

ผลของยีน IGF-II ต่อลักษณะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากใน สุกรพันธุ์กระโดน

The effects of IGF-II gene on growth trait and carcass quality in Kradon pigs

เกศราอำพารณ์^{1*}, พิลาสลักษ์ ปานประเสริฐ¹, ชวง สารคล่อง¹ และ มนต์ชัย ดวงจินดา²
Kessara Ampaporn^{1*}, Pilasruk Parnprasert¹, Chaweng Sanklong¹
and Monchai Duangjinda²

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหารูปแบบจีโนไทป์ ความถี่อัลลีล ความถี่จีโนไทป์ และอิทธิพลของยีน IGF-II ต่อลักษณะการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของสุกรพันธุ์กระโดน เก็บตัวอย่างเลือดจากสุกรพันธุ์กระโดน จำนวน 24 ตัว เพื่อตรวจจีโนไทป์ของยีน IGF-II ด้วยเทคนิค PCR-RFLP ที่ตัดด้วยเอนไซม์ *BcnI* ผลการศึกษาพบว่า ยีน IGF-II ในสุกรพันธุ์กระโดนมีจีโนไทป์ จำนวน 3 รูปแบบ โดยจีโนไทป์ GG (0.63) พบความถี่สูงกว่าจีโนไทป์ GC (0.21) และจีโนไทป์ CC (0.17) สุกรพันธุ์กระโดนมีความถี่อัลลีล G (0.73) สูงกว่าความถี่อัลลีล C (0.27) ยีน IGF-II มีอิทธิพลต่อลักษณะความหนาไขมันสันหลังที่ตำแหน่งซี่โครงซี่ที่ 10 (back fat depth at 10th rib) และซี่สุดท้าย (back fat depth at last rib) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ CC มีความหนาไขมันสันหลัง น้อยที่สุด และยีน IGF-II มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ผิวหนังและไขมันใต้ผิวหนัง (skin and subcutaneous fat) สุกรที่มี จีโนไทป์ CC มีเปอร์เซ็นต์ผิวหนังและไขมันใต้ผิวหนังน้อยที่สุด ($P < 0.05$) ดังนั้น หากต้องการคัดเลือกสุกรพันธุ์กระโดน เพื่อให้ไขมันน้อยลงด้วยยีน IGF-II ควรคัดเลือกสุกรที่มีจีโนไทป์ CC หรือ GC

คำสำคัญ: ยีน IGF-II, คุณภาพซาก, ลักษณะการเจริญเติบโต, สุกรพันธุ์กระโดน

ABSTRACT: The aims of this study were to investigate the genotype pattern, allele, genotype frequency, and effects of IGF-II gene on the growth traits and carcass traits in Kradon pigs. Blood sampling from 24 Kradon pigs were conducted for genotype of IGF-II gene, using the PCR-RFLP technique. *BcnI* enzyme was used to cut specific DNA region. The results showed that Kradon pigs represented 3 genotype patterns of IGF-II gene including GG genotype (0.63), GC genotype (0.21) and CC genotype (0.17), the GG genotype had higher genotype frequency than GC and CC genotype, respectively, allele frequency of G allele (0.73) higher than C allele (0.27). The genotype patterns had effects on back fat depth and percentage of skin and subcutaneous fat composition. CC genotype pigs had thinnest back fat depth at 10th rib and the last rib. Also, the CC genotype

¹ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร อ.พังโคน จ.สกลนคร 47160
Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan Sakon Nakhon Campus, Phung Kon, Sakon Nakhon, 47160

² สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kean University, Khon Kean, 40002

* Corresponding author: akate_na@hotmail.com

had the lowest percentage of skin and subcutaneous fat. Thus, if we want to improve Kradon pigs with low carcass fat, the CC and GC of IGF-II gene are the selection criteria.

Keywords: IGF-II gene, carcass quality, growth trait, Kradon pig

บทนำ

สุกรพันธุ์กระโดนเป็นสุกรพื้นเมืองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ความต้องการบริโภคเนื้อสุกรพื้นเมืองของผู้บริโภคยังได้รับความนิยมอย่างต่อเนื่องด้วยสาเหตุที่ว่าเนื้อมีรสชาติดีและราคาไม่แพง แต่ผลผลิตเนื้อสุกรพื้นเมืองยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากสุกรพื้นเมืองมีการเจริญเติบโตช้า ซากมีไขมันมาก (จตุพร, 2551) ไม่เหมาะสมต่อการผลิตเพื่อการค้า (จรัญ, 2526) และมีจำหน่ายในบางพื้นที่และบางฤดูกาลเท่านั้น จึงหาซื้อได้ยาก เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรพื้นเมืองบางรายได้พยายามหาแนวทางในการเพิ่มผลผลิตด้วยวิธีต่างๆ เช่น ใช้วิธีผสมข้ามกับสุกรป่า หรือสุกรหมยซาน หรือสุกรเชิงการค้า เพื่อให้ได้จำนวนลูกและการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น เกษตรกรนิยมเลี้ยงสุกรลูกผสมเพื่อจำหน่ายลูกสุกร ซึ่งวิธีนี้จะช่วยให้เกษตรกรสามารถจำหน่ายได้เร็วและมีรายได้มากขึ้น แต่การแก้ปัญหาเหล่านี้เป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ เพราะการกระทำดังกล่าวมีผลกระทบต่อพันธุกรรมดั้งเดิมของสุกรพื้นเมืองสายพันธุ์แท้ของไทย

ยีน IGF-II มีผลต่อการพัฒนาของกล้ามเนื้อของสุกร (Kolarikova et al., 2003) โดยจีโนไทป์ของยีน IGF-II มีผลต่อองค์ประกอบเนื้อแดงของซากและปริมาณไขมันของสุกรลูกผสมพันธุ์ลาร์จไวท์และเพียเทรน (Nezer et al., 1999) นอกจากนี้ยีน IGF-II ยังมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพซาก ช่วยเพิ่มปริมาณเนื้อแดง (Van Laere et al., 2003) เพิ่มขนาดพื้นที่เนื้อสัน และช่วยลดความหนาไขมันสันหลัง จึงทำให้คุณภาพซากสุกรดีขึ้น รูปร่างสุกรมีความสม่ำเสมอ (คมสัน, 2552) ซึ่งแพรว และคณะ (2552) ได้อธิบายว่า ความผันแปรของยีน IGF-II บริเวณ intron ที่ 7 เกิดจากการแทนที่เบส G ด้วยเบส C ที่ตำแหน่ง 162 ส่งผลให้สุกรมีความหนาไขมัน

สันหลัง (back fat; BF) ลดลง แต่ความยาวลำตัว (body length; BL) และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (percent lean; PL) เพิ่มขึ้น และ ธวัชชัย และประภาส (2560) รายงานว่า ยีน IGF-II ที่มีจีโนไทป์ CC ทำให้สุกรมีความหนาไขมันสันหลังบาง และมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันใหญ่กว่าสุกรที่มีจีโนไทป์รูปแบบอื่นๆ หรือในกรณีเมื่อลำดับเบสเปลี่ยนแปลงจากเบส G เป็น A ที่ตำแหน่ง 3072 มีผลต่อองค์ประกอบของซากสุกร คือเพิ่มปริมาณเนื้อแดงของสุกร (มนวิไล และอมรรัตน์, 2551) และมีผลต่อองค์ประกอบของไขมันในซากสุกร (Reina et al., 2012) ซึ่งยีน IGF-II มีการแสดงออกของยีนในอวัยวะต่างๆ เช่น สมอง, ตับ, กล้ามเนื้อ และไต เป็นต้น สามารถพบการแสดงออกของยีนนี้ได้ในทุกระยะการเจริญเติบโต (Braunschweig, 2012; Tilley et al., 2007)

การใช้ยีน IGF-II สำหรับคัดเลือกพันธุ์เพื่อผลิตสุกรเชิงการค้าพบอย่างแพร่หลาย แต่มีรายงานการใช้ยีน IGF-II ในสุกรพื้นเมืองน้อยมาก ดังรายงานของ เกศรา และคณะ (2558) รายงานว่า ยีน IGF-II มีความสัมพันธ์กับลักษณะหย่านมของสุกรพันธุ์กระโดน โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ BB (CC) มีน้ำหนักหย่านมสูงกว่าจีโนไทป์อื่นๆ ซึ่งข้อมูลยังไม่เพียงพอต่อการปรับปรุงพันธุ์สุกรพื้นเมืองด้วยวิธีทางอนุพันธุศาสตร์ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะศึกษาอิทธิพลของยีน IGF-II ในสุกรพื้นเมืองพันธุ์กระโดน เพื่อตรวจสอบอิทธิพลของรูปแบบจีโนไทป์ต่อลักษณะการเจริญเติบโต และคุณภาพซากในสุกรพันธุ์กระโดน งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบจีโนไทป์และอิทธิพลของยีน IGF-II ต่อลักษณะการเจริญเติบโต คุณภาพซากและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากในสุกรพันธุ์กระโดน เพื่อให้สามารถนำยีน IGF-II มาใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกสุกรพันธุ์กระโดนให้มีผลผลิตและคุณภาพเนื้อที่ดีและตรงตามความต้องการของผู้บริโภค

วิธีการศึกษา

การเก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดสุกรพันธุ์กระโดนจำนวน 24 ตัว ด้วยเข็มฉีดยา เบอร์ 18G x 1.5 นิ้ว จากเส้นเลือดดำบริเวณลำคอ ปริมาตร 6-8 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองขนาด 15 มิลลิลิตร ที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด 0.5M EDTA แล้วเก็บหลอดเก็บตัวอย่างเลือดในกระดิกน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้สกัดดีเอ็นเอในการตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน IGF-II

อาหารและการจัดการ

อาหารแบ่งเป็น 2 สูตร ตามระยะของสุกร คือ อาหารสุกรอนุบาล (nursery feed) ใช้เลี้ยงสุกรตั้งแต่วัยระยะดูนมถึงก่อนเข้างานทดลองที่สุกรน้ำหนักประมาณ 15 กก. และอาหารสุกรขุน (fattening feed) ใช้กับสุกรที่มีน้ำหนัก 15-50 กก. ดัง Table 1 ในระยะอนุบาลเลี้ยงสุกรรวมในคอกเดียวกันด้วยอาหารสุกร

อนุบาล พอถึงระยะขุนทำการแยกสุกรเลี้ยงคอกละ 4 ตัว และเลี้ยงด้วยอาหารสุกรขุน โดยให้อาหารสุกรวันละ 2 ครั้ง คือ ช่วงเช้า (08.00-08.30 น.) และช่วงเย็น (16.30-17.00 น.) สุกรขุนได้รับอาหารตัวละ 4 กก./วัน โดยให้ครั้งละ 2 กก. อาหารสุกรผสมสับดาห้ละ 1 ครั้ง เพื่อให้อาหารมีความสดใหม่ และป้องกันการเกิดเชื้อราในอาหาร

ลูกสุกรแรกเกิดได้รับการฉีดธาตุเหล็กและตัดเบอร์หนู ทำการหย่านมลูกสุกรในวันที่ 21 เลี้ยงเพื่อเตรียมสุกรตั้งแต่วัยระยะอนุบาล และนำสุกรเข้างานทดลองเมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 18 กก. สุกรได้รับน้ำสะอาดจาก nipple มีการล้างคอกทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ สับดาห้ละ 3-4 ครั้ง ซึ่งน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม และน้ำหนักตอนฆ่าเมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 50 กก. ทำการคัดเลือกสุกรจีโนไทป์ละ 4 ตัว (เพศละ 2 ตัว) มาฆ่าเพื่อศึกษาคุณภาพซากและเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซาก

Table 1 Feed ingredients and chemical compositions in nursery feed and fattening feed for Kradon pigs.

Feed ingredients	Nursery feed	Fattening feed
Corn	0.00	19.00
Broken rice	48.50	0.00
Rice bran	2.00	12.00
Soybean	36.00	28.00
Cassava pulp	0.00	24.00
Palm pulp	0.00	10.00
Rice bran oil	2.50	3.00
D.C.P. (bone)	2.50	0.00
D.C.P. (stone) P16	0.00	2.40
Lime stone	0.90	0.60
Skim milk	6.50	0.00
L-lysine	0.20	0.14
DL-methionine	0.08	0.06
Threonine	0.02	0.00
Salts	0.30	0.30
Premix	0.50	0.50
Total	100.00	100.00
Chemical composition (%)		
Moisture	8.42	8.00
Crude Protein	22.98	15.81
Ash	5.28	5.64
Ether Extract	3.06	3.05
Crude Fiber	2.21	6.74
NFE	58.05	60.76

D.C.P. = Dicalcium Phosphate, NFE = Nitrogen Free Extract

การสกัดดีเอ็นเอและการตรวจสอบดีเอ็นเอ

การสกัดดีเอ็นเอใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีของ Goodwin et al. (2007) ดังนี้ นำเลือดที่เก็บได้มาปั่นและดูเฉพาะเม็ดเลือดขาวปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่หลอด 1.5 มิลลิเมตร ที่มี 0.9% NaCl ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร กลับหลอดให้เข้ากัน นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน 5 นาที แล้วเทส่วนใสทิ้ง จากนั้นเติม 20% SDS ปริมาตร 70 ไมโครลิตร, 7.5M Na-acetate ปริมาตร 50 ไมโครลิตร, Proteinase K ปริมาตร 25 ไมโครลิตร และ 5M GuHCl ปริมาตร 625 ไมโครลิตร ผสมให้เข้าด้วยการ vortex นำไปอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำตัวอย่างมาปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน 5 นาที ดูส่วนใสใสหลอดใหม่ ปริมาตร 300 – 400 ไมโครลิตร แล้วตกตะกอนดีเอ็นเอโดยเติม Absolute Isopropanol ปริมาตร 500 ไมโครลิตร กลับหลอดเบา ๆ ให้สารเข้ากัน แล้วปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน 5 นาที เทส่วนใสทิ้งเหลือไว้เฉพาะตะกอนสีขาว เติม 75% Ethanol ปริมาตร 500 ไมโครลิตร เพื่อดังตะกอนดีเอ็นเอ และปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน 1 นาที เทส่วนใสทิ้งเหลือไว้เฉพาะตะกอน (ทำซ้ำ 1 ครั้ง) ผึ่งตะกอนดีเอ็นเอให้แห้งประมาณ 30 นาที หลังตะกอนแห้งแล้วเติมสารละลาย TE buffer ปริมาตร 20 – 25 ไมโครลิตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ใน water bath นานข้ามคืน หลังจากนั้นทำการปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน 5 นาที จะได้สารละลายที่มีดีเอ็นเออยู่ จากนั้นตรวจสอบดีเอ็นเอด้วย 0.8% agarose gel โดยใช้ตัวอย่างดีเอ็นเอกับ loading dye ในอัตรา 1 ไมโครลิตร : 3 ไมโครลิตร ตามลำดับ ใช้กระแสไฟฟ้าที่ 100 โวลต์ นาน 30 – 45 นาที แล้วย้อมด้วย Gelstar[®] เป็นเวลา 10 นาที และตรวจสอบดีเอ็นเอภายใต้แสง UV ทำการบันทึกภาพด้วย Gel documentary system จะได้ดีเอ็นเอสำหรับใช้ตรวจสอบยีน IGF-II หากไม่ใช้ทันทีที่สามารถเก็บรักษาดีเอ็นเอไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสได้

การตรวจสอบยีน IGF-II ด้วยเทคนิค PCR-RFLP

การตรวจสอบยีน IGF-II เริ่มจากการเพิ่มปริมาณชิ้นดีเอ็นเอของยีน IGF-II ด้วยเทคนิค PCR ซึ่งปฏิกิริยาประกอบด้วย DNA template ความเข้มข้น 50 ng/ μ l ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, dNTPs (1.0 mM/each) ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, 10X PCR-buffer ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, MgCl₂ ปริมาตร 0.8 ไมโครลิตร, Primer forward (CACAGCAGGTGCTCCATCGG) และ Primer reverse (GACAGGCTGTCATCCTGTGGG) ปริมาตรอย่างละ 1 ไมโครลิตร, 5 U/ μ l, Taq DNA Polymerase ปริมาตร 0.1 ไมโครลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำบริสุทธิ์หนึ่งฆ่าเชื้อ รวมปริมาตรทั้งหมด 10 ไมโครลิตร วงรอบการทำปฏิกิริยา ดังนี้ 1) initial denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที 2) ทำปฏิกิริยา 30 รอบ: denaturation อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที, Primer annealing อุณหภูมิ 62 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที และ Primer extension อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที และ 3) Final extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 7 นาที เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาการเพิ่มชิ้นดีเอ็นเอแล้วทำการตรวจสอบ PCR-Product ด้วย 2% agarose gel electrophoresis ตามวิธีการตรวจสอบดีเอ็นเอด้านบน โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 100 โวลต์ เป็นเวลา 35 นาที พบชิ้นดีเอ็นเอขนาด 336 bp

ตัดชิ้นส่วนดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Bcl*I ดังนี้ นำบริสุทธิ์หนึ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร 6.7 ไมโครลิตร, 10X buffer ปริมาตร 1 ไมโครลิตร, เอนไซม์ *Bcl*I 0.3 ไมโครลิตร และ PCR-product ปริมาตร 2 ไมโครลิตร ปริมาตรรวม 10 ไมโครลิตร นำไปอุ่นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นานข้ามคืน และตรวจสอบรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II หลังตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะด้วย 2% agarose gel electrophoresis โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 100 โวลต์ เป็นเวลา 35 นาที บันทึกภาพแถบดีเอ็นเอภายใต้แสง UV จะพบขนาดดีเอ็นเอซึ่งสรุปจีโนไทป์ ได้ดังนี้ จีโนไทป์ GG ขนาด 308 และ 28 bp, จีโนไทป์ GC ขนาด 308, 208, 100 และ 28 bp และ จีโนไทป์ CC ขนาด 208, 100 และ 28 bp

การศึกษาลักษณะซากและชิ้นส่วนซากสุกร

การศึกษาลักษณะซากสุกร มีดังนี้

1. **เปอร์เซ็นต์ซาก** อัตราส่วนของน้ำหนักซาก อุณหภูมิซากสุกรมีชีวิต คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (สัญญา, 2547)

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

2. **ความยาวซาก** วัดจากซากซีกซ้ายหรือขวา โดยวัดจากตำแหน่งกระดูกซี่โครงซี่แรกที่ติดกับกระดูกสันหลังถึงจุดหน้าสุดของกระดูกสะโพกของซาก

3. **ความหนาไขมันสันหลัง** ผ่าซากสุกรตามยาวออกเป็นสองซีก แล้ววัดความหนาของไขมันสันหลังเฉลี่ยจาก 3 จุด คือ ตรงกับกระดูกซี่โครงซี่แรก กระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย และกระดูกสันหลังช่วงบั้นเอวข้อสุดท้าย

4. **พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน** วัดจากซากซีกซ้ายหรือขวา โดยตัดส่วนของเนื้อสันหลังตรงตำแหน่งระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 ใช้กระดาษไขทาบนหน้าตัดเนื้อสัน แล้วใช้ดินสอลากตามเส้นรอบวงของมัดกล้ามเนื้อโดยรอบ นำไปวัดพื้นที่ด้วยเครื่องมือวัดพื้นที่ใบไม้ พื้นที่หน้าตัดของเนื้อสันมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณเนื้อแดงของซาก (สุวรรณ, 2544)

5. **ชั่งน้ำหนักชิ้นส่วนซาก** ชั่งน้ำหนักซาก และทำการตัดแต่งชิ้นส่วนซากแบบไทย จะได้อวัยวะและชิ้นส่วนต่างๆ ทำการชั่งน้ำหนักเพื่อเก็บข้อมูลน้ำหนักอวัยวะและชิ้นส่วนซาก

วิเคราะห์ความถี่จีโนไทป์

วิเคราะห์ความถี่จีโนไทป์ของยีน IGF-II ในสุกรพันธุ์กระโดน ด้วยสมการดังนี้

$$f(CC) = \frac{nCC}{N}$$

เมื่อ $f(CC)$ คือ ความถี่จีโนไทป์ CC

nCC คือ จำนวนสัตว์ที่มีจีโนไทป์ CC

N คือ จำนวนสัตว์ทั้งหมด

ตรวจสอบอิทธิพลของรูปแบบจีโนไทป์กับลักษณะการเจริญเติบโต และคุณภาพซาก

วิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II กับข้อมูลน้ำหนักตัว คุณภาพซาก และเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากในสุกรพันธุ์กระโดน ด้วยวิธี General Linear Model (GLM) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยลีสท์สแควร์ (Least square means; LSMEAN) ของจีโนไทป์ต่อลักษณะต่างๆ ที่ปรับอิทธิพลของเพศ และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยลีสท์สแควร์ด้วย STDERR PDIF ด้วยโปรแกรม SAS (SAS, 2002) ซึ่งโมเดลทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์อิทธิพลของรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II ต่อลักษณะต่างๆ ดังสมการ

$$Y_{ij} = \mu + Sex_i + Gene_j + e_{ij}$$

เมื่อ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของลักษณะที่ศึกษา (overall mean)

Sex_i คือ อิทธิพลเนื่องจากเพศของสุกร

$Gene_j$ คือ อิทธิพลเนื่องจากรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II

e_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

รูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II ของสุกรพันธุ์กระโดน

ผลผลิตจากการเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนยีน IGF-II ได้ชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 336 bp และเมื่อตัดชิ้นดีเอ็นเอด้วยเอนไซม์ *BclI* พบว่า สุกรพันธุ์กระโดนมีรูปแบบจีโนไทป์ 3 รูปแบบ คือ จีโนไทป์ GG, GC และ CC (Figure 1) ซึ่งความผันแปรของยีน IGF-II นี้ศึกษาในบริเวณ intron ที่ 7 ตำแหน่งที่ 162 เกิดการแทนที่เบส G ด้วยเบส C สอดคล้องกับรายงานของ แพรว และคณะ (2552); Kolarikova et al. (2003) ที่ศึกษาในสุกรสายพันธุ์ทางการค้าและลูกผสมสองสาย ซึ่งจีโนไทป์ GG พบชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 308 และ 28 bp ส่วนจีโนไทป์ GC พบชิ้นส่วนดีเอ็นเอขนาด 308,

208, 100 และ 28 bp และจีโนไทป์ CC พบขึ้นส่วน ดีเอ็นเอขนาด 208, 100 และ 28 bp โดยขึ้นส่วน ดีเอ็นเอที่มีความยาว 28 bp ไม่ปรากฏในภาพเจล

เนื่องจากชิ้นส่วนดีเอ็นเอมีขนาดเล็กมาก จึงหลุดออกจากแผ่นเจล

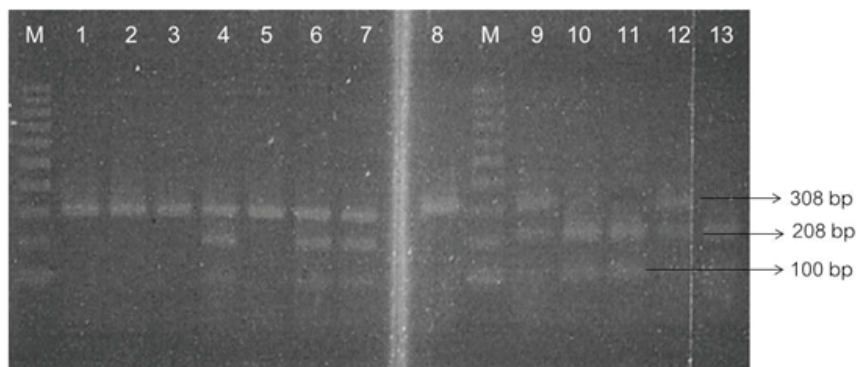


Figure 1 Genotype pattern of IGF-II gene in Kraton pigs. Lane M = 100bp ladder, Lane 1, 2, 3, 5, 8 = GG genotype, Lane 4, 6, 7, 9, 12 = GC genotype and Lane 10, 11, 13 = CC genotype.

ความถี่อัลลีลและความถี่จีโนไทป์ของยีน IGF-II ของสุกรพันธุ์กระโดน

พิจารณาความถี่อัลลีลของยีน IGF-II ในสุกรพันธุ์กระโดน พบว่า อัลลีล G (0.73) มีความถี่อัลลีลสูงกว่าอัลลีล C (0.27) (Table 2) หากพิจารณาจากปัจจัยของเพศพบว่า ทั้งเพศผู้และเพศเมียมีสัดส่วนของอัลลีล G สูงกว่าอัลลีล C ด้วยเช่นกัน ความถี่จีโนไทป์ GG ในสุกรพันธุ์กระโดนมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือจีโนไทป์ GC และ CC มีค่าเท่ากับ 0.63, 0.21 และ 0.17 ตามลำดับ ความถี่อัลลีลและความถี่จีโนไทป์ของยีน IGF-II สอดคล้องกับการศึกษาของ Klontong et al. (2015) ที่รายงาน ในสุกรพื้นเมืองไทย (Thai native pig) มีความถี่จีโนไทป์ G/G สูงกว่า

จีโนไทป์อื่นๆ ความถี่จีโนไทป์ของสุกรพันธุ์พื้นเมืองมีความแตกต่างกันกับสุกรสายพันธุ์ทางการค้า จากรายงานของ คมสัน (2552) พบว่า ยีน IGF-II ในสุกรสายพันธุ์ทางการค้า ได้แก่ พันธุ์ดิวโรค (Duroc) พันธุ์เปียเทรน (Pietrain) และลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ดิวโรคและเปียเทรน (PTxDR) มีความถี่จีโนไทป์ BB (CC) และ AB (GC) สูงกว่าความถี่จีโนไทป์ AA (GG) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Oczkowicz et al. (2012) พบว่า ในกลุ่มสุกรสายพันธุ์ทางการค้าที่ให้ผลผลิตเนื้อสูง เช่น พันธุ์ Polish Large White (LW), Polish Landrace (L), Pietrain (Pi), Duroc (D), Pulawska (Pu) และ Hampshire ที่มีความถี่อัลลีล C สูงกว่าอัลลีล G

Table 2 Genotypic and allelic frequency of IGF-II gene in Kraton pigs

Sex	Number of animals	Genotype			Allele	
		GG	GC	CC	G	C
Castrated Male	12	0.67(8)	0.17(2)	0.17(2)	0.75	0.25
Female	12	0.58(7)	0.25(3)	0.17(2)	0.71	0.29
Overall	24	0.63(15)	0.21(5)	0.17(4)	0.73	0.27

อิทธิพลของยีน IGF-II กับลักษณะการเจริญเติบโตของสุกรพันธุ์กระโดน

พิจารณาอิทธิพลของยีน IGF-II ต่อลักษณะน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม น้ำหนักเริ่มต้นและน้ำหนักสุดท้ายที่เข้างานทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันในสุกรพันธุ์กระโดนด้วยค่าเฉลี่ยลิสแควร์ (Table 3) พบว่า ยีน IGF-II ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม น้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้ายที่เข้างานทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันในสุกรพันธุ์กระโดน ($P>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Van den et al. (2008) รายงานว่า ยีน IGF-II ไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของสุกรพันธุ์ Large White, Swedish Landrace, ลูกผสม Hampshire/Landrace และลูกผสม Meishan/Large White แตกต่างกับรายงานของ เกศรา และคณะ (2558) พบว่า รูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II มีความสัมพันธ์ต่อลักษณะน้ำหนักหย่านมของสุกรพันธุ์กระโดน ($P<0.05$) โดยสุกรที่มี

จีโนไทป์ BB (CC) และจีโนไทป์ AB (GC) มีน้ำหนักหย่านมสูงกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ AA (CC) ทั้งนี้สาเหตุความแตกต่างนี้อาจเนื่องจากการใช้สูตรอาหารและพันธุ์สุกรที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้สุกรมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

รูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของเนื้อแดงในสุกรที่แตกต่างกัน (แพรว และคณะ, 2552; มนวิไล และอมรรัตน์, 2551) จึงเป็นไปได้ว่าสุกรพื้นเมืองและสุกรสายพันธุ์ทางการค้าที่มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากสุกรพื้นเมืองมีสัดส่วนของจีโนไทป์ GG สูงกว่าจีโนไทป์ GC และ CC ซึ่งจีโนไทป์ GG มีแนวโน้มให้สุกรมีการเจริญเติบโต เช่น น้ำหนักหย่านม และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) ต่ำกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ CC จึงอาจเป็นไปได้ว่า สุกรสายพันธุ์ทางการค้าที่มีการปรับปรุงพันธุ์ให้มีการเจริญเติบโตดี สร้างเนื้อแดงได้มากย่อมมีสัดส่วนของจีโนไทป์ CC สูงกว่าจีโนไทป์ GG

Table 3 Least square means and standard errors for birth weight, weaning weight, initial weight, final weight and average daily gain (ADG) by the IGF-II genotype of Kradon pigs

Traits	Genotype			P-value
	GG	GC	CC	
Birth weight (kg)	0.42±0.06	0.47±0.05	0.39±0.05	0.73
Weaning weight (kg)	4.84±0.51	6.71±0.55	6.51±0.54	0.40
Initial weight (kg)	19.14±1.15	17.34±1.21	18.94±1.15	0.18
Final weight (kg)	48.09±2.04	45.57±2.14	50.97±2.04	0.17
ADG (g/head/day)	332.17±14.24	311.17±14.53	350.17±13.05	0.14

อิทธิพลของยีน IGF-II ต่อคุณภาพซากของสุกรพันธุ์กระโดน

อิทธิพลของยีน IGF-II ต่อลักษณะคุณภาพซากของสุกรพันธุ์กระโดน ได้แก่ น้ำหนักซาก, เปอร์เซ็นต์ซาก, ความยาวซาก, เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง, ความหนาไขมันสันหลัง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ดัง Table 4 พบว่า ยีน IGF-II ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักซาก, เปอร์เซ็นต์ซาก, ความยาวซาก, เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ($P>0.05$) แต่ยีน IGF-II มีอิทธิพลต่อลักษณะความหนาไขมันสันหลังตำแหน่งซี่โครงซี่ที่ 10 (back fat depth at 10th rib) และซี่สุดท้าย (back

fat depth at last rib) โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ GG มีความหนาไขมันสันหลังในสองตำแหน่งนี้สูงกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ CC และ GC ซึ่งสุกรที่มีจีโนไทป์ CC มีความหนาไขมันสันหลังน้อยที่สุด สอดคล้องกับการศึกษาของ Burgos et al. (2006); Burgos et al. (2012); Carrodegua et al. (2005); Oczkiewicz et al. (2012); Van den et al. (2008) รายงานว่า รูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II มีอิทธิพลต่อความหนาไขมันของสุกรที่แตกต่างกัน โดยยีน IGF-II ทำหน้าที่ในการควบคุมการพัฒนาของ adipose tissue ของสุกร (Garden et al., 2008)

Table 4 Least square means and standard errors for slaughter weight, carcass percentage, carcass length, lean percentage, back fat depth and loin eye area (LEA) by the IGF-II genotype of Kradon pigs.

Traits	Genotype			P-value
	GG	GC	CC	
Slaughter weight (kg)	48.04±2.04	44.73±2.08	48.82±1.86	0.13
Carcass (%)	72.31±1.13	71.33±1.15	73.06±1.03	0.43
Carcass length (cm)	74.96±1.62	74.72±1.65	77.23±1.47	0.45
Lean (%)	38.78±1.96	46.61±2.00	44.06±1.79	0.16
Back fat depth at 10 th rib (mm)	27.30±1.62 ^a	19.46±1.65 ^b	15.99±1.48 ^b	0.01
Back fat depth at last rib (mm)	16.15±0.64 ^a	12.55±0.65 ^b	10.57±0.58 ^b	0.001
LEA (cm ²)	15.94±0.74	15.09±0.75	15.95±0.67	0.24

อิทธิพลของยีน IGF-II ต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากของสุกรพันธุ์กระโดน

เปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากส่วนต่างๆ ของสุกรพันธุ์กระโดน ถูกนำมาพิจารณาพร้อมกับรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II ผลดังแสดงใน Table 5 โดยพบว่า รูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ชิ้นส่วนซากของสุกรพันธุ์กระโดน ยกเว้นลักษณะเปอร์เซ็นต์ผิวหนังและไขมันใต้ผิวหนัง (skin and subcutaneous fat) ของสุกรพันธุ์กระโดนที่มีความสัมพันธ์กับรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ GG มีเปอร์เซ็นต์ผิวหนังและไขมันใต้ผิวหนังสูงที่สุด (34.27±1.41)

ความสัมพันธ์ของรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II กับความหนาไขมันสันหลังและเปอร์เซ็นต์ผิวหนังและไขมันใต้ผิวหนังนี้ ทำให้ทราบแนวทางในการคัดเลือกสุกรพันธุ์กระโดนเพื่อลดความหนาไขมันสันหลังและไขมันใต้ผิวหนังซึ่งเป็นองค์ประกอบซากและชิ้นส่วนซากได้ โดยควรทำการคัดเลือกสุกรที่มีจีโนไทป์ GG ออกจากฝูง จะช่วยให้สุกรพันธุ์กระโดนมีความหนาไขมันสันหลังน้อยลง ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ ธวัชชัย และประภาส (2560); แพรว และคณะ (2552) และ Vykoukalová et al. (2006) ที่รายงานว่า ความผันแปรของยีน IGF-II บริเวณ intron ที่ 7 นิวคลีโอไทด์ตำแหน่งที่ 162 (IGF-II-in7-162G>C) มีความสัมพันธ์ต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และความหนาไขมันสันหลังของสุกร โดยสุกรที่มีอัลลีล C มีไขมัน

สันหลังบางกว่าสุกรที่มีอัลลีล G

วินัย และผกาพรรณ (2543) รายงานว่า สุกรพันธุ์ราดหรือกระโดน หากฆ่าเมื่อโตเต็มที่ที่มีน้ำหนัก 60-80 กก. มีไขมันและเนื้อแดง ประมาณ 50% และ 32.4% ของน้ำหนักซาก ตามลำดับ ซึ่งจัดว่าสุกรมีไขมันในซากสูงมาก ดังนั้นหากฆ่าเร็วขึ้นที่น้ำหนัก 50 กก. ดังในการศึกษาครั้งนี้ทำให้ได้สุกรที่มีไขมันและหนังประมาณ 29.25% ของน้ำหนักซาก (Table 5) แต่ได้เนื้อแดงสูงขึ้นประมาณ 43.15% ของน้ำหนักซาก (Table 4) ดังนั้น จากการศึกษาในครั้งนี้จึงแนะนำให้ฆ่าสุกรพันธุ์กระโดนที่น้ำหนัก 50 กก.

สรุปและข้อเสนอแนะ

สุกรพันธุ์กระโดนมีรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II จำนวน 3 รูปแบบ คือ จีโนไทป์ GG, GC และ CC โดยมีความถี่จีโนไทป์เท่ากับ 0.63, 0.21 และ 0.17 ตามลำดับ ยีน IGF-II ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักแรกเกิด น้ำหนักหย่านม น้ำหนักเริ่มต้น น้ำสุดท้ายที่เข้างานทดลอง และอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันในสุกรพันธุ์กระโดน

รูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักซาก, เปอร์เซ็นต์ซาก, ความยาวซาก, เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง แต่มีอิทธิพลต่อความหนาไขมันสันหลังที่ตำแหน่งซี่โครงซี่ที่ 10 และซี่สุดท้ายของสุกรพันธุ์กระโดน โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ GG มีความหนา

ไขมันสันหลังสูงกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์ CC และ GC และรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF-II มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ผิวหนังและไขมันใต้ผิวหนังของสุกร โดยสุกรที่มีจีโนไทป์ GG มีเปอร์เซ็นต์ผิวหนังและไขมันใต้ผิวหนัง

สูงที่สุด ดังนั้น หากต้องการคัดเลือกสุกรพันธุ์กระโดนด้วยยีน IGF-II เพื่อให้สุกรมีความหนาไขมันสันหลังและไขมันใต้ผิวหนังน้อย ควรคัดเลือกสุกรที่มีจีโนไทป์ CC เพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์

Table 5 Least square means and standard errors for cutting parts of Kradon pigs by the IGF-II genotype

Traits	Genotype			P-value
	GG	GC	CC	
Head	13.38±0.87	13.35±0.89	13.61±0.79	0.73
Bone	7.02±0.49	8.42±0.50	9.25±0.45	0.15
Blood	4.11±0.31	4.23±0.32	4.12±0.28	0.65
Shank	2.67±0.10	2.71±0.11	2.75±0.09	0.20
Lung	0.88±0.19	0.95±0.19	0.83±0.17	0.43
Heart	0.55±0.09	0.46±0.09	0.55±0.08	0.26
Spleen	0.32±0.12	0.17±0.12	0.21±0.11	0.77
Liver	2.69±0.31	2.60±0.32	2.66±0.28	0.99
Kidney	0.50±0.13	0.42±0.13	0.42±0.12	0.93
Large intestine	3.51±0.31	3.20±0.31	3.37±0.28	0.60
Small intestine	3.39±0.24	3.52±0.25	3.50±0.22	0.26
Gonad	0.81±0.33	0.71±0.34	1.00±0.30	0.53
Kidney fat	0.19±0.02	0.14±0.02	0.13±0.02	0.11
Stomach	1.25±0.07	1.38±0.08	1.59±0.07	0.17
Abdominal fat	2.14±0.45	2.05±0.46	2.21±0.41	0.20
Belly	6.83±0.93	6.24±0.95	4.77±0.85	0.61
Rib	5.18±0.46	6.77±0.47	6.62±0.42	0.31
Skin and subcutaneous fat	34.27±1.41 ^a	27.70±1.44 ^b	27.79±1.29 ^b	0.03

คำขอบคุณ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณรายจ่าย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ขอขอบพระคุณฟาร์มสุกร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร ที่อนุเคราะห์สถานที่เลี้ยงสัตว์ทดลอง และขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการกลางด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกศรา อำพากรณ์, มนต์ชัย ดวงจินดา และชเวง สารคล่อง. 2558. ความสัมพันธ์ของรูปแบบยีน IGF-II กับลักษณะการเจริญเติบโตในสุกรพันธุ์กระโดน. แก่นเกษตร. 43: 239-244.

จตุพร คุณแก้ว. 2551. การศึกษาลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของสุกรพื้นเมืองไทย. วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

จรัญ จันทลักษณ์. 2526. ปศุสัตว์สำหรับท้องถิ่น. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

คมสัน ดวงสิทธิตานนท์. 2552. อิทธิพลของรูปแบบยีน IGF2 ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและลักษณะซากในสุกร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

อรัชชัย แก้วถำ และ ประภาส มหินชัย. 2560. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของยีน IGF2 ต่อสมรรถนะการผลิตของสุกร. วารสารวิชาการ สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์, กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

มนวิไล เสริมบุตร และ อมรรัตน์ โมที. 2551. การใช้ยีน MC4R และยีน IGF2 เป็นเครื่องหมายเพื่อช่วยในการคัดเลือกสุกร. ศูนย์ประสานงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. BPS Library Online. 18: 29-39.

- แพรว เทียงพิมพ์, ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี, ศุภมิตร เมฆฉาย และ ศกร คุณวุฒิตุทธิธณ. 2552. ความสัมพันธ์ของความแตกต่างทางพันธุกรรมของยีน Insulin-like growth factor II (IGF-II) ต่อลักษณะการเจริญเติบโตและขนาดร่างกายในประชากรสุกรเชิงการค้าแห่งหนึ่ง. แก่นเกษตร. 37: 319-330.
- วินัย ประถมพิภกาญจน์ และผกาพรรณ สกุลม้น. 2543. เอกสารการสอนชุดวิชาการปรับปรุงพันธุ์ และการสืบพันธุ์สัตว์หน่วยที่ 1-7. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.
- สัญญา จตุรสิทธิ์ธา. 2547. การจัดการเนื้อสัตว์ (Meat Management). ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- สุวรรณพรมทอง. 2544. ตำราออนไลน์รายวิชา AT328 การทำฟาร์มสุกร (Swine Farm Management) บทที่ 12. สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ. แหล่งข้อมูล: <https://goo.gl/QEKaBk>. ค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2560.
- Braunschweig, M.H. 2012. Biallelic transcription of the porcine *IGF2R* gene. *J. Gene.* 500: 181-185.
- Burgos, C., A. Galve, C. Moreno, J. Altarriba, R. Reina, C. García, and P. López-Buesa. 2012. The effects of two alleles of IGF2 on fat content in pig carcasses and pork. *Meat Sci.* 90: 309-313.
- Burgos, C., J.A. Carrodegua, C. Moreno, J. Altarriba, L. Tarrafeta, J.A. Barcelona, and P. López-Buesa. 2006. Allelic incidence in several pig breeds of a missense variant of pig melanocortin-4 receptor (*MC4R*) gene associated with carcass and productive traits; its relation to IGF2 genotype. *Meat Sci.* 73: 144-150.
- Carrodegua, J.A., C. Burgos, C. Moreno, A.C. Sánchez, S. Ventanas, L. Tarrafeta, J.A. Barcelona, M.O. López, R. Oria, and P.L. López-Buesa. 2005. Incidence in diverse pig populations of an IGF2 mutation with potential influence on meat quality and quantity: An assay based on real time PCR (RT-PCR). *Meat Sci.* 71: 577-582.
- Gardan, D., J. Mourot, and I. Louveau. 2008. Decreased expression of the IGF-II gene during porcine adipose cell Differentiation. *Mole. Cell. Endocrin.* 292: 63-68.
- Goodwin, W, A. Linacre, and S. Hadi. 2007. An Introduction to Forensic Genetics. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, UK.
- Klomtong, P., K. Chaweewan, Y. Phasuk, and M. Duangjinda. 2015. *MC1R*, *KIT*, *IGF2*, and *NR6A1* as markers for genetic differentiation in Thai native, wild boars, and Duroc and Chinese Meishan pigs. *Genet. Mol. Res.* 14: 12723- 12732.
- Kolarikova, O., L. Putnova, T. Urban, J. Adamek, A. Knoll, and J. Dvorak. 2003. Associations of the *IGF2* gene with growth and meat efficiency in Large White pigs. *J. Appl. Genet.* 4: 509-513.
- Nezer, C., L. Moreau, B. Brouwers, W. Coppieters, J. Dettileux, R. Hanset, L. Karim, A. Kvasz, P. Leroy, and M. Georges. 1999. An imprinted QTL with major effect on muscle mass and fat deposition maps to the *IGF2* locus in pig. *Nat. Genet.* 21: 155-156.
- Oczkowicz, M., M. Tyra, K. Ropka-Molik, A. Mucha, and K. Żukowski. 2012. Effect of IGF2 of intron3-g.3072G>A on intramuscular fat (IMF) content in pigs raised in Poland. *J. Livest. Sci.* 149: 301-304.
- Reina, R., L-B. Pascual, J. S. del Pulgar, J. Ventanas, and C. Garcia. 2012. Effect of IGF-II (insulin-like factor-II) genotype on the quality of dry-cured hams and shoulders. *Meat Sci.* 92: 562-568.
- SAS. 2002. User's Guide: Statistics, V.6.12. SASInstitute Inc., Cary. NC.
- Tiiley, R.E., C.J. McNeil, C.J. Ashworth, K.R. Page, and H.J. Mcardle. 2007. Altered muscle development and expression of the insulin-like growth factor system in growth retarded fetal pigs. *J. Domest. Anim. Endocrin.* 32: 167-177.
- Van den, M.K., A. Stickens, E. Claeys, N. Buys, and S. De Smet. 2008. Effect of the insulin-like growth factor -II and *RYR1* genotype in pigs on carcass and meat quality traits. *Meat Sci.* 80: 293-303.
- Van Laere, A.S., M. Nguyen, M. Braunschweig, C. Nezer, C. Collette, L. Moreau, A.L. Archibald, C.S. Haley, N. Buys, M. Tally, G. Anderson, M. Georges, and L. Anderson. 2003. A regulatory mutation in *IGF2* causes a major QTL effect on muscle growth in pig. *Nature.* 425: 832-836.
- Vykoukalová, Z., A. Knoll, J. Dvorák, 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. of Anim. Breed. Genet.* 123: 204-207.