บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 การศึกษายีนที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อในสุกร

ลักษณะซากและคุณภาพของเนื้อเป็นลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ที่ได้รับความสนใจในการปรับปรุงพันธุ์เป็นอันดับต้นๆ เนื่องจากเป็นลักษณะที่ต้องการของผู้ผลิตและผู้บริโภค ในปัจจุบันมีการศึกษาทางอณูพันธุศาสตร์เพื่อหายีน (candidate gene) และตำแหน่งของยีนที่ควบคุมหรือเกี่ยวข้องกับลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ (quantitative trait loci; QTL) การศึกษาตำแหน่งกลุ่มยีนที่ควบคุมหรือมีความสัมพันธ์กับลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ แสดงในตาราง 1

ตาราง 1 แสดง QTL ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะซากและคุณภาพเนื้อสุกร (PigQTLdb, 2008)

Trait name	Chromosome
Backfat thickness	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 18, X
Intramuscular fat percentage	2, 4, 6, 7, 8, X
Color score	2,4, 6, 7, 11, 12, 14, 15, 17
Color L	1, 2, 3, 4, 5, 7, 14, 15, 17, 18
Color a	4, 6, 7, 8, 13, 14, 15
Color b	9, 13, 14
pH for *Longissmus dorsi*	1, 2, 6, 7, 8, 13
Drip loss	1, 2, 4, 6, 9, 11, 14, 15, 18
Tenderness score	6, 7, 9, 10, 15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Andersson-Eklund *et al*. (1996) ศึกษา QTL ของค่าความเป็นกรดด่าง (pH value) ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity; WHC) และรงควัตถุ (pigmentation) พบว่า QTL ที่มีผลต่อลักษณะดังกล่าวอยู่บนโครโมโซมที่ 2 และ 12 จากการศึกษาของ Rothschild *et al*. (1995) พบว่า ยีนที่มีความเกี่ยวข้องกับสี (color) และความนุ่ม (tenderness) ของเนื้อ มีความสัมพันธ์กับโครโมโซมที่ 4 และ 7 (Wang *et al*., 1998; Moser *et al*., 1998) และ Andersson-Eklund *et al*. (1998)

พบว่า QTL ที่สัมพันธ์กับสีของเนื้อและค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บ (drip loss) อยู่บนโครโมโซมที่ 1, 2, 10, 12 และ 15 ซึ่งสอดคล้องกับ Malek *et al*. (2000) ซึ่งรายงานว่า QTL ที่สัมพันธ์กับคุณภาพเนื้ออยู่บนโครโมโซมที่ 1, 2, 4, 5, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 17 และ 18 การศึกษาของ Stearns *et al*. (2005) พบว่า QTL ที่สัมพันธ์กับลักษณะการเจริญเติบโต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในสุกรอยู่บนโครโมโซมที่ 2, 6, 13 และ 18 และ Rothschlid and Plastow (1999) พบว่า QTL ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะคุณภาพของเนื้อตั้งอยู่บนโครโมโซมที่ 3, 4, 12 และ 15 เป็นต้น ส่วนยีนเกี่ยวข้องกับจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้ออยู่บนโครโมโซมที่ 3 (Milan *et al*., 1998) ในปัจจุบันได้มีการค้นพบ QTL จำนวน 1,425 ตำแหน่งที่มีความเกี่ยวข้องกับลักษณะคุณภาพเนื้อในสุกร (PigQTLdb, 2008)

นอกจากการศึกษาด้าน QTL แล้วยังมีการค้นพบยีนที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ (Candidate gene) เป็นจำนวนมากที่แสดงความสัมพันธ์กับลักษณะการสะสมเนื้อ (lean content) ลักษณะไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (intramuscular fat) รวมทั้งลักษณะคุณภาพของไขมัน (fatty acid profile) เช่น ยีน *Ryanodine receptor 1 (RYR1)*, *Protein kinase AMP-activated gamma 3 subunit* (*PRKAG3*), *Leptin* (*LEP*), *Calapastatin* (*CAST*), *Heart fatty acid binding protein* (*HFABP*) และ *Melanocortin-4 receptor* (*M4CR*) โดยยีน *RYR1* อยู่บนโครโมโซมที่ 6 ซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมการนำแคลเซียมเข้าและออกเซลล์ (Calcium-releasing channel) เมื่อมีการกลายพันธุ์ของเบสในตำแหน่งที่ 1,843 จาก Cytosine (C) เป็น Thymine (T) จะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากกรดอะมิโน Arginine เป็น Cysteine ทำให้สุกรไวต่อความเครียดและทำให้เกิดลักษณะคุณภาพเนื้อที่เป็น PSE ซึ่งจะทำให้เนื้อมีคุณภาพต่ำ คือมีลักษณะเนื้อซีด เหลว และไม่คงรูป แต่ในทางตรงกันข้ามจะทำให้สุกรมีสัดส่วนของเนื้อแดงเพิ่มมากขึ้นและมีไขมันสันหลังลดลง (Urban *et al*., 2002) ยีน *PRKAG3* อยู่บนโครโมโซมที่ 15 ซึ่งทำให้เกิดลักษณะ Rendemet Napole (RN$^-$) ซึ่งพบมากในสุกรพันธุ์แฮมเชียร์ (Hampshire) เมื่อเกิดจุดกลายพันธุ์บนยีน 3 จุด คือ T30N และ G525 ใน Exon ที่ 1 และ V199I ใน Exon ที่ 3 จะมีผลทำให้มีไกลโคเจนในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นประมาณ 70 % (Milan *et al*., 2000) แต่พบว่าเนื้อที่ได้จะมีค่า pH ต่ำและมีผลต่อค่าสีของเนื้อ ทำให้เนื้อมีคุณภาพไม่ดี เกิดผลเสียในกระบวนการการผลิตแฮม (Ciobanu *et al*., 2001)

นอกจากนี้ยังพบว่ายีน *LEP* เป็นยีนที่สำคัญที่มีการแสดงออกที่เนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) ซึ่งจะควบคุมการเก็บสะสมพลังงานและสมดุลของพลังงานในร่างกายให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม (Friedman and Halass, 1998; Urban *et al*., 2002) โดยยีน *LEP* อยู่บนโครโมโซมที่ 18 (Cepia *et al*., 1999 cited by Urban *et al*., 2002) และในสุกรที่มีจุดกลายพันธุ์ของเบสที่ตำแหน่ง 3,469 จากเบส Thymine (T) ไปเป็นเบส Cytosine (C) ใน Exon ที่ 2 จะมีความสัมพันธ์กับสัดส่วน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

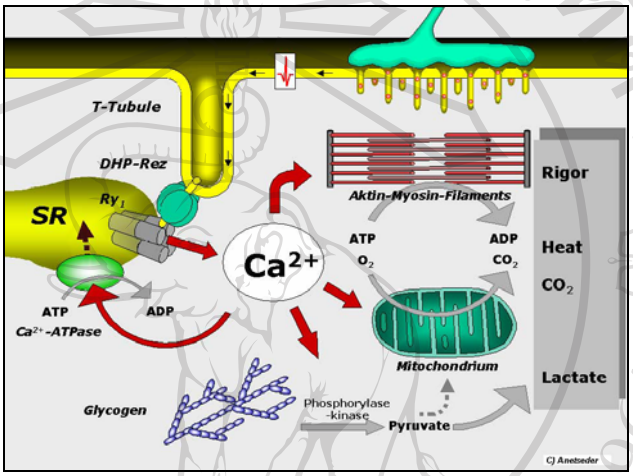
ของไขมันในเนื้อจึงถูกจัดเป็นยีนอ้วน (obesity gene) (Stratil *et al*., 1997 cited by Urban *et al*., 2002) และยีน *CAST* อยู่บนโครโมโซมที่ 2 (Malek *et al*., 2001b) เป็นยีนที่สร้างเอนไซม์ Calpastain ซึ่งจะมีผลไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Calpain ในกล้ามเนื้อสัตว์หลังฆ่า ส่งผลต่อการเพิ่มโปรตีนในกล้ามเนื้อและมีผลต่อความนุ่มของเนื้อ (Ernt *et al*., 1998; Kocwin-Podsiadla *et al*., 2003) ส่วนยีน *HFABP* เป็นอีกยีนหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อในด้านของปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (intramuscular fat percentage; IMF) และปริมาณไขมันสันหลัง (backfat) โดยยีน *HFABP* อยู่ในบริเวณ QTL ของโครโมโซมที่ 6 และมี 3 รูปแบบ (polymorphic site) เมื่อถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hae* III, *Msp* I และ *Hin* fI (Gerbens *et al*., 1997) นอกนี้ยังมียีน *M4CR* ซึ่งเป็น Candidate gene ที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาสภาวะสมดุลของพลังงานในร่างกาย จึงมีผลต่อปริมาณอาหารที่กินได้และการเพิ่มน้ำหนักตัว (Huszer *et al*., 1997) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Kim *et al*. (2000) พบว่า ยีน *M4CR* มีความเกี่ยวข้องกับความหนาไขมันสันหลัง การเจริญเติบโต และปริมาณอาหารที่กินได้ ทำให้สุกรมีการเจริญเติบโตเร็วขึ้น

2.2 Porcine stress syndrome และจุดกลายพันธุ์ของยีน *RYR1*

Porcine stress syndrome (PSS) หรือ Malignant hyperthermia syndrome (MHS) เป็นโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากยีนด้อย 1 คู่ ที่มีผลทำให้สุกรมีความไวต่อความเครียด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือสภาพแวดล้อม เมื่อได้รับความเครียดสุกรมักช็อคตายอย่างฉับพลัน โดยสุกรที่มียีนเครียดมักจะแสดงอาการเมื่อขนส่งระยะทางไกล โดยเกิดการสั่นของกล้ามเนื้อหรือหางหายใจแรง ผิวหนังแดงและมีจุดแดงทั่วไป อุณหภูมิของร่างกายสูงขึ้น และอาจสลบหรือตายได้ การตรวจสอบลักษณะ PSS ในสุกรสามารถทำได้โดยการทดสอบโดยการดมก๊าซฮาโลเธน (Halothane test) และการตรวจสอบโดยวิธีการทางอณูพันธุศาสตร์ในการจำแนกสุกรที่ปกติ สุกรที่ไวต่อความเครียดและสุกรที่เป็นพาหะ อย่างไรก็ตามลักษณะสุกรที่มียีนด้อยจะมีความสัมพันธ์กับการแสดงลักษณะของเนื้อแดง (lean content) ที่เพิ่มขึ้น แต่มีคุณภาพเนื้อต่ำลง คือเกิดลักษณะเนื้อซีดเหลว และไม่คงรูป (pale, soft and exudative; PSE) เนื่องจากการกลายพันธุ์ในยีน *Ryanodine receptor 1 (RYR1)* ซึ่งเป็นยีนในกลุ่มยีนที่ถอดรหัสโปรตีนของ Calcium-releasing channel มีการแสดงออกของยีน (gene expression) ในเนื้อเยื่อต่างๆ ยีน *Ryanodine receptor* สามารถจำแนกได้ 3 รูปแบบ (Isofroms) คือ *RYR1*, *RYR2* และ *RYR3* (Schmoelzl *et al*., 1995) โดยยีน *RYR1* เป็นรูปแบบที่พบในกล้ามเนื้อสุกร มีตำแหน่งของยีนอยู่บนโครโมโซมที่ *6p1.1-q2.1* มีความยาว 29,699 bp (GenBank accession No: X69465) พบจุดกลายพันธุ์ในตำแหน่งที่ 1,843 ของสาย cDNA จากเบส Cytosine (C) เป็นเบส Thymine (T) ทำให้การถอดรหัสเพื่อการสังเคราะห์โปรตีนของ Calcium-releasing

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

channel ผิดปกติ (ภาพ 1) โดยมีการเปลี่ยนแปลงกรดอะมิโนในตำแหน่งที่ 615 จาก Arginine เป็น Cysteine ทำให้สุกรที่มีลักษณะไวต่อความเครียด (nn) มีการปิดตัวของ Calcium-releasing channel ช้าหลังจากเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้มีปริมาณของ Ca^{2+} อิสระใน cytoplasm เพิ่มมากขึ้น (Sensky *et al.*, 1999) ทำให้เกิดการจับตัวของ Ca^{2+} อิสระกับ troponin เคลื่อนที่ไปตาม tropomyosin และไปยัง actin helical ทำให้ส่วนของ myosin ที่บริเวณเส้นใยหนาเกิดปฏิกิริยาร่วมกับ actin เป็น actomyosin (สัญชัย, 2551)



ภาพ 1 Calcium-releasing channel, Sarcoplasmic reticulum (SR), Transverse tubule (T-tubule) และโครงสร้างต่างๆ ภายในกล้ามเนื้อ (ดัดแปลงจาก Anetseder *et al.*, 2002)

เมื่อทำการทดสอบจุดกลายพันธุ์นี้โดยเทคนิค Polymerase chain reaction - Restriction fragment length polymorphism (PCR-RFLP) เพิ่มจำนวนดีเอ็นเอครอบคลุมตำแหน่งเบสที่ 1,843 (Fujii *et al.*, 1991) และใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme) *Cfo* I หรือ *Hha* I ตัดชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่เพิ่มจำนวนได้จากพีซีอาร์ โดยสุกรปกติ (NN) ซึ่งมีจีโนไทป์ CC ได้แถบชิ้นส่วนดีเอ็นเอ 2 แถบมีความยาว 49 และ 32 bp ส่วนสุกรที่เป็นพาหะ (Nn) เกิดการกลายพันธุ์ 1 อัลลีล มีจีโนไทป์เป็น CT จะได้แถบชิ้นส่วนดีเอ็นเอ 3 แถบ มีความยาว 81, 49 และ 32 bp และสุกรที่ไวต่อความเครียด (nn) จะไม่มีจุดตัดสำหรับเอนไซม์นี้ มีจีโนไทป์ TT ทำให้ได้ชิ้นส่วนดีเอ็นเอแถบเดียวมีความยาว 81 bp (Houde *et al.*, 1993; Bastos *et al.*, 2000) หรือใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ *Hin* PI ตัดย่อยชิ้นส่วนดีเอ็นเอ จะได้แถบชิ้นส่วนดีเอ็นเอ 2 แถบมีความยาว 41 และ 33 bp ในสุกรปกติซึ่งมีจีโนไทป์ CC สุกรที่เป็นพาหะมีจีโนไทป์เป็น CT จะได้แถบชิ้นส่วนดีเอ็นเอ 3 แถบมีความยาว 74, 41 และ 33 bp ส่วนสุกรที่ไวต่อความเครียดมีจีโนไทป์เป็น TT จะได้แถบชิ้นส่วนดีเอ็นเอ 1 แถบ ที่มีความยาว 74 bp

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(Fujii *et al*., 1991) และจากการศึกษาของ Burgos *et al*. (2005) และ Band *et al*. (2005) ใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ *BsiHKAI* ตัดชิ้นส่วนผลผลิตดีเอ็นเอจากพีซีอาร์พบว่าในสุกรปกติจะได้แถบดีเอ็นเอ 2 แถบที่มีขนาด 524 และ 135 bp ซึ่งมีจีโนไทป์เป็น CC สุกรที่เป็นพาหะมีจีโนไทป์เป็น CT จะได้แถบดีเอ็นเอ 4 แถบ ที่มีความยาว 524, 358, 166 และ 135 bp ส่วนสุกรที่ไวต่อความเครียดจะได้แถบดีเอ็นเอ 3 แถบ ที่มีความยาว 358, 166 และ 135 bp มีจีโนไทป์เป็น TT จากผลการตรวจสอบนี้ทำให้สามารถแยกสุกรปกติ และสุกรที่เป็นพาหะออกจากกันได้

2.3 การกลายพันธุ์ในยีน *RYR1* ต่อคุณภาพของเนื้อสุกร

คุณภาพเนื้อเป็นลักษณะที่ผู้ผลิต ผู้ขายและผู้บริโภคให้ความสำคัญทั้งในด้านของส่วนประกอบของซากที่มีปริมาณของเนื้อที่มาก ปริมาณโปรตีน ไขมัน ความนุ่มของเนื้อและรสชาติที่ดี ซึ่งปริมาณของเนื้อและไขมันในซากเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีค่าอัตราพันธุกรรม (h^2) สูง คือ 0.52 และ 0.41 ตามลำดับ (de Vries and van der Wal, 1992) จึงสามารถคัดเลือกพันธุกรรมและการปรับปรุงพันธุ์เพื่อเพิ่มปริมาณของเนื้อและลดปริมาณของไขมันในซากได้ แต่ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อมีหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยภายในที่เกี่ยวข้องกับตัวสัตว์และปัจจัยภายนอก ประกอบด้วย ขั้นตอนการผลิตจากฟาร์ม ได้แก่ การคัดเลือกพันธุ์สุกร อาหารที่ใช้ในการเลี้ยง การจัดการเลี้ยงดูและสภาพของโรงเรือน และการให้ยากับสัตว์ การขนส่งสัตว์ไปยังโรงฆ่า การปฏิบัติต่อสัตว์ในคอกพักสัตว์ การดำเนินการภายในโรงฆ่าสัตว์ การเก็บรักษาซาก การปฏิบัติในระหว่างกระบวนการตัดแต่งซาก และการบรรจุและจัดจำหน่าย (จุฑารัตน์, 2533) ซึ่งความคาดหวังสูงสุดของคุณภาพเนื้อคือคุณภาพการบริโภค ประกอบด้วยปัจจัยร่วมของผลรวมต่อความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำและกลิ่นของเนื้อ แม้ว่าลักษณะที่ปรากฏต่อสายตาจะมีผลไม่มากแต่ก็ได้รับความสนใจ เนื่องจากผู้ขายและผู้บริโภคใช้เป็นคุณลักษณะในการตัดสินใจซื้อขาย โดยคุณสมบัติของเนื้อเหล่านี้สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือต่างๆ เช่น การวัดสี การวัดค่า pH ของเนื้อ เป็นต้น (สัญชัย, 2551) สุกรที่มีลักษณะพันธุกรรมเป็น PSS หรือ MHS (nn) ซึ่งจะไวต่อความเครียด มีผลทำให้เนื้อมีลักษณะซีด เหลว และไม่คงรูป ซึ่งจะส่งผลต่อค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าสีของเนื้อ ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำในด้านของการสูญเสียน้ำขณะเก็บ และค่าการนำไฟฟ้า เป็นต้น โดยลักษณะของเนื้อดังกล่าวเป็นปัญหาสำคัญต่อวงการเลี้ยงสุกรและอุตสาหกรรมแปรรูปเนื้อสุกร (Herenda *et al*., 2000) ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของเนื้อที่เป็น PSE ในสุกรส่วนใหญ่จะเกิดในสุกรที่มีลักษณะเป็นที่ต้องการของผู้ผลิตและผู้บริโภค เพราะซากที่ได้จะมีปริมาณของไขมันสันหลังบาง มีปริมาณเนื้อแดงที่มาก และมีส่วนของเนื้อที่ขายได้ราคาสูง เช่น เนื้อสะโพกที่มีขนาดใหญ่ แต่สุกรดังกล่าวจะมีข้อเสีย คือไม่ทนต่อความเครียด ทำให้สุกรตายได้ง่ายและมีเปอร์เซ็นต์การตายใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระหว่างขนส่งสูง เช่น สุกรพันธุ์เบลเยี่ยมแลนด์เรซ (Belgian Landrace) เพียเทรน (Pietrain) และลาร์จไวท์ (Large White) ที่มีอัตราการตายด้วยสาเหตุจากความเครียดสูงถึง 10.4%, 5.2% และ 1.05% ตามลำดับ (Pond and Maner, 1974 อ้างอิงโดย จุฑารัตน์, 2533) ซึ่งการศึกษาด้านคุณภาพเนื้อโดยใช้ Candidate gene ที่มีผลต่อลักษณะเนื้อ PSE พบว่ามีผลมาจากการเกิดการกลายพันธุ์ของยีน *RYR1* บนโครโมโซมแท่งที่ 6 นิยมทำการตรวจสอบในลูกผสม จากการศึกษาของ Murray and Johnson (1998) พบว่าสุกรที่เป็นพาหะของยีน *RYR1* (Nn) ยังคงมีอัตราการตายก่อนฆ่าสูงกว่าสุกรที่ปกติ (NN) แต่ในการศึกษาอื่นๆ (Leach *et al*., 1996; Larzul *et al*., 1997; Fisher *et al*., 2000) พบว่าสุกรที่เป็นพาหะมีคุณภาพซาก (carcass quality) เช่น ผลผลิตซาก (carcass yield) และเนื้อแดงมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรที่ปกติและในสุกรที่มียีนด้อย (nn) จะมีส่วนประกอบของเนื้อแดงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสุกรที่ปกติเนื่องจากข้อโต้แย้งในแนวความคิดที่ว่าสุกรขุนที่เข้าฆ่าที่เป็นพาหะสามารถแสดงข้อดีทั้ง 2 ลักษณะ คือ มีความทนต่อความเครียดเหมือนสุกรปกติ และยังมีการผลิตเนื้อแดงได้มากด้วย

การศึกษาเปรียบเทียบผลของสุกรที่มีจีโนไทป์ทั้ง 3 รูปแบบ (CC, CT และ TT) ต่อคุณภาพของเนื้อ โดยทำการวัดที่กล้ามเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) และกล้ามเนื้อสะโพก (*Semimembranosus*) หลังจากฆ่า พบว่า สุกรที่มีจีโนไทป์เป็น TT จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ 45 นาที (pH_1) หลังจากฆ่าต่ำและมีค่าความสว่างของสีเนื้อ (L* value) ที่ 48 ชั่วโมง (pH_u) หลังจากฆ่าสูงกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์เป็น CC และ CT แต่ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษาที่ 24 ชั่วโมง หลังฆ่าของสุกรที่มีจีโนไทป์เป็น TT ในกล้ามเนื้อทั้ง 2 ชนิดมีค่าต่ำกว่าสุกรที่มีจีโนไทป์เป็น CC และ CT (Pommier and Houde, 1993; van Laack *et al*., 1993; Allison *et al*., 2005) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Fisher *et al*. (2000) ที่ทำการศึกษาในสุกรลูกผสมระหว่างแลนด์เรซ × ลาร์จไวท์ พบว่าค่า pH_{45} และ pH_{24} ของสุกรที่ไวต่อความเครียดมีค่าต่ำที่สุด (5.36 และ 5.44 ตามลำดับ) แต่มีค่าความสว่างของสีเนื้อและค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษามากกว่าสุกรที่เป็นพาหะและสุกรที่ปกติ (L* 45.8, 43.5 และ 41.9; drip loss 3.67%, 2.30% และ 1.53% ตามลำดับ) เช่นเดียวกับรายงานของ Fàbrega *et al*. (2002) ที่ทำการศึกษาในสุกรลูกผสม จากพ่อพันธุ์เพียเทรนและลูกผสมลาร์จไวท์ × เพียเทรน ที่มีจีโนไทป์เป็น CT ผสมกับแม่พันธุ์ลูกผสมแลนด์เรซ × ลาร์จไวท์ ที่มีจีโนไทป์เป็น CC พบว่าสุกรที่เป็นพาหะจะมีค่าความสว่างของสีเนื้อ ค่าการนำไฟฟ้า และค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บรักษามากกว่าสุกรที่ปกติ (NN) (L* 49.5 และ 47.8, drip loss 15.5 และ 11.0 g/kg ตามลำดับ) แต่ไม่พบความแตกต่างของค่าความเป็นกรดเป็นด่างสุดท้าย pH_u ในสุกรทั้ง 2 กลุ่ม ส่วนการศึกษาในสุกรสายพันธุ์ Conventional British White โดยแบ่งเป็นสุกรที่เป็นพาหะและสุกรที่ปกติ ทำการวัดค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ (shear force) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างและค่าสีของเนื้อ พบว่า ค่าแรงตัดผ่าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของเนื้อของสุกรทั้ง 2 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ 45 นาที หลังจากฆ่าของสุกรที่เป็นพาหะมีค่าลดลงจาก 6.67 เป็น 6.48 และมีค่าสีของเนื้อ (b* value) มีค่ามาก แสดงว่ามีสีของเนื้อค่อนไปทางสีเหลืองมากขึ้น ส่วนลักษณะของคุณภาพเนื้ออื่นๆไม่แตกต่างกันในสุกรทั้ง 2 กลุ่ม (Sensky *et al*., 1999)

2.4 พันธุ์สุกรที่มีความเสี่ยงต่อการเป็นพาหะของ Porcine Stress Syndrome

สุกรสายพันธุ์ทางการค้าที่นิยมเลี้ยงในประเทศไทย ได้แก่ สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ สุกรพันธุ์แลนด์เรซและสุกรพันธุ์ดูรอค โดยใช้เป็นแม่พันธุ์ลูกผสมระหว่างลาร์จไวท์ - แลนด์เรซ × พ่อพันธุ์ดูรอค เพื่อผลิตลูกผสม 3 สาย ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับประเทศไทย แต่ในปัจจุบันมีการนำเอาสุกรพันธุ์เพียเทรน มาเป็นพ่อพันธุ์แทนสุกรพันธุ์ดูรอคเพื่อสร้างลูกผสมที่ให้เปอร์เซ็นต์ของเนื้อแดงที่เพิ่มขึ้นในรุ่นลูก แต่มีข้อเสียคือ มักจะมีปัญหาเกี่ยวกับความเครียด เนื่องจากมีลักษณะทางพันธุกรรมที่ไวต่อความเครียด ทำให้เนื้อมีลักษณะซีด เหลว และไม่คงรูป หรือใช้แม่พันธุ์ลูกผสมระหว่างลาร์จไวท์ - แลนด์เรซ × พ่อพันธุ์ลูกผสมระหว่างเพียเทรน - แลนด์เรซ เพื่อผลิตลูกผสม 4 สาย ในทางวิชาการลูกผสม 3 สาย หรือ 4 สาย มีลักษณะไม่แตกต่างกัน ซึ่งในแต่ละพันธุ์มีข้อดีข้อเสียต่างกัน จึงนิยมคัดเลือกลักษณะที่ดีของแต่ละพันธุ์มาผสม เพื่อสร้างลูกผสมที่มีลักษณะตรงตามต้องการ (บุญลือ, 2536; วันดี, 2546) จากรายงานของ Knorr and Brenig (2003) ที่ทำการทดสอบจุดกลายพันธุ์นี้ในสุกรพันธุ์ต่างๆ โดยพบว่าสุกรพันธุ์เพียเทรนมีลักษณะด้อยแบบโฮโมไซกัส (nn) ของยีน *RYR1* อยู่สูง (C allele = 0.01) ในสุกรพันธุ์เหมยซานมีลักษณะการปลอดจากโรคทั้งหมด (C allele = 1) ดังแสดงในตาราง 2

จากรายงานการตรวจสอบจุดกลายพันธุ์ในสุกรสายพันธุ์ Banna mini-pig inbred-line (BMI) และ Wuzhishan pig (WZSP) ของประเทศจีนไม่พบจุดกลายพันธุ์นี้ในสุกรทั้งสองสายพันธุ์ (Bu *et al*., 2000) เช่นเดียวกันกับในสุกร Neijiang pigs (NJP) ของประเทศจีนที่ไม่ตรวจพบจุดกลายพันธุ์นี้เช่นกัน (Chen *et al*., 1999; Bu *et al*., 2000) และจากการศึกษาของ Carolino *et al*. (2007) ทำการศึกษาการกลายพันธุ์ของยีน *RYR1* ในสุกรสายพันทางการค้า 4 พันธุ์ คือ ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ ดูรอค และเพียเทรน สุกรพื้นเมืองของประเทศโปรตุเกส 4 พันธุ์ คือ Bìsaro, Alentejano และ Malhado de Alcobaça พบว่าสุกรพันธุ์ดูรอคมีความถี่อัลลีล C สูงที่สุด (C allele = 1) ซึ่งแสดงว่าไม่พบลักษณะสุกรที่ไวต่อความเครียด สุกรพันธุ์เพียเทรนมีค่าความถี่อัลลีล C ต่ำที่สุด (C allele = 0.25) พบว่ามีลักษณะด้อยแบบโฮโมไซกัส (nn) อยู่สูง ส่วนสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และสุกรพื้นเมืองมีค่าความถี่อัลลีล C เท่ากับ 0.955, 0.725 และ 0.660-0.953 ตามลำดับ (ตาราง 3) จากการตรวจสอบในสุกรพันธุ์อื่นๆ พบว่า สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์มีความถี่ของ Halothane positive (HP) หรือมีลักษณะของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สุกรที่ไวต่อความเครียด 0% ส่วนสุกรพันธุ์แลนด์เรซมีความถี่ของ HP ประมาณ 5-20% แต่สุกรพันธุ์เพียเทรนมีความถี่ของ HP สูงที่สุด (Webb *et al*., 1982) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Fujii *et al*. (1991) ทำการทดสอบจุดกลายพันธุ์ของยีน *RYR1* ในสุกร 6 พันธุ์ คือ เพียเทรน แลนด์เรซ ลาร์จไวท์ ดูรอค แฮมเชียร์ และ Poland China พบว่า สุกรพันธุ์เพียเทรนมีลักษณะของสุกรที่ไวต่อความเครียดทั้งหมด ส่วนสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ พันธุ์ดูรอค พันธุ์แลนด์เรซ และพันธุ์ Poland China จะมีลักษณะของสุกรทั้งที่ไวต่อความเครียดและเป็นพาหะ ส่วนสุกรพันธุ์แฮมเชียร์มีลักษณะของสุกรปกติทั้งหมด

การศึกษาของ Houde *et al*. (1993) ในสุกร 4 สายพันธุ์ คือ ดูรอค แลนด์เรซ ลาร์จไวท์ และแฮมเชียร์ เพื่อทดสอบจุดกลายพันธุ์บนยีน *RYR1* พบว่า สุกรพันธุ์แลนด์เรซมีลักษณะของพาหะมากที่สุด รองมาคือ ลาร์จไวท์ และดูรอค (27.3%, 17.9% และ 3.2% ตามลำดับ) ส่วนลักษณะของสุกรที่ไวต่อความเครียดพบมากที่สุดในสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ ดูรอค และแลนด์เรซ (1.9%, 1.6% และ 1.4% ตามลำดับ) ส่วนสุกรพันธุ์แฮมเชียร์ ไม่ปรากฏลักษณะของสุกรที่ไวต่อความเครียดและเป็นพาหะ (ตาราง 4) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Bastos *et al*. (2000) ที่ทำการศึกษาการกลายพันธุ์ในยีน *RYR1* ในสุกร 4 พันธุ์ คือ ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ ดูรอค และเพียเทรน พบว่าสุกรพันธุ์เพียเทรนมีลักษณะของสุกรที่เป็นพาหะมากที่สุด รองมาคือ แลนด์เรซ ดูรอค และลาร์จไวท์ ตามลำดับ (0.75, 0.43, 0.16 และ 0.09 ตามลำดับ) และพบสุกรที่ไวต่อความเครียดเฉพาะในสุกรพันธุ์เพียเทรน (0.25) ส่วนสุกรพันธุ์อื่นๆ ไม่ปรากฏลักษณะดังกล่าว (ตาราง 5)

ตาราง 2 แสดงความถี่ของอัลลีล C ในสุกรพันธุ์ต่าง ๆ (Knorr and Brenig, 2003)

Breed	C allele frequency	N
German Landrace	0.54	1,291
German Landrace (sowline)	0.80	292
Pietrain	0.01	66
Swabian-Haellian-Swine	0.91	111
Line C (low CK20)	0.93	167
Line F (high meat content)	0.47	158
Line K (control)	0.64	146
Large White	0.99	217
European Wildboar	0.95	21
Belgian Landrace	0	77
Meishan	1	50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3 แสดงค่าความถี่จีโนไทป์และความถี่อัลลีลของยีน *RYR1* ของสุกรแต่ละพันธุ์ (Carolino *et al*., 2007)

Breed	No.	Genotype frequencies			Allele frequencies	
		NN	Nn	nn	N	n
Alentejano	23	0.826	0.174	0.000	0.913±0.053[a]	0.087±0.053[a]
Bìsaro	32	0.906	0.094	0.000	0.953±0.045[a]	0.047±0.045[a]
Malhado de Alcobaça	50	0.360	0.600	0.400	0.066±0.036[b]	0.340±0.036[b]
Duroc	31	1.000	0.000	0.000	1.000±0.046[a]	0.000±0.046[a]
Landrace	40	0.650	0.150	0.200	0.725±0.040[b]	0.275±0.040[b]
Large White	33	0.909	0.091	0.000	0.955±0.044[a]	0.045±0.044[a]
Pietrain	40	0.050	0.400	0.550	0.250±0.040[c]	0.750±0.040[c]
Total	249	0.622	0.249	0.129	0.747	0.253

Allele frequencies with different superscript differ among breeds at $P < 0.05$.

ตาราง 4 แสดงค่าการกระจายตัวของจีโนไทป์ของยีน *RYR1* ของสุกรแต่ละพันธุ์ (Houde *et al*., 1993)

Breed	No.	Genotype[a]			Gene frequency[b]		Predicted frequency of genotype[c]		
		C/C	C/T	T/T	p	q	p^2	2pq	q^2
Duroc	62	59 (95.2)[c]	2 (3.2)	1 (1.6)	0.968	0.032	93.7	6.2	0.1
Landrace	282	201 (71.3)	77 (27.3)	4 (1.4)	0.849	0.151	72.1	25.6	2.3
Large White	162	130 (80.2)	29 (17. 9)	3 (1.9)	0.892	0.108	79.6	19.2	1.2
Hampshire	8	8 (100)	0 (0)	0 (0)	1	0	100	0	0
Total pigs	514	398	108	8	-	-	-	-	-

[a]Genotype determined by the restriction endonuclease assay for the *RYR-1* locus. C/C = normal pig, C/T = heterozygote, T/T = homozygote mutant

[b]p = N and q = n.

[C]Percentage of pigs with breed given in parentheses. χ^2 test showed that predicted frequency of Durocs was significantly different from observed (χ^2 [2, 0.1] = 9.21).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 5 แสดงค่าความถี่ของยีน *RYR1* ในสุกรแต่ละพันธุ์ (Bastos *et al*., 2000)

Breed	No.	Genotype frequencies		
		NN (No.)	Nn (No.)	nn (No.)
Large White	86	0.91[a] (78)	0.09[a] (8)	-
Landrace	69	0.56[b] (38)	0.43[b] (31)	-
Duroc	12	0.83 (10)	0.16 (2)	-
Pietrain	12	-	0.75 (9)	0.25 (3)
Total	179	0.70 (126)	0.28 (50)	0.02 (3)

NN – Normal homozygotes; Nn – heterozygotes; nn – recessive homozygotes

Genotype frequencies with different superscript differ among breeds at $P < 0.05$.

ในประเทศไทยมีการตรวจสอบลักษณะพันธุกรรมที่ไวต่อความเครียดในฝูงสุกรของสถานีทดสอบพันธุ์โครงการไทย-เบลเยี่ยม จำนวน 84 ตัว ของฟาร์มต่างๆ พบว่ามีการจับคู่ของยีน NN, Nn และ nn (0.62, 0.37 และ 0.01 ตามลำดับ) แสดงว่าในสุกรพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ตามฟาร์มต่างๆ ยังมีการกระจายตัวของยีนที่ไวต่อความเครียด (ตาราง 6) และเมื่อทำการศึกษาด้านพันธุ์ของสุกร พบว่าสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และดูรอค มีการกระจายตัวของลักษณะที่เป็นพาหะกระจายอยู่ 0.37, 0.50 และ 0.34 ตามลำดับ (ตาราง 7) แสดงว่าในสุกรทั้ง 3 พันธุ์ยังมีการกระจายตัวของยีนที่ทำให้เกิดลักษณะที่เป็นพาหะอยู่ (สุรชัยและคณะ, 2538) และจากรายงานของ ปรีชา (2528) อ้างโดย สัญชัย (2532) ที่รายงานว่าสุกรพันธุ์ Holland Pietrain มีโอกาสเกิด PSE สูงที่สุด คือ 89% รองมาคือ Belgium Landrace 86% ส่วนสุกรพันธุ์ Iris LargeWhite, American Yorkshire, English LargeWhite และ Duroc ไม่มีโอกาสเกิด PSE ดังตาราง 8

การศึกษาของภานุพงศ์ (2549) ที่ทำการศึกษาในสุกรพันธุ์เพียเทรน ภายในศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์สันป่าตอง จำนวน 78 ตัว เพื่อหาความสัมพันธ์ของปฏิกิริยาร่วมระหว่างจีโนไทป์ของยีน *RYR1* กับเพศ ต่อลักษณะสมรรถภาพการผลิต พบว่าปฏิกิริยาร่วมระหว่างจีโนไทป์ของยีน *RYR1* กับเพศไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และน้ำหนักตัวเพิ่มของสุกร เช่นเดียวกับการศึกษาของ Fisher *et al*. (2000) ที่ไม่พบความแตกต่างของปฏิกิริยาร่วมระหว่างจีโนไทป์ของยีน *RYR1* กับเพศต่อลักษณะซากในสุกรลูกผสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 6 แสดงการกระจายลักษณะการจับคู่ของยีนที่ไวต่อความเครียดของสุกรพันธุ์ ในสถานีทดสอบพันธุ์โครงการไทย-เบลเยี่ยม (ดัดแปลงจาก สุรชัยและคณะ, 2538)

Farm	No.	Genotype frequencies		
		NN	Nn	nn
1	5	0.80	0.20	-
2	8	0.38	0.62	-
3	10	0.50	0.40	
4	14	0.64	0.36	-
5	17	0.82	0.18	-
6	5	0.60	0.40	-
7	3	1	-	-
8	6	0.17	0.83	-
9	3	1	-	-
10	9	0.56	0.44	-
11	2	0.50	0.50	-
12	2	0.50	0.50	-
รวม	84	0.62	0.37	

ตาราง 7 แสดงการกระจายลักษณะการจับคู่ของยีนที่ไวต่อความเครียดในสุกรแต่ละพันธุ์ ในสถานีทดสอบพันธุ์โครงการไทย-เบลเยี่ยม (ดัดแปลงจาก สุรชัยและคณะ, 2538)

Breed	No.	Genotype frequencies		
		NN	Nn	nn
Large White	29	0.73	0.37	-
Landrace	26	0.50	0.50	-
Duroc	29	0.62	0.34	0.04
Total	84	0.62	0.37	0.01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 8 แสดงปริมาณการเกิดลักษณะ PSE (%) ในสุกรแต่ละพันธุ์ (ปรีชา, 2528 อ้างโดย สัญชัย, 2532)

Breeds	No.	% PSE
Holland Pietrain	367	89
Belgium Landrace	1,260	86
German Landrace	1,251	68
Dutch Landrace	4,037	22
Swedish Landrace	1,668	15
English Landrace	1,538	11
Dutch Yorkshire	1,394	3
American Hampshire	232	2
Irish Large White	58	0
American Yorkshire	225	0
English Large White	764	0
Duroc	278	0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved