่พันธุ์ โดยสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซานมีจำนวนลูกเกิดมีชีวิตและจำนวนลูกหย่านมากกว่าสุกรลูกผสมเปียแตรง-พื้นเมือง (10.79 และ 9.51 ตัว, 10.06 และ 9.03 ตัว ตามลำดับ, $P < 0.05$) สุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซานมีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัม ตีกว่าสุกรลูกผสมเปียแตรง-พื้นเมือง (674.56 และ 644.43 กรัมต่อวัน, 2.71 และ 2.84, 180.68 และ 185.95 วัน ตามลำดับ, $P < 0.05$) โดยความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ความยาวลำตัว และปริมาณอาหารที่กินไม่แตกต่างกัน (1.42 และ 1.46 ซม., 24.76 และ 25.23 ซม.², 105.15 และ 104.60 ซม., 159.20 และ 168.81 ตามลำดับ) คุณภาพซากของสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซานและสุกรลูกผสมเปียแตรง-พื้นเมือง และลูกผสม 4-cross ทั้งเพศผู้และเพศเมีย คือ เปอร์เซ็นต์ซาก เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ดัชนี LSQ และความยาวซากไม่แตกต่างกัน ในส่วนของคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค พบว่าอุณหภูมิที่ 45 นาทีหลังฆ่า ค่าความสว่าง (Lightness, L^*) และเปอร์เซ็นต์โปรตีน ระหว่างสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน สุกรลูกผสมเปียแตรง-พื้นเมือง และสุกรลูกผสม 4-cross แตกต่างกัน ($P < 0.05$) ในขณะที่ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ที่ระยะเวลา 45 นาทีและ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า อุณหภูมิที่ 24 นาทีหลังฆ่า ค่าความแดง (b^*) ค่าความเหลือง (a^*) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ค่า drip loss ค่า cooking loss ค่า thawing loss แรงตัดเคี้ยวเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์ความชื้น และเปอร์เซ็นต์ไขมัน ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับปริมาณไขมันแทรกในเนื้อของสุกรสายพันธุ์ดুর็อค-หมยซาน เปียแตรง-พื้นเมือง และลูกผสม 4-cross ไม่มีความแตกต่างกัน ($P > 0.05$) แต่ปริมาณไขมันแทรกในสุกรเพศผู้มากกว่าสุกรเพศเมีย ($P < 0.05$)

เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP RYR1 CAST2 MC5R* และ *IGF2* มีความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต ($P < 0.05$) เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *CAST2 MC5R* และ *IGF2* ใช้คัดเลือกลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* และ *MC5R* ใช้คัดเลือกลักษณะอัตราการเจริญเติบโต

และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัม เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* และ *RYR1* อาจจะใช้คัดเลือกลักษณะอัตราการเจริญเติบโต และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัม เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* *LEPR* *CAST2* *RYR1* และ *IGF2* มีความสัมพันธ์กับคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคน้ำ (P<0.05) โดยเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* *LEPR* และ *IGF2* มีความสัมพันธ์กับค่าแรงตึงเนื้อ เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *IGF2* ใช้คัดเลือกลักษณะไขมันแทรกในสุกรสายพันธุ์ดอร์ค-หมุยซาน (P<0.01) ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีน *LEP***RYR1* มีความสัมพันธ์กับระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (P<0.01) เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *CAST2* มีความสัมพันธ์กับลักษณะค่า pH ที่ 45 นาที แต่ยังไม่พบว่าเครื่องหมายโมเลกุลหลายคู่มีปฏิกริยาร่วมกันต่อคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อในสุกรลูกผสม 4-cross มีสัดส่วนการแสดงออกของยีนชนิด fast MHC IIa แตกต่างจากกลุ่ม PN และ DM (P<0.01) ในขณะการแสดงออกของยีนชนิด MHC IIx ของสุกรกลุ่ม DM สูงกว่าสุกรกลุ่ม PN และ 4-cross (P<0.05) การแสดงออกของยีนชนิด MHC IIb ระหว่างสุกรกลุ่ม DM, NP และ 4-cross มีความแตกต่างกัน (P<0.01) โดยกลุ่ม PN มีการแสดงออกมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม DM และ 4-cross ตามลำดับ แต่ยีนชนิด MHC I มีการแสดงออกไม่แตกต่างกันระหว่างสุกรทั้ง 3 กลุ่ม และเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *MC1R* สามารถใช้คัดเลือกลักษณะขนสีดำของประชากรกลุ่มนี้ (P<0.0001)

จากการศึกษาครั้งนี้ สุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองเหมาะใช้เป็นกลุ่มสายพ่อ และสุกรลูกผสมดอร์ค-หมุยซานเหมาะใช้เป็นกลุ่มสายแม่ สุกรต้นพันธุ์รุ่น F3 ทั้งสองกลุ่มนี้เป็นสุกรให้เนื้อที่มีคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคน้ำสูง ควรมีการวิจัยพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยการคัดเลือกและพัฒนาพันธุ์เพื่อให้ได้สุกรที่มีลักษณะพันธุกรรมที่นิ่งในลักษณะที่กำหนดในวัตถุประสงค์ในการพัฒนาพันธุ์ เพื่อใช้สำหรับผลิตเป็นหมูดำเชียงใหม่ที่ให้เนื้อคุณภาพสูงในท้ายที่สุด ในการขยายผลไปสู่เกษตรกรเพื่อใช้ประโยชน์ ควรดำเนินการศึกษาวิจัยรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสม การวิจัยพัฒนาด้านอาหารสัตว์ ระบบการเลี้ยง การตัดแต่ง การแปรรูปผลิตภัณฑ์ และการตลาด เพื่อให้เกิดการใช้ประโยชน์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เป็นทางเลือกและเกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรและผู้บริโภคอย่างแท้จริง

Abstract

Nowadays, demanding of high quality meat is increased by consumers. Some of the high quality pork was imported from abroad. In addition to the large amount of small farmers can't compete with commercial farms in swine production system. The Department of Livestock Development (DLD) has a policy to reduce the productive cost in terms of breed, feed and management. These may contribute the options for small farmers to have sustainable career. Then the breeding pigs that provide high quality pork were developed for the niche market. The pigs were developed by using domestic genetics. Breeding objectives are black color, high eating quality, tenderness and marbling. Two groups of pigs were used in breeding program. Pietrain-Native crossbred (PN) that provide more lean meat than native pigs, high quality of meat, easy to raise, resistance to disease and environmental tolerance. The indigenous pig was utilized in the program. And Duroc-Meishan crossbred (DM) that provided high quality of meat from Duroc and Meishan genetics and high proliferation properties from Meishan pig. The Meishan pig is the livestock breed in the royal project.

The second generation (F2) of both groups and crossbred that was made from two groups (4-cross) was selected by molecular genetics technique, productive performance testing and examination of meat quality and eating quality using meat science techniques. Genetic markers associated to carcass quality, meat quality and eating quality were tested (*LEP*, *LEPR*, *MC4R*, *IGF2*, *PIT-1*, *MC5R*, *CRC1*, *CAST*, *PRKAG3* and *PPAR*). Genetic markers associated to coat color (*MC1R* and *KIT*) were studied. The objectives of the study are establishment of third generation (F3) parents that provided high meat quality, eating quality and black coat color. The commercial line will be made by cross breeding between both genetic groups to contribute black color pigs and high meat quality, so called "Mhoodum Chiangmai".

The results showed parent of MooDum Chiangmai (Chiangmai black pigs) in third generation (F3) were established for using as boar and sow. DM pigs contributed number of born alive and number of weaned piglets more than PN (10.79 and 9.51, 10.06 and 9.03 respectively, $P < 0.05$). DM has average daily gain (ADG) feed conversion ratio (FCR) and age at 90 kg. body weight (Age90) better than PN (674.56 and 644.43, 2.71 and 2.84, 180.68 and 185.95 respectively, $P < 0.05$). Back fat thickness (BF), loin eye area (LEA), body length (BL) and feed intake (FI) between two groups were not significantly different (1.42 and 1.46, 24.76 and 25.23, 105.15 and 104.60, 159.20 and 168.81 respectively). The carcass quality; carcass percentage, lean percentage, LSQ index and carcass length of DM, PN and 4-cross in both males and females were not significantly different. However, in term of meat quality and eating quality; the temperature at 45 minutes post mortem, the lightness (L^*) and protein percentage between DM, PN and 4-cross were significantly different ($P < 0.05$). The pH at 45 minutes (pH_{45}) and 24 hours (pH_{24}) post mortem, temperature at 24 minutes post mortem,

redness (b *), yellowness (a *), drip loss, cooking loss, thawing loss, Warner-Bratzler shear force, moisture percentage, fat percentage and intra muscular fat (IMF) between DM, PN and 4-cross were not different significantly different. However, the IMF of barrows was higher than female ($P<0.05$).

The genetic markers of *LEP*, *RYR1*, *CAST2*, *MC5R* and *IGF2* genes were significantly associated with the productive traits ($P<0.05$). Genetic markers of *CAST2*, *MC5R* and *IGF2* genes can be used for selection of the LEA. Genetic markers of *LEP* and *MC5R* can be used for selection ADG and Age90. Genetic markers of the *LEP* and *RYR1* genes may be used for selection ADG and Age90. Genetic markers of *LEP*, *LEPR*, *CAST2*, *RYR1* and *IGF2* genes were associated with meat quality and eating quality ($P<0.05$). The genetic markers of *LEP*, *LEPR* and *IGF2* were associated with Warner-Bratzler shear force. Genetic markers of the *IGF2* gene can be used for selection the IMF of DM pig ($P<0.01$). The interaction of *LEP* and *RYR1* markers was associated with IMF ($P<0.01$). The genetic marker of *CAST2* gene was associated with the pH₄₅. Moreover, interaction of multiple genetic markers was found associated with carcass quality, meat quality and eating quality. The results showed the proportion of expression of the genes associated with muscle fibers type, fast *MHC IIa*, in 4-cross were significantly different from PN and DM ($P<0.01$). The expression of *MHC IIx* genes of DM were higher than PN and 4-cross pigs ($P<0.01$). The expression of the *MHC IIb* gene between DM, NP and 4-cross was significantly different ($P<0.01$). The expression level from high to low are following, PN, DM and 4-cross. The expressive *MHC I* was not significantly different between DM, PN and 4-cross. The *MC1R* genetic marker was associated with coat color ($P<0.0001$) and can be used for selection coat color in this population.

In conclusion, the PN should be used as sire line and DM as dam line. Both groups in F3 parent population provided high meat quality and eating quality and should be furthered selection and development for producing 4-cross (commercial line). In order to have genetic consistency of target traits in breeding objectives, the researches on breeding and selection should be performed from generation to generation. As well as the expanding the results to farmers, the research on appropriate utilization, feed and feeding, farming systems, meat processing, and marketing should be performed to maximize efficient utilization. These are valuable and beneficial choices for farmers and consumers.

สารบัญ

	หน้า
Executive Summary	I
กิตติกรรมประกาศ	III
บทคัดย่อ.....	IV
Abstract	VI
ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	2
Concept ในการดำเนินการตามโครงการ	2
ผลที่คาดว่าจะได้รับโครงการที่ 1	3
ผลที่คาดว่าจะได้รับทุกชุดโครงการ (1-5).....	3
การตรวจเอกสาร	6
ระเบียบวิธีวิจัย.....	19
แผนการผสมพันธุ์	19
การคัดเลือกด้วยเทคนิคอนุพันธุ์ศาสตร์	20
การทดสอบพันธุ์	20
การศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค.....	21
การวิเคราะห์ข้อมูล	22
การคัดเลือกสุกร	22
ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อสิ้นสุดการวิจัย	23
กระบวนการผลักดันผลงานออกสู่การใช้ประโยชน์	23
ผลการวิจัยและวิจารณ์.....	24
1. โครงสร้างฝูง พ่อแม่พันธุ์ และการให้ผลผลิต	24
2. ข้อมูลการทดสอบพันธุ์.....	26
3. การตรวจสอบจีโนไทป์ของยืนตำแหน่งต่างๆ ของลักษณะที่ต้องการคัดเลือกโดยใช้ genetic markers	28
4. การศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค ของสุกรรุ่น F3.....	33
5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอเป้าหมายกับลักษณะ สมรรถภาพการผลิตในสุกร	42

6. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอเป้าหมายกับลักษณะคุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค	53
7. อิทธิพลของพันธุกรรมต่อสัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อสันนอก	72
8. การศึกษาความผันแปรของเครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสีขน.....	73
9. ดัชนีการคัดเลือกโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล (Marker-based EBV Index selection)	75
10. การใช้ประโยชน์โดยการสร้างเครือข่ายการผลิต และเลี้ยงเพื่อขยายพันธุ์ในพื้นที่.....	76
11. จำนวนประชากรสุกรที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในรุ่น F3 และแผนงานที่จะทำต่อไป.....	76
สรุปผลการวิจัย	79
ข้อเสนอแนะ	80
บรรณานุกรม	81
ภาคผนวก	89

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าสี ($L^* a^* b^*$) และค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (% IMF)	12
2 แสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพซากสุกรลูกผสมระหว่างแม่สุกรพื้นเมืองไทย (Native) และแม่สุกรพันธุ์ดูโรค (Duroc) โดยใช้พ่อสุกรสายพันธุ์เปียตเรง (Pietrain)	13
3 แสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพเนื้อสุกรลูกผสมระหว่างแม่สุกรพื้นเมืองไทย (Native) และสุกรพันธุ์ดูโรค (Duroc) โดยใช้พ่อสุกรสายพันธุ์เปียตเรง (Pietrain)	14
4 แสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพซากสุกรลูกผสมระหว่าง Pietrain × Native และ Duroc × Meishan	15
5 แสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพเนื้อสุกรลูกผสมระหว่าง Pietrain × Native และ Duroc × Meishan	16
6 ความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน <i>MC1R</i> ในสุกร	17
7 จำนวนสุกรพ่อแม่พันธุ์เมื่อเริ่มต้นโครงการวิจัย	24
8 จำนวนสุกรพ่อแม่พันธุ์ในรุ่นที่ 2 และสุกรทดแทนรุ่นที่ 3 ปัจจุบัน	25
9 ผลผลิตลูกสุกรที่เกิดจากสุกรแม่พันธุ์ลูกผสม DM-F2 และ PN-F2	26
10 ผลการทดสอบพันธุ์สุกรลูกผสมดูโรค-หมยซาน สุกรลูกผสมเปียตเรง-พื้นเมือง และลูกผสม	27
11 ผลการทดสอบพันธุ์สุกรลูกผสมดูโรค-หมยซาน สุกรลูกผสมเปียตเรง-พื้นเมือง และลูกผสม	27
12 ไพรเมอร์และรอบปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอร์เรสของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะคุณภาพเนื้อในสุกร	29
13 ความถี่จีโนไทป์และความถี่อัลลีลของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อของสุกรลูกผสมดูโรค-หมยซานรุ่น F2 และ F3	31
14 ความถี่จีโนไทป์และความถี่อัลลีลของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อของสุกรลูกผสมเปียตเรง-พื้นเมืองรุ่น F2 และ F3	32
15 การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ	33
16 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคุณภาพซากสุกรลูกผสมดูโรค-หมยซาน (DM) เปียตเรง-พื้นเมือง (PN) และลูกผสมระหว่าง DM และ PN (4-cross)	34
17 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคน้ำของสุกรลูกผสมดูโรค-หมยซาน (DM) เปียตเรง-พื้นเมือง (PN) และลูกผสมระหว่าง DM และ PN (4-cross)	35
18 อิทธิพลของสายพันธุ์ และเพศต่อปริมาณไขมันแทรกของสุกรลูกผสมดูโรค-หมยซาน (DM) เปียตเรง-พื้นเมือง (PN) และลูกผสมระหว่าง DM และ PN (4-cross)	36
19 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนก่อนตัดแต่งของหมูดำเชียงใหม่	37
20 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเนื้อแดงและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจากชิ้นส่วนหลักหลังตัดแต่งของหมูดำเชียงใหม่	38
21 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานปริมาณเนื้อแดง และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจากชิ้นส่วนรองของหมูดำเชียงใหม่	39
22 ค่าเฉลี่ยปริมาณและเปอร์เซ็นต์เครื่องในแดง และผลพลอยได้ของหมูดำเชียงใหม่	40
23 ค่าเฉลี่ยปริมาณและเปอร์เซ็นต์เครื่องในขาว และผลพลอยได้ของหมูดำเชียงใหม่	41
24 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะสมรรถภาพการผลิต	42

25	ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล <i>MC4R</i> กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร	44
26	ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล <i>LEP</i> กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร	45
27	ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล <i>RYS</i> กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร	46
28	ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล <i>CAST2</i> กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร	47
29	ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล <i>MC5R</i> กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร	48
30	ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล <i>LEPR</i> กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร	49
31	ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล <i>PPARG</i> กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร	50
32	ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล <i>IGF2</i> กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร	51
33	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะคุณภาพเนื้อและ คุณภาพการบริโภค	53
34	ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล <i>MC4R</i> กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค	56
35	ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล <i>LEP</i> กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค	57
36	ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล <i>RYS1</i> กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค	58
37	ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล <i>CAST2</i> กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค	59
38	ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล <i>MC5R</i> กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค	60
39	ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล <i>LEPR</i> กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค	61
40	ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล <i>PPARG</i> กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค	62
41	ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล <i>IGF2</i> กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค	63
42	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะไขมันแทรกในสุกรลูกผสม ดুর็อค-หมยซาน	64
43	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะไขมันแทรกในสุกรลูกผสม เปย์แตรง-พื้นเมือง	65
44	ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะไขมันแทรกในสุกรลูกผสม 4-cross (DMxPN)	66
45	ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ	67
46	ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์ซาก	67
47	ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะ Lenden-Speck-Quotient (fat/muscle quotient)	68
48	ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อค่า pH ที่ 45 นาที	68
49	ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง	68
50	ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะค่าความสว่าง (L^*)	69
51	ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะค่าความแดง (a^*)	69
52	ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะค่าความเหลือง (b^*)	69
53	ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน	70
54	ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะค่าแรงตัดเนื้อขึ้นเนื้อ	70
55	สัดส่วนการแสดงออกของยีนที่ควบคุมชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อในสุกรลูกผสมเปย์แตรง-พื้นเมือง (PN) ดুর็อค-หมยซาน (DM) และ 4-cross	72
56	ไพรเมอร์และรอบปฏิกริยาลูกโซ่โพลีเมอร์เรสของยีนที่เกี่ยวข้องกับสีขน	73

57	ความถี่โนไทป์และความถี่อัลลีลของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีนที่เกี่ยวข้องกับ	74
58	ความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีนเป้าหมายกับลักษณะสีขนในสุกร	74
59	อันดับสุกรที่มีค่า Marker-based EBV index สูงสุด 10 อันดับแรก	75

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

- 1 การพัฒนาสุกรลูกผสมสุกรพื้นเมือง-เปียวแดง และคูรีอค-หมยซาน เพื่อสร้างเป็นสุกรต้นพันธุ์ 19

สารบัญภาคผนวก

ตารางผนวกที่

หน้า

1	แผนการดำเนินงานตามกิจกรรมในโครงการ และกิจกรรมที่ดำเนินการจริง	90
2	การกระจายพันธุ์หมูดำให้กับหน่วยงานราชการและฟาร์มเครือข่ายเพื่อใช้ประโยชน์	91
3	สุกรรุ่น F3 ที่คัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ทดแทน	91
4	หน่วยงานของกรมปศุสัตว์ที่ร่วมพัฒนาพันธุ์และขยายการผลิตหมูดำเชียงใหม่	94

ภาพผนวกที่

1	สุกรพันธุ์ลูกผสมดুর็อค-หมวยซาน (DM)	95
2	สุกรพันธุ์ลูกผสมเปียวตรง-พื้นเมือง (PN)	95
3	ตัวอย่างผลผลิต PCR ของยีน	96
4	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>LEP</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>HinfI</i>	97
5	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>MC4R</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>TaqI</i>	97
6	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>IGF2</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>BclI</i>	97
7	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>MC5R</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>HinI</i>	98
8	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>CRC1 (RYR1)</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>Hin6I</i>	98
9	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>CAST2</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>PvuII</i>	98
10	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>PPARG</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>BsrI</i>	99
11	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>LEPR</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>TaqI</i>	99
12	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>CAST1</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>Hpy188I</i>	99
13	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>PRKAG3</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>BsrBI</i>	100
14	ตัวอย่างผลผลิต PCR ของยีน (a) <i>MC1R</i> และ (b) <i>KIT</i>	100
15	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>MC1R</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>Bsh1236I</i>	100
16	ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน <i>KIT</i> ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ <i>AcI</i>	101
17	การกระจายพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ให้สุรินทร์ฟาร์ม อ.สนป่าตอง จ.เชียงใหม่	101
18	การกระจายพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ให้ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	101
19	การกระจายพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ให้โครงการฟาร์มตัวอย่างบ้านแม่ตุงตอง อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่	102
20	การกระจายพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ให้โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่เหลอ อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน	102
21	การกระจายพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ให้ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย อ.แมริม จ.เชียงใหม่	102
22	การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงานโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2558	103
23	การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงานมหกรรมสินค้าปศุสัตว์ปลอดภัยครั้งที่ 2 จ.นครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2560	103
24	การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงานกาชาดสวนอัมพร ปี พ.ศ. 2559	103

25	การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงานครบรอบ 76 ปี กรมปศุสัตว์ พ.ศ. 2561.....	104
26	การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 6 ปี พ.ศ. 2561.....	104
27	การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงานประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์นานาชาติ ครั้งที่ 62 (62 nd iCoMST) ปี พ.ศ. 2559.....	104
28	การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงาน SIMA ASEAN THAILAND 2018 เมืองทองธานี	105
29	แสดงลักษณะไขมันแทรกในกล้ามเนื้อของหมูดำเชียงใหม่.....	105
30	ความแปรปรวนของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อส่วน <i>Longissimus dorsi</i> ของหมูดำเชียงใหม่.....	105

เอกสารตีพิมพ์เผยแพร่

เรื่องที่ 1	106
-------------------	-----

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรในประเทศไทยสามารถแบ่งออกเป็นเกษตรกรรายย่อย ฟาร์มขนาดเล็ก ฟาร์มขนาดกลาง และฟาร์มขนาดใหญ่ซึ่งเลี้ยงแบบอุตสาหกรรม โดยจากสถิติของกรมปศุสัตว์ในปี 2555 พบว่าเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร เป็นเกษตรกรรายย่อยถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ฟาร์มขนาดเล็ก 3.58 เปอร์เซ็นต์ ฟาร์มขนาดกลาง 0.53 เปอร์เซ็นต์ และฟาร์มขนาดใหญ่ 0.07 เปอร์เซ็นต์ โดยคิดเป็นจำนวนรายเกษตรกรเท่ากับ 108,431 4,058 596 และ 85 ราย ตามลำดับ เกษตรกรส่วนใหญ่ยังเป็นเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงสุกรน้อยกว่า 50 ตัว ที่ผ่านมามีปัญหาคือสุกรที่เลี้ยงโดยทั่วไปเป็นสุกรลูกผสมสายพันธุ์ทางการค้า ซึ่งมีความผันแปรทางพันธุกรรมและสมรรถภาพการผลิต รวมทั้งยังมีเหตุปัจจัยที่เป็นขีดจำกัดการเพิ่มกำลังการผลิตหรือขยายขนาดฟาร์ม เช่น ต้นทุนการผลิต ค่าอาหาร ค่าสายพันธุ์ และการจัดการที่มีค่าใช้จ่ายสูง ตลอดจนกลไกการตลาดที่มีความไม่แน่นอน ส่งผลต่อราคาเนื้อสุกรและผลกำไรของเกษตรกรรายย่อยไม่แน่นอน กรมปศุสัตว์ได้วางนโยบายเพื่อลดต้นทุนการผลิตสุกร ด้านพันธุ์และด้านอาหาร ให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตของเกษตรกรที่ห่างไกลและชาวไทยภูเขาโดยส่งเสริมให้ใช้พันธุ์สุกรที่มีในท้องถิ่นเป็นพื้นฐาน ในพื้นที่ภาคเหนือเกษตรกรนิยมเลี้ยงและบริโภคสุกรพื้นเมือง เนื่องจากเป็นสุกรที่มีสีดำ เลี้ยงง่าย กินอาหารจากเศษเหลือใช้ในภาคการเกษตร ทนทานต่อสภาพแวดล้อม ที่สำคัญคือ มีเนื้อนุ่ม อร่อย ขนาดพอเหมาะ และสุกรสีดำยังนิยมใช้ในพิธีกรรมต่างๆ ที่ผ่านมามีกรมปศุสัตว์ได้นำสุกรพันธุ์หมยชานไปส่งเสริมการเลี้ยงให้แก่เกษตรกรและชาวไทยภูเขา แต่ยังมีบางลักษณะที่เกษตรกรไม่ต้องการ เช่น ไขมันหนา โตช้า ใบหูใหญ่ และผิวหนังย่น ไม่น่ารับประทาน จึงได้ปรับปรุงเป็นสุกรพันธุ์มิตรสัมพันธ์ (สุกรลูกผสมดুর็อค-หมยชาน) ที่มีไขมันน้อยลงมีปริมาณเนื้อแดงมากขึ้น การเจริญเติบโตดี ใบหูมีขนาดเล็ก และผิวหนังไม่ย่น เป็นการรวมพันธุกรรมของสุกรพันธุ์ดুর็อคที่ให้เนื้อคุณภาพดี มีไขมันแทรก และสุกรพันธุ์หมยชานที่มีเนื้อนุ่ม รสชาติอร่อย และมีลักษณะพันธุกรรมที่ให้ลูกตก ซึ่งได้ผลตอบรับที่ดีพอสมควรจากเกษตรกรในพื้นที่สูง

ในปี พ.ศ. 2547-2548 ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ร่วมกับมูลนิธิโครงการหลวงวิจัยปรับปรุงพันธุ์สุกรเพื่อใช้ประโยชน์สุกรพื้นเมือง พบว่าสุกรพื้นเมืองในภาคเหนือ มีศักยภาพการผลิตและอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำ ไขมันหนา และเนื้อแดงน้อย จึงได้นำสุกรพันธุ์เป็ดแดงที่ให้ปริมาณเนื้อแดงมาก และปลอดจากยีนเครียด มาผสมข้ามกับสุกรพื้นเมือง ได้เป็นสุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองในปี 2550 พบว่าสามารถปรับปรุงด้านการเจริญเติบโตและคุณภาพซากได้ดีขึ้น (ประภาส และคณะ, 2552) และได้ส่งมอบสุกรสีดำลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองเพื่อส่งเสริมให้ใช้ทำพันธุ์บนพื้นที่สูง ในโครงการตามพระราชดำริฯ และโครงการหลวง ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ระหว่างปี 2550-2557 จำนวนทั้งสิ้น 1,037 ตัว แต่ยังคงพบปัญหาจากการใช้สุกรพ่อแม่พันธุ์ที่เป็นลูกผสมทำให้ได้ลูกที่มีความแปรปรวนสูงทั้งด้านอัตราการเจริญเติบโต ซาก และสีลำตัว จากการทดลองนำสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยชาน มาผสมข้ามกับลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง ส่งผลให้ได้สุกรขุนที่มีสีดำ ให้เนื้อที่มีความนุ่ม รสชาติอร่อย แต่ยังคงมีความแปรปรวนด้านสีขนของสุกร และคุณภาพเนื้อ

จากการที่ผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคเนื้อคุณภาพสูง การมีทรัพยากรพันธุกรรมที่ดำเนินการพัฒนาแล้วบางส่วน การใช้ประโยชน์จากพันธุกรรมสุกรพื้นเมืองที่มีคุณค่า การทำให้เกิดการยอมรับ และการพัฒนาอาชีพของเกษตรกรโดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อยกลุ่มชาวไทยภูเขา เกษตรกรรายย่อยส่วนใหญ่ในภาคเหนือ ตลอดจนการขยายผลไปยังเกษตรกรในภูมิภาคอื่นของประเทศไทย คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการวิจัยและพัฒนาพันธุ์สุกรที่มีสีดำ และให้คุณภาพเนื้อในระดับสูง มีความน่ากินสูง มีความนุ่ม และมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ โดยใช้สุกรสองกลุ่มคือ ลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง ที่ให้ปริมาณเนื้อแดงมากกว่าสุกรพื้นเมืองสาย

พันธุ์ดั้งเดิม และลักษณะคุณภาพเนื้อที่ดี เลี้ยงง่าย ทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อมของสุกรพื้นเมือง ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์จากพันธุ์สัตว์พื้นเมืองของไทย และลูกผสมดুর็อค-หมวยซาน ซึ่งเป็นสุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูง และให้ผลผลิตสูงจากคุณสมบัติการให้ลูกตกจากพันธุ์กรรมสุกรพันธุ์หมวยซาน ปัจจุบันสุกรทั้งสองกลุ่มอยู่ในระหว่างการพัฒนาพันธุ์ชั่วอายุที่ 2 จากนั้นนำมาทดสอบและคัดเลือกด้วยเทคนิคอนุพันธุศาสตร์เพื่อให้ได้ลักษณะสีดำ และให้เนื้อคุณภาพสูง ใช้เป็นพันธุ์พื้นฐานนำมาผสมข้ามพันธุ์เพื่อสร้างให้เป็นสุกรขุน (commercial line) ที่มีสีดำ และให้เนื้อคุณภาพสูง ซึ่งกำหนดให้ชื่อ “หมูดำเชียงใหม่” ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกษตรกรนำไปใช้ประโยชน์ เป็นการเพิ่มมูลค่าของเนื้อสุกร เพื่อสนับสนุนความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนไป สุกรขุนเหล่านี้เมื่อนำไปส่งเสริมให้กับฟาร์มเครือข่ายสัตว์พันธุ์ดี เกษตรกรรายย่อย ตลอดจนเกษตรกรทั่วไป จะสามารถสร้างอาชีพที่มีความมั่นคง ยั่งยืน เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเอง ไม่ต้องพึ่งพาบริษัทเอกชน ตลอดจนการพัฒนาระบบการเลี้ยงไปสู่การเลี้ยงแบบปล่อยอิสระ หรือระบบอินทรีย์ สนับสนุนการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น และวิจัยพัฒนาการจัดการด้านการตลาดสำหรับเนื้อสุกรคุณภาพสูง และผลิตภัณฑ์ ให้แพร่หลายและเกิดการยอมรับ ลดการนำเข้าเนื้อสุกรจากต่างประเทศ ตลอดจนผู้บริโภคเองก็มีโอกาสในการเลือกซื้อสินค้าที่มีคุณภาพ สนองตอบและตรงตามความต้องการที่มีความหลากหลาย และขยายการรับรู้ของผู้บริโภคในด้านคุณภาพของเนื้อต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อคัดเลือกพันธุ์สุกรลูกผสมเปียตแดง - พื้นเมือง (PN) และสายพันธุ์ดুর็อค - หมวยซาน (DM) ให้ได้สุกรรุ่นพ่อแม่พันธุ์รุ่นที่ 3 (F3) ที่มีคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคสูง และมีขนสีดำ

Concept ในการดำเนินการตามโครงการ

ในการคัดเลือกสายพันธุ์สุกร “หมูดำเชียงใหม่” เพื่อผลิตเนื้อสุกรคุณภาพสูงและพัฒนาอาชีพเกษตรกร เริ่มจากการคัดเลือกพันธุ์ เพื่อสร้างสุกรสายพ่อแม่พันธุ์และสายแม่พันธุ์ ให้มีการแสดงออกของลักษณะทางเศรษฐกิจคือ คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคสูง และมีขนสีดำ ซึ่งเป็นโครงการที่ 1 หลังจากนั้นจะดำเนินการโครงการที่ 2 คือ การทดสอบคู่ผสมพันธุ์ เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการใช้เป็นสายพ่อแม่พันธุ์หรือสายแม่พันธุ์สำหรับผลิตหมูดำเชียงใหม่ โครงการที่ 3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการส่งเสริมเกษตรกรเพื่อผลิตหมูดำเชียงใหม่และการยอมรับของตลาด โครงการที่ 4 ศึกษารูปแบบการเลี้ยงหมูดำเชียงใหม่ให้เหมาะสมกับเกษตรกรรายย่อย และโครงการที่ 5 ศึกษาความต้องการทางโภชนาและสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับหมูดำเชียงใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิต

สำหรับโครงการที่ 1 การพัฒนาสายพันธุ์เพื่อผลิตสุกรพันธุ์ “หมูดำเชียงใหม่” เป็นการคัดเลือกพันธุ์เพื่อสร้างสุกรสายพ่อแม่พันธุ์และสายแม่พันธุ์ ให้มีลักษณะทางเศรษฐกิจที่ต้องการ โดย

- กำหนดวัตถุประสงค์ในการพัฒนาหมูดำเชียงใหม่ (breeding objectives) ได้แก่ คุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพการบริโภค
- ผสมและคัดเลือกสุกรลูกผสมเปียตแดง-พื้นเมือง จากฐานพันธุ์กรรมเดิมที่มีอยู่ซึ่งเป็นลูกผสมในชั่วอายุที่ 2 ให้ได้เป็นลูกผสมชั่วอายุที่ 3

- ผสมและคัดเลือกสุกรลูกผสมดิวอี้-แฮมยูน จากฐานพันธุ์กรรมเดิมที่มีอยู่ซึ่งเป็นลูกผสมในชั่วอายุที่ 2 ให้ได้เป็นลูกผสมชั่วอายุที่ 3
- ใช้เครื่องหมายพันธุกรรม หรือเครื่องหมายโมเลกุล (genetic marker) คัดเลือกลักษณะพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก คุณภาพการบริโภค และขนสีดำ ของสุกรลูกผสมทั้ง 2 กลุ่ม ในชั่วอายุที่ 3 ในช่วงระยะหย่านมเพื่อคัดเลือกสุกรสำหรับทดสอบพันธุ์
- ศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค ของสุกรลูกผสมทั้ง 2 กลุ่ม โดยสุ่มฆ่าบางส่วน
- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ genetic marker ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก คุณภาพการบริโภค และขนสีดำ กับลักษณะปรากฏ (จากข้อมูลการศึกษาซาก และสีขนของสุกร)
- คัดเลือกสุกรจบทดสอบที่มี genetic marker ที่มีความสัมพันธ์ลักษณะปรากฏ เพื่อใช้เป็นสุกรรุ่นพ่อแม่พันธุ์ (ชั่วอายุที่ 3)

ผลที่คาดว่าจะได้รับโครงการที่ 1

1. ได้พันธุ์สุกรพื้นฐาน สำหรับใช้ผลิตหมูดำเชียงใหม่
ตัวชี้วัด - ได้สุกรลูกผสมเป็ดตรง - พันธุ์เมือง ที่มีขนสีดำ มีลักษณะพันธุกรรมที่ให้เนื้อคุณภาพสูง เพื่อใช้เป็นสุกรพ่อแม่พันธุ์/แม่พันธุ์
 - ได้สุกรลูกผสมดิวอี้ - แฮมยูน ที่มีขนสีดำ มีลักษณะพันธุกรรมที่ให้เนื้อคุณภาพสูง เพื่อใช้เป็นสุกรพ่อแม่พันธุ์/แม่พันธุ์
2. ได้ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในระดับชาติและนานาชาติ อย่างน้อย 1 เรื่อง
ตัวชี้วัด ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในระดับชาติและนานาชาติ อย่างน้อย 1 เรื่อง
3. เป็นแหล่งศึกษาวิจัยของนักศึกษาในระดับปริญญาโท และปริญญาเอก ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ ระบบการเลี้ยง การศึกษาด้านอนุพันธุศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์
ตัวชี้วัด ผลิตนักศึกษาในระดับปริญญาโท และปริญญาเอก จากสถาบันการศึกษาที่ร่วมโครงการ

ผลที่คาดว่าจะได้รับทุกชุดโครงการ (1-5)

ระดับองค์กร

1. ได้พัฒนาพันธุ์สุกรพื้นฐาน สำหรับใช้ผลิตหมูดำที่ให้เนื้อคุณภาพสูง สำหรับตลาดผู้บริโภคชั้นสูง
ตัวชี้วัด - ได้สุกรลูกผสมเป็ดตรง - พันธุ์เมือง ที่มีขนสีดำ มีลักษณะพันธุกรรมที่ให้เนื้อคุณภาพสูง สามารถถ่ายทอดไปยังสุกรรุ่นได้ดี เหมาะใช้เป็นสุกรสายพ่อแม่พันธุ์/แม่พันธุ์
 - ได้สุกรลูกผสมดิวอี้ - แฮมยูน ที่มีขนสีดำ มีลักษณะพันธุกรรมที่ให้เนื้อคุณภาพสูง สามารถถ่ายทอดไปยังสุกรรุ่นได้ดี เหมาะใช้เป็นสุกรสายพ่อแม่พันธุ์/แม่พันธุ์
2. ได้สุกรขุนที่เป็นหมูดำ ที่ให้เนื้อคุณภาพสูง สำหรับตลาดผู้บริโภคชั้นสูง
ตัวชี้วัด ได้สุกรขุนที่เป็นหมูดำที่เป็น commercial line ใช้ชื่อว่า หมูดำเชียงใหม่ ที่ให้เนื้อนุ่ม มีไขมันแทรกในระดับ 3.5 ขึ้นไป

3. สร้างความมั่นคงในอาชีพให้แก่เกษตรกรรายย่อย ซึ่งเป็นเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร สามารถยึดเป็นอาชีพหลักเพื่อการเลี้ยงชีพได้ เพิ่มทางเลือกให้แก่เกษตรกรรายย่อย ให้มีบทบาทในการผลิตสุกรเพื่อตลาดระดับสูงตลอดจนขยายโอกาสทางการผลิตและการตลาดสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC)

ตัวชี้วัด เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น มีอาชีพที่มั่นคงจากการผลิตหมูดำเชียงใหม่

4. เพิ่มความมั่นคงด้านอาหาร ลดการนำเข้าเนื้อสุกรคุณภาพสูง สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ โดยใช้พันธุ์กรรมที่มีอยู่ ไม่จำเป็นต้องนำเข้า ลดการสูญเสียเงินตราออกต่างประเทศ โดยกรมปศุสัตว์จะเป็นผู้เก็บรักษาและกระจายพันธุ์กรรมที่พัฒนาพันธุ์ได้

ตัวชี้วัด เช่นเดียวกับประโยชน์ข้อที่ 2

5. ได้ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในระดับชาติและนานาชาติ อย่างน้อย 5 เรื่อง อันเป็นผลจากการทดสอบสมมติฐานต่างๆ เช่น การทดสอบสมมติฐานเรื่องการพัฒนาพันธุ์สุกรเพื่อให้มีลักษณะทางเศรษฐกิจที่ต้องการ คือ ให้เนื้อคุณภาพสูง สำหรับตลาดชั้นสูงที่ผู้บริโภคมีความต้องการ การทดสอบสมมติฐานเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลที่ใช้ในการคัดเลือกกับลักษณะคุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค ทดสอบสมมติฐานของระบบการเลี้ยงที่เหมาะสมและรูปแบบการให้อาหารที่ส่งผลถึงคุณภาพเนื้อ เป็นต้น

ตัวชี้วัด ผลงานวิจัยตีพิมพ์ในระดับชาติและนานาชาติ

6. เป็นแหล่งศึกษาวิจัยของนักศึกษาในระดับปริญญาโท และปริญญาเอก ในด้านการปรับปรุงพันธุ์ระบบการเลี้ยง การจัดการด้านโภชนาศาสตร์ การศึกษาด้านอนุพันธุศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ การศึกษาระบบการตลาดและการพัฒนาอาชีพ

ตัวชี้วัด ผลิตนักศึกษาในระดับปริญญาโท และปริญญาเอก จากสถาบันการศึกษาที่ร่วมโครงการ

ระดับท้องถิ่น

1. ได้พันธุ์สุกรที่เกษตรกรใช้ในการพัฒนาอาชีพ พัฒนาการตลาด ทำให้สามารถพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืน โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งระบบผูกขาดจากบริษัททางการค้า

ตัวชี้วัด กลุ่มเกษตรกรฟาร์มเครือข่ายผู้เลี้ยงสุกร ในจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน และจังหวัดลำปาง ที่นำร่องนำพันธุ์กรรมไปใช้ประโยชน์ในเบื้องต้น ระหว่างการศึกษาริวิจัย และหลังจากสิ้นสุดโครงการวิจัย

2. เพิ่มทางเลือกให้แก่ ตลาดจำหน่ายเนื้อสุกร และผู้บริโภคเนื้อสุกร ให้มีเนื้อสุกรที่มีคุณภาพสูง เหมาะแก่การบริโภคมากขึ้น

ตัวชี้วัด การขยายโอกาสและช่องทางการจำหน่ายเนื้อสุกรคุณภาพสูง

ระดับประเทศ

1. มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากพันธุ์กรรมสุกรพื้นเมือง ซึ่งเป็นสัตว์พื้นเมืองที่มีความสำคัญ เป็นทรัพย์สินสมบัติทางพันธุกรรมของประเทศ

ตัวชี้วัด การนำพันธุ์กรรมของสุกรพื้นเมืองมาใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมตั้งต้นในการพัฒนาสุกรเพื่อให้ได้เป็นหมูดำเชียงใหม่ ก่อให้เกิดประโยชน์ในวงกว้าง

2. มีการพัฒนาบุคลากรด้านวิจัยในระดับหน่วยงาน ระดับสถาบันการศึกษา และระดับเกษตรกร ให้มีความรู้ ความสามารถในการพัฒนาพันธุ์สุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูง ซึ่งต้องใช้หลักวิชาความรู้ขั้นสูงในด้านต่างๆ

ตัวชี้วัด ผลิตนักวิจัยจากภาครัฐ สถาบันการศึกษา และภาคเกษตรกร

3. ประเทศมีความมั่นคงทางอาหารมากขึ้น จากการผลิตเนื้อสุกรคุณภาพสูง สำหรับตลาดชั้นสูงและตลาดทั่วไป จากพันธุ์สุกรที่พัฒนาจากพันธุ์กรรมในประเทศ
ตัวชี้วัด สายพันธุ์สุกร 2 สายพันธุ์ คือลูกผสมเปียตรง - พื้นเมือง และลูกผสมดুর็อค - หมวยซาน เพื่อใช้สำหรับผลิตหมูดำเชียงใหม่
4. มีการพัฒนาอาชีพเกษตรกรที่มีการรวมกลุ่มเป็นวิสาหกิจชุมชนเพื่อผลิตเนื้อคุณภาพสูงสำหรับตลาดจำเพาะ สามารถนำไปขยายผลในวงกว้างเป็นรูปแบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน
ตัวชี้วัด กลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่เกิดจากการพัฒนาอาชีพ
5. มีการพัฒนาตลาดเนื้อคุณภาพสูงที่เป็นตลาดจำเพาะ เป็นตลาดสำหรับจำหน่ายผลผลิตโดยตรงจากฟาร์มเกษตรกร ลดขั้นตอนของพ่อค้าคนกลาง เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้น ผู้บริโภคได้สินค้าที่มีคุณภาพ
ตัวชี้วัด รูปแบบการตลาดจำหน่ายเนื้อสุกรคุณภาพสูง
6. ได้พัฒนาชุดความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาพันธุ์ การพัฒนาอาชีพ การพัฒนาตลาด ระบบการเลี้ยงสุกรเพื่อผลิตเนื้อสำหรับตลาดจำเพาะ การพัฒนารูปแบบการให้อาหารที่เหมาะสมสำหรับสุกรแต่ละสายพันธุ์ เพื่อให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพสูง นำความรู้เหล่านี้ไปพัฒนาอาชีพให้กับฟาร์มเกษตรกรเครือข่ายนำร่องของโครงการ และขยายผลสู่วงกว้างและพัฒนาอาชีพให้กลุ่มเกษตรกรอื่นๆ ของประเทศ
ตัวชี้วัด ชุดความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาพันธุ์ พัฒนาอาชีพ และพัฒนาตลาดเนื้อสุกรคุณภาพสูง

การตรวจเอกสาร

ปัจจุบัน ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับคุณลักษณะความน่ากินของเนื้อสุกร (pork eating quality) มากขึ้น ซึ่งคุณลักษณะความน่ากินของเนื้อสุกรมีความสัมพันธ์สูงกับคุณภาพของเนื้อ การปรับปรุงคุณภาพของเนื้อเพื่อให้มีคุณลักษณะความน่ากินสูงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เช่น พันธุกรรม (genetics) ระบบการให้อาหารและการเลี้ยง (feeding and rearing system) และอายุและน้ำหนักที่ชำแหละ โดยเฉพาะในส่วนของพันธุกรรมซึ่งเป็นปัจจัยเริ่มต้นของการผลิตเนื้อสุกรจึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ พันธุ์สุกรที่มีความสัมพันธ์กับคุณลักษณะความน่ากินสูง เช่น สุกรพันธุ์ดอร์ค สุกรพันธุ์เบิร์กเชียร์ สุกรพันธุ์พื้นเมืองเฉพาะถิ่น (local breeds) เป็นต้น (Bonneau and Lebret, 2010) สุกรพันธุ์ดอร์ค เป็นสุกรสายพ่อพันธุ์ที่นิยมนำมาใช้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้าย (terminal boar) ในกระบวนการผลิตสุกรขุนในอุตสาหกรรมการผลิตสุกร เป็นสุกรที่ให้ปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงเมื่อเปรียบเทียบกับสุกรพันธุ์อื่น (Mabry and Baas, 1998; Lo *et al.*, 1992; Wood *et al.*, 2004) ในการพัฒนาพันธุ์สุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูงมักจะมีพันธุ์ดอร์คเป็นส่วนหนึ่งเสมอเพื่อใช้ประโยชน์จากลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (Solanes *et al.*, 2009; Schwab *et al.*, 2005)

พันธุกรรมสุกรที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ 1. สุกรพันธุ์พื้นเมือง เป็นสุกรที่นิยมเลี้ยงและบริโภคในท้องถิ่นที่ทางไกลและชาวไทยภูเขา เนื่องจากเป็นสุกรที่มีสีดำ เลี้ยงง่าย กินอาหารจากเศษเหลือจากการเกษตร ทนทานต่อสภาพแวดล้อม ไม่ต้องถ่ายพยาธิ และทำวัคซีนป้องกันโรคก็สามารถอยู่ได้ ที่สำคัญคือเป็นที่รู้จักกันดีว่ามีเนื้อนุ่ม รสชาติอร่อย ไม่ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม 2. สุกรพันธุ์เปี้ยตรง เป็นสายพันธุ์ใหม่จากประเทศเบลเยียม (พันธุ์สัตว์พระราชทาน) ที่ปลอดจากยีนแคเรียด มีอัตราการเจริญเติบโตดี ปริมาณเนื้อแดงมาก (ประภาส และคณะ, 2550) 3. สุกรพันธุ์ดอร์ค สายพันธุ์เชียงใหม่ 1 เป็นสุกรที่มีโครงสร้างใหญ่ แข็งแรง อัตราการเจริญเติบโตดี ให้คุณภาพเนื้อดี 4. สุกรพันธุ์เหมยซาน มีข้อเด่นด้านการให้ลูกดก เลี้ยงลูกเก่ง และคุณภาพเนื้อดี เมื่อนำมาผสมกันจะเป็นการผสมผสานพันธุกรรมที่ดีเข้าไว้ด้วยกัน

สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง ที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่คัดลูกผสมสีดำล้วนขึ้นทดสอบพันธุ์ชั่วอายุที่ 1 (F1) และ 2 (F2) ได้ข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต 448.36 ± 137.18 และ 595.75 ± 153.18 กรัม/วัน, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร 3.07 ± 1.20 และ 2.55 ± 0.87 , ความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย 1.27 ± 0.43 และ 1.22 ± 0.41 เซนติเมตร, พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน 26.73 ± 4.10 และ 27.77 ± 4.13 ตารางเซนติเมตร, ความยาวลำตัววัดจากโคนหูถึงโคนหาง 90.95 ± 5.77 และ 92.83 ± 6.33 เซนติเมตร, ความสูง 58.69 ± 4.13 และ 59.20 ± 3.15 เซนติเมตร ตามลำดับ การให้ผลผลิตของแม่พันธุ์ชั่วอายุที่ 1 จำนวน 25 ครอก พบว่าจำนวนลูกแรกคลอด 9.72 ± 2.70 ตัว/ครอก, จำนวนแรกคลอดมีชีวิต 8.56 ± 2.66 ตัว/ครอก, น้ำหนักครอกเมื่อคลอด และน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อคลอด 9.06 ± 3.61 กก./ครอก และ 1.04 ± 0.18 กก./ตัว, จำนวนเมื่อหย่านม 7.88 ± 2.86 ตัว/ครอก, น้ำหนักครอกเมื่อหย่านม และน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อหย่านม 34.52 ± 15.64 กก./ครอก และ 4.31 ± 1.03 กก./ตัว (ประภาส และคณะ, 2552) มีข้อมูลการทดสอบพันธุ์ของสุกรดอร์ค-เหมยซาน และเปี้ยตรง-พื้นเมือง ของศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ในปี 2557 ดังนี้ อัตราการเจริญเติบโต 714.95 ± 110.33 และ 629.45 ± 104.99 กรัม/วัน, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร 2.82 ± 0.68 และ 2.95 ± 0.45 , ความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย 1.46 ± 0.25 และ 1.33 ± 0.29 เซนติเมตร, พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน 26.58 ± 4.10 และ 26.64 ± 4.06 ตารางเซนติเมตร, ความยาวลำตัววัดจากโคนหูถึงโคนหาง 102.51 ± 5.78 และ 102.85 ± 6.37 เซนติเมตร ตามลำดับ การให้ลูกของสุกรดอร์ค-เหมยซาน และเปี้ยตรง-พื้นเมือง 11.11 และ 9.47 ตัวต่อครอก ตามลำดับ (ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่, 2557)

คุณภาพเนื้อ

คุณภาพของเนื้อบ่งบอกได้จาก สีของเนื้อ (color) ความเป็นกรดต่าง (ultimate pH) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity, WHC) และปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อ (Intramuscular Fat, IMF) ซึ่งสีของเนื้อจะแบ่งเป็น 5 ระดับ คือจากระดับ 1 เนื้อสันมีสีซีด สว่าง ถึงระดับ 5 ที่เนื้อมีสีแดงเข้ม ผู้บริโภคจะนิยมเนื้อที่สีแดงปานกลางถึงเข้ม ส่วนเนื้อที่มี pH สูงจะบ่งชี้ถึงความเป็นต่างที่เนื้อมีการสูญเสียเนื้อน้อย สีเข้ม และมีความนุ่ม ในส่วนของลักษณะการอุ้มน้ำ จะต้องการลักษณะที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ในขณะที่ผู้บริโภคจะชอบลักษณะเนื้อที่มีไขมันแทรกซึ่งบ่งชี้ถึงคุณลักษณะในการบริโภค (eating quality) (Mabry and Baas, 1998)

ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ หรือ Intramuscular Fat (IMF) เป็นลักษณะที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของเนื้อ (meat quality) IMF มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความนุ่มของเนื้อ ความชุ่มฉ่ำ และรสชาติความอร่อยของเนื้อ (DeVol *et al.*, 1988) โดยทั่วไปผู้บริโภคต้องการเนื้อที่มี IMF อยู่ในระดับ 2-3 เปอร์เซ็นต์ การวัดปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสามารถวัดได้โดยการศึกษาซากด้วยเทคนิคทางด้านวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ การวัดและประมาณด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (Newcom *et al.*, 2002) หรือการวัดด้วยเครื่อง Near Infrared Spectroscopy (NIR) (Prevolnik *et al.*, 2005)

คุณภาพเนื้อนั้นยังมีอิทธิพลอย่างมากต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเนื้อของผู้บริโภค ซึ่งคุณภาพของเนื้อ (meat quality) นั้นมีความสัมพันธ์อย่างมากต่อคุณภาพการบริโภค (eating quality) โดยสิ่งที่บ่งชี้ถึงลักษณะของเนื้อที่มีคุณภาพนั้น มีดังต่อไปนี้

1. สีของเนื้อ (color) สีของเนื้อขึ้นอยู่กับสภาวะทางเคมีของสารสีไมโอโกลบินที่อยู่ในเนื้อเป็นหลัก เนื่องจากโมเลกุลของไมโอโกลบินประกอบด้วยส่วนของโกลบินซึ่งเป็นโปรตีน และส่วนของฮีมที่มีหมู่ของธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของส่วนของฮีมโดยเฉพาะที่อนุมูลเหล็กนี้เองจะทำให้สีเนื้อเปลี่ยนไป ภายหลังจากสัตว์ตายแล้วไม่มีออกซิเจนในเนื้อ อนุมูลเหล็กจะอยู่ในสภาวะรีดิวซ์ โดยแกนที่หกของธาตุเหล็กจะว่างเปล่าซึ่งจะทำให้เนื้อมีสีออกม่วงแดงไม่สดใส เมื่อตัดเนื้อผิวที่สัมผัสอากาศจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้เป็นออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) มีสีแดงสด แต่ถ้าตัดเนื้อเก็บไว้ในที่อับอากาศ อนุมูลเหล็กจะเกิดการออกซิไดซ์ แกนที่หกของธาตุเหล็กจับกับน้ำ ทำให้เกิดเป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ซึ่งทำให้เนื้อเป็นสีน้ำตาลออกเขียว ซึ่งเป็นสีที่ผู้บริโภคไม่พึงพอใจ และมักเข้าใจว่าเนื้อเสื่อมคุณภาพเพราะจุลินทรีย์

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสีเนื้อสุกรอย่างมากคือ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ของเนื้อ และการแช่เย็นซากหลังฆ่า ในกรณีที่เนื้อมี ultimate pH สูง เนื่องจากเอนไซม์ที่ยังคงเหลืออยู่ในเนื้อยังคงทำงานได้ จึงนำออกซิเจนที่รวมอยู่กับธาตุเหล็กในรูปของ oxymyoglobin มาใช้ และเส้นใยกล้ามเนื้อจับตัวกันแน่นขึ้น เนื่องจากความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนจะดีเมื่ออยู่เหนือจุด iso-electric ถือว่าเป็นเนื้อ Dark Firm Dry (DFD) ส่วนเนื้อ Pale Soft Exudative (PSE) นั้นเกิดเนื่องจากค่า pH ของเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้โปรตีนเสียสภาพ เกิดการกระจายแสงของเนื้อมากกว่าปกติ จึงทำให้เนื้อมีสีซีด (Lawrie, 1985)

2. ความเป็นกรดต่าง (ultimate pH) ค่า pH ของเนื้อที่ลดลงหลังจากสัตว์ตาย เกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการไกลโคไลซิสที่สลายไกลโคเจนในสภาพไร้ออกซิเจนทำให้เกิดกรดแลกติกขึ้น ถ้ามีปริมาณไกลโคเจนสะสมในเนื้อมากและซากมีอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการสลายตัวของไกลโคเจนอย่างรวดเร็วทำให้เนื้อมี ultimate pH ต่ำ กระบวนการไกลโคไลซิสจะลดลงเมื่อไกลโคเจนในเนื้อเหลือน้อย หรือเมื่อค่า pH ลดลงจนถึงจุดที่เอนไซม์ไม่ทำงานซึ่งอยู่ที่ประมาณ pH 5.5 (Lawrie, 1985) ตามมาตรฐาน National Pork Producers Council ของสหรัฐอเมริกาหรือ NPPC (PIC, 2003) pH ที่ 45 นาทีหลังสัตว์ตายควรมีค่า 6.3-6.7

ถ้าน้อยกว่า 5.8 จะถือว่าเป็น PSE ส่วน pH หลังสัตว์ตายที่ 24 ชั่วโมงควรมีค่า 5.7-6.1 ถ้ามากกว่า 6.1 ถือว่าเป็น DFD

3. ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water Holding Capacity; WHC) น้ำที่อยู่ในเนื้อจะถูกจับไว้ด้วยโปรตีน หลังสัตว์ตายเกิดการเสียสภาพของโปรตีนทำให้เกิดการสูญเสียของเนื้อ (drip loss) โดยในสภาพ pH ต่ำ ความสามารถในการจับน้ำของโปรตีนจะลดลง โดยทั่วไปการสูญเสียของเนื้อจะอยู่ประมาณ 3-6 % โดยปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียของเนื้อ คือค่า pH และอัตราการลดอุณหภูมิของซาก โดยถ้าทำให้ซากเย็นได้เร็วก็จะลดปริมาณการสูญเสียของเนื้อลงได้ ส่วนการสูญเสียของเนื้อระหว่างการปรุง (cooking loss) จะอยู่ระหว่าง 16-24 % โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ ค่า pH ปริมาณไขมันแทรก และอัตราการลดอุณหภูมิของซาก (PIC, 2003)

4. ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ มัดกล้ามเนื้อประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้ออยู่เป็นจำนวนมาก โดยกล้ามเนื้อแต่ละมัดจะประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดเดียวหรือหลายชนิดแต่มีสัดส่วนของเส้นใยแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน เส้นใยกล้ามเนื้อสามารถแบ่งได้ตามลักษณะการยึดหดตัว (contractile) หรือแบ่งตามขบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดขึ้น (metabolic properties) ดังนี้

4.1 การแบ่งตามลักษณะการยึดหดตัว โดยอาศัยโปรตีนไมโอซินเป็นตัววัดการหดตัวของกล้ามเนื้อ การแบ่งตามลักษณะการยึดหดตัวนี้แบ่งเป็นแบบ slow-twitch type I ซึ่งเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่ใช้รักษาทรงตัว 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)

4.2 การแบ่งตามขบวนการเมแทบอลิซึม สามารถวัดจาก activity ของ metabolic enzymes ในไมโทคอนเดรีย เช่น oxidative enzyme succinate dehydrogenase (SDH) โดย oxidative (red fibre) and non-oxidative (white fibre) สามารถแยกได้ด้วย SDH staining (Gauthier, 1969)

การจำแนกชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค histochemistry จะจำแนกได้ 3 ชนิด คือ type I (slow oxidative) type IIa (fast oxidative) และ type IIb (fast glycolytic) (Gauthier, 1969; Lefaucheur and Gerrard, 1998; Picard *et al.*, 2002) แต่เนื่องจากหลักการ histochemistry นั้นเป็นเทคนิคที่ใช้เวลานานข้างมากในการตรวจสอบ ดังนั้นในปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคนิคอื่นๆ เพื่อมาใช้ในการแบ่งชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ เป็นต้นว่า การแบ่งตาม Myosin Heavy Chain (MHC) isoforms ซึ่งสามารถแบ่งได้โดยหลักการ immuno-histochemistry ซึ่งอาศัย antibodies ที่เฉพาะเจาะจงกับ MHC isoforms หรืออาศัยหลักการของอิเล็กโตรโฟรีซิสที่ชนิดของ MHC มีการเคลื่อนที่ในเจลชนิดอะครีลาไมด์ไม่เท่ากัน นอกจากนี้แล้วยังสามารถจำแนกชนิดของ MHC ตามการแสดงออกของยีน (gene expression) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถตรวจสอบชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อได้รวดเร็วกว่าแบบ histochemistry ที่เป็นแบบดั้งเดิม ซึ่งจากผลการทดลองของ Jones *et al.* (1999) พบว่าการแบ่งเส้นใยกล้ามเนื้อตามหลักการ histochemistry มีความสอดคล้องกับการแบ่งตามชนิด (isoforms) ของ MHC

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) รายงานว่า กล้ามเนื้อสันนอกของสุกรมี MHC ทั้ง 4 ชนิด เมื่อทำการจำแนกโดยใช้วิธีการร่วมกันระหว่าง histochemistry และ immuno-histochemistry รวมทั้งอาศัยหลักการของอิเล็กโตรโฟรีซิสและการแสดงออกของยีน (gene expression) ซึ่งหลักการดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผลการ

ทดลองของ Wimmers *et al.* (2008) รายงานสหสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่จำแนกตามหลักการของ histochemistry กับ Real-time PCR โดยมีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ระหว่างการจัดจำแนกชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อตามทั้ง 2 วิธี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง 0.53–0.72 โดยจากการจำแนกชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อในสุกรพบว่าทั้ง 2 วิธีนั้นมีสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด fast MHC II เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lafaucheur *et al.* (2004) ที่รายงานความสอดคล้องกันระหว่างชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่จำแนกตามปริมาณการแสดงออกของยีนและตามการแสดงออกของโปรตีน ซึ่ง Wimmers *et al.* (2008) สรุปว่าการจำแนกด้วย Real-time PCR น่าจะสามารถจำแนกชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อได้ตรงตามยีนในร่างกายสัตว์มากกว่า แต่วิธีนี้ไม่สามารถวัดขนาดหรือจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อได้

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีอิทธิพลต่อขบวนการเมตาบอลิซึมภายในกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงส่งผลถึงคุณภาพเนื้อ โดยเฉพาะในเรื่องของความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity) ที่เป็นผลจากการลดลงของค่า pH ในเนื้อหลังสัตว์ตาย (Sonesson *et al.*, 1998; Brocks *et al.*, 2000) โดย Ryu และ Kim (2006) รายงานว่า เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด type I มีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบกับค่าการสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (drip loss) และการสูญเสียระหว่างการปรุง (cooking loss) และค่าความสว่าง (lightness) ของสีเนื้อ ในขณะที่กล้ามเนื้อที่มีปริมาณเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด type IIB จะมีค่าการสูญเสียน้ำสูงกว่า ซึ่งอัตราการลดลงของค่า pH หลังสัตว์ตายที่สูงกว่าในกล้ามเนื้อที่เส้นใยชนิด type IIB สูงนั้น เนื่องมาจากมีการสะสมไกลโคเจนสูงกว่า type I ดังนั้นหลังสัตว์ตาย การสลายพลังงานจะเป็นแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic glycolysis) ซึ่งทำให้ได้กรดแลคติกสูงกว่าด้วย ส่งผลให้ค่า pH ลดลงมากกว่า นอกจากนี้ Seideman และ Crouse (1986) พบว่าขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีอิทธิพลต่อความนุ่มของกล้ามเนื้อที่มีเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดใหญ่ โดยเฉพาะ type IIB นั้นมีความเหนียวของเนื้อมากกว่ากล้ามเนื้อที่มีเส้นใยขนาดเล็ก

สำหรับปริมาณไขมันแทรก (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 สูงจะมีคุณภาพดีกว่ากล้ามเนื้อที่มีเส้นใยขนาดใหญ่ โดยเฉพาะ type IIB ในเรื่องของความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อและมีปริมาณไขมันแทรกมากกว่า แต่ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อกับความนุ่มของเนื้อนั้นยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน

5. ความนุ่มของเนื้อ ความนุ่มเป็นลักษณะสำคัญที่แสดงถึงคุณภาพของเนื้อ และลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการมากกว่าลักษณะอื่น ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อมีดังนี้

5.1 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ซึ่งประกอบด้วยคอลลาเจนเป็นส่วนใหญ่ เนื้อที่มีปริมาณคอลลาเจนมากเนื้อจะเหนียว ปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อแต่ละชนิดมีไม่เท่ากัน และปริมาณคอลลาเจนจะเพิ่มขึ้นตามอายุของสัตว์ สัตว์ที่อายุน้อยนอกจากจะมีปริมาณคอลลาเจนน้อยกว่าแล้วยังมีปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูงกว่าสัตว์ในอายุมาก

5.2 ขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber size) เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดใหญ่จะมีความเหนียวมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อขนาดเล็ก

5.3 ไขมันแทรก (marbling) หมายถึงไขมันที่พบในกล้ามเนื้อ (intramuscular fat) มีลักษณะเป็นเส้นสีขาวแทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อ ไขมันแทรกจะเป็นตัวหล่อลื่นขณะเคี้ยวทำให้รู้สึกนุ่มและอาจทำให้รู้สึกว่าการเคี้ยวเนื้อนุ่ม

5.4 โครงสร้างระดับจุลภาคของกล้ามเนื้อ (ultrastructure) คือ ซาร์โคเมอร์ (sarcomere) ซึ่งเป็นหน่วย (unit) ที่เล็กที่สุดของกล้ามเนื้อ ความยาวของซาร์โคเมอร์มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ โดยเนื้อจะนุ่มมากกว่าถ้าเนื้ออยู่ในสภาวะคลายตัวซึ่งจะมีความยาวของซาร์โคเมอร์มากกว่าเนื้อที่หดตัว

คุณภาพการบริโภค (eating quality)

ปัจจุบันผู้บริโภคคำนึงถึงเรื่องของคุณภาพการบริโภคมากขึ้น ซึ่งการวัดคุณภาพการบริโภคจะอาศัยการตรวจสอบด้วยประสาทสัมผัส โดยปัจจัยที่ผู้บริโภคคำนึงถึงมีดังนี้

1. สีของเนื้อ ตามมาตรฐาน National Pork Producers Council (NPPC) ของสหรัฐอเมริกาแบ่งสีเนื้อตามการวัดด้วยประสาทสัมผัสออกเป็น 6 สเกล สีเนื้อที่ดีของสุกรจะอยู่ในช่วงสเกล 3 – 4 คือมีสี reddish pink – dark reddish pink color เมื่อเปรียบเทียบการวัดด้วยเครื่องวัดสี Minolta ค่า L* (Lightness) อยู่ในช่วง 49 – 43 (PIC, 1997)

2. ลักษณะการอุ้มน้ำของเนื้อ เนื้อคุณภาพดีจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง

3. ปริมาณไขมันแทรก ผู้บริโภคจะชอบลักษณะเนื้อที่มีไขมันแทรกซึ่งบ่งชี้ถึงคุณภาพการบริโภค (eating quality) (Mabry and Baas, 1998) ปริมาณไขมันแทรกตามมาตรฐาน NPPC อยู่ในช่วง 1 – 5 คะแนน โดยที่ระดับ คะแนน 2 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับเนื้อสด (PIC, 2003) ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ เป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของเนื้อ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความนุ่มของเนื้อ ความชุ่มฉ่ำ และรสชาติความอร่อยของเนื้อ (DeVol *et al.*, 1988) โดยทั่วไปผู้บริโภคต้องการเนื้อที่มี IMF อยู่ในระดับ 2-3 เปอร์เซ็นต์ การวัดปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสามารถวัดได้โดยการศึกษาซากด้วยเทคนิคทางด้านวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ การวัดและประมาณด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (Newcom *et al.*, 2002) การวัดด้วยเครื่อง Near Infrared Spectroscopy (NIR) (Prevolnik *et al.*, 2005)

4. ความอร่อยของเนื้อ หรือกลิ่นรส (flavor) สามารถวัดได้จากองค์ประกอบที่ให้รสชาติ เช่น ชนิดของกรดไขมัน ปริมาณและสัดส่วนของกรดไขมันที่อยู่ในเนื้อสัตว์ เปปไทด์และกรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) และนิวคลีโอไทด์ ในทางสรีรวิทยาการรับรู้รสเกิดจากลิ้น ซึ่งมาจากความรู้สึกลิ้นพื้นฐาน 5 ชนิดคือ รสเค็ม หวาน เปรี้ยว ขม และอูมามิ สารที่มีผลต่อรสที่พบในเนื้อสัตว์ คือ Adenosine Monophosphate (AMP) Inosine Monophosphate (IMP) และ Guanosine Monophosphate (GMP) เนื่องจากเป็นสารที่มีรสอูมามิซึ่งมีผลต่อความอร่อยของเนื้อ การทดสอบด้วย umami sensations เป็นการทดสอบรสชาติความอร่อย (palatable taste หรือ perception of satisfaction) (Jun *et al.*, 2007) โดยใช้เทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ส่วนกลิ่น (odor or aroma) เกิดจากการรับรู้ของปลายประสาทในโพรงจมูกซึ่งถูกกระตุ้นด้วยสารระเหยในเนื้อ กลิ่นของเนื้อจะเกิดขึ้นเมื่อสารประกอบที่อยู่ในเนื้อถูกความร้อนจะทำให้เกิดกลิ่นขึ้น โดยกลิ่นที่เกิดขึ้นนี้มาจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างกรดอะมิโนอิสระกับน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ที่เรียกว่าการเกิด Maillard reaction ซึ่งน้ำตาลที่มีบทบาทสำคัญที่สุดต่อการเกิดปฏิกิริยานี้ในเนื้อคือน้ำตาลไรโบส (ribose) (Tikk *et al.*, 2006) นอกจากนี้ลักษณะคุณภาพการบริโภค ความอร่อยของเนื้อ ยังวัดได้จากความพึงพอใจของผู้บริโภคจากระบบประสาทสัมผัส (sensory test) ซึ่งได้จากการรับรู้จากทดสอบชิม ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อรสชาติความอร่อย การยอมรับของผู้บริโภคประกอบด้วย พันธุ์ สายพันธุ์ เพศ อาหาร อายุ การเก็บรักษา ไขมัน ประเภทของกล้ามเนื้อ การบ่ม กระบวนการทางเคมี และกรรมวิธีปรุงอาหาร (<http://www.beefandveal.culinary.com/beefflavorpairings.aspx>)

การประเมินคุณภาพด้านการบริโภค (eating quality หรือ meat palatability) โดยทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคหมายถึงการศึกษาการยอมรับ ความพึงพอใจหรือความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อรสชาติของเนื้อ ซึ่ง

รวมถึงความฉ่ำน้ำของเนื้อ ความนุ่ม และกลิ่นรส (รสชาติและกลิ่น) การรับรู้ของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทั้งสามด้านของเนื้อดังกล่าว ส่งผลให้เกิดการรับรู้เป็นความพึงพอใจโดยรวมที่มีต่อเนื้อที่ถูกทดสอบ อย่างไรก็ตาม ผู้บริโภคมีความหลากหลาย ขณะเดียวกันผู้บริโภคมักไม่เข้าใจคำศัพท์เฉพาะที่จะใช้อธิบายถึงคุณลักษณะของเนื้อที่ตนบริโภคว่าแตกต่างกันอย่างไร หรือเป็นเพราะอะไรที่ทำให้เกิดความแตกต่างกันในตัวอย่างที่ตนเองกำลังบริโภค ส่วนใหญ่ผู้บริโภคจะสามารถบอกได้แค่ว่าตนเองชอบหรือไม่ชอบ เช่น ผู้บริโภคสามารถบอกได้ว่าเนื้อนั้นนุ่มหรือเหนียวตามความชอบเฉพาะบุคคล และบอกระดับความนุ่มได้ หากมีการอธิบายให้เข้าใจง่ายและชัดเจน แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นความนุ่มหรือเหนียวโดยเกิดจากอิทธิพลของเส้นใยกล้ามเนื้อ หรือจากปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ซึ่งความนุ่มหรือเหนียวดังกล่าวจะสามารถทราบได้โดยการทดสอบจากผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน หรือจากการใช้เครื่องมือวัด เป็นต้น (Miller, 2003)

Alonso *et al.* (2009) ศึกษาอิทธิพลของการผสมสุกรข้าม 3 สายพันธุ์และเพศที่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อโดยใช้พ่อพันธุ์ Large White (LW), Duroc (D) และ Pietrain (P) แม่พันธุ์ใช้สายพันธุ์ Landrace (LR) × Large White มีสัตว์ 60 ตัวในแต่ละกลุ่ม สุกรในกลุ่ม LW × (LR × LW), D × (LR × LW) และ P × (LR × LW) นำมาเชือดเพื่อศึกษาคุณภาพซากที่น้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ย 106-116 กิโลกรัม ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าอิทธิพลของความสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และเพศไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี และปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อ ($P>0.1$) อิทธิพลของสายพันธุ์ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 45 นาทีภายหลังฆ่า และค่าสี (L^* a^* b^*) ของสายพันธุ์ที่แตกต่างกันนั้นไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะเริ่มพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังการฆ่าที่ 24 ชั่วโมง โดยสุกรกลุ่มพ่อสายพันธุ์ Duroc มีค่าความเป็นกรด-ด่างเมื่อวัดที่กล้ามเนื้อ *Semimembranosus* และปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันในกล้ามเนื้อสูงกว่ากลุ่มพ่อสายพันธุ์ Large White และ Pietrain ในขณะที่สองกลุ่มนี้ไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อที่วัดกล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* มีแนวโน้มที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งการที่สุกรกลุ่มพ่อสายพันธุ์ Duroc มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงนั้นจะส่งผลให้เนื้อมีสีซีดกว่าสุกรกลุ่มอื่นเพียงเล็กน้อยโดยดูจากค่าสี L^* และอิทธิพลของเพศระหว่างสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมียพบว่าไม่ส่งผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสี L^* ($P>0.1$) แต่จะส่งผลค่าสี a^* b^* และปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันในกล้ามเนื้อ โดยเพศผู้ตอนจะมีค่าสูงกว่าเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าสี (L^* a^* b^*) และค่าเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (% IMF)

ลักษณะที่ศึกษา	สายพันธุ์			P-value	เพศ		P-value	สายพันธุ์ × เพศ
	LW×(LR×LW)	D×(LR×LW)	P×(LR×LW)		ผู้(ตอน)	เมีย		
pH 45 min SM	6.29	6.34	6.29	ns	6.33	6.29	ns	ns
pH 24 h SM	5.66 ^a	5.71 ^b	5.65 ^a	**	5.66 ^a	5.70 ^b	t	ns
pH 24 h LD	5.74 ^b	5.70 ^a	5.72 ^{ab}	t	5.73 ^b	5.71 ^a	t	ns
L^*	42.19	43.52	43.14	ns	42.98	43.23	ns	ns
a^*	2.22	2.02	2.24	ns	2.49 ^b	1.75 ^a	*	ns
b^*	9.95	9.57	9.44	ns	9.91 ^b	9.26 ^a	*	ns
% IMF SM	1.69 ^a	2.24 ^b	1.60 ^a	*	2.07 ^b	1.57 ^a	**	ns

ที่มา: ดัดแปลงจาก Alonso *et al.* (2009)

หมายเหตุ: Large White (LW), Duroc (D) , Pietrain (P) และ Landrace (LR)

กล้ามเนื้อ *Semimembranosus* (SM), กล้ามเนื้อ *Longissimus dorsi* (LD)

^{ab} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างทางสถิติ

ns = $P > 0.1$; t = $P < 0.1$; * = $P < 0.05$; ** = $P \leq 0.01$

Glinoubol *et al.* (2015) ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกรลูกผสม ที่เกิดจากแม่สุกรพันธุ์พื้นเมืองไทย (Native) และแม่พันธุ์ดуроค (Duroc) กับพ่อสุกรพันธุ์เปียตเรอ (Pietrain) ภายหลังหย่านมใช้ระยะเวลาการเลี้ยง 120 วัน พบว่าคุณภาพซากสุกรลูกผสมระหว่าง Pietrain × Duroc มีน้ำหนักมีชีวิตเข้าฆ่าที่สูงกว่าลูกผสมพื้นเมือง Pietrain × Native (88.8 และ 101 กิโลกรัม ตามลำดับ; $P < 0.05$) จึงส่งผลให้สุกรลูกผสม Pietrain × Duroc มีน้ำหนักซากเย็นสูงกว่าลูกผสมพื้นเมือง Pietrain × Native ตามไปด้วย เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ซากและความหนาไขมันสันหลังพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$) ขณะที่พบว่าสุกรลูกผสม Pietrain × Duroc มีปริมาณเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและความยาวซากที่สูงกว่าและมีปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันรวมที่ต่ำกว่าสุกรลูกผสม Pietrain × Native อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์กระดูกมีแนวโน้มที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย หากพิจารณาในส่วนของเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนหลักจะเห็นว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) เพียงชิ้นส่วนสะโพกที่สุกรลูกผสม Pietrain × Duroc มีปริมาณสูงกว่าสุกรลูกผสม Pietrain × Native ดังตารางที่ 2

คุณภาพเนื้อของสุกรลูกผสมระหว่าง Pietrain × Duroc มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายหลังฆ่าที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมง ที่สูงกว่า และมีค่าสี Lightness (L^*) ที่ต่ำกว่าสุกรลูกผสมระหว่าง Pietrain × Native อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เช่นเดียวกับองค์ประกอบทางเคมีที่พบว่าแตกต่างทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยสุกรลูกผสมระหว่าง Pietrain × Duroc มีปริมาณความชื้นและโปรตีน ที่สูงกว่าแต่มีปริมาณไขมันที่ต่ำกว่าสุกรลูกผสมระหว่าง Pietrain × Native ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพซากสุกรลูกผสมระหว่างแม่สุกรพื้นเมืองไทย (Native) และแม่สุกรพันธุ์ดуроค (Duroc) โดยใช้พ่อสุกรสายพันธุ์เปียตเรง (Pietrain)

ลักษณะที่ศึกษา	Pietrain × Native	Pietrain × Duroc	P-value
น้ำหนักมีชีวิตรอดเข้าฆ่า (กก.)	88.8 ± 4.19	101 ± 10.7	0.014
น้ำหนักซากเย็น (กก.)	66.0 ± 3.01	73.5 ± 6.28	0.009
เปอร์เซ็นต์ (%)			
- ซาก	74.0 ± 4.12	72.6 ± 3.11	0.456
- เนื้อแดง	50.7 ± 0.71	59.9 ± 0.90	0.001
- ไขมันรวม	11.4 ± 0.63	7.60 ± 0.49	0.001
- กระดูก	15.9 ± 0.55	15.0 ± 1.02	0.056
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ซม. ²)	47.2 ± 8.96	60.1 ± 2.78	0.004
ความหนาไขมันสันหลัง (ซม.)	1.90 ± 0.43	1.79 ± 0.45	0.620
ความยาวซาก (ซม.)	75.1 ± 3.04	78.9 ± 1.73	0.009
ชิ้นส่วนหลัก (%)			
- เนื้อหัวไหล่	12.3 ± 0.66	12.9 ± 0.87	0.136
- เนื้อสันคอ	8.75 ± 0.47	9.19 ± 0.62	0.134
- เนื้อสะโพก	33.6 ± 0.55	34.6 ± 0.59	0.003
- เนื้อสัน	16.4 ± 0.37	16.6 ± 0.66	0.593

ที่มา: ดัดแปลงจาก Glinoubol *et al.* (2015)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพเนื้อสุกรลูกผสมระหว่างแม่สุกรพื้นเมืองไทย (Native) และสุกรพันธุ์ดุรีอค (Duroc) โดยใช้พ่อสุกรสายพันธุ์เปียตเรอ (Pietrain)

ลักษณะที่ศึกษา	Pietrain × Native	Pietrain × Duroc	P-value
ค่าความเป็นกรด-ด่างภายหลังฆ่า (pH)			
- 45 นาที วัดที่กล้ามเนื้อ LD	6.03 ± 0.37	6.47 ± 0.21	0.011
- 24 ชั่วโมง วัดที่กล้ามเนื้อ LD	5.63 ± 0.13	5.96 ± 0.20	0.001
- 45 นาที วัดที่กล้ามเนื้อ SM	6.04 ± 0.59	6.71 ± 0.19	0.015
- 24 ชั่วโมง วัดที่กล้ามเนื้อ SM	5.72 ± 0.15	5.95 ± 0.10	0.001
ค่าสี			
- Lightness (L*)	53.4 ± 3.68	48.6 ± 2.44	0.009
- Redness (a*)	6.76 ± 1.51	5.75 ± 1.48	0.196
- Yellowness (b*)	4.45 ± 1.32	5.32 ± 1.34	0.216
องค์ประกอบทางเคมี			
- ความชื้น	72.1 ± 1.34	73.6 ± 0.30	0.018
- โปรตีน	22.4 ± 0.52	23.3 ± 0.70	0.008
- ไขมัน	5.37 ± 1.48	2.85 ± 0.86	0.001

ที่มา: ดัดแปลงจาก Glinoubol *et al.* (2015)

Glinoubol *et al.* (2015) ศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อระหว่างสุกรลูกผสม Pietrain × Native และ Duroc × Meishan ภายหลังหย่านมใช้ระยะเวลาการเลี้ยง 120 วันจึงนำเข้าฆ่า พบว่าสุกรทั้งสองกลุ่มมีน้ำหนักมีชีวิตที่เข้าฆ่าที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจึงส่งผลให้ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ของน้ำหนักมีชีวิตเข้าฆ่า น้ำหนักซาก และเปอร์เซ็นต์ซาก แต่พบว่าสุกรลูกผสม Pietrain × Native มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงโดยเฉพาะเนื้อสะโพกที่สูงกว่าและมีเปอร์เซ็นต์ไขมันที่ต่ำกว่าสุกรลูกผสม Duroc × Meishan อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 4

ด้านคุณภาพเนื้อนั้นไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ของค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าสีของเนื้อ องค์ประกอบทางเคมี เปอร์เซ็นต์สูญเสียจากการละลายน้ำแข็ง และเปอร์เซ็นต์สูญเสียจากการย่าง แต่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) ของเปอร์เซ็นต์สูญเสียจากการต้มและค่าแรงตัดผ่านเนื้อโดยสุกรลูกผสม Pietrain × Native มีค่าที่สูงกว่าสุกรลูกผสม Duroc × Meishan ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพซากสุกรลูกผสมระหว่าง Pietrain x Native และ Duroc x Meishan

ลักษณะที่ศึกษา	Pietrain x Native	Duroc x Meishan	P-value
น้ำหนักมีชีวิตเข้าฆ่า (กก.)	88.8 ± 4.19	90.2 ± 4.97	0.555
น้ำหนักซากเย็น (กก.)	66.0 ± 3.01	64.2 ± 4.37	0.353
เปอร์เซ็นต์ (%)			
- ซาก	74.0 ± 4.12	70.7 ± 1.76	0.055
- เนื้อแดง	50.7 ± 0.71	46.1 ± 0.52	0.001
- ไขมันรวม	11.4 ± 0.63	13.5 ± 1.01	0.001
- กระดูก	15.9 ± 0.55	15.6 ± 0.73	0.465
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ซม.2)	47.2 ± 8.96	37.4 ± 8.90	0.044
ความหนาไขมันสันหลัง (ซม.)	1.90 ± 0.43	1.93 ± 0.50	0.916
ความยาวซาก (ซม.)	75.1 ± 3.04	74.3 ± 3.06	0.575
ชิ้นส่วนหลัก (%)			
- เนื้อหัวไหล่	12.3 ± 0.66	12.7 ± 0.93	0.267
- เนื้อสันคอ	8.75 ± 0.47	9.10 ± 0.62	0.260
- เนื้อสะโพก	33.6 ± 0.55	31.0 ± 0.60	0.001
- เนื้อสัน	16.4 ± 0.37	16.6 ± 0.56	0.375

ที่มา: ดัดแปลงจาก Glinoubol *et al.* (2015)

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยคุณภาพเนื้อสุกรลูกผสมระหว่าง Pietrain × Native และ Duroc × Meishan

ลักษณะที่ศึกษา	Pietrain × Native	Duroc × Meishan	P-value
ค่าความเป็นกรด-ด่างภายหลังฆ่า (pH)			
- 45 นาที วัดที่กล้ามเนื้อ LD	6.03 ± 0.37	5.99±0.41	0.841
- 24 ชั่วโมง วัดที่กล้ามเนื้อ LD	5.63 ± 0.13	5.57±0.13	0.362
- 45 นาที วัดที่กล้ามเนื้อ SM	6.04 ± 0.59	6.00±0.48	0.869
- 24 ชั่วโมง วัดที่กล้ามเนื้อ SM	5.72 ± 0.15	5.63±0.14	0.154
ค่าสี - Lightness (L*)	53.4 ± 3.68	55.4±1.38	0.169
- Redness (a*)	6.76 ± 1.51	6.15±0.76	0.325
- Yellowness (b*)	4.45 ± 1.32	5.54±1.32	0.120
องค์ประกอบทางเคมี			
- ความชื้น	72.1 ± 1.34	72.0 ± 1.23	0.775
- โปรตีน	22.4 ± 0.52	21.9 ± 0.53	0.100
- ไขมัน	5.37 ± 1.48	6.11 ± 1.37	0.383
Thawing loss, %	3.10 ± 0.97	2.89 ± 0.68	0.623
Boiling loss, %	24.8 ± 2.13	22.3 ± 2.42	0.044
Grilling loss, %	22.2 ± 6.36	25.7 ± 1.32	0.148
Shear force			
Force, N	70.8 ± 21.7	45.8 ± 15.6	0.019
Energy, mJ	2.46 ± 1.76	1.59 ± 1.11	0.030

ที่มา: ดัดแปลงจาก Glinoubol *et al.* (2015)

ลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะสีผิว

ปัจจุบันมีการค้นพบยีนที่ควบคุมลักษณะสีผิวของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมหลายชนิด เช่น คน ม้า สุกร โค แกะ และไก่ (Andersson, 2003; Sponenberg, 1997; Olson, 1999) เป็นต้น โดยเฉพาะในสุกรสายพันธุ์ต่างประเทศพบว่ามียีนหลายตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสีผิวของลำตัว เช่น *KIT*, *KITLG*, *MC1R*, *ASIP*, *TYRP* เป็นต้น (Kijas *et al.*, 1998; Drögemüller *et al.*, 2006; Okumura *et al.*, 2008; Mao *et al.*, 2010; Fontanesi *et al.*, 2010; Rana *et al.*, 1999; Ren *et al.*, 2011) ลักษณะสีผิวและสีขนของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเกิดจากเซลล์เมลานोไซต์ (melanocyte) สร้างเม็ดสี 2 ชนิด คือ ยูเมลานิน (eumelanin) ให้รงควัตถุสีดำ/น้ำตาล และฟีโอเมลานิน (pheomelanin) ให้รงควัตถุสีเหลือง/แดง โดยอาศัยการทำงานของฮอร์โมน α -melanocyte stimulating hormone (α -MSH) และโปรตีน agouti signaling-protein (ASIP) กระตุ้นการทำงานของเซลล์เมลานोไซต์ (melanocyte) ผ่านทางตัวรับ melanocortin 1 receptor (*MC1R*) ที่อยู่บนผิวเซลล์เมลานोไซต์ที่เนื้อเยื่อผิวหนัง โดยที่ฮอร์โมน α -MSH จับกับตัวรับ *MC1R* เพื่อกระตุ้นเซลล์เมลานอไซต์สำหรับสร้างเม็ดสีออกมา ในขณะที่โปรตีน ASIP มีฤทธิ์ขัดขวางการจับตัวระหว่าง α -MSH กับตัวรับ *MC1R* จากข้อมูลรายงานทางวิชาการผ่านมาพบว่า หากยีน ASIP สูญเสียสภาพการทำงานไปมีผลทำให้สัตว์มีผิวหนังสีดำ (Mao *et al.*, 2010) ในขณะที่ยีน *MC1R* ถ้ามีการเสียสภาพการทำงานไปจะทำให้ผิวหนังสัตว์มีสีเหลือง ทั้งนี้ยีน melanocortin 1 receptor (*MC1R*) ควบคุมการสร้างโมเลกุลตัวรับโปรตีนจี (G protein) ประกอบด้วย 7 โดเมน ซึ่งฝังตัวของผนังเซลล์เมลานอไซต์ และมีรายงานว่าความผันแปรของยีน *MC1R* มี

ความสัมพันธ์กับลักษณะสีผิวของสุกร โดยที่ $MC1R^*1$ (E^+) และ $MC1R^*5$ (E^+) มีความสัมพันธ์กับลักษณะสีขนของสุกร European และ Asian wild type ตามลำดับ ในขณะที่ $MC1R^*2$ (E^{D1}), $MC1R^*7$ (E^{D1}) และ $MC1R^*3$ (E^{D2}) มีความสัมพันธ์กับลักษณะผิวสีดำ ในขณะที่ $MC1R^*6$ (E^P) มีความสัมพันธ์กับลักษณะจุดดำบนพื้นผิวลำตัวสีแดงหรือขาว ส่วน $MC1R^*4$ (e) มีความสัมพันธ์กับลักษณะผิวสีแดง ซึ่งเป็นลักษณะด้อย (recessive red) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน $MC1R$ ในสุกร

Allele	Breeds	004	017	021	022	095	102	117	121	122	124	164	166	243
		301												
$MC1R^*1$ (E^+)	Wild type	CCT	GCG	GCC	CCC	GTC	CTG	CAG	AAT	GTC	GAC	GCG	CGG	GCG
		TAC												
		Leu	Ala	Ala	Pro	Val	Leu	Gln	Asn	Val	Asp	Ala	Arg	Ala
		Tyr												
$MC1R^*2$ (E^{D1})	Large Black	A	A..	.C.	...	.C	...	...	...	...	...	...	...	...
		-	-	-	-	Met	Pro	-	-	-	-	-	-	-
$MC1R^*2$ (E^{D1})	Meishan	A	A..	.C.	...	.C	...	...	...	...	...	...	...	...
		-	-	-	-	Met	Pro	-	-	-	-	-	-	-
$MC1R^*3$ (E^{D2})	Hampshire		...	...	...	...	...	A..	...	...	...	...	...	...
		-	-	-	-	-	-	-	Asn	-	-	-	-	-
$MC1R^*3$ (E^P)	Large White		...	...	...	...	...	A..	...	...	...	...	...	...
		-	-	-	-	-	-	-	Asn	-	-	-	-	-
$MC1R^*6$ (E^P)	Pietrain		...	...	...	...	...	A..	...	...	...	...	...	...
		-	-	-	FS	-	-	-	-	Asn	-	-	-	-
$MC1R^*4$ (e)	Duroc	A	...	...	...	...	...	...	...	.T.	...	A..	...	...
		-	-	-	-	-	-	-	-	Val	-	-	Thr	-

ที่มา: ดัดแปลงจาก Kijas *et al.* (1998), Andersson (2003), Fang *et al.* (2009)

ลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะคุณภาพเนื้อ

การคัดเลือกลักษณะพันธุกรรมที่ควบคุมคุณภาพของเนื้อ ทำให้สามารถปรับปรุงลักษณะเชิงคุณภาพ (qualitative traits) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่จำเป็นต้องฆ่าสัตว์ซึ่งทำให้ต้องสูญเสียพันธุกรรมของสัตว์ตัวนั้นอย่างไม่จำเป็น การตรวจสอบลักษณะพันธุกรรมสามารถทำได้ตั้งแต่ระยะลูกสุกร ลักษณะพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ เช่น ยีน Heart Fatty Acid Binding Protein (*H-FABP*) (Gerbens *et al.*, 2000) ยีน *FABP-4* (Shin *et al.*, 2011) ยีน *Napole* (Hamilton *et al.*, 2000) ยีน *Halothane* (Fujii *et al.*, 1991) ยีน *Leptin* (Kennes *et al.*, 2001) เป็นต้น

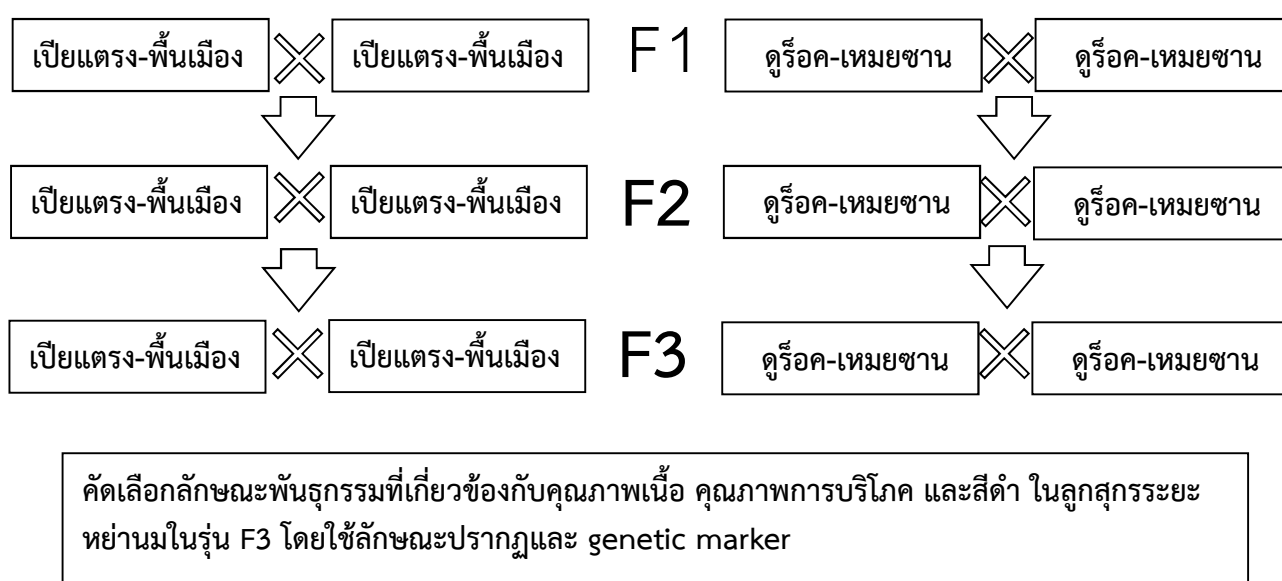
ยีน Heart Fatty Acid Binding Protein (*H-FABP*) เป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (Gerbens *et al.*, 1997; Seeley *et al.*, 1997; Kim *et al.*, 1998; Gerbens *et al.*, 1999; Gerbens *et al.*, 2000; Li *et al.*, 2006) ซึ่งยีน *H-FABP* เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ พบบนโครโมโซม 6 และพบว่าเกี่ยวข้องกับลักษณะไขมันแทรกในกล้ามเนื้อในสุกรพันธุ์ดุก (Gerbens *et*

al., 1999; Gerbens *et al.*, 2000) แต่พบได้น้อยในสุกรพันธุ์แลนด์เรซและลาร์จไวท์ ยีนนี้จัดเป็น major gene ที่มีความเกี่ยวข้องกับลักษณะไขมันแทรกอย่างชัดเจน (Alfonso and Arana, 2004)

นอกจากยีน *H-FABP* แล้ว ยังพบเครื่องหมายโมเลกุลอื่นๆอีกที่เกี่ยวข้องกับลักษณะไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ เช่น ยีน *LEPR* หรือ Porcine Leptin Receptor และ ยีน *LEP* หรือ Porcine Leptin (Gerbens *et al.*, 1997; Gerbens *et al.*, 1999; Gerbens *et al.*, 2000; Kennes *et al.*, 2001; Urban and Mikolasova, 2006) โดยสามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกสุกรเพื่อให้ได้สุกรที่มีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ลักษณะพันธุกรรมเหล่านี้ได้นำมาใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกสุกร (Marker Assisted Selection, MAS) กันอย่างแพร่หลายเพื่อให้ได้สุกรพันธุ์ที่มีลักษณะคุณภาพเนื้อที่ดี

ระเบียบวิธีวิจัย

ดำเนินการคัดเลือกพันธุ์ตามลักษณะเป้าหมายที่ต้องการ คือ คุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก คุณภาพการบริโภค และสีด้า ของสุกรในรุ่นที่จะใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ (F3) ตามภาพที่ 1 ซึ่งมีความคาดหวังว่าเมื่อนำสุกรพ่อแม่พันธุ์มาผสมข้ามพันธุ์จะเกิดสุกรลูกผสมที่เป็น marketed breed หรือ commercial line ที่รวมลักษณะเป้าหมายที่ต้องการที่มาจากสุกรพ่อแม่พันธุ์และแม่พันธุ์ไว้ด้วยกัน คือลักษณะคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก คุณภาพการบริโภค และสีด้า การแสดงออกในรุ่น commercial line จะแสดงมีแสดงออกทางพันธุกรรมได้ดีกว่ารุ่นพ่อแม่ เนื่องจากผลของ heterosis ที่เกิดในรุ่นลูกในทุกลักษณะ โดยเฉพาะลักษณะคุณภาพเนื้อที่มีค่าอัตราพันธุกรรม (heritability) อยู่ในระดับปานกลาง (moderate) ประมาณ 0.1-0.39 (Miar *et al.*, 2014) โดยเป้าหมายในการพัฒนาพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ให้มีคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพการบริโภคในระดับสูงและมีสีด้า



ภาพที่ 1 การพัฒนาสุกรลูกผสมสุกรพันธุ์เมือง-เป็ดแดง และดุริยค-หมยชาน เพื่อสร้างเป็นสุกรต้นพันธุ์สำหรับผลิตหมูดำเชียงใหม่

แผนการผสมพันธุ์

ศึกษาลักษณะความสัมพันธ์ทางเครือญาติ และ inbreeding coefficient ของสุกรพ่อแม่พันธุ์ในรุ่นที่ 2 และตรวจสอบความแปรปรวนของลักษณะที่ต้องการคัดเลือก คือ เครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ จำนวน 10 marker และลักษณะพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับสีขน จำนวน 2 marker เพื่อใช้ในการกำหนดทิศทางการวางแผนการผสมพันธุ์และคัดเลือกในสุกรรุ่นต่อไป (F3) โดยวางแผนผสมพันธุ์ให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมของลักษณะที่ต้องการให้มากที่สุด และให้มีการเพิ่มอัตราเลือดชิดน้อยที่สุด

ใช้พ่อและแม่พันธุ์ลูกผสมพันธุ์เป็ดแดง-พันธุ์เมือง ลูกผสมพันธุ์ดุริยค-หมยชานในรุ่นที่ 2 (F2) สายพันธุ์ละ 25 ตัว (พ่อพันธุ์ 5 ตัว แม่พันธุ์ 20 ตัว) รวมทั้งสิ้น 50 ตัว ผสมพันธุ์ภายในสายพันธุ์และชั่วอายุเดียวกัน (*inter se mating*) ได้สุกรรุ่นที่ 3 (F3) ครอบที่ 1 (ดังภาพที่ 1) กลุ่มสายพันธุ์ละ 200 ตัว รวมทั้งสิ้น 400 ตัว เพื่อใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ของจีโนไทป์กับลักษณะทางเศรษฐกิจ ลักษณะคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพการบริโภค

เมื่อได้ครอกที่ 1 แล้วจึงผสมพันธุ์สุกรลูกผสมเป็ดตรง-พื้นเมือง ลูกผสมพันธุ์ดुरूค-เหมยซานในรุ่นที่ 2 (F2) เพื่อผลิตลูกสุกรรุ่นที่ 3 ครอกที่ 2 กลุ่มสายพันธุ์ละ 200 ตัว รวมทั้งสิ้น 400 ตัว เพื่อนำไปคัดเลือกด้วยเครื่องหมายโมเลกุล และทดสอบพันธุ์ คัดเลือกพันธุ์เพื่อใช้เป็นสุกรพ่อแม่พันธุ์ในรุ่นที่ 3 (F3) ต่อไป

การคัดเลือกด้วยเทคนิคอณูพันธุศาสตร์

เก็บตัวอย่างเลือดจากลูกสุกรระยะหย่านม นำมาสกัด DNA เพื่อตรวจคัดเลือกว่า genetic marker ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ และสีขนของสุกร โดยเครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ จำนวน 10 marker ที่มีลักษณะ polymorphism เช่น *LEP*, *LEPR* (backfat thickness and ADG), *MC4R* (backfat thickness and tenderness), *IGF2* (muscle growth), *PIT-1* (birth weight), *MC5R* (backfat thickness), *CRC1*, *CAST* (tenderness), *PRKAG3*, *PPAR* (flavor score) และลักษณะพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับสีขนคือ ยีน *MC1R* และยีน *KIT* ตรวจสอบ genetic marker โดยการนำ DNA ของสุกรใช้เป็นต้นแบบ (template) ในการ amplify ด้วย primer ที่จำเพาะกับ genetic marker นั้นๆ เพื่อเพิ่มจำนวนส่วนของยีน หรือ genetic marker ที่ต้องการด้วยเทคนิค PCR จากนั้นตรวจสอบอัลลีล (allele) หรือ polymorphism ของแต่ละ genetic marker โดยใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme) หรือตรวจสอบจากส่วนของ allele specific ที่ amplify ได้

ในการใช้ Genetic markers หลายตำแหน่งเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค และขนสีดำ จะประเมิน interaction effect ระหว่างยีน และวิเคราะห์ linkage disequilibrium ระหว่างยีนตำแหน่งต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อประสิทธิภาพในการนำผลไปใช้ในการคัดเลือก

การทดสอบพันธุ์

คัดเลือกสุกรรุ่นที่ 3 ที่เกิดจากการผสมพันธุ์ครอกแรก ที่มีลักษณะจีโนไทป์รูปแบบต่างๆกระจายตัวมากที่สุดเข้าทดสอบพันธุ์ (performance test) โดยซื้อลูกสุกรขนาดหย่านมจากศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์ เชียงใหม่เพื่อความสะดวกในการดำเนินการ กลุ่มสายพันธุ์ละ 120 ตัว (เพศผู้ 60 ตัว เพศเมีย 60 ตัว) รวมทั้งสิ้น 240 ตัว สุกรที่คัดขึ้นทดสอบพันธุ์ต้องมาจากครอกที่มีลูกหย่านมไม่ต่ำกว่า 8 ตัว/ครอก คัดเลือกสุกรที่มีลักษณะสมบูรณ์ ครอกละไม่ต่ำกว่า 4 ตัว เข้าทดสอบพันธุ์ที่น้ำหนัก 20 กิโลกรัม และสิ้นสุดที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม โดยเลี้ยงสุกรในคอกขนาด 1.2 X 2.4 เมตร คอกละตัว มีที่ให้น้ำอัตโนมัติทุกคอก ให้กินอาหารแบบเต็ม ที่อาหารที่ให้เป็นอาหารสูตรเดียวตลอดการทดสอบ คือมีโปรตีน 18 % และพลังงาน 3,255 Kcal/Kg (โดยการคำนวณ) บันทึกน้ำหนักและวันเริ่มทดสอบพันธุ์ บันทึกอาหารที่กินเป็นรายตัว และชั่งน้ำหนักดูการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 21 วัน จนสิ้นสุดการทดสอบที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม คำนวณอัตราการเจริญเติบโต (ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (FCR) ปริมาณอาหารที่กิน (FI) วัดความหนาไขมันสันหลัง (BF) และความลึกเนื้อสัน (LEA) ด้วยเครื่อง ultra sound (RENCO Sono Grader) วัดความหนาไขมันสันหลัง 2 ตำแหน่ง คือ ซีโครงซี่สุดท้ายและโคนกระดูกสะโพก ห่างจากแนวกึ่งกลางลำตัว 4.5 เซนติเมตร และหาค่าเฉลี่ยความหนาไขมันสันหลังทั้ง 2 ตำแหน่ง วัดความลึกของเนื้อสันที่ตำแหน่งซีโครงซี่ที่ 10 ห่างจากแนวกึ่งกลางลำตัว 6.5 เซนติเมตร วัดความยาวลำตัวโดยมัดปากสุกรให้ยืนตรงหัวกับลำตัวอยู่ในแนวเดียวกัน วัดจากกึ่งกลางโคนหูถึงโคนหาง และวัดความกว้างของไหล่และสะโพก เก็บข้อมูลลักษณะรูปร่าง และต้นทุนในการเลี้ยง สุ่มศึกษาซากสุกรจบทดสอบพันธุ์กลุ่มสายพันธุ์ละ 40 ตัว รวมทั้งหมด 80 ตัว

ทดสอบพันธุ์สุกร F3 ครอกที่ 2 เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในรุ่น F3 จำนวนเพศผู้ 40 ตัว และเพศเมีย 80 ตัว ในแต่ละกลุ่มสายพันธุ์

การศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคร

การศึกษาคุณภาพซาก

- นำสุกรเข้าโรงฆ่า ทำให้สุกรสลบโดยใช้การช็อตด้วยไฟฟ้า แทงคอเอาเลือดออกให้หมด ชูตขน เปิดซาก แบ่งซากออกเป็น 2 ซีก วัดความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ อุณหภูมิของเนื้อที่ระยะเวลาหลังฆ่า 45 นาที
- นำซากเข้าเก็บในห้องเย็นอุณหภูมิ 0-4 °C 24 ชั่วโมง จากนั้นนำซากมาศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคร
- ศึกษาคุณภาพซากสุกรตามวิธีการตัดแต่งซากแบบไทย รวบรวมข้อมูลการศึกษาซาก คำนวณเปอร์เซ็นต์ซากเย็น และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เป็นต้น

การศึกษาคุณภาพเนื้อ

- เก็บตัวอย่างเนื้อสุกรจากซากซีกขวาที่ส่วนของกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*; LD) บริเวณซี่โครงซี่ที่ 10 ประมาณ 100 กรัม เพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า (AOAC, 1995)
- ตัดแต่งแยกชิ้นส่วน ชั่งน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง จากนั้นเก็บตัวอย่างเนื้อส่วนของกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) ตั้งแต่บริเวณซี่โครงซี่ที่ 10 ไปทางด้านหลัง ประมาณ 1 กิโลกรัม บรรจุในถุงสุญญากาศแล้วนำไปแช่ที่ -20 °C นำไปศึกษาคุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภคร ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- ศึกษาชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อ ด้วยเทคนิค qPCR (Gunawan *et al.*, 2007) แบ่งตาม isoforms ของยีน Myosin Heavy Chain (MHC) ได้เป็น 4 isoform คือ MHC I MHC IIa MHC IIx และ MHC IIb

การศึกษาคุณภาพการบริโภคร

- วัดความนุ่มของเนื้อด้วยเครื่อง texture analyzer
- วัดอุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่างของกล้ามเนื้อสันนอกที่ระยะเวลาหลังฆ่า 24 ชั่วโมง และค่าความสว่าง ค่าความแดง ค่าความเหลืองด้วยเครื่องมือวัดค่าสี (Minolta Chromameter CR-300 ใช้ Illuminant D65 2°observer) ซึ่งแสดงผลในรูปของ L* (lightness) a* (redness) และ b* (yellowness)
- วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (drip loss) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการละลาย (thawing loss) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างปรุงสุก (cooking loss) วิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler shear force) ด้วยเครื่อง texture analyzer (Instron model 1011, USA) ตามวิธีของ Wheeler *et al.* (2002)
- ให้คะแนนลักษณะไขมันแทรกของเนื้อสุกรตามวิธีของ National Pork Board (2016) ที่แบ่งระดับการให้คะแนนไขมันแทรก 1 ถึง 6 (Moeller, 2017)

สุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูงควรมีคุณสมบัติดังนี้

- มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (drip loss) ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซ็นต์
- มีคะแนนลักษณะไขมันแทรกอยู่ในระดับ 2-4
- มีความนุ่มของเนื้อไม่เกิน 3.2 Kg
- มีค่า pH₄₅ อยู่ระหว่าง 5.6-5.9

- มีค่าสีของเนื้อ อยู่ในระดับ 3-5
- เนื้อมีรสชาติน่ากิน (robust pork flavor)

การวิเคราะห์ข้อมูล

- วิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ของค่าสังเกตลักษณะคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ กับอิทธิพลของสายพันธุ์และเพศสุกร โดยใช้ General linear model ด้วยโปรแกรม SAS เวอร์ชัน 9.0 โดยมีหุ่นสถิติดังนี้

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + AB_k + e_{ijkl}$$

เมื่อ	Y_{ij}	= ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา
	μ	= ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าสังเกตที่ต้องการศึกษา
	A_i	= ปัจจัยคงที่ของของสายพันธุ์สุกร
	B_j	= ปัจจัยคงที่ของของเพศสุกร
	AB_k	= ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และเพศสุกร
	e_{ijki}	= ค่าความคลาดเคลื่อน

- วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (association) ของ genetic marker กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพเนื้อ โดยใช้ mixed model procedure โดยมีหุ่นสถิติดังนี้

$$Y_{ijklmno} = \mu + S_i + D_j + A_k + B_l + G_m + H_n + e_{ijklmno}$$

เมื่อ	Y_{ijklmn}	= ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา
	μ	= ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของค่าสังเกตที่ต้องการศึกษา
	S_i	= ปัจจัยคงที่ของพ่อสุกร
	D_j	= ปัจจัยคงที่ของแม่สุกร
	A_k	= ปัจจัยคงที่ของเพศสุกร
	B_l	= ปัจจัยคงที่พันธุ์
	G_m	= ปัจจัยคงที่ของจีโนไทป์ของ Marker
	H_n	= ปัจจัยแบบสุ่มของสัตว์
	$e_{ijklmno}$	= ค่าความคลาดเคลื่อน

- ทดสอบความสัมพันธ์ของเครื่องหมายทางโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะไขมันแทรก ความสัมพันธ์ของเครื่องหมายทางโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะสีขน และอิทธิพลของสายพันธุ์และเพศต่อปริมาณไขมันแทรก โดยใช้การทดสอบ Chi-square

การคัดเลือกสุกร

- คัดออกสุกรที่มีลักษณะภายนอกผิดปกติ มีข้อตำหนิเรื่องขา เช่น กระดูกข้อขาโค้งงอ กีบนอกและในไม่เท่ากัน กีบเจ็บจนลุกยืนลำบาก
- คัดเลือกสุกรที่มีลักษณะพันธุกรรมที่มีลักษณะปรากฏตรงตามที่ต้องการเป็นสุกรทดแทนในรุ่น F3

- คำนวณคุณค่าการผสมพันธุ์ (Estimate Breeding Value ; EBV) คำนวณคะแนนรวมเพื่อคัดเลือกสุกรที่มีคะแนนสูงสุด

การคิดคะแนนรวม Marker-based EBV index ของคุณค่าการผสมพันธุ์ที่นำผลจากการวิเคราะห์ genetic markers มาประเมินด้วย Multi-trait BLUP มาเรียงลำดับตามสมการ ดังนี้

$$\text{Marker-based EBV index} = 100 + \text{Genotype(s)} + a_1 \text{EBV}_{\text{ADG}} + a_2 \text{EBV}_{\text{FCR}} + a_3 \text{EBV}_{\text{BF}}$$

โดยที่ Genotype(s) คือลักษณะพันธุกรรมที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย genetic marker ของแต่ละ markers ที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพการบริโภคน้ำ และ a_1 , a_2 , a_3 คือ คุณค่าทางเศรษฐกิจ (economic value) ของ ADG, FCR และ BF ตามลำดับ โดยผู้ปลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง และ ดูริค-หมยซาน ใช้ Index เดียวกัน ซึ่งลักษณะทางเศรษฐกิจ ADG, FCR และ BF เป็นวัตถุประสงค์รองจากลักษณะคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพการบริโภคน้ำ ซึ่งค่า economic value ได้มาจากค่าที่ได้มีการศึกษามาแล้ว หรือคำนวณจากค่า economic weight หรือน้ำหนักทางเศรษฐกิจของแต่ละลักษณะ

ใช้คะแนนรวมของสุกรแต่ละตัวรวมกับการใช้ genetic marker ในด้านคุณภาพเนื้อ และสีขน พิจารณาคัดเลือกสุกรตัวที่เหมาะสมไว้เป็นสุกรพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ในรุ่น F3

ผลที่คาดว่าจะได้รับเมื่อสิ้นสุดการวิจัย

หลังจากสิ้นสุดการวิจัย จะได้สุกรรุ่นพ่อแม่พันธุ์ชั่วอายุที่ 3 สำหรับใช้ผลิตหมูดำเชียงใหม่ ที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ได้ข้อมูลทางด้านเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ คุณภาพการบริโภค และลักษณะสีขน ข้อมูลเหล่านี้จะนำไปใช้ประกอบการคัดเลือกสุกรพ่อแม่พันธุ์ในแต่ละชั่วอายุเพื่อพัฒนาให้เป็นสุกรพันธุ์แท้ในขั้นตอนต่อไป

กระบวนการผลักดันผลงานออกสู่การใช้ประโยชน์

กรมปศุสัตว์นำประชากรหมูดำเชียงใหม่ที่ผ่านการคัดเลือกบรรจุในแผนการผลิต พัฒนาพันธุ์ พัฒนากระบวนการเลี้ยง การแปรรูป และการตลาด สู่เกษตรกรในวงกว้าง และเก็บรักษาพันธุกรรมที่พัฒนาได้เพื่อใช้ประโยชน์ในระยะยาวต่อไป

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. โครงสร้างฝูง พ่อแม่พันธุ์ และการให้ผลผลิต

1.1 ตั้งแต่เริ่มวิจัย

ในปี พ.ศ. 2547–2548 ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่และมูลนิธิโครงการหลวงได้ร่วมกันวิจัยคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์สุกรเพื่อใช้ประโยชน์สุกรพันธุ์พื้นเมืองในพื้นที่เขตภาคเหนือ และสุกรพันธุ์เป็ดแดงที่เป็นสุกรพันธุ์พระราชทานที่รัฐบาลประเทศเบลเยียมได้นำเข้ามาถวาย เป็นสุกรสายพันธุ์ใหม่ที่มีศักยภาพการผลิตสูง ให้ปริมาณเนื้อแดงมากและปลอดจากยีนเครียด โดยการพัฒนาพันธุ์จากมหาวิทยาลัยลีเก (Liege University) ประเทศเบลเยียม เมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2547 เพื่อบริโภคไว้ใช้ในงานของมูลนิธิโครงการหลวงและกรมปศุสัตว์ จำนวน 16 ตัว (เพศผู้ 8 ตัว และเพศเมีย 8 ตัว) โดยในปี 2550 ทำการผสมข้ามพันธุ์ได้เป็นสุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองในรุ่นที่ 1 (PN-F1) พบว่าสามารถปรับปรุงสมรรถนะด้านการเจริญเติบโตและคุณภาพซากได้ดีขึ้น (ประภาส และคณะ, 2552) และคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์ต่อได้เป็นสุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองในรุ่นที่ 2 (PN-F2) เพื่อใช้ในการส่งมอบสุกรสีดำลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง เพื่อส่งเสริมให้เลี้ยงทำพันธุ์ในเขตพื้นที่สูงของโครงการตามพระราชดำริฯ และพื้นที่โครงการหลวงระหว่างปี 2550-2557 ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน จำนวนรวมทั้งสิ้น 1,037 ตัว และศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ยังได้คัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์สุกรสายพันธุ์ที่มีลำตัวสีดำ คือ สุกรลูกผสมดুর็อค-หมอยซาน ได้เป็นสุกรในรุ่นที่ 2 (DM-F2) ควบคู่กันไป

ฝูงสุกรเริ่มต้นโครงการวิจัยประกอบด้วยสุกรลูกผสมดুর็อค-หมอยซานรุ่นที่ 2 (DM-F2) และสุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองในรุ่นที่ 2 (PN-F2) โดยมีจำนวนสัดส่วนของสุกรพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 จำนวนสุกรพ่อแม่พันธุ์เมื่อเริ่มต้นโครงการวิจัย

สายพันธุ์	DM-F2		PN-F2		รวม
	ผู้	เมีย	ผู้	เมีย	
พ่อพันธุ์ (ตัว)	6	-	6	-	12
แม่พันธุ์ (ตัว)	-	30	-	36	66
รวม	6	30	6	36	78

หมายเหตุ: DM-F2 หมายถึง สุกรลูกผสมดুর็อค-หมอยซาน รุ่นที่ 2

PN-F2 หมายถึง ลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง รุ่นที่ 2

1.2 จำนวนสุกรปัจจุบัน

จากการผสมพันธุ์ ทดสอบพันธุ์ และคัดเลือกสุกรเป็นสุกรทดแทนเพื่อใช้เป็นสุกรพ่อแม่พันธุ์ในรุ่นที่ 3 โดยสุกรรุ่นที่ 2 จะถูกทยอยคัดออก ตามสัดส่วนของสุกรรุ่นที่ 3 ที่ขึ้นทดแทน เพื่อลดภาระค่าใช้จ่ายในการเลี้ยง สุกรทดแทนรุ่นที่ 3 (F3) จะคัดเลือกพันธุ์ตามลักษณะเป้าหมายที่ต้องการ คือ คุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก คุณภาพการบริโภค และสีดำ โดยใช้เทคนิคอณูพันธุศาสตร์ที่คัดเลือกด้วย genetic marker ควบคู่กับการทดสอบพันธุ์ และสมรรถภาพการผลิต สุ่มศึกษาซากเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะปรากฏ และ genetic marker นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคัดเลือกสุกรในครอกถัดไปเพื่อให้เป็นสุกรพ่อแม่พันธุ์ สำหรับดำเนินการศึกษาวิจัยในช่วงถัดไป ซึ่งเป็นการนำสุกรรุ่นพ่อแม่พันธุ์มาผสมพันธุ์เพื่อผลิตสุกรขุนหมุดาเชียงใหม่ โดยมีความ

คาดหวังว่าจะได้สุกรลูกผสมที่เป็น marketed breed หรือ commercial line ที่รวมลักษณะเป้าหมายที่ต้องการที่มาจากสุกรพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ไว้ด้วยกัน คือลักษณะ คุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก คุณภาพการบริโภค และสีผิวกัดเลือกเก็บเฉพาะสุกรที่อยู่ในครอกที่มีคุณภาพเนื้อดีจากการศึกษาซาก ประกอบกับข้อมูลการตรวจ Genetic marker และข้อมูลการทดสอบพันธุ์ โดยจำนวนสุกรในฝูงปัจจุบันแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 จำนวนสุกรพ่อแม่พันธุ์ในรุ่นที่ 2 และสุกรทดแทนรุ่นที่ 3 ปัจจุบัน

สายพันธุ์	DM		PN		รวม
	ผู้	เมีย	ผู้	เมีย	
พ่อพันธุ์ (ตัว) (F2)	1	-	5	-	6
แม่พันธุ์ (ตัว) (F2)	-	6	-	25	31
ทดแทน (ตัว) (F3)	6	33	6	38	83
รวม	7	39	11	63	120

หมายเหตุ: F2 คือ Generation 2 หรือ รุ่นที่ 2

F3 คือ Generation 3 หรือ รุ่นที่ 3

สุกรพ่อพันธุ์ คือ เป็นสุกรเพศผู้จบทดสอบพันธุ์ที่ผ่านการใช้งานผสมพันธุ์กับสุกรเพศเมียแล้ว

สุกรแม่พันธุ์ คือ เป็นสุกรเพศเมียจบทดสอบพันธุ์ที่ได้รับการผสมพันธุ์แล้ว แบ่งได้เป็นสุกรสาว (ได้รับการผสมพันธุ์แต่ยังไม่เคยให้ลูก) และสุกรนาง (ผ่านการให้ลูกแล้ว)

สุกรทดแทน คือ สุกรที่ผ่านการทดสอบพันธุ์และถูกคัดเลือกไว้เพื่อเป็นสุกรทดแทน

1.3 อัตราเลือดชิดในฝูงสุกร

1.3.1 สุกรพ่อแม่พันธุ์ในรุ่นที่ 2 สุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน และลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง ไม่มีอัตราเลือดชิด

1.3.2 สุกรทดแทนเป็นพ่อแม่พันธุ์รุ่นที่ 3

- สุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน มีอัตราเลือดชิดจำนวน 9 ตัว จากสุกรที่คัดเข้าทดสอบพันธุ์ 139 ตัว โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.86 เปอร์เซ็นต์ (มีค่าระหว่าง 0 – 12.5 %)

- สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง มีอัตราเลือดชิดจำนวน 23 ตัว จากสุกรที่คัดเข้าทดสอบ 170 ตัว โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.49 เปอร์เซ็นต์ (มีค่าระหว่าง 0 – 25 %)

1.4 การให้ผลผลิตลูก

จากการผสมพันธุ์สุกรพ่อแม่พันธุ์ในรุ่นที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยจำนวนลูกเกิดมีชีวิตต่อครอกของสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน มีค่าสูงกว่าสุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมืองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เท่ากับ 10.79 ± 2.38 และ 9.51 ± 2.14 ตัว/ครอก ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยลูกหย่านมต่อครอกของสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน มีค่าสูงกว่าสุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เท่ากับ 10.06 ± 2.50 และ 9.03 ± 2.07 ตัว/ครอก ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลมีค่าสูงกว่ารายงานของประภาส และคณะ (2552) ซึ่งรายงานการให้ผลผลิตของสุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมืองรุ่นที่ 1 ได้จำนวนลูกแรกคลอด 9.86 ± 2.61 ตัว/ครอก และจำนวนลูกแรกคลอดมีชีวิต 8.88 ± 2.62 ตัว/ครอก จำนวนเมื่อหย่านม 8.26 ± 2.66 ตัว/ครอก ตามลำดับ จากข้อมูลการให้ผลผลิตจะเห็นว่าสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน ควรใช้เป็นสุกรสายแม่พันธุ์มากกว่าสุกรลูกผสมเปี้ย

แตง-พื้นเมือง แต่ควรพิจารณาในลักษณะอื่นๆร่วมด้วย ส่วนน้ำหนักลูกแรกเกิดเฉลี่ยและน้ำหนักหย่านมเฉลี่ย ทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังรายละเอียดแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลผลิตลูกสุกรที่เกิดจากสุกรแม่พันธุ์ลูกผสม DM-F2 และ PN-F2

สายพันธุ์	DM-F2			PN-F2			รวม
จำนวนครอก (ครอก)	83			138			221
เพศ	ผู้	เมีย	รวม	ผู้	เมีย	รวม	
จำนวนลูกเกิดมีชีวิตรวม (ตัว)	470	415	885	674	638	1,312	2,197
จำนวนลูกเกิดมีชีวิตเฉลี่ย (ตัว/ครอก)	5.73	5.06	10.79±2.38 ^a	4.88	4.62	9.51±2.14 ^b	-
น้ำหนักลูกแรกเกิดเฉลี่ย (กก./ตัว)	-	-	1.67±0.27	-	-	1.56±0.28	-
จำนวนลูกหย่านมเฉลี่ย (ตัว)	428	397	825	632	614	1,246	2,071
จำนวนลูกหย่านมเฉลี่ย (ตัว/ครอก)	5.22	4.84	10.06±2.50 ^a	4.57	4.45	9.03±2.07 ^b	-
น้ำหนักหย่านมเฉลี่ย (กก./ตัว)	-	-	6.26±1.18	-	-	6.24±1.27	-

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$),

DM-F2 = สุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซานรุ่นที่ 2, PN-F2 = ลูกผสมเป็ดแตง-พื้นเมืองรุ่นที่ 2

2. ข้อมูลการทดสอบพันธุ์

การทดสอบพันธุ์สุกร เป็นการทดสอบสมรรถภาพการเจริญเติบโต โดยเลี้ยงสุกรในคอกขังเดี่ยวตั้งแต่ น้ำหนัก 30 กิโลกรัม ถึง 90 กิโลกรัม ให้กินอาหารโปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ เต็มที่ตลอดเวลา เมื่อสุกรน้ำหนักได้ 90 กิโลกรัม เก็บข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ปริมาณอาหารที่กิน ความหนา ไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ความยาวลำตัว อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัม ข้อมูลจากการทดสอบพันธุ์ สุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน และสุกรลูกผสมเป็ดแตง-พื้นเมืองรุ่น F3 และสุกรที่เกิดจากการทดลองผสมข้าม ระหว่างลูกผสมสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน และสุกรลูกผสมเป็ดแตง-พื้นเมืองรุ่น F2 ได้เป็นสุกรลูกผสม 4 สาย DM x PN (4-cross) นำมากำหนดแนวทางในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์พัฒนาสุกรที่จะใช้เป็นสุกรต้น พันธุ์ต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 10 จากข้อมูลสุกรที่จบการทดสอบพันธุ์จำนวนรวมทั้งสิ้น 382 ตัว พบว่าสุกร ลูกผสมดুর็อค-หมยซาน มีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. ดีกว่าสุกรลูกผสมเป็ดแตง-พื้นเมือง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ลักษณะความหนาไขมันสันหลัง เฉลี่ย และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน และสุกรลูกผสมเป็ดแตง-พื้นเมืองไม่แตกต่างกัน และสุกรลูกผสมเป็ดแตง-พื้นเมืองมีอัตราการเจริญเติบโต เท่ากับ 644.43 ± 13.45 กรัม/วัน ดีกว่า รายงานของประภาส และคณะ (2552) ซึ่งรายงานผลการทดสอบพันธุ์สุกรลูกผสมสุกรลูกผสมเป็ดแตง-พื้นเมืองรุ่น F1 และสุกรลูกผสมเป็ดแตง-พื้นเมือง รุ่น F2 เท่ากับ 524.27 ± 139.15 และ 581.14 ± 121.77 กรัม/วัน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร เท่ากับ 2.71 ± 0.82 และ 2.82 ± 0.75 ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลจากการ คัดเลือกปรับปรุงพันธุ์จากชั่วอายุที่ 1 ถึงชั่วอายุที่ 3 สุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซานมีลักษณะทางเศรษฐกิจบาง ประการดีกว่าสุกรลูกผสมเป็ดแตง-พื้นเมือง (อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และอายุ เมื่อน้ำหนัก 90 กก.) อาจเนื่องจากสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซานมีพันธุกรรมของสุกรพันธุ์ดুর็อคซึ่งเป็นสุกรที่ พัฒนาเพื่อใช้เป็นสุกรสายพ่อพันธุ์ที่โตเร็ว และประสิทธิภาพการใช้อาหารดี ในขณะที่สุกรลูกผสมเป็ดแตง-

พื้นเมืองเป็นสุกรที่มีพันธุกรรมของสุกรพันธุ์เปี้ยตรงที่พัฒนาให้เป็นสุกรที่ให้เนื้อแดงมาก แต่เติบโตช้า เช่นเดียวกับสุกรพื้นเมืองที่มีอัตราการเจริญเติบโตช้าเช่นกัน

สุ่มสุกรที่ผ่านการทดสอบพันธุ์บางส่วนไปศึกษาซาก จำนวน 100 ตัว ประกอบด้วยสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยขาน จำนวน 42 ตัว สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง จำนวน 40 ตัว และสุกรลูกผสม 4-cross จำนวน 18 ตัว ข้อมูลทดสอบพันธุ์ของสุกรที่สุมนำมาศึกษาซากดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบพันธุ์สุกรลูกผสมดুর็อค-หมยขาน สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง และลูกผสม 4-cross

สายพันธุ์	DM	PN	4-cross
จำนวน (ตัว)	138	170	74
น้ำหนักเริ่มต้นทดสอบ (กก.)	29.93±6.66	30.56±5.49	30.46±7.03
น้ำหนักจบทดสอบ (กก.)	89.77±5.22	89.24±4.41	88.78±3.59
อัตราการเจริญเติบโต: ADG (กรัมต่อวัน)	674.56±13.47 ^a	644.43±13.45 ^b	649.62±16.43 ^{ab}
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร: FCR	2.71±0.06 ^a	2.84±0.06 ^b	2.83±0.07 ^b
ความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย: BF (ชม.)	1.42±0.03 ^a	1.46±0.02 ^{ab}	1.50±0.29 ^b
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก: LEA (ตร.ชม.)	24.76±0.32 ^{ab}	25.23±0.29 ^a	24.06±0.77 ^b
ความยาวลำตัวโคนหูถึงโคนหาง: BL (ชม.)	105.15±0.43	104.60±0.39	104.78±0.59
อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก.: AGE 90 (วัน)	180.68±1.66 ^a	185.95±1.50 ^b	182.02±2.28 ^{ab}
อาหารที่กินรวม (กก.)	159.20±5.14	168.81±5.03	163.86±7.34
ค่าอาหารรวม (กก.ละ 15 บาท) (บาท)	2,432.50	2,499.77	2,475.68
ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักตัวเพิ่ม 1 กก.(บาท)	40.65	42.60	42.45

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$), DM = สุกรลูกผสมดুর็อค-หมยขาน, PN = สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง, 4-cross = สุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์ (DM x PN)

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบพันธุ์สุกรลูกผสมดুর็อค-หมยขาน สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง และลูกผสม 4-cross ที่นำไปใช้ในการศึกษาซาก

สายพันธุ์	DM-F3	PN-F3	4-cross
จำนวน (ตัว)	42	40	18
น้ำหนักเริ่มต้นทดสอบ (กก.)	28.57±5.23	28.25±6.24	28.56±5.45
น้ำหนักจบทดสอบ (กก.)	89.62±5.15	88.63±4.72	88.00±3.25
อัตราการเจริญเติบโต: ADG (กรัมต่อวัน)	714.06±18.51	693.55±19.14	695.26±28.10
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร: FCR	2.68±0.05	2.84±0.06	2.75±0.08
ความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย: BF (ชม.)	1.49±0.05	1.46±0.05	1.56±0.07
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก: LEA (ตร.ชม.)	23.97±0.55	23.94±0.57	23.08±0.84
ความยาวลำตัวโคนหูถึงโคนหาง: BL (ชม.)	106.43±0.85	105.22±0.88	103.99±1.29
อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก.: AGE 90 (วัน)	162.00±4.57	172.32±4.73	164.51±6.94

หมายเหตุ: อักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$), PN = สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง, 4-cross = สุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์ (DM x PN)

3. การตรวจสอบจีโนไทป์ (genotyping) ของยีนตำแหน่งต่างๆ ของลักษณะที่ต้องการคัดเลือกโดยใช้ genetic markers

การตรวจสอบจีโนไทป์ของยีนตำแหน่งต่างๆ ของลักษณะที่ต้องการคัดเลือก คือยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะคุณภาพเนื้อ และลักษณะสีขน ในตัวอย่างสุกรพ่อแม่พันธุ์ลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองและสุกรลูกผสมดุริยค-เหมยซาน ในรุ่น F2 และลูกสุกรระยะหย่านมรุ่น F3 จำนวน 469 ตัว โดยดำเนินการดังนี้

1. การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้ปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอร์เรส (Polymerase Chain Reaction, PCR) ของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะคุณภาพเนื้อในสุกร โดยเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้ นำมาจากรายงานทางวิชาการของยีนที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อและพบว่ามียีนลักษณะ polymorphism จำนวน 9 ยีน (10 markers) ดังแสดงในตารางที่ 12 ตัวอย่างดีเอ็นเอสุกรพ่อแม่พันธุ์รุ่น F2 และลูกสุกรระยะหย่านมรุ่น F3 ถูกนำมาเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้ปฏิกิริยา PCR และตรวจสอบจีโนไทป์ของยีนเป้าหมาย

2. การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอโดยใช้ปฏิกิริยา PCR ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะคุณภาพเนื้อ จำนวน 9 ยีน (10 marker) ประกอบด้วย ยีน *LEP*, *LEPR*, *MC4R*, *IGF2*, *MC5R*, *CRC1* (*RYR1*), *CAST1*, *CAST2*, *PRKAG3* และ *PPARG* นั้น สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ทั้ง 10 เครื่องหมาย ดังภาพผนวกที่ 3 และนำดีเอ็นเอเป้าหมายไปตรวจสอบจีโนไทป์ต่อไป

3. ตรวจสอบจีโนไทป์ของยีนเป้าหมาย ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะคุณภาพเนื้อในสุกร จำนวน 9 ยีน (10 marker) ด้วยเทคนิค Polymerase Chain Reaction – Restriction Fragment Length Polymorphism, PCR-RFLP) จากการสุ่มคัดเลือกตัวอย่างของกลุ่มประชากรของสุกร พบว่ามี 8 ยีน ที่แสดงลักษณะ polymorphism คือ ยีน *LEP*, *LEPR*, *MC4R*, *IGF2*, *MC5R*, *CRC1* (*RYR1*), *CAST2* และ *PPARG* ในขณะที่ 2 ยีน คือ ยีน *CAST1* และ *PRKAG3* แสดงลักษณะ monomorphism ไม่พบความผันแปรทางพันธุกรรมของนิวคลีโอไทด์ของยีนในประชากรดังกล่าว ดังนั้นเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอทั้ง 2 marker จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบความผันแปรของจีโนไทป์ในกลุ่มประชากรสุกรนี้ได้ ในการศึกษารั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงเลือกใช้เฉพาะเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีนที่มี polymorphism จำนวน 8 marker มาทำการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีนตำแหน่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อกับจำนวนตัวอย่างสุกรทั้งหมด

3.1) ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *LEP* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 152 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *HinfI* (G[▼]ANTC) ได้ 2 รูปแบบ คือ อัลลีล A และอัลลีล B โดยอัลลีล A ไม่มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 152 bp ในขณะที่อัลลีล B มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 84 bp และ 68 bp ดังภาพผนวกที่ 4

3.2) ผลการตรวจจีโนไทป์ของยีน *MC4R* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 226 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *TaqI* (T[▼]CGA) ได้ 2 รูปแบบ คือ อัลลีล A และอัลลีล B โดยอัลลีล A ไม่มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 226 bp ในขณะที่อัลลีล B มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 156 bp และ 70 bp ดังภาพผนวกที่ 5

3.3) ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *IGF2* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 336 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *BclI* (CC[▼]SGG) ได้ 2 รูปแบบ คือ อัลลีล A และอัลลีล B โดยอัลลีล A ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 308 bp และ 28 bp ในขณะที่อัลลีล B มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 208 bp, 100 bp และ 28 bp ดังภาพผนวกที่ 6

ตารางที่ 12 ไพรเมอร์และรอบปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอร์เรสของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะคุณภาพเนื้อในสุกร

ยีน	ไพรเมอร์ (5' → 3')	รายละเอียดปฏิกิริยา ลูกโซ่โพลีเมอร์เรส	ขนาดแถบ ดีเอ็นเอ (bp)
<i>LEP</i> (Neuenschwander <i>et al.</i> , 1996)	F: TGCAGTCTGTCTCCTCCAAA R: CGATAATTGGATCACATTTCTG	(94 °C 30s / 56 °C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 38 รอบ	152
<i>LEPR</i> (Mackowski <i>et al.</i> , 2005)	F: TGCCTGCTGGAATCTCAAG R: TTCCCTGCAATGTTGTCTGC	(94 °C 30s / 56 °C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 38 รอบ	184
<i>MC4R</i> (Kim, 2004b)	F: TACCCTGACCATCTTGATTG R: ATAGCAACAGATGATCTCTTTG	(94 °C 30s / 56 °C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 38 รอบ	226
<i>IGF2</i> (Vykoulaková <i>et al.</i> , 2006)	F: CACAGCAGGTGCTCCATCGG R: GACAGGCTGTCATCCTGTGGG	(94 °C 30s / 56 °C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 38 รอบ	336
<i>MC5R</i> (Kim <i>et al.</i> , 2000)	F: TCAGCCTCTTGAGAACATC R: GCCACCAAGGAGATGCAG	(94 °C 30s / 60 °C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 38 รอบ	238
<i>CRC1 (RYR1)</i> (Vögeli <i>et al.</i> , 1994)	F: TCCAGTTTGCCACAGGTCCTACCA R: ATTCACCGGAGTGGAGTCTCTGAG	(94 °C 30s / 59 °C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 32 รอบ	660
<i>CAST1</i> (Ciobanu <i>et al.</i> , 2004)	F: AAATCTACTGGAGAGGTTTTGAA R: GACTTCTCCCGAATCAGTTCC	(94 °C 30s / 56 °C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 38 รอบ	180
<i>CAST2</i> (Ciobanu <i>et al.</i> , 2004)	F: AAACCTATTTTCAGGGATATGGG R: CCTTTGTTGTGTTCTCTGAGG	(94 °C 30s / 56 °C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 38 รอบ	183
<i>PRKAG3</i> (Ciobanu <i>et al.</i> , 2001)	F: GGAGCAAATGTGCAGACAAG R: CCCACGAAGCTCTGCTTCTT	(94 °C 30s / 56 °C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 38 รอบ	258
<i>PPAR-γ</i> (Kim <i>et al.</i> , 2004a)	F: ATGGTTGACACCGAGATGCCG R: TGCTACTGAGAGATTAATC	(94 °C 30s / 59 °C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 38 รอบ	290

3.4) ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *MC5R* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 238 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hin1I* ($G^{\nabla}CGYC$) ได้ 2 รูปแบบ คือ อัลลีล A และอัลลีล B โดยอัลลีล A ไม่มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 238 bp ในขณะที่อัลลีล B มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 179 bp และ 59 bp ดังภาพผนวกที่ 7

3.5) ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *CRC1 (RYR1)* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 660 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hin6I* ($G^{\nabla}CGC$) ได้ 2 รูปแบบ คือ อัลลีล A และอัลลีล B โดยอัลลีล A ไม่มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 660 bp ในขณะที่อัลลีล B มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 538 bp และ 122 bp ดังภาพผนวกที่ 8

3.6) ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *CAST2* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 183 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *PvuII* ($CAG^{\nabla}CTG$) ได้ 2 รูปแบบ คือ อัลลีล A และอัลลีล B โดยอัลลีล A ไม่มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 183 bp ในขณะที่อัลลีล B มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 142 bp และ 41 bp ดังภาพผนวกที่ 9

3.7) ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *PPARG* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 290 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *BsrI* ($ACTGGN^{\nabla}$) ได้ 2 รูปแบบ คือ อัลลีล A และอัลลีล B โดยอัลลีล A ไม่มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 290 bp ในขณะที่อัลลีล B มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 176 bp และ 114 bp ดังภาพผนวกที่ 10

3.8) ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *LEPR* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 184 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *TaqI* ($AATT^{\nabla}$) ได้ 2 รูปแบบ คือ อัลลีล A และอัลลีล B โดยอัลลีล A ไม่มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 184 bp ในขณะที่อัลลีล B มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 113 bp และ 71 bp ดังภาพผนวกที่ 11

3.9) ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *CAST1* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 180 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hpy188I* ($TCN^{\nabla}GA$) ได้เพียง 1 รูปแบบ คือ มีเฉพาะอัลลีล A โดยอัลลีล A ไม่มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 180 bp ดังภาพผนวกที่ 12

3.10) ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *PRKAG3* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 258 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *BsrBI* ($CCG^{\nabla}CTC$) ได้เพียง 1 รูปแบบ คือ มีเฉพาะอัลลีล B โดยอัลลีล B มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 218 bp และ 40 bp ดังภาพผนวกที่ 13

4. ความถี่จีโนไทป์ (genotype frequency) และความถี่อัลลีล (allele frequency) ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะคุณภาพเนื้อในสุกรทั้งหมด 8 ยีน ของสุกรลูกผสมดুর็อค-หมอยานรุ่น F2 และ F3 แสดงดังตารางที่ 13 โดยจากการตรวจสอบจีโนไทป์ด้วยเทคนิค PCR-RFLP พบว่า ยีน *LEP*, *MC5R*, *PPARG* และ *IGF2* มีค่าความถี่จีโนไทป์แบบ AB สูงสุด ในขณะที่ยีน *RYR1* มีค่าความถี่จีโนไทป์ BB สูงสุด สำหรับตารางที่ 14 แสดงความถี่จีโนไทป์และความถี่อัลลีลของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะคุณภาพเนื้อของสุกรลูกผสมเปย์แตร์ง-พื้นเมืองรุ่น F2 และ F3 จากการตรวจสอบด้วยเทคนิค PCR-RFLP พบว่า ยีน *PPARG* มีค่าความถี่จีโนไทป์แบบ AA สูงสุด ยีน *RYR1* และ *LEPR* มีค่าความถี่จีโนไทป์ BB สูงสุด และยีน *CAST2* และ *IGF2* มีค่าความถี่จีโนไทป์ AB สูงสุด โดยเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอดังกล่าวมีค่าความถี่จีโนไทป์ AA และอัลลีล A ผันแปรอยู่ในช่วง 0 ถึงใกล้เคียง 1 นอกจากนี้พบว่าจีโนไทป์ (genotype) บางรูปแบบของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *LEP* (BB), *MC5R* (BB), *RYR1* (AA), *IGF2* (AA) และ *PPARG* (BB) ในสุกรลูกผสมเปย์แตร์ง-พื้นเมือง รุ่น F2 มีค่าความถี่จีโนไทป์เท่ากับ 0 แต่กลับพบว่าจีโนไทป์

รูปแบบดังกล่าวปรากฏในสุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง รุ่น F3 ทั้งนี้เป็นเพราะมีสุกรบางตัวในรุ่น F2 ไม่สามารถวิเคราะห์จีโนไทป์ได้ ซึ่งอาจเป็นจีโนไทป์ในรูปแบบข้างต้น ที่สามารถถ่ายทอดอัลลีลดังกล่าวมาสู่ประชากรในรุ่น F3 ได้

สำหรับการคำนวณสมดุลฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก (Hardy-Weinberg Equilibrium, HWE) แสดงในตารางที่ 13 และตารางที่ 14 โดยผลการวิเคราะห์พบว่า ในสุกรลูกผสมดুর็อค-หมอยานทั้งรุ่น F2 และ F3 ประชากรสุกรกลุ่มทดสอบอยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก สำหรับในสุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองรุ่น F3 ประชากรสุกรกลุ่มทดสอบอยู่ในภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก เช่นเดียวกัน แต่สำหรับสุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองรุ่น F2 นั้น พบความถี่ของยีน *LEP* ไม่ได้อยู่ภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ($P < 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการที่ประชากรของกลุ่มสุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองไม่เป็นกลุ่มประชากรขนาดใหญ่ หรืออาจมีการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์สำหรับการผสมพันธุ์มาในอดีต ไม่ได้มีการผสมแบบสุ่ม

ตารางที่ 13 ความถี่จีโนไทป์และความถี่อัลลีลของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อของสุกรลูกผสมดুর็อค-หมอยานรุ่น F2 และ F3

ยีน	รุ่น	จำนวน (ตัว)	ความถี่จีโนไทป์			ความถี่อัลลีล		P-value ² (χ^2)
			AA(n)	AB(n)	BB(n)	f(A)	f(B)	
1. <i>MC4R</i>	F2	71	0.01 (1)	0.45 (32)	0.54 (38)	0.24	0.76	0.761
	F3	59	0.14 (8)	0.49 (29)	0.37 (22)	0.38	0.62	0.393
2. <i>LEP</i>	F2	71	0.44 (31)	0.46 (33)	0.10 (7)	0.67	0.33	0.740
	F3	59	0.27 (16)	0.61 (36)	0.12 (7)	0.58	0.42	0.316
3. <i>RYR1</i>	F2	66	0.00 (0)	0.17 (11)	0.83 (55)	0.08	0.92	0.125
	F3	60	0.00 (0)	0.30 (18)	0.70 (42)	0.15	0.85	0.870
4. <i>CAST2</i>	F2	69	0.61 (43)	0.32 (23)	0.07 (5)	0.77	0.23	0.484
	F3	60	0.37 (22)	0.55 (33)	0.08 (5)	0.64	0.36	0.924
5. <i>MC5R</i>	F2	70	0.47 (33)	0.50 (35)	0.03 (2)	0.72	0.28	0.471
	F3	59	0.36 (21)	0.51 (30)	0.14 (8)	0.61	0.39	0.992
6. <i>LEPR</i>	F2	71	0.13 (9)	0.55 (39)	0.32 (23)	0.40	0.60	0.998
	F3	59	0.07 (4)	0.42 (25)	0.51 (30)	0.28	0.72	0.980
7. <i>PPARG</i>	F2	70	0.24 (17)	0.57 (40)	0.19 (13)	0.53	0.47	0.761
	F3	59	0.36 (21)	0.47 (28)	0.17 (10)	0.59	0.41	0.393
8. <i>IGF2</i>	F2	71	0.39 (28)	0.46 (33)	0.14 (10)	0.63	0.37	0.740
	F3	60	0.10 (6)	0.45 (27)	0.45 (27)	0.33	0.67	0.316

ตารางที่ 14 ความถี่จีโนไทป์และความถี่อัลลีลของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อของสุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองรุ่น F2 และ F3

ยีน	รุ่น	จำนวน (ตัว)	ความถี่จีโนไทป์			ความถี่อัลลีล		P-value ²
			AA(n)	AB(n)	BB(n)	f(A)	f(B)	(x ²)
1. <i>MC4R</i>	F2	11	0.09 (1)	0.55 (6)	0.36 (4)	0.36	0.64	0.839
	F3	63	0.05 (3)	0.46 (29)	0.49 (31)	0.28	0.72	0.505
2. <i>LEP</i>	F2	11	0.09 (1)	0.91 (10)	0.00 (0)	0.55	0.45	0.022*
	F3	63	0.49 (31)	0.48 (30)	0.03 (2)	0.73	0.27	0.254
3. <i>RYR1</i>	F2	10	0.00 (0)	0.30 (3)	0.70 (7)	0.15	0.85	0.856
	F3	61	0.08 (5)	0.31 (19)	0.61 (37)	0.24	0.76	0.548
4. <i>CAST2</i>	F2	11	0.09 (1)	0.55 (6)	0.36 (4)	0.36	0.64	0.839
	F3	64	0.20 (13)	0.45 (29)	0.34 (22)	0.43	0.57	0.833
5. <i>MC5R</i>	F2	11	0.91 (10)	0.09 (1)	0.00 (0)	0.95	0.05	0.988
	F3	63	0.20 (42)	0.45 (17)	0.34 (4)	0.43	0.57	0.484
6. <i>LEPR</i>	F2	11	0.09 (1)	0.36 (4)	0.55 (6)	0.27	0.73	0.963
	F3	63	0.08 (5)	0.33 (21)	0.59 (37)	0.25	0.75	0.723
7. <i>PPARG</i>	F2	11	0.73 (8)	0.27 (3)	0.00 (0)	0.86	0.14	0.872
	F3	63	0.59 (37)	0.33 (21)	0.08 (5)	0.75	0.25	0.723
8. <i>IGF2</i>	F2	10	0.00 (0)	0.60 (6)	0.40 (4)	0.30	0.70	0.399
	F3	63	0.21 (13)	0.43 (27)	0.37 (23)	0.42	0.58	0.632

Linkage disequilibrium

จากข้อมูลความถี่จีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพและคุณภาพเนื้อเมื่อพิจารณาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอดังกล่าว จำนวน 8 เครื่องหมาย ซึ่งแสดงความผันแปรในประชากรสุกรเป้าหมาย พบว่าเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอส่วนใหญ่มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมเป็นอิสระต่อกัน ยกเว้นเครื่องหมายโมเลกุล *RYR1-LEPR*, *RYR1-IGF2*, *CAST2-MC5R*, *CAST2-PPARG*, *CAST2-IGF2* และ *MC5R-PPARG* มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมไม่เป็นอิสระต่อกัน ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 15 ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *RYR1*, *LEPR*, *MC5R* ตั้งอยู่บนโครโมโซม 6 เช่นเดียวกันกับเครื่องหมายโมเลกุล *IGF2* และ *CAST2* ตั้งอยู่บนโครโมโซม 2 มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมไปด้วยกันในลักษณะ linkage disequilibrium อย่างไรก็ตามเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอบางคู่ แม้ว่าจะตั้งอยู่บนโครโมโซมต่างกัน แต่มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมเสมือนไม่เป็นอิสระต่อกัน (*RYR1-IGF2*, *CAST2-MC5R*, *CAST2-PPARG* และ *MC5R-PPARG*) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการคัดเลือกลักษณะสมรรถภาพการผลิตในประชากรดังกล่าว มีความสัมพันธ์กันอย่างจำเพาะบางอัลลีลของเครื่องหมายโมเลกุลดังกล่าว

ตารางที่ 15 การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ

	Chr.	MC4R	LEP	RYR1	CAST2	MC5R	LEPR	PPARG	IGF2
MC4R	1								
LEP	18	ns							
RYR1	6	ns	ns						
CAST2	2	ns	ns	ns					
MC5R	6	ns	ns	ns	*				
LEPR	6	ns	ns	*	ns	†			
PPARG	13	ns	ns	ns	*	*	ns		
IGF2	2	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns = non-significant, † = $P < 0.1$, * = $P < 0.05$

4. การศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภครุ่น F3

สุกรที่ผ่านการทดสอบพันธุ์ เป็นสุกรลูกผสมดิวอี้-หมอยาน สุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง และลูกผสม 4 สาย (4-cross) ไปศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค จำนวน 100 ตัว แบ่งเป็น กลุ่มลูกผสมดิวอี้-หมอยาน (เพศผู้ 28 ตัว, เพศเมีย 14 ตัว) ลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง (เพศผู้ 27 ตัว, เพศเมีย 13 ตัว) และลูกผสม 4 สาย (เพศผู้ 14 ตัว, เพศเมีย 4 ตัว) ดังสรุปผลในตารางที่ 16

จากการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยของสายพันธุ์และเพศไม่มีผลต่อคุณภาพซากสุกร ได้แก่ น้ำหนักซากเย็น (carcass weight) เปอร์เซ็นต์ซากเย็น (cold carcass percentage) เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (lean percentage) ค่าดัชนี Lenden-Speck-Quotient (LSQ) ความยาวซาก และความยาวลำตัว ดังแสดงในตารางที่ 16 แต่สายพันธุ์ของสุกรมีผลต่อคุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค โดยพบว่าอุณหภูมิภายในหลังการฆ่า 45 นาที (Temp 45 min) ค่าความสว่าง (L^*) และเปอร์เซ็นต์โปรตีน (% CP) ในสุกรลูกผสมดิวอี้-หมอยานสูงกว่าสุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง และลูกผสม 4 สาย ($P < 0.05$) สุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น (% Moisture) และเปอร์เซ็นต์ไขมัน (% EE) สูงกว่าเพศผู้ ($P < 0.05$) อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการวิเคราะห์ปัจจัยร่วมระหว่างสายพันธุ์และเพศแล้ว พบว่าปัจจัยร่วมมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีน โดยสุกรเพศผู้ลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าสุกรเพศเมีย ($P < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 17

ปริมาณไขมันแทรกในเนื้อของสุกรลูกผสมดิวอี้-หมอยาน ลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง และลูกผสม 4 สาย ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ซึ่งแสดงว่าสุกรทั้ง 3 กลุ่มมีคุณภาพการบริโภคในส่วนของการไขมันแทรกในกล้ามเนื้อใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไขมันแทรกระหว่างสุกรเพศผู้และเพศเมีย พบว่าสุกรเพศผู้มีปริมาณไขมันแทรกมากกว่าสุกรเพศเมีย ($P < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 18 แสดงถึงการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อของสุกรเพศผู้ที่มีมากกว่าสุกรเพศเมียอย่างชัดเจน

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคุณภาพซากสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน (DM) เปียตรง-พื้นเมือง (PN) และลูกผสมระหว่าง DM และ PN (4-cross)

ลักษณะซาก	DM		PN		DM x PN (4-cross)		P-Value		
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	G	S	G*S
จำนวนสัตว์ (ตัว)	28	14	27	13	14	4			
อายุเข้าฆ่า (day)	220	232	235	214	222	237			
Live wt. (kg.)	100.70±6.22	102.21±14.31	99.22±11.69	94.12±6.59	104.46±15.17	100.63±7.63	ns	ns	ns
Carcass wt. (kg.) ^{1/}	36.35±0.41	34.96±0.58	35.43±0.42	35.44±0.63	36.37±0.58	35.62±1.08	ns	ns	ns
Cold carcass (%)	72.48±0.83	69.91±1.17	71.00±0.85	70.63±1.29	72.29±1.87	70.98±2.18	ns	ns	ns
Lean (%)	34.11±0.70	34.59±0.99	34.21±0.72	34.15±1.09	33.83±1.00	36.03±1.85	ns	ns	ns
LSQ	0.57±0.03	0.51±0.04	0.52±0.03	0.51±0.04	0.53±0.04	0.50±0.07	ns	ns	ns
ความยาวซาก L1 (cm.)	74.96±4.39	78.64±3.18	76.20±5.03	78.08±5.47	84.50±2.56	74.50±6.61	ns	ns	ns
ความยาวซาก L2 (cm.)	89.41±4.54	91.29±3.87	89.22±4.33	91.46±5.97	85.07±1.49	88.25±6.18	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ความยาวซาก L1: ความยาวช่องท้องหรือความยาวซาก (Carcass length) วัดจาก Aitch Bone ถึงกระดูกซี่โครงซี่แรกติดกับกระดูกอก,

ความยาวซาก L2: ความยาวลำตัว (Body length) วัดจาก Aitch Bone ถึงกระดูกอก Atlas, Lenden-Speck-Quotient (LSQ)

^{1/} น้ำหนักซากเย็น (Carcass weight) เฉพาะซี่กษา, ns = non-significant

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค สุนัขลูกผสมดุก-เหมยซาน (DM) เปียตรง-พื้นเมือง (PN) และลูกผสมระหว่าง DM และ PN (4-cross)

ลักษณะซาก	DM		PN		DM x PN (4-cross)		P-Value		
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	G	S	G*S
จำนวนสัตว์ (ตัว)	28	14	27	13	14	4			
pH 45 min	6.33±0.06	6.37±0.09	6.29±0.06	6.30±0.09	6.20±0.09	6.22±0.16	ns	ns	ns
pH 24 hr.	5.77±0.04	5.83±0.05	5.85±0.04	5.87±0.05	5.82±0.05	5.78±0.10	ns	ns	ns
Temp 45 min (°C)	34.86±0.56 ^{ab}	35.72±0.79 ^a	33.72±0.58 ^b	34.07±0.84 ^{ab}	33.38±0.08 ^b	32.96±1.48 ^{ab}	*	ns	ns
Temp 24 hr. (°C)	3.26±0.30	3.73±0.42	3.82±0.30	3.63±0.44	3.20±0.42	2.64±0.78	ns	ns	ns
L*	52.44±0.49 ^a	52.33±0.68 ^{ab}	51.12±0.50 ^{ab}	50.53±0.73 ^b	52.02±0.70 ^{ab}	53.16±1.28 ^{ab}	*	ns	ns
a*	16.16±0.27	16.20±0.39	16.69±0.29	16.70±0.41	16.43±0.39	15.14±0.72	ns	ns	ns
b*	3.83±0.24	3.83±0.34	3.87±0.24	4.22±0.35	4.63±0.34	4.69±0.63	ns	ns	ns
Loin eye area (cm ²)	37.30±1.18	35.73±1.66	35.96±1.21	36.76±1.75	36.05±1.68	37.81±3.10	ns	ns	ns
Drip loss (%)	2.47±0.26	2.76±0.37	2.06±0.27	2.39±0.39	2.33±0.38	2.20±0.70	ns	ns	ns
Thawing loss (%)	6.58±0.23	5.92±0.32	5.91±0.24	5.75±0.34	6.43±0.33	5.59±0.60	ns	ns	ns
Cooking loss (%)	20.78±0.97	22.83±1.36	19.82±0.99	19.83±1.44	23.39±1.38	22.85±2.54	ns	ns	ns
Shear force (kg)	3.99±0.28	4.38±0.40	4.67±0.29	5.17±0.42	5.22±0.40	4.94±0.74	ns	ns	ns
Moisture (%)	72.33±0.32 ^b	73.17±0.45 ^{ab}	72.20±0.33 ^b	74.42±0.47 ^a	72.89±0.45 ^b	72.67±0.83 ^{ab}	ns	*	ns
CP (%)	22.98±0.23 ^a	22.77±0.33 ^a	22.67±0.24 ^a	21.61±0.35 ^b	22.46±0.33 ^{ab}	23.51±0.61 ^a	*	ns	*
EE (%)	5.47±0.27 ^a	4.53±0.38 ^b	5.59±0.27 ^a	4.77±0.41 ^a	5.31±0.38 ^{ab}	4.65±0.70 ^{ab}	ns	*	ns

หมายเหตุ: ตัวอักษรในแถวเดียวกันที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05), G = กลุ่มสายพันธุ์, S = เพศ, ns = non-significant,

* = ระดับนัยสำคัญทางสถิติ P<0.05

ตารางที่ 18 อิทธิพลของสายพันธุ์ และเพศต่อปริมาณไขมันแทรกของสุกรลูกผสมดวอร์ค-เหมยซาน (DM) เปียตรง-พื้นเมือง (PN) และลูกผสมระหว่าง DM และ PN (4-cross)

	ระดับไขมันแทรก				χ^2	P-value
	1	2	3	4		
สายพันธุ์						
DM	26	11	2	3	3.6771	0.7203
PN	21	12	4	3		
4-cross	7	8	2	1		
เพศ						
ผู้	35	25	8	6	8.0894	0.0442
เมีย	21	6	0	1		

การศึกษาลักษณะซาก

จากการตัดแต่งซากสุกรทำการเก็บน้ำหนักก่อนตัดแต่ง โดยแยกเป็นชิ้นส่วน สันคอ หัวไหล่ สันนอก สะโพก สามชั้น ซีโครง สันใน ขาหน้าและขาหลัง ดังตารางที่ 19 จากการวิเคราะห์ปัจจัยด้านสายพันธุ์และเพศ ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนก่อนตัดแต่ง พบว่าปัจจัยด้านสายพันธุ์ ปัจจัยด้านเพศ และปัจจัยร่วมระหว่างสายพันธุ์และเพศ ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนก่อนตัดแต่ง ($P>0.05$)

จากการศึกษาปริมาณเนื้อแดงภายหลังจากการตัดแต่งแบบการค้ำแยกเป็นชิ้นส่วนหลัก ได้แก่ สันคอ หัวไหล่ สันนอก สะโพก สามชั้น ซีโครง และสันใน พบว่าปัจจัยด้านสายพันธุ์และเพศ ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนหลังตัดแต่ง ($P>0.05$) ดังตารางที่ 20

จากการวิเคราะห์ปริมาณเนื้อแดงและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจากชิ้นส่วนรองของหมุดำเชียงใหม่ ได้แก่ ขาหน้า ขาหลัง กระดูก ไขมัน เศษเนื้อ หนัง และเศษทิ้ง พบว่าเพศของสุกรมีผลต่อไขมันจากการตัดแต่ง สุกรเพศผู้ลูกผสมเปียตรง-พื้นเมืองมีปริมาณไขมันตัดแต่งสูงกว่าเพศสุกรเมียลูกผสมดวอร์ค-เหมยซาน ($P<0.05$) และพบว่าปัจจัยร่วมระหว่างสายพันธุ์และเพศมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์เศษทิ้ง ในสุกรเพศเมียลูกผสมดวอร์ค-เหมยซาน และสุกรเพศเมียลูกผสมเปียตรง-พื้นเมืองมีเปอร์เซ็นต์เศษทิ้งที่สูงกว่าเพศผู้ แต่สุกรเพศเมียลูกผสม 4 สาย (4-cross) มีเปอร์เซ็นต์เศษทิ้งน้อยกว่าเพศผู้ ($P<0.05$) ดังในตารางที่ 21

เครื่องในและผลพลอยได้จากการชำแหละ

การศึกษาปริมาณเครื่องในแดงจากการชำแหละ ได้แก่ หัว หัวใจ ไต ตับ ปอด ม้าม น้ำดี ขั้วตับ กระเพาะ ใสใหญ่ ใสเล็ก ใสสุด กระเพาะปัสสาวะ และปริมาณผลพลอยได้จากการชำแหละ ได้แก่ เลือด เศษทิ้ง มันเปลว มันขี้ไส้ มันร่างแห เศษทิ้ง พบว่าปัจจัยด้านสายพันธุ์และเพศมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เครื่องในแดง สุกรลูกผสมดวอร์ค-เหมยซานเพศผู้และเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์ตับสูงกว่าสุกรลูกผสมเปียตรง-พื้นเมือง และสุกรลูกผสม 4 สาย ($P<0.05$) ในขณะที่ไตของสุกรลูกผสมดวอร์ค-เหมยซานเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์สูงกว่าสุกรลูกผสมเปียตรง-พื้นเมืองเพศผู้และเพศเมีย และสุกรลูกผสม 4 สายเพศผู้ ($P<0.05$) ดังตารางที่ 22 และพบว่าเปอร์เซ็นต์เศษทิ้งจากเครื่องในชาวในสุกรลูกผสมดวอร์ค-เหมยซาน เพศผู้สูงกว่าสุกรทุกกลุ่ม และสุกรเพศผู้ทุกกลุ่มมีเปอร์เซ็นต์เศษทิ้งสูงกว่าสุกรเพศเมีย ($P<0.05$) ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 19 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนก่อนตัดแต่งของหมุดำเชียงใหม่

ชิ้นส่วนก่อนตัดแต่ง	DM		PN		DM x PN (4-cross)		P-value		
	เพศผู้ (% ชิ้นส่วน)	เพศเมีย (% ชิ้นส่วน)	เพศผู้ (% ชิ้นส่วน)	เพศเมีย (% ชิ้นส่วน)	เพศผู้ (% ชิ้นส่วน)	เพศเมีย (% ชิ้นส่วน)	G	S	G*S
จำนวน	28	14	27	13	14	4			
สันคอ	2.67±0.05(7.36±0.12)	2.41±0.08(6.87±0.18)	2.57±0.06(7.23±0.13)	2.55±0.08(7.20±0.19)	2.70±0.08(7.42±0.18)	2.65±0.14(7.36±0.33)	ns	ns	ns
หัวไหล่	6.59±0.11(18.16±0.19)	6.30±0.15(17.98±0.27)	6.46±0.11(18.23±0.19)	6.27±0.16(17.69±0.29)	6.40±0.15(17.64±0.27)	6.05±0.28(16.95±0.50)	ns	ns	ns
สันนอก	4.23±0.11(11.65±0.28)	4.02±0.15(11.48±0.39)	4.21±0.11(11.87±0.28)	3.86±0.17(10.79±0.43)	4.34±0.16(11.93±0.40)	4.24±0.29(11.92±0.73)	ns	ns	ns
สะโพก	9.04±0.13(24.93±0.26)	8.74±0.18(24.95±0.36)	8.84±0.13(24.93±0.27)	9.01±0.19(25.41±0.40)	9.11±0.18(25.07±0.37)	9.17±0.33(25.80±0.68)	ns	ns	ns
สามชั้น	6.14±0.17(16.86±0.37)	6.13±0.23(17.49±0.53)	6.17±0.17(17.38±0.38)	6.17±0.26(17.40±0.58)	6.24±0.27(17.02±0.54)	6.21±0.44(17.41±0.99)	ns	ns	ns
ซี่โครง	3.26±0.07(9.01±0.18)	3.15±0.10(8.98±0.25)	3.06±0.08(8.68±0.19)	3.34±0.11(9.50±0.28)	3.28±0.10(9.02±0.26)	3.15±0.19(8.82±0.47)	ns	ns	ns
สันใน	0.68±0.01(1.90±0.05)	0.62±0.02(1.80±0.07)	0.66±0.01(1.87±0.05)	0.63±0.02(1.77±0.07)	0.70±0.02(1.94±0.07)	0.71±0.04(2.02±0.12)	ns	ns	ns
ขาหน้า	1.70±0.04(4.71±0.11)	1.67±0.06(4.76±0.15)	1.59±0.43(4.50±0.11)	1.69±0.06(4.80±0.16)	1.64±0.06(4.56±0.15)	1.56±0.11(4.40±0.28)	ns	ns	ns
ขาหลัง	1.97±0.04(5.43±0.11)	1.97±0.06(5.68±0.15)	1.88±0.04(5.31±0.11)	1.92±0.06(5.44±0.17)	1.96±0.06(5.41±0.15)	1.87±0.10(5.30±0.28)	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = non-significant, DM = ดุริยค-เหมยซาน, PN = เปี้ยแตรง-พื้นเมือง

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณเนื้อแดงและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจากชิ้นส่วนหลักหลังตัดแต่งของหมูดำเชียงใหม่

	DM		PN		DM x PN (4-cross)		P-value		
	เพศผู้ (% ชิ้นส่วน)	เพศเมีย (% ชิ้นส่วน)	เพศผู้ (% ชิ้นส่วน)	เพศเมีย (% ชิ้นส่วน)	เพศผู้ (% ชิ้นส่วน)	เพศเมีย (% ชิ้นส่วน)	G	S	G*S
จำนวน	28	14	27	12	14	4			
สันคอ	1.76±0.04(4.85±0.10)	1.65±0.06(4.69±0.14)	1.70±0.04(4.80±0.10)	1.74±0.06(4.92±0.15)	1.67±0.06(4.64±0.14)	1.70±0.10(4.74±0.25)	ns	ns	ns
หัวไหล่	3.08±0.07(8.52±0.19)	3.06±0.10(8.77±0.27)	3.16±0.07(8.95±0.20)	3.05±0.11(8.62±0.30)	3.11±0.10(8.61±0.28)	3.20±0.19(8.97±0.51)	ns	ns	ns
สันนอก	2.02±0.07(5.59±0.19)	2.00±0.10(5.72±0.27)	1.95±0.07(5.49±0.19)	1.84±0.10(5.16±0.29)	1.94±0.10(5.37±0.27)	2.04±0.18(5.77±0.50)	ns	ns	ns
สะโพก	5.14±0.12(14.21±0.34)	5.07±0.17(14.52±0.48)	4.97±0.13(14.04±0.35)	5.12±0.19(14.48±0.52)	5.17±0.18(14.24±0.48)	5.51±0.33(15.52±0.89)	ns	ns	ns
สามชั้น	5.64±0.16(15.54±0.39)	5.84±0.23(16.74±0.55)	5.90±0.17(16.62±0.40)	5.92±0.25(16.75±0.60)	5.97±0.23(16.42±0.56)	6.04±0.43(16.98±1.03)	ns	ns	ns
ซี่โครง	3.26±0.07(9.01±0.18)	3.15±0.10(8.98±0.25)	3.06±0.08(8.68±0.19)	3.34±0.11(9.50±0.28)	3.28±0.10(9.02±0.26)	3.15±0.19(8.82±0.47)	ns	ns	ns
สันใน	0.34±0.01(0.95±0.03)	0.31±0.02(0.89±0.05)	0.33±0.01(0.94±0.04)	0.35±0.02(0.97±0.05)	0.36±0.02(0.98±0.05)	0.37±0.03(1.05±0.09)	ns	ns	ns

หมายเหตุ: เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง: คำนวณจากปริมาณเนื้อแดงที่ได้จากการชำแหละแบบ Four lean cut คือ เนื้อแดงจากสันคอ ไหล่ สะโพก สันนอก และสันใน โดยคิดจากน้ำหนักซากเย็นซีกขวาของสุกรที่ผ่านการชำแหละตัดหัวและนำเครื่องในออกแล้ว, ns = non-significant, DM = ดุริยค-เหมยซาน, PN = เปี้ยตรง-พื้นเมือง

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานปริมาณเนื้อแดง และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจากชิ้นส่วนรองของหมูดำเชียงใหม่

	DM		PN		DM x PN (4-cross)		P-value		
	เพศผู้ (% ชิ้นส่วน)	เพศเมีย (% ชิ้นส่วน)	เพศผู้ (% ชิ้นส่วน)	เพศเมีย (% ชิ้นส่วน)	เพศผู้ (% ชิ้นส่วน)	เพศเมีย (% ชิ้นส่วน)	G	S	G*S
จำนวน	28	14	27	12	14	4			
ขาหน้า	1.70±0.04(4.71±0.11)	1.67±0.06(4.76±0.15)	1.59±0.04(4.50±0.11)	1.70±0.06(4.80±0.16)	1.64±0.06(4.56±0.15)	1.56±0.11(4.40±0.28)	ns	ns	ns
ขาหลัง	1.97±0.04(5.43±0.11)	1.97±0.06(5.68±0.15)	1.88±0.04(5.31±0.11)	1.92±0.06(5.44±0.17)	1.96±0.06(5.41±0.15)	1.87±0.10(5.30±0.28)	ns	ns	ns
กระดูก	1.76±0.05(4.87±0.14)	1.63±0.07(4.65±0.19)	1.63±0.05(4.63±0.14)	1.67±0.08(4.75±0.21)	1.78±0.07(4.94±0.19)	1.67±0.13(4.71±0.36)	ns	ns	ns
ไขมัน	5.47±0.27(14.96±0.70) ^{ab}	4.53±0.38(12.95±0.98) ^a	5.59±0.27(15.68±0.71) ^b	4.77±0.41(13.36±1.08) ^{ab}	5.31±0.38(14.61±0.99) ^{ab}	4.65±0.70(13.01±1.83) ^{ab}	ns	*	ns
เศษเนื้อ	0.79±0.07(2.15±0.19)	0.71±0.10(1.98±0.26)	0.69±0.07(1.97±0.19)	0.55±0.11(1.47±0.29)	0.61±0.10(1.59±0.26)	0.63±0.18(1.82±0.49)	ns	ns	ns
หนัง	2.73±0.11(7.45±0.26)	2.68±0.16(7.57±0.36)	2.41±0.11(6.79±0.26)	2.85±0.17(7.99±0.40)	2.78±0.16(7.51±0.37)	2.71±0.29(7.50±0.68)	ns	ns	ns
เศษทั้ง	0.62±0.04(1.70±0.11) ^b	0.74±0.06(2.09±0.16) ^a	0.58±0.04(1.62±0.12) ^b	0.63±0.07(1.78±0.17) ^{ab}	0.79±0.06(2.11±0.16) ^a	0.51±0.11(1.42±0.30) ^b	ns	ns	*

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$), G = กลุ่มสายพันธุ์, S = เพศ, ns = non-significant,

* = $P<0.05$, DM = ดุริยค-เหมยซาน, PN = เปี้ยตรง-พื่นเมือง

ตารางที่ 22 ค่าเฉลี่ยปริมาณและเปอร์เซ็นต์เครื่องในแดง และผลพลอยได้ของหมูดำเชียงใหม่

พันธุ์	DM				PN				DM x PN (4-cross)				P-value		
เพศ (ตัว)	ผู้ (28)		เมีย (14)		ผู้ (27)		เมีย (13)		ผู้ (14)		เมีย (4)		%		
ปริมาณ/เปอร์เซ็นต์	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	G	S	G*S
เลือด	3.02	3.02	2.76	2.78	2.78	2.80	2.63	2.64	2.76	2.77	2.90	2.91	ns	ns	ns
หัว	7.71	7.69	7.78	7.82	7.03	7.07	7.62	7.65	7.72	7.77	7.77	7.76	ns	ns	ns
หัวใจ	0.36	0.36	0.35	0.35	0.34	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34	0.35	0.35	ns	ns	ns
ไต	0.30	0.30 ^{ab}	0.33	0.33 ^a	0.28	0.29 ^b	0.27	0.29 ^b	0.29	0.28 ^b	0.31	0.30 ^{ab}	*	ns	ns
ตับ	1.19	1.20 ^a	1.37	1.38 ^a	1.14	1.15 ^b	1.23	1.24 ^{bc}	1.24	1.26 ^c	1.28	1.28a ^{bc}	*	*	ns
ปอด	0.85	0.85	0.78	0.78	0.73	0.73	0.78	0.78	0.76	0.77	0.73	0.73	ns	ns	ns
ม้าม	0.23	0.23	0.20	0.20	0.17	0.17	0.27	0.28	0.17	0.17	0.20	0.20	ns	ns	ns
น้ำดี	0.09	0.09	0.11	0.11	0.08	0.08	0.07	0.07	0.13	0.13	0.08	0.07	ns	ns	ns
ขี้ตัว	0.30	0.30	0.32	0.33	0.28	0.28	0.28	0.28	0.32	0.32	0.31	0.31	ns	ns	ns
เศษทิ้ง	0.30	0.30	0.34	0.35	0.31	0.32	0.32	0.32	0.36	0.37	0.36	0.37	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), G = กลุ่มสายพันธุ์, S = เพศ, ns = non-significant,

* = $P < 0.05$, DM = ดูรีค-เหมยซาน, PN = เปี้ยตรง-พื้นเมือง

ตารางที่ 23 ค่าเฉลี่ยปริมาณและเปอร์เซ็นต์เครื่องในขาว และผลพลอยได้ของหมูดำเชียงใหม่

พันธุ์	DM				PN				DM x PN (4-cross)				P-value		
เพศ (ตัว)	ผู้ (28)		เมีย (14)		ผู้ (27)		เมีย (13)		ผู้ (14)		เมีย (4)		%		
ปริมาณ/เปอร์เซ็นต์	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	G	S	G*S
มันเปลาว	1.89	1.88	1.80	1.83	2.15	2.14	1.57	1.53	2.14	2.12	2.09	2.05	ns	ns	ns
กระเพาะ	0.68	0.67	0.63	0.64	0.66	0.66	0.68	0.68	0.68	0.68	0.63	0.63	ns	ns	ns
ไส้ใหญ่	1.31	1.30	1.36	1.41	1.24	1.25	1.16	1.16	1.22	1.25	1.26	1.26	ns	ns	ns
ไส้เล็ก	1.02	1.01	1.21	1.13	1.08	1.10	1.13	1.13	1.17	1.18	1.29	1.29	ns	ns	ns
ไส้สุด	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.27	0.25	0.25	0.27	0.27	0.27	0.27	ns	ns	ns
ก้น	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.07	0.08	0.15	0.11	0.08	0.07	0.05	ns	ns	ns
ไขมันข้าวสาลี	0.82	0.81	0.79	0.80	0.74	0.73	0.70	0.69	0.74	0.75	0.72	0.73	ns	ns	ns
ไขมันร่างแห	0.21	0.21	0.21	0.21	0.29	0.29	0.22	0.22	0.26	0.26	0.24	0.24	ns	ns	ns
กระเพาะปัสสาวะ	0.11	0.11	0.11	0.12	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	ns	ns	ns
เศษทิ้ง	1.43	1.44 ^b	0.83	0.85 ^a	1.11	1.13 ^c	0.71	0.71 ^a	1.16	1.15 ^c	0.65	0.67 ^a	*	*	ns

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$), G = กลุ่มสายพันธุ์, S = เพศ, ns = non-significant,

* = $P < 0.05$, DM = ดูรีค-เหมยซาน, PN = เปี้ยตรง-พื้นเมือง

5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอเป้าหมายกับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร

คณะผู้วิจัยได้ศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของยีนเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพเนื้อ ในตัวอย่างสุกรพ่อแม่พันธุ์ F2 และลูกสุกรระยะหย่านม จำนวน 469 ตัว โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีนที่มีการรายงานทางวิชาการที่ผ่านมา จำนวน 10 ยีน (11 markers) ประกอบด้วย *MC4R*, *LEP*, *RYR1*, *CAST1*, *CAST2*, *PIT1*, *MC5R*, *LEPR*, *PPARG*, *IGF2*, และ *PRKAG3* ในจำนวนนี้พบว่าเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ จำนวน 10 marker ที่ประสบความสำเร็จในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยา PCR ได้ ในขณะที่เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีน *PIT1* ไม่สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้ และเมื่อตรวจสอบความผันแปรทางพันธุกรรมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอทั้ง 10 marker ดังกล่าวข้างต้นด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme) พบว่ามีเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอเพียง จำนวน 8 marker ที่แสดงความผันแปรทางพันธุกรรมในประชากรสุกรฝูงนี้ ซึ่งประกอบเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีน *MC4R*, *LEP*, *RYR1*, *CAST2*, *MC5R*, *LEPR*, *PPARG* และ *IGF2* ส่วนเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีน *CAST1* และ *PRKAG3* ไม่แสดงความผันแปรทางพันธุกรรมในประชากรกลุ่มนี้

สำหรับเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอทั้ง 8 Markers (*MC4R*, *LEP*, *RYR1*, *CAST2*, *MC5R*, *LEPR*, *PPARG* และ *IGF2*) ถูกนำมาศึกษาความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพเนื้อ นอกจากนี้ยีนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมลักษณะสีขนในสุกร (*MC1R* และ *KIT*) จำนวน 2 เครื่องหมาย ถูกนำมาศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมเกี่ยวกับสีขนในประชากรสุกรฝูงดังกล่าว

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะสมรรถภาพการผลิตนั้น ประกอบไปด้วย อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain, ADG) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio, FCR) ความหนาไขมันสันหลัง (back fat thickness, BF) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area, LEA) ความยาวลำตัว (body length, BL) อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัม (age at 90 kg body weight, AGE90) ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีน *MC4R*, *LEP*, *RYR1*, *CAST2*, *MC5R*, *LEPR*, *PPARG* และ *IGF2* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต แสดงตารางที่ 24 ซึ่งพบว่าปัจจัยพ่อและแม่ ส่วนใหญ่มีอิทธิพลต่อลักษณะสมรรถภาพการผลิต ในขณะที่ปัจจัยของเพศและเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ มีอิทธิพลต่อลักษณะสมรรถภาพการผลิตในบางลักษณะ เมื่อพิจารณาอิทธิพลของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกรแต่ละสายพันธุ์ แสดงดังตารางที่ 25-32

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะสมรรถภาพการผลิต

ยีน	ลักษณะ	โมเดล	พ่อ	แม่	เพศ	Marker	R ²
<i>MC4R</i>	ADG	***	***	***	ns	ns	0.50
	FCR	***	***	**	ns	ns	0.52
	BF	**	ns	***	ns	ns	0.45
	LEA	***	*	*	ns	ns	0.52
	BL	***	*	**	*	ns	0.54
	AGE90	***	***	***	ns	ns	0.54
<i>LEP</i>	ADG	***	***	***	ns	ns	0.50
	FCR	***	***	**	ns	ns	0.52
	BF	**	ns	***	ns	ns	0.45
	LEA	***	*	*	ns	ns	0.52

ยีน	ลักษณะ	โมเดล	พ่อ	แม่	เพศ	Marker	R ²
	BL	***	ns	**	*	ns	0.54
	AGE90	***	***	***	ns	ns	0.54
<i>RYR1</i>	ADG	***	***	***	ns	ns	0.52
	FCR	***	***	*	ns	ns	0.49
	BF	***	ns	***	ns	**	0.51
	LEA	***	*	**	ns	ns	0.56
	BL	***	*	**	*	ns	0.52
	AGE90	***	***	***	ns	ns	0.60
<i>CAST2</i>	ADG	***	**	***	ns	ns	0.50
	FCR	***	***	**	ns	ns	0.52
	BF	**	ns	***	ns	ns	0.45
	LEA	***	ns	*	ns	ns	0.52
	BL	***	ns	**	*	ns	0.54
	AGE90	***	***	***	ns	ns	0.54
<i>MC5R</i>	ADG	***	***	***	ns	ns	0.51
	FCR	***	***	**	ns	**	0.56
	BF	**	ns	***	ns	ns	0.45
	LEA	***	ns	*	ns	ns	0.52
	BL	***	**	***	*	ns	0.54
	AGE90	***	***	***	ns	ns	0.55
<i>LEPR</i>	ADG	***	***	***	ns	ns	0.50
	FCR	***	***	**	ns	ns	0.52
	BF	**	ns	***	ns	ns	0.45
	LEA	***	*	*	ns	ns	0.52
	BL	***	*	**	*	ns	0.53
	AGE90	***	***	***	ns	ns	0.54
<i>PPARG</i>	ADG	***	***	***	ns	ns	0.51
	FCR	***	***	**	ns	ns	0.52
	BF	**	ns	***	ns	ns	0.46
	LEA	***	*	*	ns	ns	0.53
	BL	***	*	**	*	ns	0.53
	AGE90	***	***	***	ns	ns	0.54
<i>IGF2</i>	ADG	***	***	***	ns	ns	0.51
	FCR	***	***	*	ns	ns	0.47
	BF	**	ns	***	ns	ns	0.45
	LEA	***	*	*	ns	ns	0.51
	BL	***	*	**	*	ns	0.52
	AGE90	***	***	***	ns	ns	0.55

หมายเหตุ: ADG (average daily gain) = อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน, FCR (feed conversion ratio) = ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร, BF (back fat thickness) = ความหนาไขมันสันหลัง, LEA (loin eye are) = พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน, BL = ความยาวลำตัว (body length), AGE90 = อายุเมื่อ 90 กิโลกรัม, * = P<0.05, ** = P<0.01, *** = P<0.001

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *MC4R* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *MC4R* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตแสดงดังตารางที่ 25 โดยในสุกรลูกผสมดิวอี้-ค-แฮมซานและสุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง พบว่าความผันแปรของยีน *MC4R* ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต ($P>0.05$)

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล *MC4R* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร

พันธุ์	ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
		AA	AG	GG	
DM	จำนวน (ตัว)	11	63	64	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	696.18±34.97	699.44±14.00	693.88±14.69	0.14
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.71±0.12	2.59±0.05	2.63±0.05	0.06
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.43±0.09	1.31±0.04	1.42±0.04	0.16
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	23.64±1.43	25.75±0.57	25.05±0.60	0.27
	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.76±1.62	106.10±0.64	105.32±0.67	0.07
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	176.93±5.68	172.44±2.27	177.65±2.38	0.27
PN	จำนวน (ตัว)	24	84	94	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	660.27±23.64	667.61±12.11	644.92±12.34	0.42
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.74±0.09	2.80±0.04	2.85±0.03	0.32
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.27±0.11	1.37±0.06	1.45±0.06	0.51
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.77±0.95	25.77±0.49	24.65±0.50	0.40
	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.29±9.08	110.24±4.65	104.15±4.77	0.74
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	181.36±3.72	179.72±1.90	184.74±1.94	0.23
4-cross	จำนวน (ตัว)	15	45	37	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	687.73±25.91	680.38±15.34	645.45±22.86	0.51
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.66±0.11	2.78±0.07	2.80±0.10	0.75
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.37±0.07	1.34±0.04	1.44±0.06	0.71
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.80±1.23	25.76±0.68	24.30±1.02	0.62
	ความยาวลำตัว (ชม.)	104.97±1.21	106.27±0.67	103.88±1.00	0.24
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	168.09±4.55	172.88±2.69	179.93±4.01	0.26

หมายเหตุ: DM = สุกรลูกผสมดิวอี้-ค-แฮมซาน, PN = สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง, 4-cross = สุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์ (DM × PN), ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตแสดงดังตารางที่ 26 โดยในสุกรลูกผสมดว้รอค-เหมยซานพบความผันแปรของยีน *LEP* มีความสัมพันธ์กับลักษณะอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (FCR) และอายุเมื่อ 90 กิโลกรัม (AGE90) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยลักษณะ ADG สุกรที่มีจีโนไทป์ TT มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ TC และ CC ประมาณ 40.61 และ 88.88 กรัม/วัน ตามลำดับ ($P=0.02$) ลักษณะ FCR สุกรที่มีจีโนไทป์ TT มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ CC ประมาณ 0.40 และลักษณะ AGE90 สุกรที่มีจีโนไทป์ TT มีอายุเมื่อ 90 กิโลกรัมน้อยกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ TC และ CC ประมาณ 8.45 และ 10.60 วัน ตามลำดับ ($P=0.01$) อย่างไรก็ตาม ในสุกรลูกผสมเป็ดตรง-พื้นเมืองและลูกผสม 4 สายพันธุ์ ความผันแปรของยีน *LEP* ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต ($P>0.05$)

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล *LEP* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร

พันธุ์	ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
		TT	TC	CC	
DM	จำนวน (ตัว)	49	73	16	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	726.97±15.79 ^a	686.36±13.16 ^b	638.09±31.29 ^b	0.02
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.54±0.05 ^A	2.61±0.05 ^{AB}	2.94±0.10 ^B	0.005
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.35±0.04	1.36±0.04	1.47±0.09	0.51
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.65±0.65	25.52±0.54	22.52±1.30	0.08
	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.48±0.74	106.13±0.61	104.48±1.47	0.06
PN	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	169.66±2.58 ^A	177.15±2.15 ^B	184.38±5.11 ^B	0.01
	จำนวน (ตัว)	70	111	21	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	657.95±14.38	660.30±10.87	638.81±24.15	0.64
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.77±0.05	2.82±0.04	2.89±0.09	0.31
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.40±0.07	1.38±0.05	1.39±0.11	0.99
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	24.64±0.58	25.71±0.71	24.54±0.97	0.39
4-cross	ความยาวลำตัว (ชม.)	104.85±5.51	108.84±4.19	104.35±9.26	0.85
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	182.86±2.27	181.04±1.71	184.86±3.81	0.62
	จำนวน (ตัว)	34	48	14	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	677.34±20.90	682.68±15.05	624.07±30.90	0.35
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.73±0.09	2.76±0.06	2.87±0.15	0.82
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.28±0.05	1.38±0.04	1.52±0.08	0.15
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	26.05±0.73	25.69±0.67	22.77±1.37	0.21
	ความยาวลำตัว (ชม.)	106.40±0.94	105.49±0.67	103.20±1.36	0.28
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	172.07±3.66	171.70±2.63	185.58±5.41	0.14

หมายเหตุ: DM = สุกรลูกผสมดว้รอค-เหมยซาน, PN = สุกรลูกผสมเป็ดตรง-พื้นเมือง, 4-cross = สุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์ (DM × PN), ^{a,b} ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$, ^{A,B} ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.01$

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน RYR กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน RYR กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตแสดงดังตารางที่ 27 โดยในสุกรลูกผสมดว้ค-เหมาชนพบความผันแปรของยีน RYR มีความสัมพันธ์กับลักษณะความยาวลำตัว (BL) และอายุเมื่อ 90 กิโลกรัม (AGE90) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ CC มีความยาวลำตัวยาวกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ TC ประมาณ 2.77 เซนติเมตร ($P=0.007$) และลักษณะ AGE90 สุกรที่มีจีโนไทป์ CC มีอายุเมื่อ 90 กิโลกรัม่น้อยกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ TC ประมาณ 7.24 วัน ($P=0.05$)

ในสุกรลูกผสมเป็ดตรง-พื้นเมืองพบความผันแปรของยีน RYR มีความสัมพันธ์กับลักษณะความหนาไขมันสันหลัง (BF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ TT มีความหนาไขมันสันหลังมากกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์แบบ TC และ CC ประมาณ 0.96 และ 1.03 เซนติเมตร ตามลำดับ

สำหรับสุกรลูกผสม 4-cross พบความผันแปรของยีน RYR มีความสัมพันธ์กับลักษณะน้ำหนกเข้าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนกตัว (FCR) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.02$) โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ CC มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนกตัวน้อยกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ TC ประมาณ 0.27

ตารางที่ 27 ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล RYR กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร

พันธุ์	ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
		TT	TC	CC	
DM	จำนวน (ตัว)		35	99	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	-	689.53±20.03	698.76±11.41	0.13
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	-	2.62±0.07	2.61±0.04	0.11
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	-	1.36±0.06	1.36±0.03	0.67
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	-	25.08±0.82	25.24±0.47	0.43
	ความยาวลำตัว (ชม.)	-	103.69±0.89 ^B	106.46±0.50 ^A	0.007
PN	อายุเมื่อน้ำหนก 90 กก. (วัน)	-	180.54±3.21 ^b	173.30±1.83 ^a	0.05
	จำนวน (ตัว)	7	77	109	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	665.30±46.15	659.24±14.36	657.65±10.47	0.90
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.74±0.16	2.83±0.05	2.78±0.03	0.28
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	2.36±0.21 ^B	1.40±0.06 ^A	1.33±0.05 ^A	<0.001
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	22.33±1.88	25.29±0.59	25.35±0.42	0.41
4-cross	ความยาวลำตัว (ชม.)	103.16±18.02	102.44±5.65	109.88±4.09	0.67
	อายุเมื่อน้ำหนก 90 กก. (วัน)	184.23±7.20	181.91±2.24	181.60±1.63	0.77
	จำนวน (ตัว)		37	52	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	-	674.14±20.49	679.71±15.41	0.67
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	-	2.91±0.08 ^b	2.64±0.06 ^a	0.02
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	-	1.39±0.05	1.38±0.04	0.96
4-cross	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	-	24.88±0.90	25.85±0.68	0.70
	ความยาวลำตัว (ชม.)	-	104.99±0.56	105.38±0.64	0.90
	อายุเมื่อน้ำหนก 90 กก. (วัน)	-	177.28±3.42	169.45±2.57	0.19

หมายเหตุ: DM = สุกรลูกผสมดว้ค-เหมาชน, PN = สุกรลูกผสมเป็ดตรง-พื้นเมือง, 4-cross = สุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์ (DM × PN), ^{a,b} ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$, ^{A,B} ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.001$

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *CAST2* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *CAST2* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตแสดงดังตารางที่ 28 โดยในสุกรลูกผสมดิวอี้-หมุยซานและ 4-cross ไม่พบความผันแปรของยีน *MC4R* มีความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต ($P>0.05$)

สำหรับสุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมืองพบความผันแปรของยีน *CAST2* มีความสัมพันธ์กับลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (LEA) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.03$) โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ CC มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมากกว่าสุกรที่มี จีโนไทป์ AA และ AC ประมาณ 0.66 และ 2.14 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 28 ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล *CAST2* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร

พันธุ์	ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
		AA	AG	GG	
DM	จำนวน (ตัว)	73	55	10	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	711.57±13.81	682.59±14.84	682.75±33.49	0.06
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.54±0.05	2.69±0.05	2.71±0.12	0.07
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.38±0.04	1.36±0.04	1.31±0.10	0.70
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.23±0.52	25.17±0.61	26.08±1.38	0.55
	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.77±0.63	105.52±0.68	106.55±1.53	0.09
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	173.25±2.27	177.11±2.44	175.36±5.47	0.50
PN	จำนวน (ตัว)	40	101	61	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	662.32±16.98	647.69±11.55	669.86±15.25	0.47
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.74±0.06	2.89±0.04	2.75±0.05	0.07
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.32±0.08	1.45±0.05	1.33±0.07	0.43
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.77±0.68 ^b	24.29±0.46 ^b	26.43±0.60 ^a	0.03
	ความยาวลำตัว (ชม.)	103.48±6.47	103.40±4.42	116.25±5.81	0.27
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	178.10±2.66	183.92±1.81	181.67±2.39	0.27
4-cross	จำนวน (ตัว)	39	55	3	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	663.67±17.45	674.88±16.27	728.34±47.92	0.58
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.76±0.07	2.76±0.08	2.84±0.21	0.94
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.38±0.04	1.39±0.04	1.10±0.15	0.31
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	24.76±0.76	25.53±0.72	30.00±2.35	0.19
	ความยาวลำตัว (ชม.)	104.86±0.74	105.33±0.70	112.00±2.28	0.08
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	174.54±3.12	173.58±2.19	168.91±8.58	0.93

หมายเหตุ: DM = สุกรลูกผสมดิวอี้-หมุยซาน, PN = สุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง, 4-cross = สุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์ (DM × PN), ^{a,b} ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *MC5R* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *MC5R* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตแสดงดังตารางที่ 29 โดยในสุกรลูกผสมดวอร์ค-เหมยซาน สุกรลูกผสม 4-cross ความผันแปรของยีน *MC5R* ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต ($P>0.05$)

ในสุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมืองพบความผันแปรของยีน *MC5R* มีความสัมพันธ์กับลักษณะประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (FCR) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.02$) โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ AG และ GG มี FCR ต่ำกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ AA ประมาณ 46.48 และ 35.46 ตามลำดับ

ตารางที่ 29 ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล *MC5R* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร

พันธุ์	ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
		AA	AG	GG	
DM	จำนวน (ตัว)	52	73	13	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	699.52±15.43	695.91±13.40	688.18±34.87	0.14
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.68±0.05	2.58±0.04	2.50±0.12	0.22
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.36±0.04	1.34±0.03	1.58±0.09	0.10
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.70±0.63	25.27±0.54	23.19±1.42	0.22
	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.38±0.61	105.82±0.61	106.91±1.59	0.07
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	173.04±2.51	175.83±2.18	180.32±5.68	0.44
PN	จำนวน (ตัว)	121	68	12	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	643.15±10.39	679.58±13.67	670.09±35.51	0.09
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.88±0.04 ^b	2.71±0.05 ^a	2.71±0.13 ^a	0.02
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.40±0.05	1.38±0.06	1.32±0.17	0.97
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.59±0.42	25.06±0.55	22.19±1.44	0.14
	ความยาวลำตัว (ชม.)	109.76±4.03	102.83±5.28	104.03±13.73	0.68
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	183.57±1.64	178.95±2.16	185.14±5.63	0.27
4-cross	จำนวน (ตัว)	54	34	7	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	686.97±15.83	663.33±17.72	588.82±62.11	0.37
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.74±0.07	2.70±0.07	3.32±0.27	0.20
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.35±0.04	1.40±0.04	1.53±0.17	0.73
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	26.52±0.70	24.30±0.77	22.26±2.70	0.11
	ความยาวลำตัว (ชม.)	104.88±0.69	105.86±0.75	102.00±2.65	0.48
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	171.20±2.78	174.83±3.11	192.51±10.92	0.27

หมายเหตุ: DM = สุกรลูกผสมดวอร์ค-เหมยซาน, PN = สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง, 4-cross = สุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์ (DM x PN), ^{a,b} ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEPR* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEPR* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตแสดงดังตารางที่ 30 โดยในสุกรลูกผสมดวี่อค-เหมยซาน สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง และสายพันธุ์ 4-cross พบความผันแปรของยีน *LEPR* ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต ($P>0.05$)

ตารางที่ 30 ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล *LEPR* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร

พันธุ์	ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
		AA	AT	TT	
DM	จำนวน (ตัว)	13	66	59	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	684.01±37.00	691.20±14.70	703.30±13.91	0.12
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.73±0.12	2.56±0.05	2.65±0.04	0.28
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.34±0.10	1.37±0.04	1.36±0.04	0.83
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.91±1.52	25.10±0.60	25.35±0.57	0.56
	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.77±1.70	105.76±0.67	105.70±0.63	0.10
PN	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	180.61±6.05	173.65±2.40	175.61±2.27	0.52
	จำนวน (ตัว)	8	77	117	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	707.35±46.30	645.76±12.75	662.55±10.73	0.36
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.59±0.18	2.80±0.04	2.84±0.04	0.24
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.36±0.22	1.30±0.06	1.45±0.05	0.33
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	27.37±1.88	24.73±0.52	25.47±0.43	0.42
4-cross	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.62±17.81	103.94±4.94	109.25±4.12	0.79
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	171.15±7.30	183.35±2.01	181.68±1.69	0.33
	จำนวน (ตัว)	5	38	54	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	639.34±62.19	688.09±22.13	668.74±13.77	0.75
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.70±0.28	2.81±0.09	2.75±0.06	0.89
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.53±0.17	1.44±0.06	1.33±0.03	0.39
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.22±2.75	24.02±0.98	25.95±0.62	0.40
	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.42±2.77	105.77±0.98	105.29±0.62	0.94
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	187.52±10.98	171.33±3.91	174.00±2.43	0.57

หมายเหตุ: DM = สุกรลูกผสมดวี่อค-เหมยซาน, PN = สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง, 4-cross = สุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์ (DM × PN), ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *PPARG* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต
ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *PPARG* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตแสดงดังตารางที่ 31 โดยในสุกรลูกผสมดิวอี้ค-แฮมยชาน สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง และสายพันธุ์ 4-cross ความผันแปรของยีน *PPARG* ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต ($P>0.05$)

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล *PPARG* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร

พันธุ์	ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
		AA	AG	GG	
DM	จำนวน (ตัว)	40	72	25	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	688.82±16.20	696.36±14.36	715.36±24.65	0.10
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.68±0.04	2.58±0.05	2.59±0.08	0.38
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.36±0.04	1.35±0.04	1.45±0.07	0.50
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.62±0.66	25.28±0.57	24.51±1.01	0.46
	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.41±0.73	105.31±0.63	107.72±1.12	0.15
PN	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	174.17±2.64	177.21±2.28	170.70±4.02	0.22
	จำนวน (ตัว)	108	82	12	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	657.57±11.20	660.39±12.57	629.78±31.50	0.60
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.81±0.04	2.80±0.04	2.90±0.12	0.41
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.35±0.05	1.43±0.06	1.37±0.15	0.80
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.69±0.45	24.64±0.51	25.21±1.27	0.44
4-cross	ความยาวลำตัว (ชม.)	104.91±4.27	111.52±4.82	95.50±12.03	0.49
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	182.70±1.76	180.49±1.97	187.31±4.96	0.45
	จำนวน (ตัว)	42	45	10	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	681.34±16.23	662.61±17.46	677.50±44.12	0.81
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.73±0.07	2.77±0.07	2.95±0.19	0.71
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.34±0.04	1.37±0.04	1.61±0.12	0.22
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	26.12±0.73	24.90±0.77	23.35±1.95	0.44
	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.47±0.73	105.02±0.77	107.76±1.94	0.59
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	172.58±2.88	175.72±3.10	169.60±7.83	0.83

หมายเหตุ: DM = สุกรลูกผสมดิวอี้ค-แฮมยชาน, PN = สุกรลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง, 4-cross = สุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์ (DM × PN), ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *IGF2* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *IGF2* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตแสดงดังตารางที่ 32 โดยในสุกรลูกผสมดิวอี้-แฮมยูนาน สุกรลูกผสมเปย์แตง-พื้นเมือง และสายพันธุ์ 4-cross ความผันแปรของยีน *IGF2* ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต ($P>0.05$)

ตารางที่ 32 ผลการวิเคราะห์เครื่องหมายโมเลกุล *IGF2* กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร

พันธุ์	ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
		AA	AG	GG	
DM	จำนวน (ตัว)	34	66	39	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	715.50±21.25	704.86±13.82	671.88±17.15	0.20
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.57±0.07	2.60±0.05	2.67±0.06	0.06
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.42±0.06	1.40±0.03	1.28±0.05	0.15
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	24.73±0.88	25.11±0.57	25.90±0.71	0.39
	ความยาวลำตัว (ชม.)	106.52±0.97	106.24±0.63	104.43±0.78	0.13
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	170.92±3.49	174.88±2.27	178.09±2.81	0.27
PN	จำนวน (ตัว)	36	97	68	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	636.98±20.70	660.10±11.85	660.10±13.37	0.58
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.79±0.07	2.81±0.04	2.81±0.04	0.31
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.47±0.09	1.38±0.05	1.36±0.06	0.83
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.38±0.84	25.47±0.48	24.80±0.54	0.73
	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.13±7.94	110.51±4.57	103.62±5.13	0.69
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	184.58±3.27	182.43±1.87	180.61±2.11	0.60
4-cross	จำนวน (ตัว)	19	53	25	
	อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)	676.73±32.46	684.18±15.28	651.91±21.12	0.61
	ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร	2.94±0.14	2.74±0.06	2.76±0.09	0.57
	ความหนาไขมันสันหลัง (ชม.)	1.41±0.08	1.40±0.03	1.32±0.05	0.69
	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.)	25.18±1.43	24.67±0.68	26.63±0.93	0.47
	ความยาวลำตัว (ชม.)	105.74±1.42	105.47±0.68	104.91±0.92	0.94
	อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (วัน)	175.82±5.77	172.12±2.71	175.17±3.75	0.87

หมายเหตุ: DM = สุกรลูกผสมดิวอี้-แฮมยูนาน, PN = สุกรลูกผสมเปย์แตง-พื้นเมือง, 4-cross = สุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์ (DM × PN), ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอเป้าหมาย จำนวน 8 เครื่องหมายโมเลกุล (*MC4R*, *LEP*, *RYR1*, *CAST2*, *MC5R*, *LEPR*, *PPARG* และ *IGF2*) กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร พบเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ จำนวน 5 เครื่องหมาย มีความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต ได้แก่ เครื่องหมายโมเลกุล *LEP*, *RYR1*, *CAST2*, *MC5R* และ *IGF2*

สำหรับเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *LEP* พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะอัตราการเจริญเติบโต และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. ในสุกรลูกผสมดิวอี้-แฮมยูนาน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Peixoto และคณะ (2006) และ Bauer และคณะ (2006) ที่รายงานว่าเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *LEP* มีความสัมพันธ์กับลักษณะอัตราการเจริญเติบโตในสุกรลูกผสมลูกผสม

เครื่องหมายโมเลกุล *RYR1* พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกรทั้ง 3 สายพันธุ์ โดยในสุกรลูกผสมดิวอี้-แฮมยูนาน พบเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ

RYR1 มีความสัมพันธ์กับลักษณะความยาวลำตัวและอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. ในสุกรลูกผสมเป็ดตรง-พื้นเมือง พบเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *RYR1* มีความสัมพันธ์กับลักษณะความหนาไขมันสันหลัง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Jin *et al.* (2006) ที่มีการรายงานว่าเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *RYR1* มีความสัมพันธ์กับลักษณะความหนาไขมันสันหลังในสุกรสายพันธุ์ลูกผสมระหว่าง Landrace x Yorkshire x Duroc อย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินอกจากนี้ยังสอดคล้องกับรายงานของ Kadarmideen (2008) ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *RYR1* และลักษณะความหนาไขมันสันหลังในสุกรและในสุกรลูกผสม 4-cross พบเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *RYR1* มีความสัมพันธ์กับลักษณะประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร อย่างไรก็ตามผลการศึกษาในครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kadarmideen (2008) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *RYR1* กับลักษณะประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารอาจเป็นเพราะความแตกต่างของกลุ่มประชากร

เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *CAST2* พบความสัมพันธ์กับลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ในสุกรลูกผสมเป็ดตรง-พื้นเมือง โดยสอดคล้องกับรายงานของ Urbanski *et al.* (2015) ซึ่งพบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *CAST2* กับลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เครื่องหมายโมเลกุล *MC5R* พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะสมรรถภาพการผลิตในสุกร 2 สายพันธุ์ โดยในสุกรลูกผสมเป็ดตรง-พื้นเมืองพบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะอัตราการเจริญเติบโต โดยสอดคล้องกับการศึกษาของ Kovacik *et al.* (2012) ซึ่งรายงานพบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุล *MC5R* กับลักษณะอัตราการเจริญเติบโตในสุกรสายพันธุ์ลูกผสมลาร์จไวท์กับแลนด์เรซ และในสุกรลูกผสม 4-cross พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน

สำหรับเครื่องหมายโมเลกุล *IGF2* พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันในสุกรลูกผสม 4-cross โดยสอดคล้องกับรายงานของ Vykoukalova *et al.* (2006) ซึ่งพบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *IGF2* กับลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์

สำหรับผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอทั้ง 8 เครื่องหมาย กับลักษณะสมรรถภาพการผลิตโดยภาพรวม พบ 3 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ คือ *CAST2*, *MC5R* และ *IGF2* ที่มีความสัมพันธ์และเหมาะสมที่จะใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน นอกจากนี้ยังพบเครื่องหมายโมเลกุลจำนวน 2 เครื่องหมาย คือ *LEP* และ *MC5R* มีความสัมพันธ์กับลักษณะอัตราการเจริญเติบโต และสำหรับลักษณะอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. พบเครื่องหมายโมเลกุล *LEP* และ *RYR1* มีความสัมพันธ์กับลักษณะดังกล่าว และอาจใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับลักษณะดังกล่าวได้

6. ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอเป้าหมายกับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะคุณภาพซากนั้น ประกอบไปด้วย เปอร์เซ็นต์ซาก (carcass percentage) ดัชนีบ่งชี้ลักษณะ LSQ (fat/muscle quotient: Lenden-Speck-Quotient, LSQ) ค่า pH ที่ 45 นาที (pH₄₅) และ ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง (pH₂₄) สำหรับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค ประกอบไปด้วยค่าความสว่าง (lightness, L*) ค่าความแดง (redness, a*) ค่าความเหลือง (yellowness, b*) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye are, LEA) ค่าแรงตัดเนื้อชิ้นเนื้อ (instroneX) เปอร์เซ็นต์โปรตีน (protein percentage) เปอร์เซ็นต์ไขมัน (fat percentage) ค่าการสูญเสีย น้ำขณะเก็บรักษา (drip loss percentage) และลักษณะไขมันแทรก (IMF)

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีน *MC4R*, *LEP*, *RYR1*, *CAST2*, *MC5R*, *LEPR*, *PPARG* และ *IGF2* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปัจจัยพ่อและแม่ เครื่องหมายโมเลกุล และเพศของสุกร มีอิทธิพลกับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค ในบางลักษณะเท่านั้น แสดงดังตารางที่ 33

ตารางที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค

ยีน	ลักษณะ	โมเดล	พ่อ	แม่	เพศ	Marker	R ²
<i>MC4R</i>	คุณภาพซาก						
	%carcass	ns	ns	ns	ns	ns	0.64
	LSQ	ns	ns	ns	ns	ns	0.59
	pH45	ns	ns	*	ns	ns	0.63
	pH24	ns	ns	ns	ns	ns	0.59
	คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค						
	L*	*	ns	ns	ns	ns	0.64
	a*	ns	ns	ns	ns	*	0.64
	b*	**	**	ns	ns	ns	0.73
	LEA	ns	ns	ns	ns	*	0.59
	InstroneX	*	ns	ns	ns	ns	0.58
	%Protein	ns	ns	ns	ns	*	0.63
	%Fat	**	ns	*	**	ns	0.71
	%drip loss	ns	ns	ns	ns	ns	0.51
<i>LEP</i>	คุณภาพซาก						
	%carcass	ns	ns	ns	ns	ns	0.63
	LSQ	ns	ns	ns	ns	ns	0.59
	pH45	ns	ns	ns	ns	ns	0.61
	pH24	ns	ns	ns	ns	ns	0.59

ยีน	ลักษณะ	โมเดล	พ่อ	แม่	เพศ	Marker	R ²
คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค							
	L*	*	ns	ns	ns	ns	0.65
	a*	ns	ns	ns	ns	ns	0.59
	b*	**	**	ns	ns	ns	0.69
	LEA	ns	ns	ns	ns	ns	0.56
	InstroneX	*	ns	ns	ns	ns	0.68
	%Protein	ns	ns	ns	ns	ns	0.51
	%Fat	*	ns	*	**	ns	0.70
	%drip loss	ns	ns	ns	ns	ns	0.81
<i>RYS1</i>	คุณภาพซาก						
	%carcass	*	ns	ns	ns	ns	0.65
	LSQ	ns	ns	ns	ns	ns	0.57
	pH45	ns	ns	*	ns	ns	0.64
	pH24	ns	ns	ns	ns	ns	0.61
	คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค						
	L*	**	ns	ns	ns	ns	0.64
	a*	*	ns	ns	ns	*	0.66
	b*	*	*	ns	ns	*	0.73
	LEA	ns	ns	ns	ns	ns	0.54
	InstroneX	*	ns	ns	ns	ns	0.66
	%Protein	ns	ns	ns	ns	**	0.60
	%Fat	*	ns	*	***	ns	0.72
	%drip loss	ns	ns	ns	ns	ns	0.45
<i>CAST2</i>	คุณภาพซาก						
	%carcass	ns	ns	ns	ns	ns	0.63
	LSQ	ns	ns	ns	ns	ns	0.56
	pH45	ns	ns	ns	ns	ns	0.58
	pH24	ns	ns	ns	ns	ns	0.59
	คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค						
	L*	*	ns	ns	ns	ns	0.65
	a*	ns	ns	ns	ns	ns	0.60
	b*	**	**	ns	ns	ns	0.70
	LEA	ns	ns	ns	ns	ns	0.53
	InstroneX	*	ns	ns	ns	ns	0.67
	%Protein	ns	ns	ns	ns	ns	0.52

ยีน	ลักษณะ	โมเดล	พ่อ	แม่	เพศ	Marker	R ²
	%Fat	**	ns	*	**	ns	0.72
	%drip loss	ns	ns	ns	ns	ns	0.47
MC5R							
	คุณภาพซาก						
	%carcass	ns	ns	ns	ns	ns	0.63
	LSQ	ns	ns	ns	ns	ns	0.58
	pH45	*	ns	*	ns	ns	0.65
	pH24	ns	ns	ns	ns	ns	0.60
	คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคน						
	L*	*	ns	ns	ns	ns	0.69
	a*	ns	ns	ns	ns	ns	0.62
	b*	**	**	ns	ns	ns	0.70
	LEA	ns	ns	ns	ns	ns	0.43
	InstroneX	**	ns	ns	*	ns	0.69
	%Protein	ns	ns	ns	ns	ns	0.53
	%Fat	**	**	ns	**	ns	0.72
	%drip loss	ns	ns	ns	ns	ns	0.49
LEPR							
	คุณภาพซาก						
	%carcass	ns	ns	ns	ns	ns	0.63
	LSQ	ns	ns	ns	ns	ns	0.58
	pH45	ns	ns	ns	ns	ns	0.61
	pH24	ns	ns	ns	ns	ns	0.59
	คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคน						
	L*	*	ns	ns	ns	ns	0.66
	a*	ns	ns	ns	ns	ns	0.60
	b*	**	**	ns	ns	ns	0.70
	LEA	ns	ns	ns	ns	ns	0.53
	InstroneX	**	ns	ns	*	ns	0.69
	%Protein	ns	ns	ns	ns	ns	0.50
	%Fat	**	ns	ns	**	ns	0.70
	%drip loss	ns	ns	ns	ns	ns	0.46

หมายเหตุ: % Carcass = เปอร์เซ็นต์ซาก, LSQ = Lenden-Speck-Quotient (fat/muscle quotient), pH₄₅ = ค่า pH ที่ 45 นาที, pH₂₄ = ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง, LEA = พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน, InstroneX = ค่าแรงตัดเนื้อขึ้นเนื้อ, % Protein = เปอร์เซ็นต์โปรตีน, % Fat = เปอร์เซ็นต์ไขมัน, % Drip loss = ค่าการสูญเสีย น้ำขณะเก็บรักษา, * = P<0.05, ** = P<0.01

เมื่อพิจารณาปัจจัยของอิทธิพลของเครื่องหมายโมเลกุลต่อลักษณะคุณภาพเนื้อ พบว่าเครื่องหมายโมเลกุลมีความสัมพันธ์กับลักษณะคุณภาพเนื้อ โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *MC4R* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภครวม

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *MC4R* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคแสดงดังตารางที่ 34 ซึ่งไม่พบความผันแปรของยีน *MC4R* มีความสัมพันธ์กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค ($P>0.05$)

ตารางที่ 34 ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล *MC4R* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค (n=100)

ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
	AA	AG	GG	
คุณภาพซาก				
เปอร์เซ็นต์ซาก	71.97±1.27	71.56±0.68	70.92±0.75	0.72
LSQ	0.52±0.04	0.54±0.02	0.50±0.02	0.15
ค่า pH ที่ 45 นาที	6.35±0.09	6.32±0.04	6.25±0.05	0.78
ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง	5.84±0.05	5.80±0.03	5.83±0.03	0.88
คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค				
L*	51.57±0.75	51.42±0.40	52.38±0.43	0.25
a*	17.13±0.41	16.40±0.22	16.06±0.24	0.07
b*	4.57±0.36	4.02±0.196	3.97±0.21	0.12
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)	35.08±1.77	36.51±0.97	37.42±1.10	0.14
ค่าแรงตัดเฉือนชิ้นเนื้อ (กก.)	4.84±0.44	4.67±0.23	4.66±0.25	0.70
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	22.26±0.36	22.60±0.19	22.88±0.21	0.37
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	3.52±0.39	3.20±0.21	3.06±0.23	0.59
ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (%)	2.32±0.40	2.18±0.21	2.59±0.23	0.41

หมายเหตุ: LSQ = Lenden-Speck-Quotient (fat/muscle quotient), L* = lightness, a* = redness และ b* = yellowness, ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคร

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค แสดงดังตารางที่ 35 ซึ่งพบความผันแปรของยีน *LEP* มีความสัมพันธ์กับลักษณะค่าแรงตัดเนื้อขึ้นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ TT มีค่าแรงตัดเนื้อขึ้นเนื้อที่น้อยกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ CC ประมาณ 1.43 ($P=0.02$)

ตารางที่ 35 ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล *LEP* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค (n=100)

ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
	TT	TC	CC	
คุณภาพซาก				
เปอร์เซ็นต์ซาก	71.70±0.80	71.26±0.65	70.91±1.19	0.77
LSQ	0.51±0.02	0.54±0.02	0.48±0.03	0.13
ค่า pH ที่ 45 นาที	6.28±0.05	6.32±0.04	6.26±0.08	0.94
ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง	5.77±0.03	5.84±0.02	5.86±0.05	0.36
คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค				
L*	52.03±0.46	51.55±0.39	52.31±0.71	0.54
a*	16.07±0.25	16.56±0.21	16.23±0.39	0.30
b*	3.87±0.22	4.16±0.19	4.16±0.34	0.19
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)	38.34±1.07	35.44±0.89	37.39±1.62	0.08
ค่าแรงตัดเฉือนชิ้นเนื้อ (กก.)	4.34±0.26 ^a	4.60±0.21 ^{ab}	5.77±0.39 ^b	0.02
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	22.91±0.22	22.46±0.19	22.87±0.34	0.31
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	2.98±0.24	3.29±0.20	3.27±0.37	0.57
ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (%)	2.52±0.24	2.35±0.20	2.08±0.37	0.61

หมายเหตุ: LSQ = Lenden-Speck-Quotient (fat/muscle quotient), L* = lightness, a* = redness และ b* = yellowness, ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *RYR1* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคร

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *RYR1* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภครแสดงดังตารางที่ 36 ซึ่งพบความผันแปรของยีน *RYR1* มีความสัมพันธ์กับลักษณะเปอร์เซ็นต์โปรตีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ TC มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าจีโนไทป์ CC ประมาณ 0.55 เปอร์เซ็นต์ ($P=0.2$)

ตารางที่ 36 ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล *RYR1* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคร (n=100)

ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
	TT	TC	CC	
คุณภาพซาก				
เปอร์เซ็นต์ซาก	-	71.59±0.76	71.19±0.63	0.55
LSQ	-	0.52±0.02	0.52±0.02	0.17
ค่า pH ที่ 45 นาที	-	6.25±0.05	6.34±0.04	0.59
ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง	-	5.81±0.03	5.83±0.02	0.83
คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค				
L*	-	52.10±0.45	51.63±0.36	0.40
a*	-	16.33±0.25	16.37±0.20	0.06
b*	-	4.38±0.21	3.88±0.17	0.06
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)	-	36.61±1.07	36.08±0.87	0.13
ค่าแรงตัดเฉือนชิ้นเนื้อ (กก.)	-	4.97±0.26	4.51±0.21	0.24
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	-	23.01±0.21 ^a	22.46±0.17 ^b	0.04
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	-	2.96±0.23	3.35±0.19	0.17
ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (%)	-	2.20±0.24	2.45±0.19	0.40

หมายเหตุ: LSQ = Lenden-Speck-Quotient (fat/muscle quotient), L* = lightness, a* = redness และ b* = yellowness, ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

6.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *CAST2* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคร

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *CAST2* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคแสดงดังตารางที่ 37 พบความผันแปรของยีน *CAST2* มีความสัมพันธ์กับลักษณะค่า pH ที่ 45 นาที ($P<0.05$) โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ AA และ AC มีค่า pH ที่ 45 นาที สูงกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ CC ประมาณ 0.18 และ 0.25 ตามลำดับ ($P=0.01$)

ตารางที่ 37 ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล *CAST2* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค (n=100)

ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
	AA	AG	GG	
คุณภาพซาก				
เปอร์เซ็นต์ซาก	72.01±0.71	71.32±0.69	69.36±1.15	0.23
LSQ	0.54±0.02	0.52±0.02	0.47±0.03	0.10
ค่า pH ที่ 45 นาที	6.30±0.04 ^a	6.37±0.04 ^a	6.12±0.07 ^b	0.01
ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง	5.80±0.03	5.85±0.03	5.77±0.05	0.44
คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค				
L*	52.23±0.41	51.67±0.39	50.87±0.66	0.19
a*	16.44±0.24	16.44±0.23	16.30±0.39	0.13
b*	3.97±0.20	4.28±0.20	3.65±0.33	0.10
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)	37.49±1.00	35.66±0.96	38.06±1.62	0.08
ค่าแรงตัดเฉือนชิ้นเนื้อ (กก.)	4.42±0.25	4.83±0.24	5.09±0.40	0.33
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	22.93±0.20	22.51±0.19	22.50±0.33	0.28
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	3.06±0.22	3.40±0.21	2.84±0.34	0.30
ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (%)	2.35±0.23	2.47±0.22	2.12±0.37	0.70

หมายเหตุ: LSQ = Lenden-Speck-Quotient (fat/muscle quotient), L* = lightness, a* = redness และ b* = yellowness, ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *MC5R* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคน

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *MC5R* กับลักษณะทางการคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคนดังตารางที่ 38 พบว่าความผันแปรของยีน *MC5R* ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะคุณภาพเนื้อ

ตารางที่ 38 ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล *MC5R* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคน (n=100)

ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
	AA	AG	GG	
คุณภาพซาก				
เปอร์เซ็นต์ซาก	70.80±0.79	71.85±0.62	69.87±1.51	0.47
LSQ	0.51±0.02	0.52±0.02	0.57±0.04	0.22
ค่า pH ที่ 45 นาที	6.32±0.04	6.28±0.04	6.36±0.10	0.91
ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง	5.84±0.03	5.81±0.02	5.83±0.06	0.89
คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค				
L*	51.71±0.47	51.77±0.36	52.44±0.90	0.74
a*	16.22±0.25	16.38±0.20	16.82±0.49	0.53
b*	3.95±0.23	4.08±0.17	4.49±0.44	0.19
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)	37.35±1.11	36.53±0.86	35.89±2.13	0.20
ค่าแรงตัดฉีกเนื้อขึ้นเนื้อ (กก.)	4.76±0.27	4.64±0.21	4.48±0.53	0.71
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	22.66±0.23	22.70±0.18	22.57±0.44	0.75
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	2.95±0.24	3.31±0.19	3.13±0.47	0.49
ค่าการสูญเสีย น้ำขณะเก็บรักษา (%)	2.27±0.25	2.38±0.19	2.66±0.48	0.75

หมายเหตุ: LSQ = Lenden-Speck-Quotient (fat/muscle quotient), L* = lightness, a* = redness และ

b* = yellowness, ระดับนัยสำคัญทางสถิติ P<0.05

6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEPR* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEPR* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคแสดงดังตารางที่ 39 ซึ่งพบความผันแปรของยีน *LEPR* มีความสัมพันธ์กับลักษณะค่าแรงตัดเนื้อชิ้นเนื้อ โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ AA มีค่าแรงตัดเนื้อชิ้นเนื้อที่น้อยกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ TT ประมาณ 1.24 ($P=0.05$) แสดงถึงสุกรที่มีพันธุกรรม AA เนื้อจะมีความนุ่มมากกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์แบบอื่น

ตารางที่ 39 ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล *LEPR* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค (n=100)

ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
	AA	AT	TT	
คุณภาพซาก				
เปอร์เซ็นต์ซาก	68.35±1.77	71.53±0.78	71.64±0.61	0.34
LSQ	0.46±0.05	0.54±0.02	0.52±0.02	0.20
ค่า pH ที่ 45 นาที	6.39±0.13	6.28±0.05	6.30±0.04	0.92
ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง	5.84±0.08	5.79±0.03	5.83±0.02	0.80
คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค				
L*	50.12±1.06	51.59±0.45	52.20±0.36	0.13
a*	16.50±0.60	16.27±0.25	16.36±0.20	0.11
b*	3.19±0.51	3.94±0.22	4.25±0.17	0.11
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)	37.61±2.50	35.99±1.08	37.24±0.86	0.14
ค่าแรงตัดเฉือนชิ้นเนื้อ (กก.)	3.78±0.60 ^a	4.32±0.26 ^{ab}	5.02±0.20 ^b	0.05
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	23.09±0.51	22.39±0.22	22.80±0.11	0.30
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	3.32±0.55	2.86±0.23	3.35±0.19	0.24
ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (%)	1.77±0.57	2.34±0.24	2.46±0.19	0.52

หมายเหตุ: LSQ = Lenden-Speck-Quotient (fat/muscle quotient), L* = lightness, a* = redness และ b* = yellowness, ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

6.7 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *PPARG* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคร

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *PPARG* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคแสดงดังตารางที่ 40 พบความผันแปรของยีน *PPARG* ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะคุณภาพเนื้อ

ตารางที่ 40 ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล *PPARG* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค (n=100)

ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
	AA	AG	GG	
คุณภาพซาก				
เปอร์เซ็นต์ซาก	70.93±0.72	71.99±0.70	70.60±1.33	0.55
LSQ	0.50±0.02	0.53±0.02	0.57±0.04	0.15
ค่า pH ที่ 45 นาที	6.32±0.05	6.24±0.05	6.41±0.09	0.48
ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง	5.88±0.03	5.77±0.03	5.78±0.05	0.09
คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค				
L*	51.62±0.42	52.15±0.42	51.51±0.80	0.58
a*	16.48±0.23	16.43±0.23	15.68±0.44	0.27
b*	4.18±0.20	4.17±0.20	3.40±0.38	0.08
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)	36.82±0.99	37.23±0.98	34.91±1.86	0.16
ค่าแรงตัดฉีกเนื้อขึ้นเนื้อ (กก.)	4.87±0.24	4.82±0.24	3.75±0.45	0.14
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	22.54±0.20	22.68±0.20	23.09±0.38	0.49
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	3.06±0.22	3.16±0.21	3.58±0.41	0.55
ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษา (%)	2.42±0.22	2.39±0.22	2.15±0.42	0.85

หมายเหตุ: LSQ = Lenden-Speck-Quotient (fat/muscle quotient), L* = lightness, a* = redness และ b* = yellowness, ระดับนัยสำคัญทางสถิติ P<0.05

6.8 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *IGF2* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคร

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *IGF2* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภครแสดงดังตารางที่ 41 ซึ่งพบความผันแปรของยีน *IGF2* มีความสัมพันธ์กับลักษณะค่าแรงตัดเนื้อชิ้นเนื้อ ($P<0.05$) โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ AA มีค่าแรงตัดเนื้อชิ้นเนื้อที่น้อยกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ AG ประมาณ 1.31 ($P=0.03$) แสดงถึงจีโนไทป์ AA มีความนุ่มมากกว่าจีโนไทป์ AG

ตารางที่ 41 ผลของจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุล *IGF2* กับลักษณะคุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภคร (n=100)

ลักษณะ	จีโนไทป์			P-value
	AA	AG	GG	
คุณภาพซาก				
เปอร์เซ็นต์ซาก	71.29±1.34	70.94±0.61	72.19±0.84	0.56
LSQ	0.60±0.04	0.50±0.01	0.53±0.02	0.08
ค่า pH ที่ 45 นาที	6.39±0.09	6.26±0.04	6.33±0.05	0.67
ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง	5.80±0.06	5.81±0.02	5.85±0.03	0.83
คุณภาพเนื้อและคุณภาพการบริโภค				
L*	51.85±0.80	52.15±0.36	51.23±0.49	0.30
a*	17.03±0.44	16.16±0.20	16.44±0.27	0.18
b*	3.89±0.39	4.16±0.18	3.94±0.24	0.22
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)	35.45±1.88	36.55±0.86	37.50±1.16	0.17
ค่าแรงตัดเฉือนชิ้นเนื้อ (กก.)	3.72±0.45 ^a	5.03±0.20 ^b	4.39±0.27 ^{ab}	0.03
เปอร์เซ็นต์โปรตีน	22.59±0.39	22.76±0.18	22.56±0.24	0.66
เปอร์เซ็นต์ไขมัน	3.92±0.41	3.06±0.19	3.13±0.25	0.16
ค่าการสูญเสีย น้ำขณะเก็บรักษา (%)	2.01±0.42	2.53±0.19	2.18±0.26	0.35

หมายเหตุ: LSQ = Lenden-Speck-Quotient (fat/muscle quotient), L* = lightness, a* = redness และ b* = yellowness, ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$

6.9) ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะไขมันแทรก

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะไขมันแทรกในสุกรแต่ละสายพันธุ์ ถูกตรวจสอบด้วย Chi-square test ดังตารางที่ 42-44 ซึ่งพบความผันแปรของยีน *IGF2* มีความสัมพันธ์กับลักษณะไขมันแทรกในสุกรลูกผสม ดุริย-ค-เหมยชาน ($P < 0.01$) สำหรับสายพันธุ์ เปี้ยตรง-พื้นเมือง และ 4-cross ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะไขมันแทรก ($P > 0.05$)

ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะไขมันแทรกในสุกรลูกผสม ดุริย-ค-เหมยชาน

ยีน	จีโนไทป์	ระดับไขมันแทรก				χ^2	P-value
		1	2	3	4		
<i>MC4R</i>	AA	3	1	0	0	6.9208	0.3282
	AB	8	7	2	2		
	BB	15	3	0	1		
<i>LEP</i>	AA	4	4	0	3	6.8711	0.3329
	AB	6	6	2	0		
	BB	1	1	0	0		
<i>RYR1</i>	AA	0	0	0	0	2.5500	0.4663
	AB	10	3	0	0		
	BB	15	7	2	2		
<i>CAST2</i>	AA	16	6	1	1	5.8669	0.4383
	AB	8	3	0	2		
	BB	2	2	1	0		
<i>MC5R</i>	AA	6	3	1	1	1.7474	0.9414
	AB	16	6	1	1		
	BB	4	2	0	0		
<i>LEPR</i>	AA	3	0	0	0	6.9659	0.3240
	AB	12	4	0	0		
	BB	11	7	2	3		
<i>PPARG</i>	AA	9	3	1	2	2.5335	0.8647
	AB	11	5	1	1		
	BB	6	3	0	0		
<i>IGF2</i>	AA	2	7	0	0	18.0673	0.0061
	AB	18	3	1	3		
	BB	6	1	1	0		

ตารางที่ 43 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะไขมันแทรกในสุกรลูกผสม เปียตรง-พื้นเมือง

ยีน	จีโนไทป์	ระดับไขมันแทรก				χ^2	P-value
		1	2	3	4		
<i>MC4R</i>	AA	2	3	1	1	4.0538	0.6694
	AB	11	7	2	2		
	BB	8	2	1	0		
<i>LEP</i>	AA	5	4	1	0	4.5873	0.5977
	AB	13	5	3	3		
	BB	3	3	0	0		
<i>RYR1</i>	AA	0	0	0	0	5.4113	0.1440
	AB	11	3	1	0		
	BB	9	9	3	3		
<i>CAST2</i>	AA	3	4	1	1	3.4956	0.7446
	AB	12	4	2	2		
	BB	5	4	1	0		
<i>MC5R</i>	AA	7	8	3	1	10.1754	0.1175
	AB	13	4	1	1		
	BB	1	0	0	1		
<i>LEPR</i>	AA	1	1	0	0	4.5362	0.6045
	AB	8	5	0	2		
	BB	12	6	4	1		
<i>PPARG</i>	AA	9	9	2	3	5.6558	0.1296
	AB	12	3	2	0		
	BB	0	0	0	0		
<i>IGF2</i>	AA	0	0	1	0	9.9433	0.1271
	AB	11	7	1	2		
	BB	10	5	2	1		

ตารางที่ 44 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอกับลักษณะไขมันแทรกในสุกรลูกผสม 4-cross (DMxPN)

ยีน	จีโนไทป์	ระดับไขมันแทรก				χ^2	P-value
		1	2	3	4		
<i>MC4R</i>	AA	0	1	0	1	12.1714	0.0583
	AB	3	6	1	0		
	BB	4	1	1	0		
<i>LEP</i>	AA	1	4	0	0	6.8839	0.3317
	AB	3	3	2	1		
	BB	3	1	0	0		
<i>RYR1</i>	AA	0	0	0	0	2.5955	0.4583
	AB	2	5	1	0		
	BB	5	3	1	1		
<i>CAST2</i>	AA	3	2	0	1	4.7338	0.5784
	AB	4	5	2	0		
	BB	0	1	0	0		
<i>MC5R</i>	AA	4	3	0	0	4.3347	0.6315
	AB	3	4	2	1		
	BB	0	1	0	0		
<i>LEPR</i>	AA	1	0	0	0	6.5357	0.3659
	AB	0	4	1	0		
	BB	6	4	1	1		
<i>PPARG</i>	AA	3	3	0	0	5.2714	0.5095
	AB	4	4	1	1		
	BB	0	1	1	0		
<i>IGF2</i>	AA	1	0	0	0	5.8087	0.4450
	AB	6	5	2	1		
	BB	0	3	0	0		

6.9 ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค

ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค แสดงดังตารางที่ 45-54 พบว่าเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีน *LEP***RYR1* มีความสัมพันธ์กับระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ($P<0.01$) ในขณะที่เครื่องหมายโมเลกุล *MC4R***MC5R*, *LEP***PARG* และ *LEPR***PARG* มีความสัมพันธ์กับค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง ($P<0.05$) ส่วนเครื่องหมายโมเลกุล *MC4R***CAST2*, *MC4R***MC5R*, *CAST2***MC5R*, *CAST2***IGF2* และ *MC5R***PARG* มีความสัมพันธ์กับค่าแรงตัดเนื้อชิ้นเนื้อ ($P<0.05$)

ตารางที่ 45 ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ

ยีน	<i>MC4R</i>	<i>LEP</i>	<i>RYR1</i>	<i>CAST2</i>	<i>MC5R</i>	<i>LEPR</i>	<i>PARG</i>	<i>IGF2</i>
<i>MC4R</i>								
<i>LEP</i>	ns							
<i>RYR1</i>	ns	**						
<i>CAST2</i>	ns	ns	ns					
<i>MC5R</i>	ns	ns	ns	ns				
<i>LEPR</i>	ns	ns	ns	ns	ns			
<i>PARG</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
<i>IGF2</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns = non-significant, ** = $P<0.01$

ตารางที่ 46 ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์ซาก

ยีน	<i>MC4R</i>	<i>LEP</i>	<i>RYR1</i>	<i>CAST2</i>	<i>MC5R</i>	<i>LEPR</i>	<i>PARG</i>	<i>IGF2</i>
<i>MC4R</i>								
<i>LEP</i>	ns							
<i>RYR1</i>	ns	ns						
<i>CAST2</i>	ns	ns	ns					
<i>MC5R</i>	ns	ns	ns	ns				
<i>LEPR</i>	ns	ns	ns	ns	ns			
<i>PARG</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
<i>IGF2</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns = non-significant

ตารางที่ 47 ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะ Lenden-Speck-Quotient (fat/muscle quotient)

ยีน	MC4R	LEP	RYR1	CAST2	MC5R	LEPR	PARG	IGF2
MC4R								
LEP	ns							
RYR1	ns	ns						
CAST2	ns	ns	ns					
MC5R	ns	ns	ns	ns				
LEPR	ns	ns	ns	ns	ns			
PARG	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
IGF2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns = non-significant

ตารางที่ 48 ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อค่า pH ที่ 45 นาที

ยีน	MC4R	LEP	RYR1	CAST2	MC5R	LEPR	PARG	IGF2
MC4R								
LEP	ns							
RYR1	ns	ns						
CAST2	ns	ns	ns					
MC5R	ns	ns	ns	ns				
LEPR	ns	ns	ns	ns	ns			
PARG	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
IGF2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns = non-significant

ตารางที่ 49 ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง

ยีน	MC4R	LEP	RYR1	CAST2	MC5R	LEPR	PARG	IGF2
MC4R								
LEP	ns							
RYR1	ns	ns						
CAST2	ns	ns	ns					
MC5R	*	ns	ns	ns				
LEPR	ns	ns	ns	ns	ns			
PARG	ns	*	ns	ns	ns	*		
IGF2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns = non-significant, * = P<0.05

ตารางที่ 50 ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะค่าความสว่าง (L*)

ยีน	MC4R	LEP	RYR1	CAST2	MC5R	LEPR	PARG	IGF2
MC4R								
LEP	ns							
RYR1	ns	ns						
CAST2	ns	ns	ns					
MC5R	ns	ns	ns	ns				
LEPR	ns	ns	ns	ns	ns			
PARG	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
IGF2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns = non-significant

ตารางที่ 51 ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะค่าความแดง (a*)

ยีน	MC4R	LEP	RYR1	CAST2	MC5R	LEPR	PARG	IGF2
MC4R								
LEP	ns							
RYR1	ns	ns						
CAST2	ns	ns	ns					
MC5R	ns	ns	ns	ns				
LEPR	ns	ns	ns	ns	ns			
PARG	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
IGF2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns = non-significant

ตารางที่ 52 ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะค่าความเหลือง (b*)

ยีน	MC4R	LEP	RYR1	CAST2	MC5R	LEPR	PARG	IGF2
MC4R								
LEP	ns							
RYR1	ns	ns						
CAST2	ns	ns	ns					
MC5R	ns	ns	ns	ns				
LEPR	ns	ns	ns	ns	ns			
PARG	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
IGF2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns = non-significant

ตารางที่ 53 ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน

ยีน	MC4R	LEP	RYR1	CAST2	MC5R	LEPR	PARG	IGF2
MC4R								
LEP	ns							
RYR1	ns	ns						
CAST2	ns	ns	ns					
MC5R	ns	ns	ns	ns				
LEPR	ns	ns	ns	ns	ns			
PARG	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
IGF2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns = non-significant

ตารางที่ 54 ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอต่อลักษณะค่าแรงตัดเนื้อขึ้นเนื้อ

ยีน	MC4R	LEP	RYR1	CAST2	MC5R	LEPR	PARG	IGF2
MC4R								
LEP	ns							
RYR1	ns	ns						
CAST2	*	ns	ns					
MC5R	*	ns	ns	*				
LEPR	ns	ns	ns	ns	ns			
PARG	ns	ns	ns	ns	*	ns		
IGF2	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	

หมายเหตุ: ns = non-significant, * = $P < 0.05$

สำหรับผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลของยีนจำนวน 8 เครื่องหมาย กับ ลักษณะคุณภาพเนื้อมัน พบเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอจำนวน 3 เครื่องหมาย ได้แก่ *LEP*, *LEPR* และ *IGF2* มีความสัมพันธ์กับลักษณะค่าแรงตัดเนื้อขึ้นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เครื่องหมายโมเลกุล *RYR1* พบความสัมพันธ์กับลักษณะระดับไขมันแทรก และเครื่องหมายโมเลกุล *CAST2* พบความสัมพันธ์กับลักษณะค่า pH ที่ 45 นาที ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอดังกล่าว อาจนำไปใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลสำหรับการคัดเลือกพันธุ์สุกรสำหรับลักษณะคุณภาพเนื้อได้ อย่างไรก็ตาม เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอจำนวน 3 เครื่องหมาย ได้แก่ *MC4R*, *MC5R* และ *PPARG* ไม่พบความสัมพันธ์กับลักษณะคุณภาพเนื้อ

สำหรับเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *LEP* และ *LEPR* ซึ่งพบความสัมพันธ์กับลักษณะค่าแรงตัดเนื้อขึ้นเนื้อเนื้อมัน พบว่าการศึกษาที่มีมาก่อนส่วนใหญ่รายงานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *LEP* และ *LEPR* กับลักษณะคุณภาพเนื้อในด้านความหนาไขมันสันหลังและไขมันแทรกในเนื้อสันของสุกร (Rybarczyk *et al.*, 2009; Peixoto *et al.*, 2006; Tyra and Ropka-Molik, 2011; Henriquez-Rodriguez *et al.*, 2016) แต่ยังไม่พบรายงานเกี่ยวกับค่าแรงตัดเนื้อขึ้นเนื้อหรือความนุ่มโดยตรง อย่างไรก็ตามลักษณะไขมันแทรกในเนื้อสัน มีความสัมพันธ์โดยตรงกับลักษณะค่าแรงตัดเนื้อขึ้นเนื้อหรือความนุ่มของเนื้อ

เช่นเดียวกับเครื่องหมายโมเลกุล *IGF2* ที่มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะความหนาไขมันสันหลัง ปริมาณเนื้อสัน (*Vykoukalova et al.*, 2006; *Weisz et al.*, 2011; *Fontanesi et al.*, 2014) แต่ยังไม่พบ การศึกษาเกี่ยวกับลักษณะค่าแรงตึงเนื้อหรือความนุ่มของเนื้อโดยตรง

สำหรับเครื่องหมายโมเลกุล *RYR1* ที่พบความสัมพันธ์กับระดับไขมันแทรกและลักษณะเปอร์เซ็นต์ โปรตีนนั้น ผลการศึกษาไม่สอดคล้องกับรายงานของ *Skrlep et al.* (2010) ที่รายงานว่า ไม่พบความสัมพันธ์ ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุล *RYR1* กับระดับปริมาณไขมันแทรกในสุกรสายพันธุ์ทางการค้าในประเทศ สโลวีเนีย อย่างไรก็ตามมีรายงานความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุล *RYR1* กับลักษณะคุณภาพเนื้อหลาย ลักษณะ เช่น ความหนาของไขมันสันหลัง (*Jin et al.*, 2006) ปริมาณเนื้อสันนอก (*Kadarmideen*, 2008) สี เนื้อและค่าการสูญเสีย น้ำขณะเก็บรักษา (*Skrlep et al.*, 2010) เป็นต้น

ในส่วนของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *CAST2* ซึ่งพบความสัมพันธ์กับลักษณะค่า pH ที่ 45 นาที่นั้น ผลการศึกษาดังกล่าว สอดคล้องกับรายงานของ *Gandolfi et al.* (2011) ที่พบความสัมพันธ์ระหว่าง เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *CAST2* กับลักษณะค่า pH ที่ 1, 3, 6, 24 และ 72 ชั่วโมง ในสุกรสายพันธุ์ ลูกผสมอิตาลีเอนดูรีออลาร์จไวท์ และแลนด์แรซ และรายงานการศึกษาของ *Rybarczyk et al.* (2012) ที่พบ ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *CAST2* กับลักษณะค่า pH ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ในสุกร พันธุ์ลูกผสมเปียเตรง

สำหรับเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *MC4R* ซึ่งไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลกับ ลักษณะคุณภาพเนื้อนั้น ในขณะที่ *Ovilo et al.* (2006), *Davoli et al.* (2012) และ *Fontanesi et al.* (2013) รายงานว่า เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *MC4R* มีความสัมพันธ์กับลักษณะคุณภาพเนื้อ อย่างไรก็ตาม การวิจัยมีความแตกต่างกันในด้านสายพันธุ์ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้มีผลการศึกษาที่แตกต่างกันได้

เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *MC5R* ซึ่งไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลกับลักษณะ คุณภาพเนื้อนั้น มีผลการศึกษาแตกต่างจากรายงานของ *Kovacik et al.* (2012) ที่พบความสัมพันธ์ระหว่าง เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *MC5R* กับลักษณะพื้นที่กล้ามเนื้อสันนอก และค่า pH

และผลการศึกษาของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *PPARG* มีความสอดคล้องกับรายงานของ *Grindflek et al.* (2004) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลกับลักษณะระดับไขมันแทรก แต่ อย่างก็ตาม *Grindflek et al.* (2004) พบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุลกับลักษณะความหนา ของไขมันสันหลังซึ่งแตกต่างกับผลการศึกษาในครั้งนี้

ปฏิกริยาร่วมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอที่มีผลต่อลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ ประกอบด้วย *LEP*RYR1* มีความสัมพันธ์กับระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อเครื่องหมายโมเลกุล *MC4R*MC5R*, *LEP*PPARG* และ *LEPR*PPARG* มีความสัมพันธ์กับค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง ส่วนเครื่องหมายโมเลกุล *MC4R*CAST2*, *MC4R*MC5R*, *CAST2*MC5R*, *CAST2*IGF2* และ *MC5R*PPARG* มีความสัมพันธ์กับค่าแรงตึงเนื้อสัน เนื้อ ข้อมูลดังกล่าวบ่งชี้ว่าลักษณะไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ ค่า pH และค่าแรงตึงเนื้อสันเนื้อเป็นลักษณะทาง ปริมาณที่ถูกควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง และยีนดังกล่าวมีปฏิกริยาร่วมกันและมีผลต่อการแสดงออกของ ลักษณะคุณภาพเนื้อ

7. อิทธิพลของพันธุกรรมต่อสัดส่วนของชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อสันนอก

การศึกษาชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อในการทดลองครั้งนี้จำแนกชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อตามการแสดงออกของยีน (gene expression) ตามชนิดของ myosin heavy chain (MHC) ด้วยเทคนิค Quantitative PCR (qPCR) ซึ่งในสุกรมีรายงานว่าสามารถจำแนกได้เป็น 4 ชนิด คือ slow MHC I และ fast MHC IIa IIx และ IIb (Chikuni *et al.*, 2001; Lefaucheur *et al.*, 2004; Toniolo *et al.*, 2004) การศึกษาอิทธิพลของพันธุกรรมต่อชนิดเส้นใยกล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อสันนอกแสดงในตารางที่ 55 จากการศึกษาพบว่าสุกรลูกผสม 4-cross ที่เกิดจากการผสมข้ามระหว่างสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมืองและสุกรลูกผสมดอร์ค-เหมยซาน มีสัดส่วนการแสดงออกของยีนชนิด fast MHC IIa แตกต่างจากสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมือง และสุกรลูกผสมดอร์ค-เหมยซาน ($P < 0.01$) ในขณะที่การแสดงออกของยีนชนิด MHC IIx ของสุกรลูกผสมดอร์ค-เหมยซานสูงกว่าสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมือง และสุกรลูกผสม 4-cross ($P < 0.05$) การแสดงออกของยีนชนิด MHC IIb ระหว่างสุกรลูกผสมดอร์ค-เหมยซาน สุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมือง และสุกรลูกผสม 4-cross มีความแตกต่างกัน ($P < 0.01$) โดยสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมืองมีการแสดงออกมากที่สุด รองลงมาคือสุกรลูกผสมดอร์ค-เหมยซาน และสุกรลูกผสม 4-cross ตามลำดับ แต่ยีนชนิด MHC I มีการแสดงออกไม่แตกต่างกันระหว่างสุกรทั้ง 3 กลุ่ม

ตารางที่ 55 สัดส่วนการแสดงออกของยีนที่ควบคุมชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อในสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมือง (PN) ดอร์ค-เหมยซาน (DM) และ 4-cross

Trait	PN	DM	4-cross	RMSE	P value
MHC I	0.96	0.48	1.10	1.08	0.068
MHC IIa	0.81 ^b	4.46 ^b	36.93 ^a	8.12	<0.0001
MHC IIx	35.21 ^b	49.76 ^a	33.67 ^b	24.52	0.016
MHC IIb	63.02 ^a	45.3 ^b	28.29 ^c	26.18	0.0001

หมายเหตุ: ^{a,b} ตัวอักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

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, RMSE = Root mean square error
DM = สุกรลูกผสมดอร์ค-เหมยซาน, PN = สุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมือง, 4-cross = สุกรลูกผสม 4 สาย (DM x PN)

เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด MHC I เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด MHC IIa IIx และ IIb (Aberle *et al.*, 2001; Devine *et al.*, 2004) จากการศึกษาที่เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด MHC I ในสุกรทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน แสดงถึงปริมาณเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็กของสุกรทั้ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ในขณะที่สัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด MHC IIa ในสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมือง และสุกรลูกผสมดอร์ค-เหมยซานไม่แตกต่างกัน และต่ำกว่าสุกรลูกผสม 4-cross ($P < 0.01$) และสัดส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด MHC IIx ในสุกรลูกผสมดอร์ค-เหมยซาน สูงกว่าสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมือง และสุกรลูกผสม 4-cross ($P < 0.05$) และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด MHC IIb ในสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมือง สูงกว่าสุกรลูกผสมดอร์ค-เหมยซาน และสูงกว่าสุกรลูกผสม 4-cross ($P < 0.01$) แสดงถึงเส้นใยกล้ามเนื้อในสุกรลูกผสมเปียตตรง-พื้นเมืองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า และมี Glycolytic activity สูงกว่า (Lefaucheur *et al.*, 2004) จึงมีความเหนียวมากกว่าสุกรอีก 2 กลุ่ม จากสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด MHC IIa IIx และ

IIb แสดงว่าเนื้อของสุกรลูกผสม 4-cross ที่มีคุณภาพดีกว่าสุกรลูกผสมเป็ดตรง-พื้นเมือง และสุกรลูกผสมดুর็อค-เหมยซาน

8. การศึกษาความผันแปรของเครื่องหมายโมเลกุลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสีขน

การศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสีขน ในสุกรจำนวน 469 ตัวอย่าง โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีนที่มีรายงานทางวิชาการ จำนวน 2 ยีนคือ *MC1R* และ *KIT* โดยมีผลการดำเนินการดังนี้

8.1 การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอร์เรส (PCR) โดยใช้ไพรเมอร์ดังตารางที่ 56 พบว่าเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอทั้ง 2 ยีน (*MC1R* และ *KIT*) สามารถเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอได้สำเร็จ (ภาพผนวกที่ 14) โดยมีความยาว 153 และ 196 bp ตามลำดับ

ตารางที่ 56 ไพรเมอร์และรอบปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอร์เรสของยีนที่เกี่ยวข้องกับสีขน

ยีน	ไพรเมอร์ (5' → 3')	ปฏิกิริยา ลูกโซ่โพลีเมอร์เรส	ขนาดแถบ ดีเอ็นเอ (bp)
<i>MC1R</i>	F: GCGGTACTGTACGTCCACA R: GTCTTCCTCCTCTGCTGC	(94 °C 30s / 58°C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 38 รอบ	153
<i>KIT</i>	F: AGATGATCAAGGAGGGTTTC R: AGGACATCCTGGTCAGATGT	(94 °C 30s / 58°C 30s / 72 °C 30s) จำนวน 38 รอบ	196

8.2 การตรวจสอบความผันแปรทางพันธุกรรมของยีนเป้าหมายของลักษณะสีขน

ผลตรวจสอบความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน *MC1R* และ *KIT* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP จากการสุ่มคัดเลือกตัวอย่างของกลุ่มประชากรของสุกร (n=10) พบว่าทั้ง 2 ยีนแสดงลักษณะความผันแปรทั้ง 2 marker ดังนั้นเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอดังกล่าว จึงถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบความผันแปรทางพันธุกรรมกับสุกรทั้งหมดในกลุ่มประชากร

8.2.1) ผลการตรวจสอบความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน *MC1R* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 153 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Bsh1236I* (CG[▼]CG) ได้ 2 รูปแบบ คือ อัลลีล A และอัลลีล G โดยอัลลีล A ไม่มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 153 bp ในขณะที่อัลลีล G มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 109 bp และ 44 bp ดังภาพผนวกที่ 15

8.2.2) ผลการตรวจสอบความผันแปรทางพันธุกรรมของยีน *KIT* ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ได้ผลผลิต PCR ที่มีความยาว 196 bp และถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Acil* (C[▼]CGC) ได้ 2 รูปแบบ คือ อัลลีล T และอัลลีล C โดยอัลลีล T ไม่มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 196 bp ในขณะที่อัลลีล C มีตำแหน่งจดจำของเอนไซม์ ได้แถบดีเอ็นเอที่มีความยาว 148 bp และ 48 bp ดังภาพผนวกที่ 16

8.3 ความถี่จีโนไทป์และความถี่อัลลีลของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสีขนในสุกร แสดงดังตารางที่ 57 โดยสุกรส่วนใหญ่ มีเครื่องหมายโมเลกุล *MC1R* อยู่ในรูป homozygote แบบ AA โดยมีความถี่อัลลีล A และ B เท่ากับ 0.82 และ 0.18 ตามลำดับ และมีเครื่องหมายโมเลกุล *KIT* อยู่ในรูป heterozygote แบบ AB เป็นส่วนใหญ่ โดยมีความถี่อัลลีล A และ B เท่ากับ 0.48 และ 0.52 ตามลำดับ

ตารางที่ 57 ความถี่จีโนไทป์และความถี่อัลลีลของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสีขนในสุกร

ยีน	ความถี่จีโนไทป์			ความถี่อัลลีล	
	AA	AB	BB	f(A)	f(B)
<i>MC1R</i>	0.68	0.29	0.03	0.82	0.18
<i>KIT</i>	0.28	0.49	0.23	0.52	0.48

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีนเป้าหมาย *MC1R* และ *KIT* แสดงดังตารางที่ 58 กับลักษณะสีขนในประชากรสุกรฝูงนี้ พบว่าเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *MC1R* มีความสัมพันธ์กับลักษณะสีขนของสุกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.0001$) ในขณะที่ยีน *KIT* ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะสีขนในประชากรสุกรฝูงนี้ ($P = 0.1033$) เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอ *MC1R* จึงสามารถใช้ในการคัดเลือกลักษณะขนสีดำในประชากรสุกรในการศึกษาครั้งนี้ โดยลักษณะจีโนไทป์ AA พบในกลุ่มประชากรสีดำล้วน สอดคล้องกับความถี่จีโนไทป์ AA และและความถี่อัลลีลของ A ที่มีค่าสูงกว่าจีโนไทป์อื่นหรืออัลลีล B อย่างชัดเจน การคัดเลือกเพื่อเพิ่มความถี่จีโนไทป์ AA ของประชากรจะส่งผลต่อการคัดเลือกลักษณะขนสีดำในฝูงประชากรได้ genetic marker *MC1R* จึงสามารถใช้สำหรับคัดเลือกเพื่อให้ได้สุกรที่มีขนสีดำ

ตารางที่ 58 ความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอของยีนเป้าหมายกับลักษณะสีขนในสุกร

ยีน	จีโนไทป์	จำนวนสุกรที่มีสีขน (ตัว)		χ^2	P-value
		ดำล้วน	ไม่ดำล้วน		
<i>MC1R</i> (n=273)	AA	160	16	52.7554	<0.0001
	AB	63	26		
	BB	0	8		
<i>KIT</i> (n=274)	AA	50	18	4.5408	0.1033
	AB	110	18		
	BB	63	15		

9. ดัชนีการคัดเลือกโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล (Marker-based EBV Index selection)

ดัชนีการคัดเลือกโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล เพื่อประเมินคุณภาพผสมพันธุ์ของลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจ จำนวน 5 ลักษณะประกอบด้วยพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (LEA) เปอร์เซ็นต์ไขมันแทรก (IMF) ค่าแรงตัดเนื้อสันเนื้อ (instronX) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (FCR) และความหนาไขมันสันหลัง (BF) โดยเรียงลำดับตามสมการดังนี้

$$\text{Marker-based EBV index} = a_1\text{EBV}_{\text{LEA}} + a_2\text{EBV}_{\text{IMF}} + a_3\text{EBV}_{\text{instron}} + a_4\text{EBV}_{\text{ADG}} + a_5\text{EBV}_{\text{FCR}} + a_6\text{EBV}_{\text{BF}}$$

โดยที่ EBV_{LEA} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะ LEA

EBV_{IMF} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของ IMF

$\text{EBV}_{\text{instron}}$ = คุณค่าการผสมพันธุ์ของค่า InstronX

EBV_{ADG} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของ ADG

EBV_{FCR} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของ FCR

EBV_{BF} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของ BF

a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 และ a_6 = คุณค่าทางเศรษฐกิจของลักษณะ LEA, IMF, InstronX, ADG, FCR และ BF โดยมีค่าเท่ากับ 0.3, 0.2, -0.2, 0.1, 0.1 และ 0.1 ตามลำดับ

สำหรับตัวอย่าง Marker-based EBV index ของสุกรจำนวน 10 อันดับแรก แสดงดังตารางที่ 59

ตารางที่ 59 อันดับสุกรที่มีค่า Marker-based EBV index สูงสุด 10 อันดับแรก

Number	EBV_{LEA}	EBV_{IMF}	$\text{EBV}_{\text{Instron}}$	EBV_{ADG}	EBV_{FCR}	EBV_{BF}	Index
1	0.47	-0.4	0.74	11.0425	0.004	-0.016	11.8405
2	-0.43	-0.29	0.68	9.6145	0.004	-0.008	9.5705
3	0.58	-0.01	0.09	8.8305	-0.016	-0.036	9.4385
4	1.92	-0.68	1.08	6.6535	-0.016	-0.004	8.9535
5	-3.59	-0.02	0.21	12.3655	-0.056	0.016	8.9255
6	-5.04	-0.11	-1.17	15.239	-0.068	-0.024	8.827
7	-1.53	-0.25	0.42	9.3625	-0.016	0.02	8.0065
8	0.67	-0.31	0.09	7.301	-0.016	-0.016	7.719
9	-1.44	-0.74	0.67	9.1595	-0.008	-0.032	7.6095
10	-4.73	-0.09	-0.9	13.2125	-0.056	-0.04	7.3965

หมายเหตุ: EBV_{LEA} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะ LEA, EBV_{IMF} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของ IMF,

$\text{EBV}_{\text{instron}}$ = คุณค่าการผสมพันธุ์ของค่า InstronX, EBV_{ADG} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของ ADG

EBV_{FCR} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของ FCR, EBV_{BF} = คุณค่าการผสมพันธุ์ของ BF

10. การใช้ประโยชน์โดยการสร้างเครือข่ายการผลิต และเลี้ยงเพื่อขยายพันธุ์ในพื้นที่

ในช่วงระหว่างการพัฒนาพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ ได้ดำเนินการส่งมอบให้แก่หน่วยงานราชการ และจำหน่ายให้แก่เกษตรกรฟาร์มเครือข่ายที่ร่วมโครงการ เพื่อเป็นการกระจายพันธุ์ และศึกษาการใช้ประโยชน์จากหมูดำเชียงใหม่ โดยเน้นในพื้นที่ใกล้เคียงโครงการ และหน่วยงานในโครงการพระราชดำริ ดังรายละเอียดตามตารางภาคผนวกที่ 2

11. จำนวนประชากรสุกรที่ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในรุ่น F3 และแผนงานที่จะทำต่อไป

คัดเลือกสุกรตัวที่เหมาะสมโดยใช้ Marker-based EBV Index selection สำหรับใช้เป็นสุกรพ่อแม่พันธุ์ และแม่พันธุ์ชั่วอายุที่ 3 (F3) เป็นสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน เพศผู้ 6 ตัว และเพศเมีย 33 ตัว และสุกรลูกผสมเปี้ยตรงพื้นเมือง เพศผู้ 6 ตัว และเพศเมีย 38 ตัว รวมทั้งสิ้น 83 ตัว ดังในตารางผนวกที่ 3 จากนั้นจึงนำไปส่งเสริมขยายผลการผลิตโดยหน่วยงานของกรมปศุสัตว์ ดังแสดงในตารางผนวกที่ 4 เพื่อขยายผลสู่เกษตรกรที่เน้นเกษตรกรรายย่อยที่เลี้ยงภายใต้การจัดการที่ใกล้เคียงธรรมชาติของสุกร เป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรเพื่อใช้เป็นรายได้เสริมหรือรายได้หลัก โดยเน้นการใช้ประโยชน์จากอาหารในท้องถิ่นหรือผลผลิตจากธรรมชาติหรือผลพลอยได้จากการเกษตรที่ปลอดภัย ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนในการเลี้ยงต่ำ ให้ผลผลิตสูง และมีผลประกอบการจากการเลี้ยงเหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งรายได้หรือเงินออมได้ เกิดความมั่นคงทางอาหาร (food security) ในท้องถิ่น

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ดำเนินการเลี้ยงสุกรพ่อแม่พันธุ์ ทดสอบพันธุ์ และคัดเลือกพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ที่เป็นในส่วนของสายพ่อ (เปี้ยตรง-พื้นเมือง) และสายแม่ (ดুর็อค-หมยซาน) เพื่อทดแทน โดยดำเนินการจากรุ่น F3 (ปัจจุบัน) ไปยังรุ่น F4 และ F5 เพื่อให้ได้สุกรเป้าหมายเป็นสุกรขุนที่เป็นสุกร 4 สาย (เปี้ยตรง-พื้นเมือง x ดুর็อค-หมยซาน)
2. ศูนย์วิจัยและพัฒนาสุกร ตรวจสอบจีโนไทป์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ คุณภาพการบริโภค และสีขน เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการคัดเลือกและวางแผนการผสมพันธุ์เพื่อการใช้ประโยชน์ และใช้หรับทดแทนในรุ่นถัดไป
3. ผสมพันธุ์ครอกที่ 1 ใช้การผสมพันธุ์แบบ line breeding โดยผสมในรุ่น (F) เดียวกัน ได้ลูกเป็นสุกรสายพันธุ์เดียวกัน นำเข้าทดสอบพันธุ์ และเก็บขึ้นทดแทน ลูกสุกรที่เหลือจากการคัดขึ้นทดสอบพันธุ์ และสุกรที่ผ่านการทดสอบพันธุ์แต่ไม่ได้ขึ้นทดแทน จะนำไปจำหน่ายสู่กลุ่มเกษตรกร เพื่อเลี้ยงเป็นพ่อแม่พันธุ์ หรือใช้เป็นสุกรขุนเพื่อทดสอบการขุนในสภาพฟาร์มเกษตรกร
4. การผสมพันธุ์รุ่นเดียวกันในครอกที่ 2 ใช้การผสมพันธุ์แบบ cross breeding โดยผสมระหว่างสุกรลูกผสมพันธุ์เปี้ยตรง-พื้นเมือง และสุกรลูกผสมดুর็อค-หมยซาน ที่อยู่ในรุ่น (F) เดียวกัน ได้ลูกเป็นสุกรลูกผสมสี่สายพันธุ์ นำเข้าทดสอบการขุน และจำหน่ายสู่กลุ่มเกษตรกรเพื่อเลี้ยงเป็นสุกรขุนเพื่อทดสอบการขุนในสภาพฟาร์มเกษตรกร และจำหน่ายเป็นหมูดำเชียงใหม่
5. ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์แม่ฮ่องสอน ศูนย์วิจัยและพัฒนากระบือ และศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุราษฎร์ธานี เก็บรวบรวมข้อมูลการให้ผลผลิต การให้ลูกของสุกรรุ่นพ่อแม่พันธุ์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาพันธุ์ และใช้ประโยชน์พันธุ์กรรม
6. กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ โดยสำนักงานปศุสัตว์จังหวัด คัดเลือกกลุ่มเกษตรกร หรือจัดตั้งกลุ่มเกษตรกร หรือคัดเลือกเกษตรกรที่มีความพร้อม ในพื้นที่จังหวัดที่ศูนย์ตั้งอยู่ และจังหวัดใกล้เคียง เพื่อเข้าร่วมโครงการ

7. ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์แม่ฮ่องสอน ศูนย์วิจัยและพัฒนากระบือ และศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุราษฎร์ธานี ศึกษาวิจัยรูปแบบหมูด้าเชียงใหม่ที่เหมาะสมกับการผลิต และการตลาดในรูปแบบต่างๆ โดยร่วมกับสำนักพัฒนาอาหารสัตว์ กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ กองพัฒนาผลิตภัณฑ์สัตว์ สำนักงานปศุสัตว์จังหวัด และองค์กรต่างๆในท้องถิ่น
8. กลุ่มเกษตรกร ฟาร์มเครือข่าย รับลูกหมูด้าเชียงใหม่ไปผลิตเป็นสุกรขุน โดยเริ่มขุนเมื่อสุกรน้ำหนักประมาณ 10 กิโลกรัม ถึง 20, 50-60, 80-90 กิโลกรัม ขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการผลิต
9. สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ พัฒนาระบบการเลี้ยงในฟาร์มเกษตรกรเพื่อให้สอดคล้องกับการผลิตเนื้อสุกรคุณภาพดี เช่น การเลี้ยงแบบหมูหลุม การเลี้ยงระบบอินทรีย์ การเลี้ยงระบบหมูอนามัย การเลี้ยงแบบปล่อยแปลง (free range) หรือการเลี้ยงแบบลดต้นทุน
10. กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร นำหมูด้าเชียงใหม่ไปเลี้ยงในรูปแบบของหมูหลุม หมูอินทรีย์ หรือหมูปล่อยแปลง ในระบบที่มีความมั่นคงทางชีวภาพ เพื่อให้เกิดความจำเพาะและมีเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับเนื้อสุกรคุณภาพสูง และความจำเพาะกับท้องถิ่น
11. สำนักพัฒนาอาหารสัตว์ พัฒนาสูตรอาหารเพื่อลดต้นทุน และให้เนื้อที่มีคุณภาพดี เพื่อนำไปส่งเสริมให้แก่กลุ่มเกษตรกร โดยเน้นพัฒนาอาหารที่เกี่ยวข้องกับ อาหารสุกรที่ลดต้นทุน อาหารหย่านม อาหารที่มีสมุนไพรลดการใช้ยาปฏิชีวนะ อาหารที่ใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น หรือใช้เศษสิ่งเหลือใช้จากการเกษตร
12. สำนักควบคุมและป้องกันโรคสัตว์ พัฒนาระบบการจัดการเพื่อให้เป็นฟาร์มที่ปลอดภัยจากเชื้อโรค และมีสุขอนามัยที่ดี ตามมาตรฐาน GFM หรือ Good Farming Management เป็นอย่างน้อย
13. สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ ร่วมกับสำนักเทคโนโลยีชีวภาพการผลิตปศุสัตว์ กำกับดูแลการผสมพันธุ์ และส่งเสริมการใช้ผสมเทียมด้วยน้ำเชื้อสดในกลุ่ม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านการผสมพันธุ์
14. กองพัฒนาผลิตภัณฑ์สัตว์ พัฒนารูปแบบการตัดแต่งและผลิตภัณฑ์จากหมูด้าเชียงใหม่ เช่น สเต็ก เนื้อขึ้นรูป แฮมเบอร์เกอร์ ไส้กรอก แฮม เบคอน ไขมัน หรือผลิตภัณฑ์เฉพาะ เพื่อนำไปขยายผลในตลาดเป้าหมาย ตอบสนองกับความต้องการของผู้บริโภค
15. กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์ พัฒนาระบบการตลาดสำหรับหมูด้าเชียงใหม่ ประกอบด้วย ตลาดจำเพาะในชุมชน ตลาดจำเพาะในท้องถิ่น ร้านอาหาร ภัตตาคาร โรงแรม แหล่งท่องเที่ยว แหล่งขายของฝาก ผลิตภัณฑ์ OTOP หรือผ่านทาง Social media เป็นต้น โดยจำหน่ายในรูปแบบของเนื้อหมูอินทรีย์ เนื้อหมูอนามัย หมูสด ผลิตภัณฑ์แปรรูป หรือในรูปแบบของเนื้อสุกรพร้อมบริโภค (Ready to cook)

รูปแบบการใช้ประโยชน์

1. จำหน่ายสุกรมีชีวิต น้ำหนัก 80-90 กก. เพื่อบริโภคเป็นเนื้อหมูคุณภาพสูงสำหรับตลาดจำเพาะ เช่น ภัตตาคาร แหล่งท่องเที่ยว ผู้บริโภคสูงอายุ ผู้บริโภคในตลาดจำเพาะ
2. จำหน่ายลูกสุกรหย่านม น้ำหนัก 10-20 กก. เพื่อทำเป็นหมูหันสำหรับตลาดภัตตาคาร ทดแทนการนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้าน
3. จำหน่ายสุกรขุนน้ำหนัก 50-60 กก. เพื่อทำหมูย่างในตลาดที่ต้องการหมูย่างคุณภาพสูง เช่น หมูย่างเมืองตรัง
4. ข่าแหละสุกรน้ำหนัก 70-90 กก. เพื่อนำชิ้นส่วนไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ พัฒนาเป็นส่วนของเนื้อสุกรพร้อมบริโภค โดยเน้นใช้ชิ้นส่วนของสุกรทั้งหมดให้เกิดประโยชน์ เช่น สันนอก ซี่โครง เป็น T-bone steak, Rib steak สันคอ เป็น Steak สันคอ ไหล่ ขาหน้า สะโพก จัดทำเป็นเนื้อขึ้นรูป หรือทำ Hamburger สำหรับตลาด fast food

ประเด็นการศึกษาวิจัยในลำดับต่อไป

1. การคัดเลือกสุกรในรุ่นต่อไปให้มีความนิ่งทางพันธุกรรมในลักษณะเป้าหมายที่ต้องการเพื่อใช้เป็นสุกรพ่อแม่พันธุ์สำหรับผลิตหมูดำเชียงใหม่
2. ควรศึกษาเพิ่มเติมปฏิกริยาร่วมกันของเครื่องหมายโมเลกุลที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพการบริโภคร
3. เพิ่มจำนวนการทดสอบ และการศึกษาคุณภาพเนื้อ คุณภาพการบริโภคของสุกรลูกผสม 4 cross เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการใช้ประโยชน์
4. ศึกษาการใช้ประโยชน์จากหมูดำเชียงใหม่ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เกิดผลตอบแทนที่เหมาะสม
5. ศึกษาวิจัยในด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต เช่น ระบบการเลี้ยง อาหารและการให้อาหาร การตัดแต่งและการแปรรูป การสร้างการรับรู้ และการตลาดที่เหมาะสมกับคุณสมบัติของหมูดำเชียงใหม่

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาพัฒนาได้สุกรต้นพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ในรุ่น F3 ซึ่งเป็นสุกรพ่อพันธุ์ และสุกรแม่พันธุ์เพื่อใช้พัฒนาพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ต่อไป โดยสุกรลูกผสมเปียตรง-พื้นเมืองเหมาะใช้เป็นกลุ่มสายพ่อ และสุกรลูกผสมดुर็อค-หมยซานเหมาะใช้เป็นกลุ่มสายแม่ ทั้งนี้สุกรลูกผสมดुर็อค-หมยซานมีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัม ดีกว่าสุกรลูกผสมเปียตรง-พื้นเมือง คุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพการบริโภคของสุกรทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน ได้เครื่องหมายโมเลกุลที่ใช้สำหรับคัดเลือกพันธุ์และพัฒนาพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ที่ให้เนื้อคุณภาพสูง และมีสีดำ โดยเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP RYR1 CAST2 MC5R* และ *IGF2* มีความสัมพันธ์กับลักษณะสมรรถภาพการผลิต ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *CAST2 MC5R* และ *IGF2* สามารถใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกลักษณะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* และ *MC5R* สามารถใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกลักษณะอัตราการเจริญเติบโต และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัม เช่นเดียวกับเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP* และ *RYR1* อาจจะใช้เป็นเครื่องหมายโมเลกุลในการคัดเลือกลักษณะอัตราการเจริญเติบโต และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัมได้

เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *LEP LEPR* และ *IGF2* มีความสัมพันธ์กับลักษณะคุณภาพเนื้อในส่วนของคุณค่าแรงตึงเนื้อขึ้นเนื้อ เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *RYR1* มีความสัมพันธ์กับลักษณะระดับไขมันแทรก เครื่องหมายโมเลกุลของยีน *CAST2* มีความสัมพันธ์กับลักษณะค่า pH ที่ 45 นาที ซึ่งเครื่องหมายโมเลกุลของยีนเหล่านี้มาสามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกพันธุ์สุกรเพื่อให้ได้สุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูงได้ แต่ยังคงพบว่ายีนเครื่องหมายโมเลกุลหลายคู่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันต่อคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค และเครื่องหมายโมเลกุลของยีน *MC1R* สามารถนำมาใช้ในการคัดเลือกสุกรพันธุ์หมูดำเชียงใหม่เพื่อให้มีขนสีดำตามต้องการ

สุกรลูกผสมเปียตรง-พื้นเมืองมีการแสดงออกของยีนเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด MHC IIb สูงกว่าสุกรลูกผสมดुर็อค-หมยซาน และลูกผสม 4 สายพันธุ์ และสัดส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด MHC IIx ในสุกรลูกผสมดुर็อค-หมยซาน สูงกว่าสุกรลูกผสมเปียตรง-พื้นเมือง และลูกผสม 4 สายพันธุ์ แสดงถึงเส้นใยกล้ามเนื้อในสุกรลูกผสมเปียตรง-พื้นเมืองมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า จึงมีความเหนียวมากกว่าสุกรลูกผสมดुर็อค-หมยซาน และลูกผสม 4 สายพันธุ์ และจากสัดส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด MHC IIa IIx และ IIb แสดงว่าเนื้อของสุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์มีคุณภาพดีกว่าสุกรลูกผสมดुर็อค-หมยซาน และสุกรลูกผสมเปียตรง-พื้นเมือง

สุกรลูกผสมดुर็อค-หมยซานและสุกรลูกผสมเปียตรง-พื้นเมืองต้นพันธุ์รุ่น F3 ที่นำไปใช้ในการพัฒนาหมูดำเชียงใหม่ มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียเนื้อระหว่างการเก็บรักษา (drip loss) ระหว่าง 2.06 - 2.46 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สุกรลูกผสม 4 สาย เท่ากับ 2.20-2.33 เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนลักษณะไขมันแทรกอยู่ในระดับ 1.57-1.72 ในขณะที่สุกรลูกผสม 4 สาย เท่ากับ 1.83 ค่าแรงตึงเนื้อขึ้นเนื้อ 3.99 - 5.17 kg ในขณะที่สุกรลูกผสม 4 สาย เท่ากับ 4.94 - 5.22 kg ค่า pH₄₅ อยู่ระหว่าง 6.29 - 6.37 และสุกรลูกผสม 4 สายเท่ากับ 6.20 - 6.22

ข้อเสนอแนะ

ผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพเนื้อ และคุณภาพการบริโภค กับเครื่องหมายโมเลกุล จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกสุกรในรุ่นต่อไปเพื่อใช้เป็นสุกรพ่อแม่พันธุ์สำหรับพัฒนาพันธุ์เพื่อให้ความนิ่งทางพันธุกรรม และนำไปสู่การสร้างเป็นหมูดำเชียงใหม่ เพื่อนำไปศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในลำดับต่อไป ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมปฏิกริยาร่วมกันของเครื่องหมายโมเลกุลที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ คุณภาพซาก และคุณภาพการบริโภค และควรมีการศึกษาในด้านการใช้ประโยชน์จากหมูดำเชียงใหม่ และการพัฒนาการตลาดที่เหมาะสมกับคุณสมบัติของหมูดำเชียงใหม่เพื่อให้เกิดประโยชน์ ตลอดจนการนำไปส่งเสริม ขยายการผลิตสู่เกษตรกรเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรรายย่อย ผลิตเนื้อคุณภาพดีและผลิตภัณฑ์เฉพาะที่มีคุณภาพสำหรับผู้บริโภคต่อไป

บรรณานุกรม

- ประภาส มหินชัย, ศุภมิตร เมฆฉาย และ โชค มิเกล็ด. 2550. การคัดเลือกและการปรับปรุงพันธุ์สุกรเป็ดแดงและลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง. รายงานวิจัยประจำปี 2550. มุลินีโครงการหลวง อ.เมือง จ. เชียงใหม่. 19 น.
- ประภาส มหินชัย, ศุภมิตร เมฆฉาย และ โชค มิเกล็ด. 2552. การคัดเลือกและการปรับปรุงพันธุ์สุกรเป็ดแดงและลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปี 2552. มุลินีโครงการหลวง อ.เมือง จ.เชียงใหม่. 36 น.
- ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่. 2557. รายงานผลการปฏิบัติงาน ประจำปี 2557. ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่. 48 น.
- Aberle, E.D., J.C. Forrest, D.E. Gerrard, and E.W. Mills. 2001. Principles of Meat Science. 4th ed. Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Alfonso, L. and A. Arana. 2004. Characterisation of Some Fatness Candidate Genes in Basque Black Pied and Large White Pigs. Archivos de Zootecnia 53: 411-414.
- Alonso, V., M. d. M. Campo, S. Español, P. Roncalés and J. A. Beltrán. 2009. Effect of crossbreeding and gender on meat quality and fatty acid composition in pork. Meat Sci. 81: 209-217.
- Andersson, L. 2003. Melanocortin receptor variants with phenotypic effects in horse, pig, and chicken. Ann. N. Y. Acad. Sci. 994:313-318.
- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Arlington, VA.USA.
- Bauer, M., A. Babelova, R. Omelka and M. Bauerova. 2006. Association of *Hin1f* polymorphism in the *Leptin* gene with production traits in white improved pig breed. Slovak J. Anim. Sci., 39: 119-122.
- Bonneau, M. and B. Lebret. 2010. Production systems and influence on eating quality of pork. Meat Sci. 84: 293-300.
- Brocks, L., Klont, R. E. Buist, W. de Greef, K. Tieman M., and Engel, B. 2000. The effects of selection of pigs on growth rate vs. leanness on histochemical characteristics of different muscles. J. Anim. Sci. 78: 1247-1254.
- 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.
- Chikuni, K., R. Tanabe, S. Muroya and I. Nakajima. 2001. Differences in molecular structure among porcine myosin heavy chain 2a, 2x and 2b isoforms. Meat Sci. 57: 311-317.
- Ciobanu, D. C., A. E. Day, A. Nagy, R. Wales, M. F. Rothschild and G. S. Plastow. 2001. Genetic variation in two conserved local Romanian pig breeds using type 1 DNA markers. Genet. Sel. Evol. 33: 417-432.
- Ciobanu, D. C., J. W. M. Bastiaansen, S. M. Lonergan, H. Thomsen, J. C. M. Dekkers, G. S. Plastow and M. F. Rothschild. 2004. New alleles in *calpastatin* gene are associated with meat quality traits in pigs. J. Anim. Sci. 82: 2829-2839.

- Davoli, R., S. Braglia, V. Valastro, C. Annarratone, M. Comella, P. Zambonelli, I. Nisi, M. Gallo, L. Buttazzoni and V. Russo. 2012. Analysis of *MC4R* polymorphism in Italian Large White and Italian Duroc pigs: Association with carcass traits. *Meat. Sci.*, 90: 887-892.
- Devine, C., C. Devine and W. K. Jensen. 2004. *Encyclopedia of Meat Sciences*, Three-Volume Set, Elsevier Science.
- DeVol, D. L., F. K. McKeith, P. J. Bechtel, J. Novakofski, R. D. Shanks and T. R. Carr. 1988. Variation in Composition and Palatability Traits and Relationships between Muscle Characteristics and Palatability in a Random Sample of Pork Carcasses. *J. Anim. Sci.* 66: 385-395.
- Drögemüller, C., A. Giese, F. Martins-Wess, S. Wiedemann, L. Andersson, B. Brenig, R. Fries and T. Leeb. 2006. The mutation causing the black-and-tan pigmentation phenotype of Mangalitza pigs maps to the porcine *ASIP* locus but does not affect its coding sequence. *Mamm Genome*. 17: 58-66.
- Fang, M., G. Larson, H. Soares Ribeiro, N. Li and L. Andersson. 2009. Contrasting Mode of Evolution at a Coat Color Locus in Wild and Domestic Pigs. *PLoS Genetics* 5: e1000341.
- Fontanesi, L. C. Speroni, L. Buttazzoni, E. Scotti, S. Dall'Olio, L. Nanni Costa, R. Davoli and V. Russo. 2014. The insulin-like growth factor 2 (*IGF2*) gene intron3-g.3072G>A polymorphism is not the only *Sus scrofa* chromosome 2p mutation affecting meat production and carcass traits in pigs: Evidence from the effects of a cathepsin D (*CTSD*) gene polymorphism. *J. Anim. Sci.*, 88: 2235-2245.
- Fontanesi, L., E. D'Alessandro, E. Scotti, L. Liotta, A. Crovetto, V. Chiofalo and V. Russo. 2010. Genetic heterogeneity and selection signature at the *KIT* gene in pigs showing different coat colours and patterns. *Anim Genet*. 41: 478-492.
- Fontanesi, L., L. Buttazzoni, G. Galimberti, D.G. Calo, E. Scotti and V. Russo. 2013. Association between melanocortin 4 receptor (*MC4R*) gene haplotypes and carcass and production traits in Italian Large White pigs evaluated with a selective genotyping approach. *Livest. Sci.*, 157: 48-56.
- Fujii, J., K. Otsu, F. Zorzato, S. de Leon, V. K. Khanna, J. E. Weiler, P. J. O'Brien and D. H. MacLennan. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. *Science* 253: 448 - 451.
- Gandolfi, G., L. Pomponio, P. Ertbjerg, A.H. Karlsson, L.N. Costa, R. Lametsch, V. Russo and R. Davoli. 2011. Investigation on *CAST*, *CAPN1* and *CAPN3* porcine gene polymorphisms and expression in relation to post-mortem calpain activity in muscle and meat quality. *Meat. Sci.*, 88: 694-700.
- Gauthier, G. F. 1969. On the relationship of ultrastructural and cytochemical features to color in genes of *MC1R* and *ASIP* in Chinese brownish red Tibetan pigs. *Anim. Sci. J.* 81: 630-634.

- Gerbens, F., A. J. van Erp, F. L. Harders, F. J. Verburg, T. H. Meuwissen, J. H. Veerkamp and M. F. te Pas. 1999. Effect of genetic variants of the heart fatty acid-binding protein gene on intramuscular fat and performance traits in pigs. *J. Anim. Sci.* 77: 846-852.
- Gerbens, F., D. J. de Koning, F. L. Harders, T. H. Meuwissen, L. L. Janss, M. A. Groenen, J. H. Veerkamp, J. A. Van Arendonk and M. F. te Pas. 2000. The effect of adipocyte and heart fatty acid-binding protein genes on intramuscular fat and backfat content in Meishan crossbred pigs. *J. Anim. Sci.* 78: 552-559.
- Gerbens, F., G. u. n. Rettenberger, J. A. Lenstra, J. H. Veerkamp and M. F. W. t. Pas. 1997. Characterization, chromosomal localization, and genetic variation of the porcine heart fatty acid-binding protein gene: The nucleotide sequence data reported in this paper have been submitted to the EMBL database and have been assigned the accession numbers X98555, X98556, X98557, and X98558. *Mamm. Genome* 8: 328-332.
- Glinoubol, J., S. Jaturasitha, P. Mahinchaib, M. Wicke and M. Kreuzer. 2015. Effects of crossbreeding Thai Native or Duroc Pigs with Pietrain Pigs on carcass and meat quality. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 5: 133-138.
- Grindflek, E., N. Hoen, H. Sundvold, M.F. Rothschild, G. Plastow and S. Lien. 2004. Investigation of a peroxisome proliferator-activated receptor gamma haplotype effect on meat quality and carcass traits in pigs. *Anim. Genet.*, 35: 238-241.
- Gunawan A. M., Richert B. T., Schinckel A. P., Grant A. L., Gerrard D. E. 2007. Ractopamine induces differential gene expression in porcine skeletal muscles. *J. Anim. Sci.* 85:2115–2124.
- Hamilton, D. N., M. Ellis, K. D. Miller, F. K. McKeith and D. F. Parrett. 2000. Effect of the Halothane and Rendement Napole Genes on Carcass and Meat Quality Characteristics of Pigs. *Illini PorkNet Papers*. Retrieved 20 November, 2017, from <http://www.livestocktrail.uiuc.edu/porknet/paperDisplay.cfm?ContentID=87>.
- Henriquez-Rodriguez, E., L. Bosch, M. Tor, R.N. Pena and J. Estany. 2016. The effect of *SCD* and *LEPR* genetic polymorphisms on fat content and composition is maintained throughout fattening in Duroc pigs. *Meat. Sci.* 121: 33-39.
- Jin, H.J., B.Y. Park, J.C. Park, I.H. Hwang, S.S. Lee, S.H. Yeon, C.D. Kim, C.Y. Cho, Y.K. Kim, K.S. Min, S.T. Feng, Z.D. Li, C.K. Park and C.I. Kim. 2006. The Effects of Stress Related Genes on Carcass Traits and Meat Quality in Pigs. *Asian-Aust. J. Anim Sci.*, 19: 280-285.
- 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.
- Jun, L., L. ÀÀMu, T. Xiao-Ping, X. Shi-Fu, D. Huan, H. Liang-Wei and Z. Chang-Feng. 2007. Effects of Different Protein Sources in Feed Rations on Umami Substances in Swine Muscles and Pork Flavor. *Food Sci.* 28: 59-63.

- Kadarmideen, H.N.. 2008. Biochemical, ECF18R, and RYR1 Gene Polymorphisms and Their Associations with Osteochondral Diseases and Production Traits in Pigs. *Biochem. Genet.*, 46: 41-53.
- Karlsson, A. H., Klont, R. E. and Fernandez, X. 1999. Skeletal muscle fibres as factors for pork quality. *Lives. Prod. Sci.* 60: 255-269.
- Kennes, Y. M., B. D. Murphy, F. Pothier and M.-F. Palin. 2001. Characterization of swine leptin (LEP) polymorphisms and their association with production traits. *Anim. Genet.* 32: 215-218.
- Kijas, J.M., R. Wales, A. Törnsten, P. Chardon, M. Moller and L. Andersson. 1998. Melanocortin receptor 1 (*MC1R*) mutations and coat color in pigs. *Genetics.* 150: 1177-1185.
- Kim, J. B., P. S. Margaret, K. M. Wright, E. M. Yao, S. Gemma, B. L. Bradford and M. S. Bruce. 1998. Nutritional and insulin regulation of fatty acid synthetase and leptin gene expression through *ADD1/SREBP1*. *J. Clin. Invest.* 101: 1-9.
- Kim, K.-S., H. Thomsen, J. Bastiaansen, N. T. Nguyen, J. C. M. Dekkers, G. S. Plastow and M. F. Rothschild. 2004a. Investigation of Obesity Candidate Genes On Porcine Fat Deposition Quantitative Trait Loci Regions[ast][ast]. *Obesity* 12: 1981-1994.
- Kim, K. S., J. M. Reecy, W. H. Hsu, L. L. Anderson and M. F. Rothschild. 2004b. Functional and phylogenetic analyses of a melanocortin-4 receptor mutation in domestic pigs. *Dom. Anim. Endocrin.* 26: 75-86.
- Kim, K. S., S. Marklund and M. F. Rothschild. 2000. The porcine melanocortin-5 receptor (*MC5R*) gene: polymorphisms, linkage and physical mapping. *Anim. Genet.* 31: 230-231.
- Kovacik, A., J. Bulla, A. Trakovicka, J. Zitny and A. Rafayova. 2012. The effect of the porcine melanocortin-5 receptor (*MC5R*) gene associated with feed intake, carcass and physico-chemical characteristics. *JMBFS.* 1: 498-506.
- Lawrie, R.A. 1985. *Meat Science*, 4th Edition. Pergamon Press, Oxford, United Kingdom.
- Lefaucheur, L., and Gerrard D. 1998. Muscle fiber plasticity in farm mammals. *Proceeding of the American Society of Animal Science.* 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.
- Li, C. L., Y. C. Pan and H. Meng. 2006. Polymorphism of the *H-FABP*, *MC4R* and *ADD1* genes in the Meishan and four other pig populations in China. *South Afric. J. Anim. Sci.* 36: 1-6.
- Lo, L. L., McLaren, D. G., McKeith, F. K., Fernando, R. L. and Novakofski, J. 1992. Genetic analyses of growth, real-time ultrasound, carcass, and pork quality traits in Duroc and Landrace pigs: II. Heritabilities and correlations. *J. Anim. Sci.* 70: 2387-2396.

- Mabry, J. W. and T. J. Baas. 1998. The Impact of Genetics on Pork Quality. Retrieved 15 September, 2011, from <http://www.pork.org/filelibrary/Factsheets/PorkScience/q-genetics4904341.pdf>.
- Mackowski, M., M. Szymoniak K Fau - Szydlowski, M. Szydlowski M Fau - Kamyczek, R. Kamyczek M Fau - Eckert, M. Eckert R Fau - Rozycki, M. Rozycki M Fau - Switonski and M. Switonski. 2005. Missense mutations in exon 4 of the porcine *LEPR* gene encoding extracellular domain and their association with fatness traits. *Anim Genet.* 36: 135-7.
- Mao, H., J. Ren, N. Ding, S. Xiao, and L. Huang. 2010. Genetic variation within coat color mammalian skeletal muscle. *Cell and Tissue Research.* 95:462–482.
- Miar, Y., G. S. Plastow, S. S. Moore, G. Manafiazar, P. Charagu, R. A. Kemp, B. Van Haandel, A. E. Huisman, C. Y. Zhang, R. M. McKay, H. L. Bruce and Z. Wang. 2014. Genetic and phenotypic parameters for carcass and meat quality traits in commercial crossbred pigs. *J Anim. Sci.* 92: 2869-2884.
- 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.
- Moeller, S.J. 2017. Developing a Checklist for Pork Quality. Retrieved 20 November, 2017, from <https://www.ipic.iastate.edu/porkbridge/pb0208porkquality.pdf>.
- National Pork Board. 2016. Retrieved 10 January, 2016, from <https://library.pork.org/media/?mediaId=A492E536-0C37-46FE-81D11DEAF3D4E2B4>.
- Neuenschwander, S., E. Rettenberger G Fau - Meijerink, H. Meijerink E Fau - Jorg, G. Jorg H Fau - Stranzinger and G. Stranzinger. 1996. Partial characterization of porcine obesity gene (*Obs*) and its localization to chromosome 18 by somatic cell hybrids. *Anim. Genet.* 27: 275-8.
- Newcom, D. W., T. J. Baas and J. F. Lampe. 2002. Prediction of intramuscular fat percentage in live swine using real-time ultrasound. *J. Anim. Sci.* 80: 3046-3052.
- Okumura, N., T. Matsumoto, N. Hamasima and T. Awata. 2008. Single nucleotide polymorphisms of the *KIT* and *KITLG* genes in pigs. *Anim. Sci. J.* 79: 303-313.
- Olson, T.A. 1999. Genetics of colour variation. pp. 33-53. *In*: R. Fries and A. Ruvinsky. (eds.). *The Genetics of Cattle*. CABI Publishing. Wallingford, UK.
- Ovilo, C., A. Fernandez, M.C. Rodriguez, M. Nieto and L. Silio. 2006. Association of *MC4R* gene variants with growth, fatness, carcass composition and meat and fat quality traits in heavy pigs. *Meat. Sci.*, 73: 42-47.
- Peixoto, J.O., S.E.F. Guimaraes, P.S. Lopes, M.A.M. Soares, A.V. Pires, M.V.G. Barbosa, R.A. Torres and M.A. Silva. 2006. Associations of leptin gene polymorphisms with production traits in pigs. *J. Anim. Breed. Genet.* 123: 378-383.
- PIC, 1997. Meat quality. Understanding industry measurements and guidelines. PIC, Spring, 1997, Franklin, Kentuntucky.

- PIC, 2003. Meat quality. Understanding industry measurements and guidelines. PIC 2003 Insert Technical update, Franklin, Kentucky.
- Picard, B., Lefaucheur, L., Berri, C., and Duclos, M. J. 2002. Muscle fibre ontogenesis in farm animal species. *Reprod. Nutri. Devel.* 42: 415-431.
- Prevolnik, M., M. Candek-Potokar, D. Škorjanc, Š. Velikonja-Bolta, M. Škrlep, T. Znidaršica and D. Babnik. 2005. Predicting intramuscular fat content in pork and beef by near infrared spectroscopy. *J. Near Infra. Spectro.* 13: 77–86
- Rana, B.K., D. Hewett-Emmett, L. Jin, B.H. Chang, N. Sambuughin, M. Lin, S. Watkins, M. Bamshad, L.B. Jorde, M. Ramsay, T. Jenkins, and W.H. Li. 1999. High polymorphism at the human melanocortin 1 receptor locus. *Genetics* 151: 1547-1557.
- Ren, J., H. Mao, Z. Zhang, S. Xiao, N. Ding and L. Huang. 2011. A 6-bp deletion in the *TYRP1* gene causes the brown colouration phenotype in Chinese indigenous pigs. *Heredity* 106: 862-868.
- Renand, G., Picard, B., Touraille, C., Berge, P., and Lepetit, J., 2001. Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls. *Meat Sci.* 59: 49–60.
- Rybarczyk, A., M. Kmiec, A. Terman and R. Szaruga. 2012. The effect of *CAST* and *RYR1* polymorphisms on carcass and meat quality traits in Pietrain crossbred pigs. *Anim. Sci. Pap. Rep.*, 30: 241-248.
- Rybarczyk, A., M. Kmiec, J. Gardzielewska, T. Karamucki, M. Jakubowska, A. Terman and D. Polasik. 2009. Effect of carcass meatiness level on meat quality of pigs monomorphic at genes *RYR1* and *LEP*. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 59: 325-328.
- Ryu, Y. C., and Kim, B.C. 2006. Comparison of histochemical characteristics in various pork groups categorized by postmortem metabolic rate and pork quality. *J. Anim. Sci.* 84: 894–901.
- Schwab, C.R., Baas, T.J., Berry, N.L., Mote, B.E. and Stalder, K.J. 2005. Selection for Intramuscular Fat in Duroc Swine – An Update. In *National Swine Improvement Federation, Conference and Annual Meeting* Ottawa, Ontario.
- Seeley, R. J., K. A. Yagaloff, S. L. Fisher, P. Burn, T. E. Thiele, G. van Dijk, D. G. Baskin and M. W. Schwartz. 1997. Melanocortin receptors in leptin effects. *Nature* 390: 349-349.
- Seideman, S. C., and Crouse, J. D. 1986. The Effects of Sex Condition, Genotype and Diet on Bovine Muscle Fiber Characteristics. *Meat Sci.* 17:55-72.
- Shin, S. C., J. P. Heo and E. R. Chung. 2011. Genetic variants of the *FABP4* gene are associated with marbling scores and meat quality grades in Hanwoo (Korean cattle). *Mol. Biol. Rep.* 39: 5323-5330.
- Skrlep, M., T. Kavar and M. Candek-Potokar. 2010. Comparison of *PRKAG3* and *RYR1* gene effect on carcass traits and meat quality in Slovenian commercial pigs. *Czech J. Anim. Sci.*, 55: 149-159.

- Solanes, F. X., Reixach, J., Tor, M., Tibau, J. and Estany, J. 2009. Genetic correlations and expected response for intramuscular fat content in a Duroc pig line. *Lives. Sci.* 123: 63-69.
- Sonesson, A. K., de Greef, K. H., and Meuwissen, T. H. E. 1998. The Genetic parameters and trends of meat quality, carcass composition and performance traits in two selected lines of Large White pigs. *Lives. Prod. Sci.* 57: 23-32
- Sponenberg, D.P. 1997. Genetics of colour and hair texture. pp. 51-86. *In*: L. Piper and A. Ruvinsky. (eds.). *The Genetics of Sheep*. CABI Publishing. Wallingford, UK.
- Tikk M., K. TIKK, M. A. Tornngren, L. Meinert, M.D. Aaslyng, A.H. Karlsson, and H. J. Andersen. 2006. Development of Inosine Monophosphate and Its Degradation Products during Aging of Pork of Different Qualities in Relation to Basic Taste and Retronasal Flavor Perception of the Meat. *J. Agric. Food Chem.* 54: 7769-7777.
- Toniolo, L., M. Patruno, L. Maccatrozzo, M.A. Pellegrino, M. Canepari, R. Rossi, G. D'Antona, R. Bottinelli, C. Reggiani and F. Mascarello. 2004. Fast fibres in a large animal: fibre types, contractile properties and MHC expression in pig skeletal muscles. *J. Exp. Biol.* 207: 1875-1886
- Tyra, M. and K. Ropka-Molik. 2011. Effect of the *FABP3* and *LEPR* gene polymorphisms and expression levels on intramuscular fat (IMF) content and fat cover degree in pigs. *Lives. Sci.*, 142: 114-120.
- Urban, T. and R. Mikolasova. 2006. Genetic Variability in the *Leptin*, Leptin Receptor and Heart Fatty Acid Biding Protein Gene in Pigs. *Acta fytotechnica et zootechnica*: S29.
- Urbanski, P., M. Pierzchala, A. Terman, M. Kamyczek, M. Rozycki, A. Roszczyk and U. Czarnik. 2015. The relationship between the polymorphism of the porcine *CAST* gene and productive traits in pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 95: 361-367.
- Vogeli, P., R. Bolt R Fau - Fries, G. Fries R Fau - Stranzinger and G. Stranzinger. 1994. Co-segregation of the malignant hyperthermia and the Arg615-Cys615 mutation in the skeletal muscle calcium release channel protein in five European Landrace and Pietrain pig breeds. *Anim Genet.* 25 Suppl 1:59-66.
- Vykoukalova, Z., A. Knoll, J. Dvorak and S. Cepica. 2006. New SNPs in the *IGF2* gene and association between this gene and backfat thickness and lean meat content in Large White pigs. *J. Anim. Breed. Genet.* 123: 204-207.
- Weisz, F., T. Urban, P. Chalupova and A. Knoll. 2011. Association analysis of seven candidate genes with performance traits in Czech Large White pigs. *Czech J. Anim. Sci.* 56: 337-344.
- 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: 982-987.

- 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: 795-803.
- Wood, J. D., Nute, G. R., Richardson, R. I., Whittington, F. M., Southwood, O., Plastow, G., Mansbridge, R., da Costa, N. and Chang, K. C. 2004. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Sci.* 67: 651-667.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แผนการดำเนินงานตามกิจกรรมในโครงการ และกิจกรรมที่ดำเนินการจริง

กิจกรรม	เดือนที่			
	1-6	7-12	13-18	19-24
1. ศึกษาลักษณะความสัมพันธ์ทางเครือญาติ และ Inbreeding coefficient ของสุกรพ่อแม่ พันธุ์ F2 และตรวจสอบความแปรปรวนของ ลักษณะที่ต้องการคัดเลือก โดยใช้ genetic marker				
2. จัดเตรียมสุกรพ่อแม่และแม่พันธุ์ ผสมพันธุ์สุกร ลูกผสม เปียตรง-พื้นเมือง และสุกรลูกผสม ดุริยค-เหมยซาน ในรุ่น F2 เพื่อผลิตลูกรุ่น F3 ครอกที่ 1				
3. วิเคราะห์ genetic markers ที่เกี่ยวกับ คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และสีลำตัว ในสุกร รุ่น F3 ก่อนหย่านม				
4. คัดเลือกสุกรรุ่น F3 สีดำ และลักษณะ พันธุกรรมที่ต้องการ เข้าทดสอบพันธุ์				
5. ทดสอบสมรรถภาพการเจริญเติบโต ศึกษา คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และคุณภาพการ บริโภค ของสุกรรุ่น F3				
6. ผสมพันธุ์สุกรลูกผสม เปียตรง-พื้นเมือง และสุกรลูกผสม ดุริยค-เหมยซาน ในรุ่น F2 เพื่อผลิตลูกรุ่น F3 ครอกที่ 2				
7. วิเคราะห์ genetic markers ที่เกี่ยวกับ คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ และสีลำตัว ในสุกร รุ่น F3 ก่อนหย่านม ทดสอบสมรรถภาพการ เจริญเติบโต คัดสุกรที่ผ่านทดสอบพันธุ์ มี ลักษณะทางเศรษฐกิจที่ดี มีสีดำ ใช้เป็นพ่อแม่ พันธุ์รุ่น F3				
8. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์				

หมายเหตุ:

F2, F3: สุกรรุ่นที่ 2 หรือรุ่นที่ 3



แผนและกิจกรรม



กิจกรรมที่ดำเนินการจริง

ตารางผนวกที่ 2 การกระจายพันธุ์หมูดำให้กับหน่วยงานราชการและฟาร์มเครือข่ายเพื่อใช้ประโยชน์

ที่	ชื่อฟาร์ม	ที่ตั้ง	จำนวนสุกร(ตัว)		หมายเหตุ
			เพศผู้	เพศเมีย	
1	สุรินทร์ฟาร์ม	อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่	1	10	จำหน่าย
2	ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้	อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	2	15	ส่งมอบ
3	เพื่อนเกษตรฟาร์ม	อ.เชียงคำ จ.พะเยา	2	10	จำหน่าย
4	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงอ่างขาง	อ.ไชยปราการ จ.เชียงใหม่	1	5	ส่งมอบ
5	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย	อ.แม่อิง จ. เชียงใหม่	2	10	ส่งมอบ
6	โครงการฟาร์มตัวอย่างบ้านแม่ต๋ำ	อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่	2	10	ส่งมอบ
7	สถานีถ่ายทอดเกษตรกรและป่าไม้บ้านแพกแซม	อ.เวียงแหง จ.เชียงใหม่	1	3	ส่งมอบ
8	โครงการฟื้นฟูสภาพป่าบ้านห้วยจะคำน	อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	1	3	ส่งมอบ
9	สถานีพัฒนาการเกษตรที่สูงดอยม่อนลำ	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	1	3	ส่งมอบ
10	สถานีพัฒนาการเกษตรที่สูงห้วยหยวกป่าโซ	อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย	1	3	ส่งมอบ
11	สถานีพัฒนาการเกษตรที่สูงบ้านป่าคา	อ.คลองลาน จ.กำแพงเพชร	1	3	ส่งมอบ
12	โครงการฟาร์มตัวอย่างบ้านแม่ต๋ำ	อ.เสริมงาม จ.ลำปาง	1	3	ส่งมอบ
13	โครงการฟาร์มตัวอย่างบ้านดงเย็น	อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	1	3	ส่งมอบ
14	โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่เหลอ	อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน	1	3	ส่งมอบ
15	โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนเบญจมะ 1	อ.เวียงแหง จ.เชียงใหม่	1	3	ส่งมอบ
16	โรงเรียนทุ่งฟ้าบด	อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่	1	3	ส่งมอบ
17	กลุ่มผู้เลี้ยงหมูหลุมแม่สรวย	อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	1	6	จำหน่าย
18	TS FARM	อ.เมือง จ.ลำปาง	1	10	จำหน่าย
19	ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุราษฎร์ธานี	อ.พุนพิน จ.สุราษฎร์ธานี	5	20	ส่งมอบ
20	ศูนย์วิจัยและบำรุงพัฒนาพันธุ์กระบือ	อ.เมือง จ.สุรินทร์	2	10	ส่งมอบ
21	ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหลวงอินทนนท์	อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	1	3	ส่งมอบ
รวม			30	139	

ตารางผนวกที่ 3 สุกรรุ่น F3 ที่คัดเลือกเป็นพ่อแม่พันธุ์ทดแทน

เบอร์สุกร	สายพันธุ์	เพศ	ADG	FCR	BF	LEA	Age 90 kg.
CH0AC5502	DM	M	721.65	2.37	1.10	30.48	168.00
CH0AC6015	DM	M	850.00	1.64	1.05	27.30	141.24
CH0AD2143	DM	M	875.00	2.29	1.15	24.13	166.71
CH0AD2268	DM	M	756.41	2.71	1.35	22.86	156.03
CH0AE2441	DM	M	811.32	1.74	0.80	29.21	152.91
CH0AE2702	DM	M	761.90	3.13	1.20	22.86	164.81
CH0AC5506	DM	F	688.31	2.74	1.55	31.12	181.91
CH0AC5507	DM	F	886.08	2.29	1.20	32.39	150.00
CH0AC6018	DM	F	881.36	2.35	1.65	19.68	158.67
CH0AC6042	DM	F	746.84	3.14	1.75	24.77	155.34
CH0AD2228	DM	F	666.67	2.88	2.10	21.59	172.50
CH0AD2229	DM	F	601.94	2.94	1.85	21.59	180.03

เบอร์สุกร	สายพันธุ์	เพศ	ADG	FCR	BF	LEA	Age 90 kg.
CH0AD2271	DM	F	717.95	3.04	1.60	20.95	165.57
CH0AD2275	DM	F	628.21	3.06	1.75	22.86	167.96
CH0AD2276	DM	F	743.59	2.76	1.60	17.14	166.72
CH0AD6953	DM	F	764.04	2.63	1.05	26.04	170.07
CH0AD6971	DM	F	649.57	2.00	1.55	22.23	176.76
CH0AD7244	DM	F	627.91	2.70	1.50	20.32	195.78
CH0AD7280	DM	F	717.95	2.63	1.35	24.77	182.79
CH0AD7299	DM	F	771.08	2.50	1.55	25.40	156.30
CH0AD7306	DM	F	618.56	2.62	1.30	29.21	196.00
CH0AD7307	DM	F	738.10	2.10	1.05	24.13	208.42
CH0AD7309	DM	F	746.67	2.63	1.80	25.40	159.36
CH0AD7342	DM	F	608.25	2.85	0.70	28.58	186.64
CH0AD7343	DM	F	585.11	2.75	1.45	20.95	203.55
CH0AD7344	DM	F	753.25	2.69	1.40	25.40	161.64
CH0AD7423	DM	F	666.67	3.16	1.35	26.67	177.50
CH0AD7424	DM	F	656.25	2.90	1.30	20.96	203.62
CH0AD7472	DM	F	745.28	1.90	1.40	21.59	175.92
CH0AD7474	DM	F	704.23	2.16	1.35	24.77	165.36
CH0AE2431	DM	F	655.17	3.32	1.35	20.95	182.63
CH0AE2434	DM	F	516.67	2.26	1.50	26.03	203.45
CH0AE2484	DM	F	644.44	2.29	1.10	27.30	194.10
CH0AE2498	DM	F	706.90	3.07	1.30	24.13	170.07
CH0AE2501	DM	F	741.38	2.93	1.05	23.49	169.74
CH0AE2502	DM	F	689.66	3.15	1.85	22.23	170.25
CH0AE2603	DM	F	842.11	2.25	1.35	22.22	158.94
CH0AE2698	DM	F	650.00	2.00	0.95	27.30	179.08
CH0AE2706	DM	F	720.00	2.78	2.45	26.03	164.28
CH0AD2008	PN	M	883.72	2.12	1.60	26.67	165.21
CH0AD7434	PN	M	741.18	2.38	0.70	24.77	176.65
CH0AE2349	PN	M	884.62	2.03	1.45	26.04	144.22
CH0AE2606	PN	M	651.02	3.33	0.85	26.04	193.19
CH0AE2613	PN	M	693.88	2.65	0.75	29.84	188.21

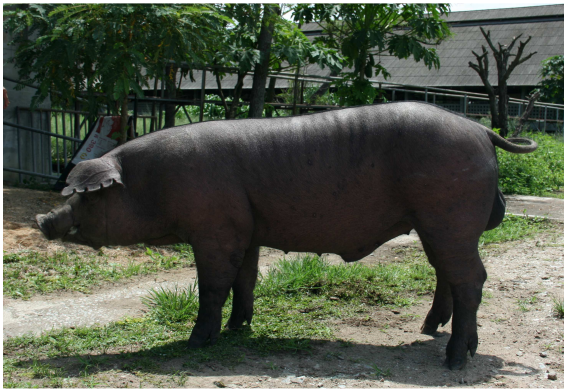
เบอร์สุกร	สายพันธุ์	เพศ	ADG	FCR	BF	LEA	Age 90 kg.
CH0AE2629	PN	M	630.00	2.38	1.15	24.13	189.24
CH0AC5595	PN	F	684.16	3.07	1.45	22.23	193.58
CH0AC5700	PN	F	603.96	3.07	1.55	20.95	184.34
CH0AC5834	PN	F	652.17	3.91	1.85	20.32	230.63
CH0AC6046	PN	F	852.46	2.46	1.75	29.21	154.52
CH0AC6102	PN	F	759.49	2.47	1.50	26.67	177.05
CH0AC6223	PN	F	674.16	2.23	1.45	24.77	171.00
CH0AC6259	PN	F	734.18	2.38	1.60	25.40	167.36
CH0AC6261	PN	F	522.94	2.79	1.40	29.21	162.18
CH0AD2017	PN	F	677.42	2.54	1.40	27.94	181.38
CH0AD2156	PN	F	701.03	2.60	1.30	22.23	178.85
CH0AD2207	PN	F	631.07	2.85	2.15	31.75	186.25
CH0AD2208	PN	F	553.40	3.68	1.90	20.95	194.61
CH0AD2242	PN	F	718.31	2.94	1.50	17.15	162.18
CH0AD2263	PN	F	840.00	2.48	1.20	31.75	166.95
CH0AD6692	PN	F	663.27	2.66	1.40	23.49	170.49
CH0AD6695	PN	F	693.88	2.49	1.45	28.58	174.88
CH0AD6733	PN	F	639.53	2.33	1.30	22.23	211.13
CH0AD6763	PN	F	600.00	2.92	1.45	22.86	189.67
CH0AD6827	PN	F	629.41	3.14	1.30	32.39	195.00
CH0AD6828	PN	F	670.59	2.68	1.45	29.21	181.49
CH0AD6835	PN	F	605.26	2.94	1.25	24.13	184.09
CH0AD6844	PN	F	644.72	3.07	1.40	26.04	199.33
CH0AD6856	PN	F	644.23	2.70	1.35	24.13	178.55
CH0AD6914	PN	F	574.26	2.38	1.45	26.67	149.00
CH0AD6916	PN	F	556.52	2.49	1.20	22.22	183.19
CH0AD7328	PN	F	660.00	3.14	1.55	27.94	181.45
CH0AD7329	PN	F	630.00	3.02	1.35	24.77	190.76
CH0AD7436	PN	F	728.57	2.75	1.10	19.68	182.49
CH0AD7437	PN	F	702.38	2.71	1.50	20.96	186.97
CH0AD7446	PN	F	727.27	2.71	1.70	19.68	173.50
CH0AD7447	PN	F	569.77	2.61	1.50	22.23	180.29

เบอร์สุกร	สายพันธุ์	เพศ	ADG	FCR	BF	LEA	Age 90 kg.
CH0AD7453	PN	F	631.91	3.40	1.85	22.86	209.40
CH0AD7458	PN	F	806.45	2.30	1.30	27.94	184.92
CH0AE2351	PN	F	807.69	2.22	1.45	26.67	144.81
CH0AE2366	PN	F	720.59	3.06	1.35	22.23	183.88
CH0AE2617	PN	F	810.34	2.68	1.15	26.04	159.17
CH0AE2862	PN	F	690.14	2.24	1.40	22.86	180.24
CH0AE2955	PN	F	583.33	2.24	1.20	27.31	213.57

หมายเหตุ: DM = สุกรลูกผสมดิวอี้-หมยซาน, PN = สุกรลูกผสมเป็ดแดง-พื้นเมือง, ADG = อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน, FCR = ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร, BF = ความหนาไขมันสันหลัง, LEA = พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน, Age 90 kg. = อายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัม

ตารางผนวกที่ 4 หน่วยงานของกรมปศุสัตว์ที่ร่วมพัฒนาพันธุ์และขยายการผลิตหมูดำเชียงใหม่

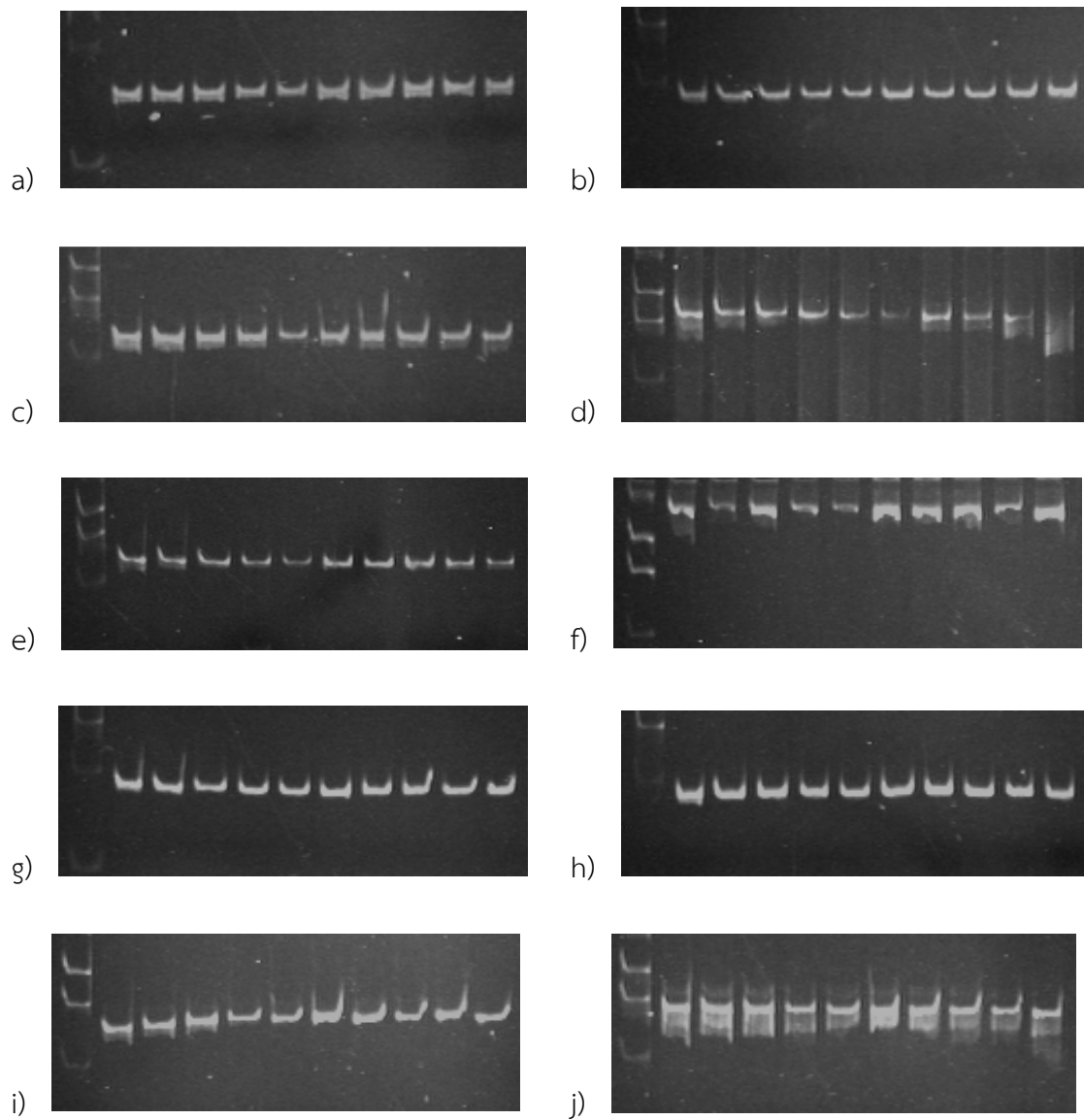
หน่วยงาน	ดิวอี้-หมยซาน		เป็ดแดง-พื้นเมือง	
	จำนวนพ่อพันธุ์	จำนวนแม่พันธุ์	จำนวนพ่อพันธุ์	จำนวนแม่พันธุ์
ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่	10	30	10	30
ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์แม่ฮ่องสอน	3	15	3	15
ศูนย์วิจัยและพัฒนากระบือ	3	15	3	15
ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สุราษฎร์ธานี	3	15	3	15
รวม	19	75	19	75



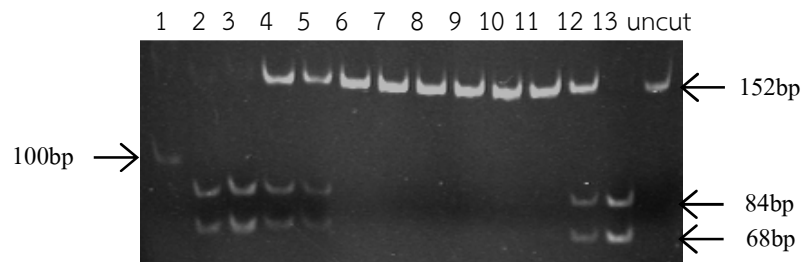
ภาพผนวก 1 สุกรพันธุ์ลูกผสมดริวค-เหมยซาน (DM)



ภาพผนวก 2 สุกรพันธุ์ลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมือง (PN)

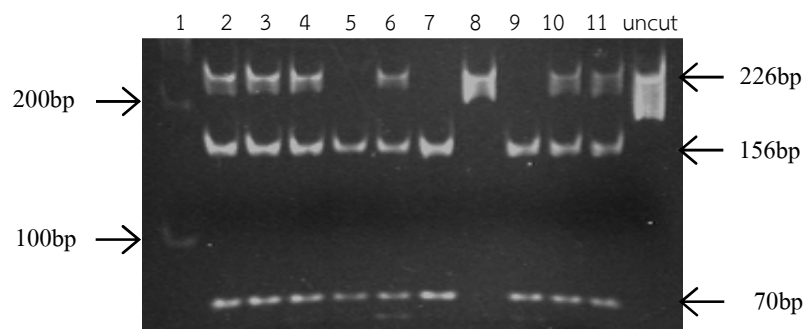


ภาพผนวก 3 ตัวอย่างผลผลิต PCR ของยีน (a) *LEP*, (b) *LEPR*, (c) *MC4R*, (d) *IGF2*, (e) *MC5R*, (f) *CRC1* (*RZR1*), (g) *CAST1*, (h) *CAST2*, (i) *PRKAG3* และ (j) *PPARG*



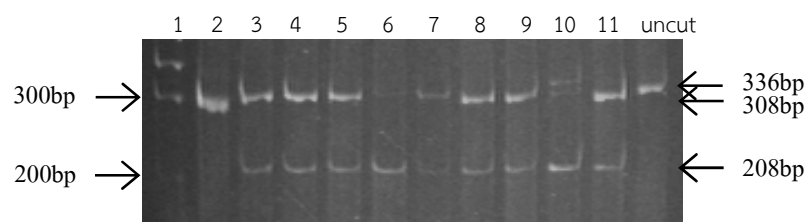
ภาพผนวก 4 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *LEP* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *HinfI*

โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) ช่องที่ 6-11 แสดงจีโนไทป์แบบ AA ในขณะที่ช่อง 4-5, 12 แสดงจีโนไทป์แบบ AB และช่องที่ 2, 3, 13 แสดง Genotype แบบ BB



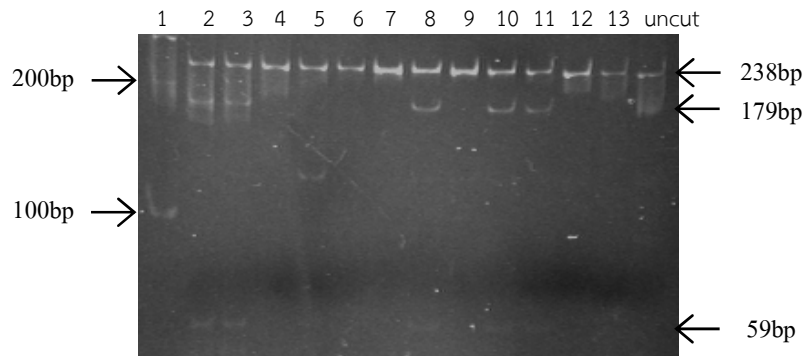
ภาพผนวก 5 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *MC4R* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *TaqI*

โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) ช่องที่ 8 แสดง Genotype แบบ AA ในขณะที่ช่อง 2-4, 6, 10-11 แสดงจีโนไทป์แบบ AB และช่องที่ 5, 7, 9 แสดงจีโนไทป์แบบ BB



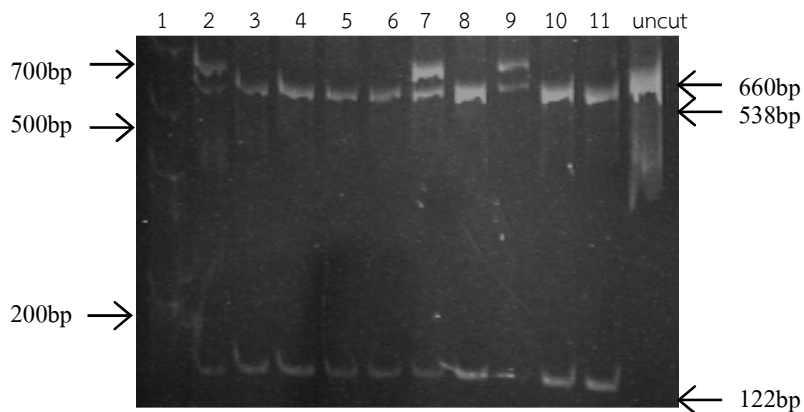
ภาพผนวก 6 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *IGF2* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *BclI*

โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) ช่องที่ 2 แสดง Genotype แบบ AA ในขณะที่ช่อง 3-5, 7-9, 11 แสดงจีโนไทป์แบบ AB และช่องที่ 6, 10 แสดงจีโนไทป์แบบ BB



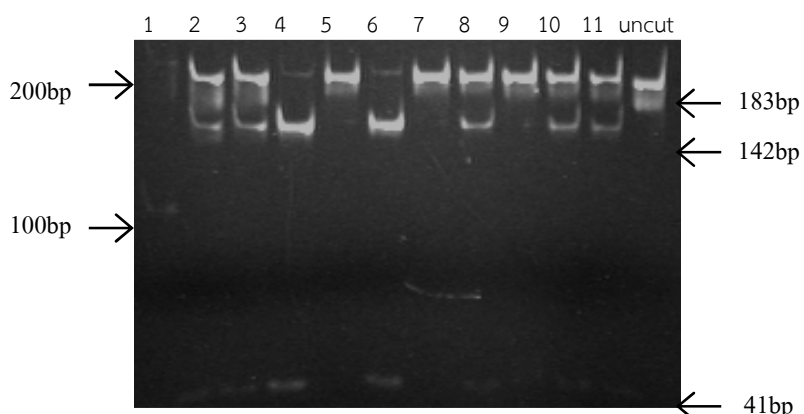
ภาพผนวก 7 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *MC5R* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hin1I*

โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) ช่องที่ 4-7, 9, 12-13 แสดงจีโนไทป์แบบ AA ในขณะที่ช่อง 2-3, 8, 10-11 แสดงจีโนไทป์แบบ AB



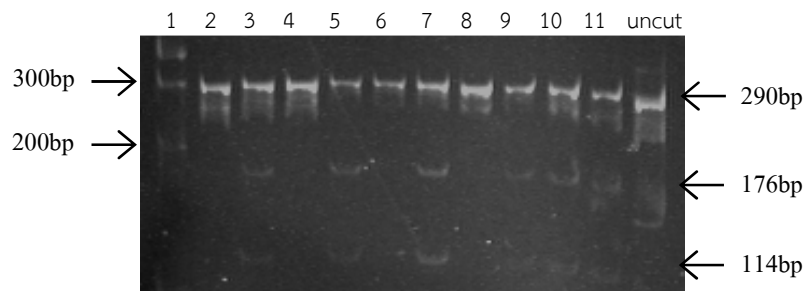
ภาพผนวก 8 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *CRC1 (RYR1)* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hin6I*

โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) ช่องที่ 2, 7, 9 แสดงจีโนไทป์แบบ AB ในขณะที่ช่องที่ 3-6, 8, 10-11 แสดงจีโนไทป์แบบ BB



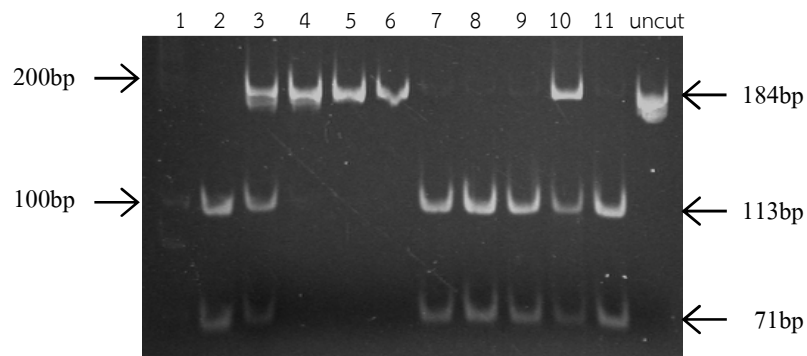
ภาพผนวก 9 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *CAST2* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *PvuII*

โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) ช่องที่ 5, 7, 9 แสดงจีโนไทป์แบบ AA ในขณะที่ช่องที่ 2-3, 8, 10-11 แสดงจีโนไทป์แบบ AB และช่องที่ 4, 6 แสดงจีโนไทป์แบบ BB



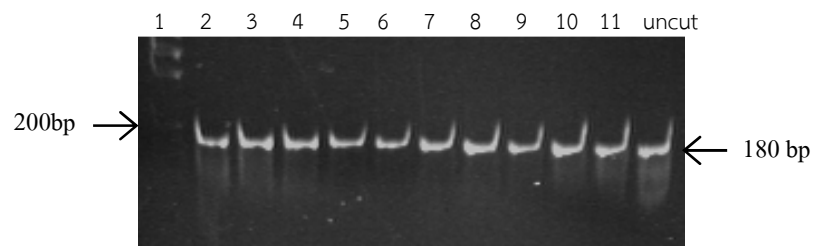
ภาพผนวก 10 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *PPARG* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *BsrI*

โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) ช่องที่ 2, 4, 6, 8 แสดงจีโนไทป์แบบ AA ในขณะที่ช่องที่ 3, 5, 7, 9-11 แสดงจีโนไทป์แบบ AB



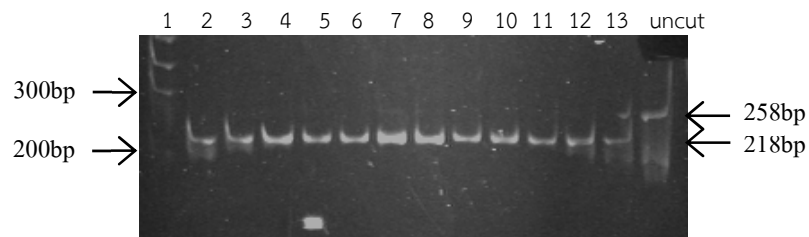
ภาพผนวก 11 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *LEPR* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *TasI*

โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) และช่องที่ 2, 7-9, 11 แสดงจีโนไทป์แบบ BB ช่องที่ 3 และ 10 แสดง Genotype แบบ AB ช่องที่ 4-6 แสดงจีโนไทป์แบบ AA

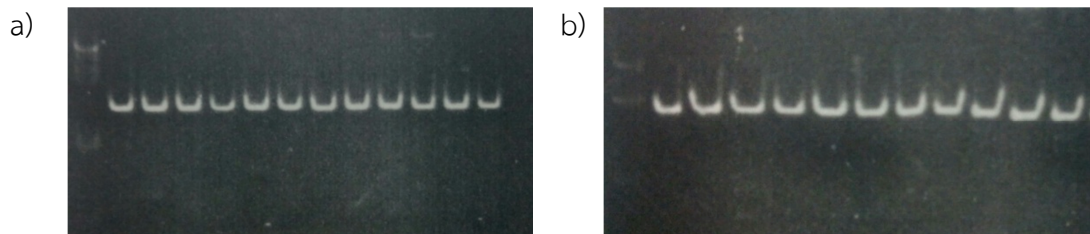


ภาพผนวก 12 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *CAST1* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hpy188I*

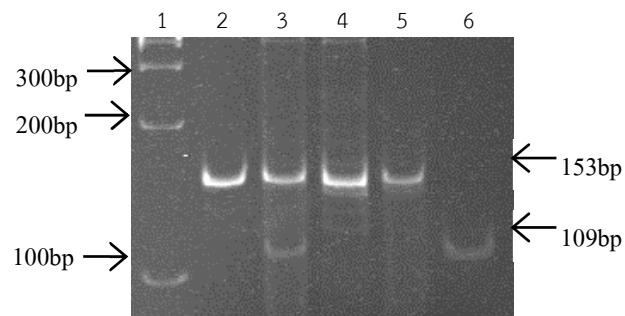
โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) และช่องที่ 2-11 แสดงจีโนไทป์แบบ AA



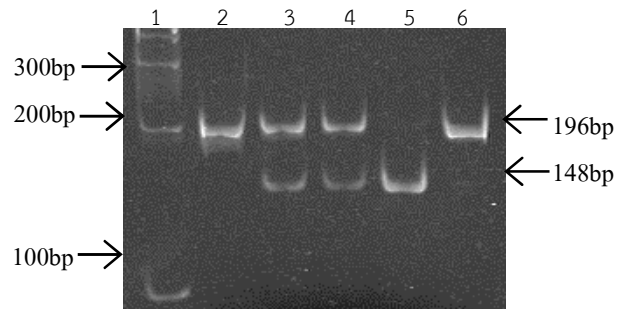
ภาพผนวก 13 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *PRKAG3* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *BsrBI* โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) และช่องที่ 2-13 แสดงจีโนไทป์แบบ BB



ภาพผนวก 14 ตัวอย่างผลผลิต PCR ของยีน (a) *MC1R* และ (b) *KIT*



ภาพผนวก 15 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *MC1R* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Bsh1236I* โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) ช่องที่ 2, 4 และ 5 แสดงจีโนไทป์แบบ AA ช่องที่ 3 แสดงจีโนไทป์แบบ AB และช่องที่ 6 แสดงจีโนไทป์แบบ BB



ภาพผนวก 16 ผลการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *KIT* ด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Acil*

โดยช่องที่ 1 เครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอมาตรฐาน (DNA marker 100 bp) ช่องที่ 2 และแสดงจีโนไทป์แบบ AA ช่องที่ 3 และ 4 แสดงจีโนไทป์แบบ AB และช่องที่ 5 แสดง Genotype แบบ BB



ภาพผนวก 17 การกระจายพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ให้สุรินทร์ฟาร์ม อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่



ภาพผนวก 18 การกระจายพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ให้ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่



ภาพผนวก 19 การกระจายพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ให้โครงการฟาร์มตัวอย่างบ้านแม่ตุงติง อ.สะเมิง จ.เชียงใหม่



ภาพผนวก 20 การกระจายพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ให้โรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านแม่เหลอ อ.แม่สะเรียง จ.แม่ฮ่องสอน



ภาพผนวก 21 การกระจายพันธุ์หมูดำเชียงใหม่ให้ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่



ภาพผนวก 22 การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงานโครงการหลวง ปี พ.ศ. 2558



ภาพผนวก 23 การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงานมหกรรมสินค้าปศุสัตว์ปลอดภัยครั้งที่ 2 จ.นครสวรรค์ ปี พ.ศ. 2560



ภาพผนวก 24 การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงานกาชาดสวนอัมพร ปี พ.ศ. 2559



ภาพผนวก 25 การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงานครบรอบ 76 ปี กรมปศุสัตว์ พ.ศ. 2561



ภาพผนวก 26 การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 6 ปี 2561



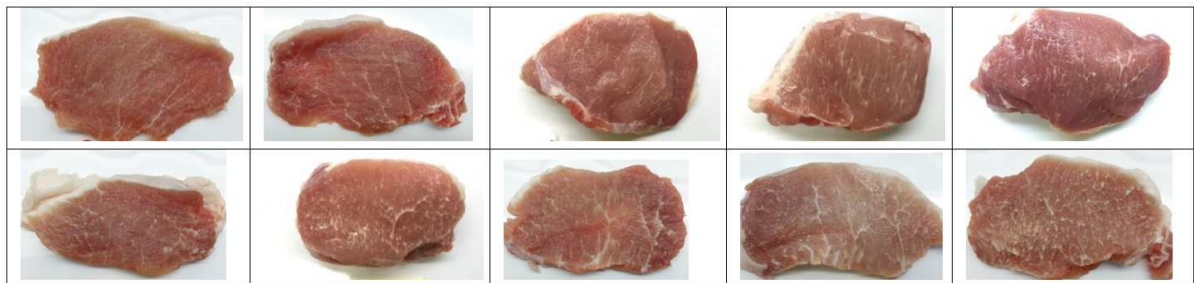
ภาพผนวก 27 การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงานประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์นานาชาติ ครั้งที่ 62 (62nd iComST) ปี พ.ศ. 2559



ภาพผนวก 28 การประชาสัมพันธ์หมูดำเชียงใหม่ในงาน SIMA ASEAN THAILAND 2018 เมืองทองธานี



ภาพผนวก 29 แสดงลักษณะไขมันแทรกในกล้ามเนื้อของหมูดำเชียงใหม่



ภาพผนวก 30 ความแปรปรวนของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อส่วน *Longissimus dorsi* ของหมูดำเชียงใหม่

เอกสารตีพิมพ์เผยแพร่

เรื่องที่ 1

สมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ของสุกรต้นพันธุ์ชั่วอายุที่ 3 สำหรับพัฒนาหมูดำเชียงใหม่ (Productive Performance, Carcass Quality and Meat Quality of the 3rd Generation of Parent Populations for Development Chiang Mai Black Pig)

ชื่อคณะผู้วิจัย

กมล ฉวีวรรณ^{1*} ประภาส มหินชัย² ศุภมิตร เมฆฉาย³ ธนันท์ ศุภกิจจานนท์⁴ และสายพิน เจริญสนองกุล²

แหล่งตีพิมพ์เผยแพร่/การประชุมวิชาการ

Proceedings of the 6th Meat Science and Technology Conference. 18-19 June 2018, Rama Gardens Hotel, Bangkok, Thailand.

สมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ของสุกรต้นพันธุ์ชั่วอายุที่ 3
สำหรับพัฒนาหมูดำเชียงใหม่

Productive Performance, Carcass Quality and Meat Quality of
the 3rd Generation of Parent Populations for Development Chiang Mai Black Pig

กมล จวีร์วรรณ^{1*} ประภาส มหินชัย² ศุภมิตร เมฆฉาย³ ธนันท์ ศุภกิจจานนท์⁴ และ สายพิน เจริญสนองกุล²

Kamon Chaweewan^{1*}, Prapas Mahinchai², Supamit Mekchay³, Tananun Supakitjanon⁴,
and Saipin Charernsanongkul²

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาสุกร สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์

²ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์

³ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

⁴คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

¹Swine Research and Development Center, Bureau of Animal Husbandry and Genetic Improvement, DLD

²Chiangmai Livestock Research and Development Center, Bureau of Animal Husbandry and Genetic Improvement, DLD

³Department of Animal and Aquatic Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

⁴Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University

*Corresponding author: krawan2001@gmail.com

บทคัดย่อ

กรมปศุสัตว์ได้พัฒนาพันธุ์สุกรหมูดำเชียงใหม่ ให้เป็นสุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูง มีความนุ่ม และมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ เพื่อตลาดเฉพาะ โดยใช้การพัฒนาสุกรสองกลุ่มคือ สุกรลูกผสมเปียตรง-พื้นเมือง (Pietrain-Native, PN) และสุกรลูกผสมดуроค-เหมยซาน (Duroc-Meishan, DM) สุกรที่พัฒนาพันธุ์จะนำมาผสมข้ามเป็นสุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์สำหรับใช้เป็นสุกรขุนที่มีสีดำ เรียกว่าหมูดำเชียงใหม่ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาสมรรถนะการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ ของสุกรลูกผสม PN และลูกผสม DM ในชั่วอายุที่ 3 ซึ่งอยู่ในช่วงพัฒนาเป็นสุกรต้นพันธุ์ จากการศึกษาพบว่าสุกรกลุ่ม DM มีอัตราการเจริญเติบโตประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. ดีกว่าสุกรกลุ่ม PN (667.91 กับ 634.62 กรัม ต่อวัน, 2.97 กับ 2.79 และ 180.67 กับ 185.96 วัน ตามลำดับ, $P < 0.05$) ในส่วนคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อสุกรกลุ่ม DM มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าสุกรกลุ่ม PN ค่าความสว่างของเนื้อ และปริมาณโปรตีนในเนื้อ (Crude protein) สูงกว่ากลุ่ม PN (4.15 กับ 5.01 กก., 52.32 กับ 51.03 และ 22.88 กับ 22.13 % ตามลำดับ, $P < 0.05$) สุกรเพศผู้มีเปอร์เซ็นต์ซากเย็นปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันในเนื้อ (Ether extract) สูงกว่าเพศเมีย ในขณะที่มีความยาวซากสั้นกว่าและเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำกว่า (71.79 กับ 67.62%, 22.83 กับ 22.18 %, 3.74 กับ 2.71 %, 75.58 กับ 78.36 ซม. และ 72.26 กับ 73.83% ตามลำดับ, $P < 0.05$) จากการศึกษาสรุปได้ว่าสุกรลูกผสมดуроค-เหมยซานในชั่วอายุที่ 3 มีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารความนุ่มของเนื้อ และความสว่างของเนื้อ ดีกว่าลูกผสมเปียตรง-พื้นเมืองในชั่วอายุที่ 3 และสุกรเพศผู้มีเปอร์เซ็นต์ซากเย็น ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันในเนื้อสูงกว่าสุกรเพศเมีย

คำสำคัญ: สมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ หมูดำเชียงใหม่

Abstract

The Chiang Mai Black Pig was developed by Department of Livestock Development (DLD) for producing high quality, tender and marbled meat to serve in the niche market. Chiang Mai Black Pigs 4-crossbred black coat color fattening pig combined from Pietrain-Native crossbred pig (PN) and Duroc-Meishan crossbred pig (DM). The productive performance, carcass quality and meat quality of the 3rd generation of PN and DM were studied. The 3rd generation of PN and DM will be used as parent to produce Chiang Mai Black pig. Results indicated that average daily gain (ADG), feed conversion ratio (FCR) and age at 90 kg body weight (AGE90) of DM better than PN. (667.91 vs. 634.62 g/day, 2.97 vs. 2.79 and 180.67 vs. 185.96 day, respectively, $P < 0.05$). Shear force of DM was less than PN pig (4.15 vs. 5.01 kg, $P < 0.05$). Lightness (L^*) and crude protein of meat of DM were higher than PN pig (52.32 vs. 51.03 and 22.88 vs. 22.13 %, respectively, $P < 0.05$). The barrows had cold carcass percentage, crude protein and ether extract of meat higher than gilt and also carcass length (L1) and moisture of meat of barrows less than gilts (71.79 vs. 67.62%, 22.83 vs. 22.18 %, 3.74 vs. 2.71 %, 75.58 vs. 78.36 cm and 72.26 vs. 73.83%, respectively, $P < 0.05$). In conclusion, the 3rd generation of DM showed ADG, FCR, meat tenderness and lightness better than the 3rd generation of PN. The cold carcass percentage, crude protein and ether extract of meat of barrows higher than gilts.

Keywords: Productive Performance, Carcass Quality, Meat Quality, Chiang Mai Black Pigs

บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการบริโภคเนื้อคุณภาพสูงเพิ่มมากขึ้นไม่เพียงแต่เฉพาะเนื้อโคคุณภาพสูงเท่านั้น เนื้อสุกรก็เช่นกัน แต่เนื้อสุกรในประเทศที่นิยมบริโภคกันทั่วไปยังขาดแคลนเนื้อสุกรคุณภาพสูง กรมปศุสัตว์จึงได้มีแนวความคิดในการพัฒนาพันธุ์สุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูง เพื่อตลาดจำเพาะ โดยเน้นการใช้พันธุกรรมของสุกรพื้นเมืองในการพัฒนาพันธุ์ และมีเป้าหมายในการพัฒนาอาชีพของเกษตรกรโดยเฉพาะเกษตรกรรายย่อยในภูมิภาคต่างๆของประเทศ ในการพัฒนาพันธุ์เน้นสุกรที่มีลักษณะสีดำ ให้เนื้อคุณภาพสูง มีความน่ากินสูง มีความนุ่ม และมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ โดยใช้สุกรสองกลุ่มคือ สุกรลูกผสมเปียแตร์-พื้นเมือง (Pietrain-Native, PN) โดยรวมลักษณะการให้ปริมาณเนื้อแดงมากของสุกรพันธุ์เปียแตร์เข้ากับลักษณะคุณภาพเนื้อที่ดี เลี้ยงง่าย ทนทานต่อโรคและสภาพแวดล้อมของสุกรพันธุ์พื้นเมือง และสุกรลูกผสมดิวโรค-เหมยซาน (Duroc-Meishan, DM) ซึ่งรวมลักษณะการให้เนื้อคุณภาพสูงและโตเร็วของสุกรพันธุ์ดิวโรค และการให้ลูกดกจากพันธุกรรมของสุกรพันธุ์เหมยซาน สุกรที่ได้จากการคัดเลือกพัฒนาพันธุ์จะถูกนำมาผสมข้ามเป็นสุกรลูกผสม 4 สายพันธุ์ สำหรับใช้เป็นสุกรขุน (Commercial line) ที่มีสีดำ และให้เนื้อคุณภาพสูง เรียกชื่อว่า “หมูดำเชียงใหม่” (Chiang Mai Black Pig) สุกรรุ่น 4 สายพันธุ์จะถูกนำไปส่งเสริมให้กับฟาร์มเครือข่าย กลุ่มเกษตรกร และเกษตรกรทั่วไป เพื่อพัฒนาให้เกิดระบบการผลิตสุกรขุนที่ให้เนื้อคุณภาพสูง การพัฒนาการตลาดที่จำเพาะ เป็นการสร้างอาชีพที่มีความมั่นคง ยั่งยืน เกษตรกรสามารถพึ่งพาตนเองได้ ลดการนำเข้าเนื้อสุกรคุณภาพสูงจากต่างประเทศ ตลอดจนผู้บริโภคเองก็มีโอกาสในการเลือกซื้อสินค้าที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการศึกษาสมรรถนะการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ ของสุกรลูกผสม PN และลูกผสม DM ซึ่งปัจจุบันอยู่ในชั่วอายุที่ 3 (3rd Generation) เพื่อนำไปสู่เป้าหมายในการพัฒนาพันธุ์สุกรที่ให้เนื้อคุณภาพสูงต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาสมรรถนะการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ของสุกรต้นพันธุ์ที่ใช้พัฒนาหมูดำเชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาสมรรถนะการผลิต

คัดเลือกสุกรหย่านมที่สมบูรณ์จากสุกรลูกผสม DM ชั่วอายุที่ 3 จำนวน 139 ตัว (เพศผู้ 71 ตัว เพศเมีย 68 ตัว) และจากสุกรลูกผสม PN ชั่วอายุที่ 3 จำนวน 170 ตัว (เพศผู้ 84 ตัว เพศเมีย 86 ตัว) เข้าทดสอบสมรรถนะการผลิตที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม และสิ้นสุดที่น้ำหนักประมาณ 90 กิโลกรัม โดยขังสุกรในคอกขนาด 1.2 X 2.4 เมตร คอกละตัว มีที่ให้น้ำอัตโนมัติทุกคอก ให้กินอาหารชนิดผงที่มีระดับโปรตีน 18% และพลังงาน 3,255 kcal/kg (โดยการคำนวณ) ตลอดการทดสอบ บันทึกน้ำหนักและอาหารที่กินเป็นรายตัว เมื่อสิ้นสุดการทดสอบคำนวณอัตราการเจริญเติบโต (Average daily gain, ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (Feed conversion ratio, FCR) ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (Feed intake, FI) วัดความหนาไขมันสันหลัง (Backfat thickness, BF) และความลึกเนื้อสัน (Loin depth, LD) ด้วยเครื่อง Ultra sound (RENCO Sono Grader) สุ่มสุกรที่จบการทดสอบบางส่วนนำไปศึกษาซาก

การศึกษาคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ

นำสุกร DM ชั่วอายุที่ 3 จำนวน 42 ตัว (เพศผู้ 28 ตัว เพศเมีย 14 ตัว) และจากสุกรลูกผสม PN ชั่วอายุที่ 3 จำนวน 40 ตัว (เพศผู้ 27 ตัว เพศเมีย 13 ตัว) เข้าโรงฆ่าทำให้สลบโดยใช้การช็อตด้วยไฟฟ้า แทงคอเอาเลือดออก ขูดขน เปิดซากแบ่งซากออกเป็น 2 ซีก วัดความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ อุณหภูมิของเนื้อหลังฆ่า จากนั้นนำซากเก็บในห้องเย็น อุณหภูมิ 0-4 °C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ศึกษาคุณภาพซากตามวิธีการตัดแต่งซากแบบไทย รวบรวมข้อมูลการศึกษาซาก

เก็บตัวอย่างเนื้อสุกรจากซากซีกขวาที่ส่วนของกล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimusdorsi*; LD) บริเวณซี่โครงซี่ที่ 10 ประมาณ 100 กรัม เพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี คือ ความชื้น โปรตีน ไขมัน (AOAC, 1995) ตัดแต่งชิ้นส่วน ชั่งน้ำหนักของชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่ง เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อส่วน LD ตั้งแต่บริเวณซี่โครงซี่ที่ 10 ไปทางด้านหลังประมาณ 1 กิโลกรัม บรรจุในถุงสุญญากาศแล้วนำไปแช่ที่ -20 °C นำไปศึกษาคุณภาพเนื้อที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้วัดอุณหภูมิต่ำค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความสว่าง (Lightness, L*) ค่าความแดง (Redness, a*) และค่าความเหลือง (Yellowness, b*) ด้วยเครื่องมือวัดค่าสี (Minolta Chromameter CR-300, USA, ใช้ Illuminant D65 2°observer) ซึ่งแสดงผลในรูปของ L*, a* และ b* วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (Drip loss) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการละลาย (Thawing loss) และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างปรุงสุก (Cooking loss) วิเคราะห์ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-BratzlerShear force) ด้วยเครื่อง Texture analyzer (Instron model 1011, USA) ตามวิธีของ Wheeler et al. (2002)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลอิทธิพลของสายพันธุ์สุกรต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ ตามการจัดกลุ่มทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยใช้เพศของสุกรเป็นบล็อกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมรรถนะการผลิต

จากการทดสอบสมรรถนะการผลิตพบว่าสุกรลูกผสม DM มีอัตราการเจริญเติบโตประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. ต่ำกว่าสุกรลูกผสม PN อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ลักษณะอื่นได้แก่ความหนาไขมัน

ส้นหลัง ความลึกเนื้อสันและความยาวลำตัว ของสุกรลูกผสม DM และ PN ไม่แตกต่างกันดังแสดงใน Table 1 ทั้งนี้อาจเกิดจากการมีส่วนผสมพันธุกรรมของสุกรพันธุ์ดอร์หรือซึ่งเป็นสายพ่อพันธุ์ (Sire line) ที่มีอัตราการเจริญเติบโตสูง (Li and Kennedy, 1994) ส่งผลให้สุกรลูกผสม DM เจริญเติบโตเร็วกว่า และมีอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กิโลกรัม น้อยกว่าเช่นเดียวกับประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในสุกรสายพ่อพันธุ์จะดีกว่าเพื่อส่งผ่านไปยังสุกรขุน ในขณะที่สุกรพันธุ์เปี้ยตรงและสุกรพันธุ์พื้นเมืองไทยเป็นสุกรที่มีการเจริญเติบโตช้า นอกจากนี้สุกรพื้นเมืองยังเป็นสุกรที่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับพันธุ์สุกรที่นำเข้ามาจากยุโรป (Vasupen et al., 2008)

คุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ

จากการสุ่มสุกรที่ผ่านการศึกษาศรรณะการผลิตจำนวน 82 ตัว มาศึกษาคุณภาพซาก คุณภาพเนื้อ ได้ผลดังแสดงใน Table 2 พบว่าสายพันธุ์สุกรมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิภายหลังการฆ่า 45 นาที ($Temp_{45}$) ค่าความสว่าง (Lightness, L^*) ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force) และปริมาณโปรตีนในเนื้อ (%Crude protein) ($P<0.05$) โดยสุกรลูกผสม DM มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อน้อยกว่าสุกรลูกผสม PN และมีค่าความสว่างของเนื้อและปริมาณโปรตีนในเนื้อสูงกว่าสุกรลูกผสม PN สอดคล้องกับรายงานของ Jiang et al. (2012) ที่พบว่าสุกรลูกผสมที่มีพันธุกรรมของสุกรพันธุ์หมวยซานจะให้เนื้อที่มีคุณภาพดี เมื่อเทียบกับลูกผสมสุกรพันธุ์ยุโรปเช่นเดียวกับ Lim et al. (2009) รายงานว่าสุกรลูกผสม DM ให้เนื้อที่มีไขมันแทรกสูงกว่าและค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าลูกผสมหมวยซานอื่นๆ ในขณะที่ลักษณะเปอร์เซ็นต์ซากเย็น เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ปริมาณไขมันในเนื้อ (%Ether extract) ดัชนี LSQ ความเป็นกรดต่างของเนื้อ ลักษณะสีเนื้อ การสูญเสีย น้ำระหว่างการเก็บรักษาการสูญเสีย น้ำระหว่างการละลาย และการสูญเสีย น้ำระหว่างปรุงสุกของเนื้อสุกรทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

Table 1 Productive performance of Duroc-Meishan and Pietrain-Native pigbreeds (LS means $\pm$ SE).

Items	Breed	
	Duroc-Meishan (DM)	Pietrain-Native (PN)
Number	139	170
Initial weight (kg)	29.93 $\pm$ 0.51	30.56 $\pm$ 0.46
Final weight (kg)	89.77 $\pm$ 0.41	89.23 $\pm$ 0.37
Average daily gain (ADG, g/day)	667.91 $\pm$ 9.04 ^a	634.62 $\pm$ 8.17 ^b
Feed conversion ratio (FCR)	2.67 $\pm$ 0.04 ^a	2.79 $\pm$ 0.03 ^b
Backfat thickness (BF, cm)	1.42 $\pm$ 0.03	1.46 $\pm$ 0.03
Loin depth (LD, cm)	3.90 $\pm$ 0.05	3.97 $\pm$ 0.06
Body length (BL, cm)	105.17 $\pm$ 0.45	104.59 $\pm$ 0.40
Age at 90kg body weight (AGE 90, day)	180.67 $\pm$ 1.65 ^a	185.96 $\pm$ 1.49 ^b

Mean within a row having different superscript are significant different ($P<0.05$)

เพศของสุกรมีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ซากเย็น (%Cold carcass) ความยาวซาก (L1) ปริมาณโปรตีนในเนื้อ เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%Moisture) และปริมาณไขมันในเนื้อ ($P<0.05$) โดยสุกรเพศผู้มีเปอร์เซ็นต์ซากเย็น ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันในเนื้อสูงกว่าเพศเมีย ในขณะที่มีความยาวซาก (L1) สั้นกว่าและเปอร์เซ็นต์ความชื้นต่ำกว่า แต่เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ลักษณะสีเนื้อ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ การสูญเสีย น้ำระหว่างการเก็บรักษาการสูญเสีย น้ำระหว่างการละลาย และการสูญเสีย น้ำระหว่างปรุงสุกของเนื้อสุกรทั้งสองเพศไม่แตกต่างกัน ซึ่งต่างจากรายงานของ Knecht and Duziński (2016) ที่พบว่าสุกรเพศเมียมีส่วนแฮมและกล้ามเนื้อมากกว่าสุกรเพศผู้ตอนและ Sundrum et al. (2011) รายงานว่าสุกรเพศเมียมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงกว่าสุกรเพศผู้ตอน

Table 2 Carcass quality and meat quality of Duroc-Meishan and Pietrain-Native pigbreeds (LS means±SE).

Items	Breed		Sex	
	Duroc-Meishan	Pietrain-Native	Male	Female
Number	42	40	55	27
Live weight (kg)	101.45±1.63 ^a	96.67±1.69 ^b	99.96±1.35	98.16±1.92
Carcass weight of Right side (kg)	36.06±0.62 ^a	34.25±0.65 ^b	35.82±0.51	34.49±0.74
Cold carcass (%)	71.12±1.46	68.30±1.50	71.79±1.20 ^a	67.62±1.71 ^b
LSQ	0.54±0.02	0.51±0.02	0.54±0.02	0.51±0.03
Carcass length (L1, cm)	76.80±0.76	77.14±0.78	75.58±0.62 ^a	78.36±0.89 ^b
Carcass length (L2, cm)	90.35±0.76	90.34±0.78	89.32±0.62	91.37±0.89
pH at 45 min. (pH ₄₅)	6.36±0.05	6.29±0.06	6.31±0.04	6.33±0.06
pH at 24 hr. (pH ₂₄)	5.79±0.03	5.80±0.03	5.81±0.03	5.86±0.04
Temp at 45 min. (°C)	35.39±0.58 ^a	33.66±0.59 ^b	34.19±0.47	34.87±0.68
Temp at 24 hr. (°C)	3.55±0.27	3.58±0.28	3.52±0.22	3.62±0.32
Lightness (L*)	52.32±0.45 ^a	51.03±0.46 ^b	51.76±0.37	51.59±0.52
Redness (a*)	16.16±0.24	16.76±0.25	16.41±0.20	16.51±0.29
Yellowness (b*)	3.80±0.20	4.13±0.21	3.84±0.16	4.08±0.234
Loin eye area (cm ²)	36.64±1.05	35.97±1.08	36.65±0.86	35.96±1.23
Lean (%)	34.29±0.61	34.35±0.65	34.20±0.50	34.44±0.73
Drip loss (%)	2.59±0.23	2.27±0.23	2.22±0.19	2.64±0.27
Thawing loss (%)	6.28±0.21	5.75±0.21	6.24±0.17	5.7±0.24
Cooking loss (%)	21.61±0.88	20.36±0.90	20.36±0.72	21.61±1.03
Shear force (kg)	4.15±0.25 ^a	5.01±0.26 ^b	4.34±0.21	4.82±0.29
Moisture (%)	72.73±0.27	73.36±0.27	72.26±0.22 ^a	73.83±0.31 ^b
Crude protein (CP, %)	22.88±0.20 ^a	22.13±0.20 ^b	22.83±0.16 ^a	22.18±0.23 ^b
Ether extract (EE, %)	3.14±0.22	3.30±0.22	3.74±0.18 ^a	2.71±0.26 ^b

^{a, b} Mean within a row having different superscript are significant different (P<0.05), *: significant at P<0.05, NS: No significant, LSQ: Lenden-speck quotient index

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าสุกรลูกผสมดอร์ค-หมยซานในชั่วอายุที่ 3 มีสมรรถนะการผลิตดีกว่าลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมืองในชั่วอายุที่ 3 ในด้านอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อของสุกรลูกผสมดอร์ค-หมยซานในชั่วอายุที่ 3 เนื้อมีความเหนียวน้อยกว่า และสีเนื้อมีความสว่างมากกว่าลูกผสมเปี้ยตรง-พื้นเมืองในชั่วอายุที่ 3 สุกรเพศผู้มีเปอร์เซ็นต์ซากเย็น ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันในเนื้อสูงกว่าสุกรเพศเมีย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และรศ.ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล ผู้ประสานงานชุดโครงการนี้ที่ช่วยประสานงานเป็นอย่างดีและให้คำแนะนำที่มีคุณค่า

เอกสารอ้างอิง

- AOAC.1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Arlington, VA.USA.
- 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.
- Knecht, D., and K. Duziński. 2016. The effect of sex, carcass mass, back fat thickness and lean meat content on pork ham and loin characteristics.Arch. Anim. Breed. 59(1):51-57.
- Li, X., and B.W.Kennedy. 1994. Genetic parameters for growth rate and backfat in Canadian Yorkshire, Landrace, Duroc, and Hampshire pigs. J. Anim. Sci. 72(6):1450-1454.
- Lim, K. S., H .I. Jang, J. M. Kim, S. H. Lee, B. C. K. Kim, K. J. Han, and K.C. Hong. 2009. Comparison of muscle fibre characteristics and production traits among offspring from Meishan dams mated to different sires. Ital. J. Anim. Sci. 8(4):727-734.
- Sundrum, A., A. Aragon, C. Schulze-Langenhorst, L. Büttfering, M. Henning, and G. Stalljohann.2011. Effects of feeding strategies, genotypes, sex, and birth weight on carcass and meat quality traits under organic pig production conditions. NJAS - Wageningen J. Life Sci. 58(3):163-172.
- Vasupen, K., C. Yuangklang, S. Wongsuthavas, P. Panyakaew, J. Mitchaothai, and A. C. Beynen. 2008. Growth performance, carcass and meat characteristics of female and male Kadon pigs. J. Biol. Sci. 8(3):671-674.
- 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.