รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ความสัมพันธ์ของยีนสุกร IFI6, JHDM1A, CYP21, DECR1 and ACL กับคุณภาพเนื้อในสุกรสายพันธุ์ทางการค้า

โดย อาจารย์ ดร.อัจฉรา ขยัน

เมษายน 2559

สัญญาเลขที่ MRG5680077

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ ความสัมพันธ์ของยีนสุกร IFI6, JHDM1A, CYP21, DECR1 and ACL กับคุณภาพเนื้อในสุกรสายพันธุ์ทางการค้า

อาจารย์ ดร.อัจฉรา ขยัน
ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย
สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

รูปแบบ Abstract (บทคัดย่อ)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาความสัมพันธ์ของยีน IFI6, JHDM1A, CYP21, DECR1 and ACL กับคุณภาพเนื้อในสุกรสายพันธุ์ทางการค้า จากการศึกษาพบว่า ยีน ACL พบเพียงจีโนไทป์เดียวคือ CC และยีน DECR1 พบเพียงจีโนไทป์เดียวคือ GG ไม่พบการกระจายตัวของจีโนไทป์ นอกจากนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพเนื้อกับยีน CYP21 ($P>0.05$) ส่วนยีน JHDM1A พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า pH 45 นาทีหลังจากที่สัตว์ตายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ยีน IFI6 พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า pH 24 ชั่วโมงหลังจากที่สัตว์ตายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) จากการศึกษานี้อาจจะใช้ยีน JHDM1A และ IFI6 ซึ่งมีตำแหน่งและบทบาทของยีนเกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสุกร

Project Code : MRG5680077
(รหัสโครงการ)

Project Title : ความสัมพันธ์ของยีนสุกร IFI6, JHDM1A, CYP21, DECR1 and ACL กับคุณภาพเนื้อในสุกรสายพันธุ์ทางการค้า
(ชื่อโครงการ)

Investigator : อาจารย์ ดร.อัจฉรา ขยัน ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
(ชื่อนักวิจัย)

E-mail Address : autja2002@gmail.com

Project Period : 2 ปี
(ระยะเวลาโครงการ)

เนื้อหางานวิจัย

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์และวิเคราะห์ตำแหน่งกลายพันธุ์ของยีนที่อาจจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อบางประการในสุกร

วิธีการทดลอง

สัตว์ทดลอง

สุกรที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นสุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ดูรอค จำนวนทั้งหมด 300 ตัว สุกรทั้งหมดจะถูกฆ่าที่น้ำหนักประมาณ 90-110 กิโลกรัม ฆ่าตามระบบสากล จากนั้นเก็บตัวอย่างเนื้อจากกล้ามเนื้อสัน (*Longissimus dorsi*) เพื่อนำมาสกัดดีเอ็นเอ และกล้ามเนื้อสันนอกตรงบริเวณระหว่างซี่โครงที่ 13-14 เพื่อใช้สำหรับเก็บข้อมูลคุณภาพเนื้อเช่น ค่าการสูญเสียน้ำจากชิ้นเนื้อ (drip loss), ค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลาย (thawing loss), ค่าการสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหาร (cooking loss), ค่า pH ของกล้ามเนื้อที่ 45 นาทีและ 24 ชั่วโมง, สีของเนื้อ, ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

การสกัดดีเอ็นเอ (DNA isolation)

ขั้นตอนการสกัด DNA โดยใช้ QIAGEN's DNeasy Tissue kit ประกอบด้วยสามขั้นตอนหลักๆคือ ขั้นตอนแรกเป็นการย่อยสลาย (lysed) ส่วนประกอบของเซลล์ ฮีสโตน (histone) และโปรตีนชนิดอื่นๆที่ปนอยู่กับ DNA จะถูกย่อยสลายโดนเอนไซม์ proteinase K ขั้นตอนนี้บ่มทิ้งไว้ (incubation) ประมาณ 1.5 ชั่วโมง จากนั้น DNA ที่ได้จะนำมาใส่ในคอลัมภ์เล็กๆที่ประกอบด้วยผนังเมมเบรนของซิลิกาเจลที่จะยอมให้ DNA ผ่านเท่านั้น เซลล์ต่างๆจะถูกชำระล้างออกไปโดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ที่ประกอบด้วยเกลือและเอทานอล จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง ขั้นตอนสุดท้ายตัวอย่างของ DNA จะถูกเจือจางด้วยน้ำ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

การย่อย

1. ใช้ตัวอย่างเนื้อเยื่อประมาณ 50 mg ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 1.5 mL
2. เติมบัฟเฟอร์ ATL จำนวน 180 µL
3. ใส่ proteinase K จำนวน 20 µL บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเนื้อเยื่อถูกย่อย เขย่าตลอดเวลาหรือเขย่าทุกๆ 20-30 นาที บ่มไว้ประมาณ 1.5 ชั่วโมง
4. หลังจากนั้นเติมสารละลายบัฟเฟอร์ AL ลงไปในตัวอย่างจำนวน 200 µL ใช้มือเขย่าผสม และบ่มทิ้งไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 10 นาที

การจับ DNA

5. เติมเอทานอลลงในตัวอย่างจำนวน 200 µL ใช้มือเขย่าผสมให้เข้ากัน
6. นำ DNeasy mini-column ใส่ลงในหลอดขนาด 2 mL ปิเปตตัวอย่างลงใน mini-column จากนั้นปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงสุดนาน 1 นาที

การล้าง

7. จากนั้นย้าย mini-column มาใส่ในหลอดขนาด 2 mL อันใหม่ โดยทิ้งสารละลายที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง เติมบัฟเฟอร์ AW1 จำนวน 500 µL ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงสุดนาน 1 นาที

8. ทิ้งสารละลายที่ได้จากการปั่นเหวี่ยง นำ mini-column มาใส่ในหลอดทดลองขนาด 2 mL อันใหม่ เติมสารละลายบัฟเฟอร์ AW2 ปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วสูงสุดนาน 3 นาที พยายามทำให้ column ที่มีตัวกรองแห้งไม่มีเอทานอลติดอยู่ด้วย ย้าย DNeasy mini-column โดยไม่ให้สัมผัสกับสารละลายต่างๆ

การเอาออก (Elute)

9. ย้าย mini-column ไปใส่ในหลอดสำหรับปั่นเหวี่ยงขนาด 1.5 mL ปิเปตน้ำกลั่นจำนวน 200 µL ใส่ลงใน mini-column membrane ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 5 นาที จากนั้นปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 9,000 rpm นาน 1 นาที ทิ้งตัวกรอง ส่วน DNA จะละลายในน้ำโดยกรองผ่านเมมเบรน
10. DNA ที่ได้สามารถเก็บรักษาและแช่แข็งได้เพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

การจีโนไทป์ (Genotyping)

การทำ Polymerase chain reactions (PCR) ปริมาณ 20 µL ประกอบด้วย DNA จำนวน 2 µL, 1×PCR buffer, dNTP, forward primer, reward primer และ Taq DNA polymerase โดนสภาวะที่ใช้ทำ PCR ดังนี้ เริ่มต้นการ denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จากนั้นเริ่มที่ 95 องศาเซลเซียส นาน 30 วินาที อุณหภูมิ annealing ที่เหมาะสมสำหรับ primer ของยีนแต่ละตัว (ตารางที่ 1) นาน 30 วินาที และอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ทำขั้นตอนทั้งหมดนี้จำนวน 35 รอบ ขั้นตอนสุดท้าย elongation ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จากนั้นจะได้ผลผลิตของ PCR นำผลผลิตของ PCR มาเช็คด้วย 1.5% agarose gel ทำการย่อยด้วยเอนไซม์โดยวิธี restriction fragment length polymorphism (RFLP) เช็คผลจีโนไทป์ใน 3% agarose gel

Table 1 List of candidate genes, primers, annealing temperature, product size, polymorphisms and restriction enzymes.

Gene	Primer sequence	Tm (°C)	Product	Polymorphism	Enzyme	Reference
CYP21	Fw: 5'-GTCATCCCCAACCTCCAAG-3' Rw: 5'-GTGAAGGCCTGGAGCAGTT-3'	56.5	290 bp	g.2991A>C	Hpy166 II	Kamin´ski et al. (2010)
JHDM1A	Fw: 5'-CCCAGACTGAGCAGGAACC-3' Rw: 5'-GGACACCACGAGGAGAACC-3'	61.5	348 bp	C224G	MBoI	Peng et al.(2011)
IFI6	Fw: 5'-AAGGCGGTATCGCTCTTCTT-3' Rw: 5'-AGGCAGCCACAGAGTTGG-3'	58.7	562 bp	g370A>G	HphI	Kayan et al. (2011)
ACL	Fw: 5'-AGCTGCATCATCCGACTT-3' Rw: 5'-GCCATTGCCAACACTTAC-3'	56	711 bp	5' regulatory region	XhoI	Ren et al. (2011)
DECR1	Fw 5'-AGTTTTTCAGTTATGGGACAAAAA-3' Rw: 5'-CACTGAGCACCTAGGCTGGA-3'	51	190 bp	54Val>Leu, 90G>C	BfaI	Clop et al. (2002)

การวิเคราะห์ทางสถิติ (Association study)

การวิเคราะห์ความถี่ของอัลลีล และจีโนไทป์ของยีนแต่ละตัว ผลของจีโนไทป์ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อนำมาคำนวณวิเคราะห์วาเรียนซ์ โดยใช้ generalized linear model ของโปรแกรม SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC) วิเคราะห์โดยใช้โมเดลดังนี้

$Y_{ij} = \mu + Genotype_i + YS_j + e_{ij}$

โดย Y_{ij} คือ ลักษณะที่สนใจศึกษา (คุณภาพเนื้อ); μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร; Genotypei คือ ผลของจีโนไทป์ i (i=1, 2 and 3); YS_j คือ ผลของวันที่ฆ่าสัตว์ j (j=1 ถึง 6) และ e_{ij} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติ ค่าเฉลี่ยของจีโนไทป์เปรียบเทียบโดยวิธี t-test และปรับค่า P-values โดยใช้ Tukey-Kramer

ผลการทดลอง

ค่าเฉลี่ยภาพเนื้อของประชากรสุกรทางการค้า

ค่าเฉลี่ยของประชากรสุกรทางการค้าที่ทำการศึกษาประกอบด้วย ค่าการสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา (drip loss) ค่าการสูญเสียน้ำจากการทำละลาย (Thawing loss) ค่าการสูญเสียน้ำจากการประกอบอาหาร (cooking loss) ค่า pH ที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมง หลังจากที่สัตว์ตาย ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และค่าสีของเนื้อ ดังตารางที่ 2

Table 2 Data collection in commercial pigs and traits measured with mean and standard deviations.

Traits	**Mean ± SD (n=300)**
Drip loss	2.84±1.34
Thawing loss	4.16±2.25
Cooking loss	30.16±4.14
pH45	6.64±0.31
pH24	5.86±0.22
Shear force	6.14±6.22
Meat color	43.81±10.73

pH45, pH24 value in M. *longissimus dorsi* at 10th/11st rib 45 min and 24 h postmortem, respectively.

ความถี่ของจีโนไทป์ และอัลลีลของแต่ละยีน

ยีน CYP21 พบจีโนไทป์อยู่ 3 ลักษณะดังนี้ AA, AC และ CC โดยความถี่ของจีโนไทป์ AA, AC และ CC เท่ากับ 0.22, 0.52 และ 0.26 ตามลำดับ ส่วนความถี่ของอัลลีล A และ C เท่ากับ 0.48 และ 0.52 ยีน JHDM1A พบจีโนไทป์อยู่ 3 ลักษณะดังนี้ GG, GC และ CC โดยความถี่ของจีโนไทป์ GG, GC และ CC เท่ากับ 0.24, 0.58 และ 0.18 ตามลำดับ ส่วนความถี่ของอัลลีล G และ C เท่ากับ 0.53 และ 0.47 ยีน IFI6 พบจีโนไทป์อยู่ 3 ลักษณะดังนี้ AA, AG และ GG โดยความถี่ของจีโนไทป์ AA, AG และ GG เท่ากับ 0.23, 0.52 และ 0.25 ตามลำดับ ส่วนความถี่ของอัลลีล A และ G เท่ากับ 0.49 และ 0.51 สำหรับยีน ACL และ DECR1 ไม่พบการกระจายตัวของจีโนไทป์ โดยยีน ACL พบเพียงจีโนไทป์เดียวคือ CC และยีน DECR1 พบเพียงจีโนไทป์เดียวคือ GG

Table 3 Genotype and allele frequencies of candidate genes in the commercial pigs.

Gene	Genotype	Commercial pigs (n=300)	Allele	Commercial pigs (n=300)
CYP21	AA	0.22	A	0.48
	AC	0.52	C	0.52
	CC	0.26		
JHDM1A	GG	0.24	G	0.53
	GC	0.58	C	0.47
	CC	0.18		
IFI6	AA	0.23	A	0.49
	AG	0.52	G	0.51
	GG	0.25		
ACL	CC	1	C	1
	CT	-	T	-
	TT	-		
DECR1	GG	1	G	1
	GC	-	C	-
	CC	-		

ความสัมพันธ์ระหว่างยีนกับคุณภาพเนื้อในสุกรสายพันธุ์ทางการค้า

จากการศึกษาพบว่า ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพเนื้อกับยีน CYP21 ($P>0.05$) ส่วนยีน JHDM1A พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า pH 45 นาทีหลังจากที่สัตว์ตายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยจีโนไทป์ GC มีค่า pH ที่ 45 นาทีหลังจากที่สัตว์ตายต่ำกว่าจีโนไทป์

GG ในส่วนของยีน IFI6 พบว่ามีความสัมพันธ์กับค่า pH 24 ชั่วโมงหลังจากที่สัตว์ตายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) โดยจีโนไทป์ AA มีค่า pH 24 ชั่วโมงหลังจากที่สัตว์ตายต่ำที่สุด

Table 4. Least square means (LSM) and standard errors (SE) for meat quality traits across genotype of candidate genes in the commercial pigs.

Gene	Traits	Genotype (Lsmean±SE)[1]			P-Value
		AA	**AC**	**CC**	
CYP21	Drip loss	2.90(0.19)	2.92(0.11)	2.86(0.17)	0.959
	Thawing loss	4.12(0.27)	4.17(0.15)	4.53(0.24)	0.412
	Cooking loss	30.01(0.16)	30.19(0.19)	30.12(0.15)	0.650
	pH45	6.60(0.03)	6.62(0.02)	6.64(0.03)	0.674
	pH24	5.90(0.02)	5.87(0.01)	5.84(0.02)	0.340
	Shear force	6.04(0.05)	6.04(0.03)	6.02(0.04)	0.920
	Meat color	43.92(0.21)	43.90(0.12)	43.91(0.19)	0.993
		GG	**GC**	**CC**	
JHDM1A	Drip loss	2.80(0.18)	2.89(0.10)	2.99(0.20)	0.807
	Thawing loss	4.47(0.25)	4.11(0.14)	4.30(0.28)	0.455
	Cooking loss	30.16(0.16)	30.14(0.09)	29.98(0.18)	0.698
	pH45	6.67(0.03)b	6.58(0.02)a	6.66(0.04)	0.029
	pH24	5.84(0.02)	5.87(0.01)	5.89(0.03)	0.425
	Shear force	5.98(0.04)	6.06(0.03)	6.03(0.05)	0.368
	Meat color	43.96(0.20)	43.88(0.11)	43.98(0.22)	0.899
		AA	**AG**	**GG**	
IFI6	Drip loss	2.85(0.16)	2.94(0.10)	2.79(0.16)	0.742
	Thawing loss	4.16(0.23)	4.20(0.14)	4.38(0.23)	0.763
	Cooking loss	30.27(0.14)	30.01(0.09)	30.22(0.14)	0.202
	pH45	6.66(0.01)	6.60(0.02)	6.65(0.03)	0.213
	pH24	5.80(0.02)c	5.88(0.01)d	5.91(0.02)d	0.003
	Shear force	6.02(0.04)	6.05(0.03)	6.03(0.04)	0.772
	Meat color	43.94(0.18)	43.87(0.11)	43.99(0.18)	0.844

[1] Different letters denoting significant difference between groups: [a,b,*] P < 0.05; [c,d,**] P < 0.01; [e,f,***] P < 0.001

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการศึกษายีน CYP21 ไม่มีความสัมพันธ์กับลักษณะของคุณภาพเนื้ออาจจะเนื่องมาจากยีนที่ใช้ศึกษานี้ไม่สามารถที่จะใช้เป็น marker ได้ในประชากรนี้ รวมทั้งไม่เหมาะที่จะเป็น marker สำหรับทางการค้า ในส่วนของยีน ACL และ DECR1 ไม่พบการกระจายตัวของจีโนไทป์อาจจะเนื่องมาจากประชากรสุกรที่นำมาศึกษาครั้งนี้พ่อแม่พันธุ์อาจมีการคัดเลือกสุกรที่มีลักษณะที่ดีเพื่อมาผลิตสุกรรุ่นลูกดังนั้นทั้งสองยีนดังกล่าวจึงไม่มีการกระจายตัวในประชากรที่ศึกษา จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ายีนเกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อโดยเฉพาะทางด้านค่า pH คือยีน JHDM1A และ IFI6 เนื่องจากยีน JHDM1A ตั้งอยู่บนโครโมโซมที่ 2 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มี QTL ที่เกี่ยวข้องกับค่า pH ตั้งอยู่บนตำแหน่งนั้น (Große-Brinkhaus et al., 2010; Liu et al., 2007; Peng et al., 2011) สำหรับยีน IFI6 มีรายงานว่ามีบทบาทต่อการควบคุมการตายของเซลล์ (apoptosis) โดยการควบคุมไมโตคอนเดรีย และช่องที่ประจุของ Ca2+ ในเอนโดพลาสมิก เรคติกคิวลัม (Tahara et al. 2005) นอกจากนี้แคลเซียมที่ถูกปล่อยออกมามีความสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพเนื้อ (Fujii et al. 1991, Lundström et al. 1989). โดยบริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมที่สูงขึ้นจะไปกระตุ้นเอนไซม์ ATPases ให้ทำงานในการเร่งปฏิกริยาเมตาบอลิซึมหลังจากที่สัตว์ตายซึ่งจะทำให้ค่า pH ของเนื้อลดลงอย่างรวดเร็วและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อหรือการสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา (Honikel et al. 1986, Küchenmeister et al. 2000). นอกจากนี้ตำแหน่งที่ยีน IFI6 พบว่ามีหลายการศึกษารายงานว่าเป็นตำแหน่งที่มีผลต่อค่าสีของเนื้อ ส่วนประกอบของน้ำ การสูญเสียน้ำจากการเก็บรักษา และค่า pH ของเนื้อ (Edwards et al. 2008, Markljung et al. 2008, Taniguchi et al. 2010)

ดังนั้นจากการศึกษานี้ยีนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในสุกรสายพันธุ์ทางการค้าของประเทศไทยที่มีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อโดยเฉพาะทางด้านค่า pH คือยีน JHDM1A และ IFI6 อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาในประชากรสุกรอื่นๆเพื่อที่จะยืนยันได้แน่นอนว่าเป็น marker ในการคัดเลือกสุกรที่มีลักษณะคุณภาพเนื้อที่ดีได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

Edwards, D. B., Ernst, C. W., Raney, N. E., Doumit, M. E., Hoge, M. D., & Bates, R. O. (2008). Quantitative trait locus mapping in an F2 Duroc x Pietrain resource population: II. Carcass and meat quality traits. J Anim Sci, 86(2), 254-266.

Fujii, J., Otsu, K., Zorzato, F., de Leon, S., Khanna, V. K., Weiler, J. E., O'Brien, P. J., & MacLennan, D. H. (1991). Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. Science, 253(5018), 448-451.

Große-Brinkhaus, C., Jonas, E., Buschbell, H., Phatsara, C., Tesfaye, D., Jungst, H., Looft, C., Schellander, K., & Tholen, E. (2010). Epistatic QTL pairs associated

with meat quality and carcass composition traits in a porcine Duroc x Pietrain population. Genetics Selection Evolution, 42(1), 39.

Honikel, K. O., Kim, C. J., Hamm, R., & Roncales, P. (1986). Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. Meat Science, 16, 267-282.

Küchenmeister, U., Kuhn, G., & Ender, K. (2000). Seasonal effects on Ca2+ transport of sarcoplasmic reticulum and on meat quality of pigs with different malignant hyperthermia status. Meat Science, 55(2), 239-245.

Liu, G., Jennen, D. G., Tholen, E., Juengst, H., Kleinwachter, T., Holker, M., Tesfaye, D., Un, G., Schreinemachers, H. J., Murani, E., Ponsuksili, S., Kim, J. J., Schellander, K., & Wimmers, K. (2007). A genome scan reveals QTL for growth, fatness, leanness and meat quality in a Duroc-Pietrain resource population. Anim Genet, 38(3), 241-252.

Lundström, K., Essén-Gustavsson, B., Rundgren, M., Edfors-Lilja, I., & Malmfors, G. (1989). Effect of halothane genotype on muscle metabolism at slaughter and its relationship with meat quality – a within-litter comparison. Meat Science, 25, 251–263.

Markljung, E., Braunschweig, M. H., Karlskov-Mortensen, P., Bruun, C. S., Sawera, M., Cho, I. C., Hedebro-Velander, I., Josell, A., Lundstrom, K., von Seth, G., Jorgensen, C. B., Fredholm, M., & Andersson, L. (2008). Genome-wide identification of quantitative trait loci in a cross between Hampshire and Landrace II: meat quality traits. BMC Genet, 9, 22.

Peng, Y.-b., Fan, B., Han, X.-l., Xu, X.-w., Rothschild, M., Yerle, M., & Liu, B. (2011). Molecular characterization of the porcine JHDM1A gene associated with average daily gain: evaluation its role in skeletal muscle development and growth. Molecular Biology Reports, 38(7), 4697-4704.

Tahara, E., Tahara, H., Kanno, M., Naka, K., Takeda, Y., Matsuzaki, T., Yamazaki, R., Ishihara, H., Yasui, W., Barrett, J. C., Ide, T., & Tahara, E. (2005). G1P3, an interferon inducible gene 6-16, is expressed in gastric cancers and inhibits mitochondrial-mediated apoptosis in gastric cancer cell line TMK-1 cell. Cancer Immunology, Immunotherapy, 54(8), 729-740.

Taniguchi, M., Hayashi, T., Nii, M., Yamaguchi, T., Fujishima-Kanaya, N., Awata, T., & Mikawa, S. (2010). Fine mapping of quantitative trait loci for meat color on Sus scrofa chromosome 6: analysis of the swine NUDT7 gene1. J Anim Sci, 88(1), 23-31.

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

สำหรับงานวิจัยในอนาคตควรจะมีการนำไปทดสอบกับสุกรสายพันธุ์อื่น ๆที่อยู่ในประเทศไทย เพื่อที่จะได้พิสูจน์ว่ายีนเหล่านี้สามารถที่จะนำเป็น marker ในการคัดเลือกเพื่อให้ได้ลักษณะของคุณภาพเนื้อที่ดีได้หรือไม่สำหรับสุกรที่ผลิตในประเทศไทย

Output จากโครงการวิจัยที่ได้รับทุนจาก สกว.

1. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ (ระบุชื่อผู้แต่ง ชื่อเรื่อง ชื่อวารสาร ปี เล่มที่ เลขที่ และหน้า) หรือผลงานตามที่คาดไว้ในสัญญาโครงการ
   -กำลังอยู่ระหว่างการเตรียมต้นฉบับเพื่อส่งตีพิมพ์
2. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์
   - เชิงพาณิชย์ (มีการนำไปผลิต/ขาย/ก่อให้เกิดรายได้ หรือมีการนำไปประยุกต์ใช้โดยภาคธุรกิจ/บุคคลทั่วไป) – ยังไม่มีการนำไปใช้
   - เชิงนโยบาย (มีการกำหนดนโยบายอิงงานวิจัย/เกิดมาตรการใหม่/เปลี่ยนแปลงระเบียบข้อบังคับหรือวิธีทำงาน) – ยังไม่มีการนำไปใช้
   - เชิงสาธารณะ (มีเครือข่ายความร่วมมือ/สร้างกระแสความสนใจในวงกว้าง) – ยังไม่มีการนำไปใช้
   - เชิงวิชาการ (มีการพัฒนาการเรียนการสอน/สร้างนักวิจัยใหม่) – หากผลงานมีการตีพิมพ์สามารถช่วยสร้างนักวิจัยหน้าใหม่ขึ้นมาได้
3. อื่นๆ (เช่น ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในประเทศ การเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการ หนังสือ การจดสิทธิบัตร)
   -ไม่มี