

Keywords: Golek chicken, curing ingredient, sous vide technique, microstructure of chicken meat

บทนำ

ไก่กอกและหรือหมกและเป็นอาหารที่ได้รับความนิยมในประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย และในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย คำว่า "กอกและ" เป็นภาษามลายูหมายถึงการกลิ้ง เมื่อใช้กับอาหารหมายถึงการทำอาหารให้สุก โดยการย่างบนไฟแล้วราดน้ำแกงพร้อมกับพลิกชิ้นไก่กลับไปกลับมาเป็นระยะ ไก่กอกและจะมีอายุการเก็บประมาณ 3-5 วัน ที่อุณหภูมิ 4°C การนำไก่กอกและมาพัฒนาโดยใช้เทคนิค Sous vide ซึ่งเป็นเทคนิคที่บรรจุอาหารในสภาวะสุญญากาศ และพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 70-80°C (Hauben, 1999) จะทำให้อาหารมีอายุการเก็บนานขึ้น แต่ผลจากการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์อีกครั้ง อาจส่งผลต่อเนื้อสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค โดยหากไม่มีการใช้วิธีการหมักเนื้อ (marinated) ร่วมเข้าไป ผลิตภัณฑ์ไก่กอกและที่ผ่านการให้ความร้อน 2 ครั้ง อาจมีความแห้งกระด้าง ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ งานวิจัยนี้จึงใช้กระบวนการหมักเนื้อเพื่อปรับปรุงสมบัติของเนื้อไก่และเปรียบเทียบคุณภาพของไก่กอกและที่ผลิตแบบดั้งเดิมกับวิธีการที่ใช้สารหมักร่วมกับเทคนิค Sous vide

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของไก่กอกและที่ผลิตแบบดั้งเดิมกับไก่กอกและที่มีการเตรียมเนื้อไก่โดยใช้กระบวนการหมักเนื้อร่วมกับการใช้เทคนิค Sous vide ในด้านโครงสร้างระดับจุลภาค น้ำหนักผลผลิต และการยอมรับของผู้บริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมไก่กอกและ

การเตรียมไก่กอกและโดยใช้วิธีแบบดั้งเดิม

เนื้อไก่ส่วนนอกน้ำหนัก 120±10 กรัม ถูกนำมาหนึ่งจนกระทั่งชิ้นเนื้อไก่มีอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลาง 70°C และคลุกเครื่องแกงกอกและซึ่งประกอบด้วยพริกแห้ง กระเทียม หอมแดง ชিং น้ำตาลปีบ กะทิ น้ำ เกลือ น้ำปลา แป้งข้าวเจ้า มะขาม และลูกผักชี จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 175°C นาน 40 นาที ในตู้อบไฟฟ้า โดยระหว่างการอบจะมีการพลิกชิ้นไก่และทาเครื่องแกงกอกและ 3 ครั้ง

การเตรียมไก่กอกและโดยใช้สารหมักเนื้อและเทคนิค Sous vide

หมักเนื้อไก่ด้วยสารหมักเนื้อ โดยเตรียมสารหมักเนื้อไก่ในรูปของสารละลายที่ประกอบไปด้วยโซเดียมคลอไรด์ร้อยละ 5 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ร่วมกับโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตร้อยละ 1 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) และกรดซิตริกร้อยละ 0.02 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ทำละลายในน้ำกลั่น หมักเนื้อไก่ส่วนนอกน้ำหนัก 120±10 กรัม อัตราส่วนเนื้อไก่ต่อสารหมักเนื้อเท่ากับ 1 ต่อ 2 หมักเนื้อไก่เป็นเวลา 2 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 4°C และปรุงเป็นไก่กอกและเช่นเดียวกับการทำไก่กอกและโดยใช้วิธีแบบดั้งเดิม คือนำเนื้อไก่ที่ได้จากการหมักมานึ่ง คลุกเครื่องแกงกอกและ และอบที่อุณหภูมิ 175°C นาน 40 นาที จากนั้นบรรจุชิ้นไก่กอกและในซองลามิเนต ไนลอน 15/โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ 65 ขนาด 150x180 มิลลิเมตร ปิดผนึกแบบสุญญากาศ และพาสเจอร์ไรส์จนกระทั่งเนื้อไก่มีอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลาง 80°C นาน 2 นาที ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ

การคำนวณน้ำหนักผลผลิต(% product yield)

คำนวณจากน้ำหนักของเนื้อไก่สดและไก่ก่อกและ โดย

$$\text{น้ำหนักผลผลิต (\%)} = (w2/w1) * 100$$

w1= น้ำหนักชิ้นไก่ก่อนทำให้สุก และ w2= น้ำหนักของไก่ก่อกและหลังทำให้สุก

การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อไก่

ศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อไก่ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM) (Palka and Daun, 1999) เตรียมตัวอย่างชิ้นเนื้อไก่ก่อกและขนาด 1.0 x 1.0 x 0.5 เซนติเมตร แช่ในสารละลายกลูตาโรลดีไฮด์ (glutaraldehyde) ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 (ปริมาตร/ปริมาตร) ในสารละลายฟอสเฟต บัฟเฟอร์ (phosphate buffer) ความเข้มข้น 0.1 M pH 7.3 นาน 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นและทำแห้งในเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 25, 50, 75 และ 95 (ปริมาตร/ปริมาตร) ตามลำดับ และใน absolute ethanol นาน 1 ชั่วโมง ในแต่ละรอบ จากนั้นจุ่มตัวอย่างในไนโตรเจนเหลวและตัดเป็นแผ่นบางด้วยมีด ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ซึ่งตัวอย่างจะถูกทำให้แห้งด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว ติดบนแท่นอลูมิเนียม เคลือบด้วยทอง และดูโครงสร้างเนื้อไก่ก่อกและแบบภาคตัดขวาง (transverse section) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Quanta 400 ถ่ายภาพที่กัลลิ่งขยาย 500 เท่า

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตัวอย่างไก่ก่อกและถูกอุ่นในตู้อบไมโครเวฟ (NN-8655; Panasonic) กำลังไฟ 850 W นาน 1 นาที ตัดเนื้อไก่เป็นชิ้นลูกเต๋ารูปขนาดประมาณ 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ติดหมายเลขตัวอย่างโดยใช้ตารางเลขสุ่ม ใช้ผู้ประเมินคุณภาพ 30 คน ประเมินด้านลักษณะปรากฏ และความชอบโดยรวม ด้วยแบบประเมิน 7-point hedonic scale วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการทดสอบแบบ independent ระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ independent t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

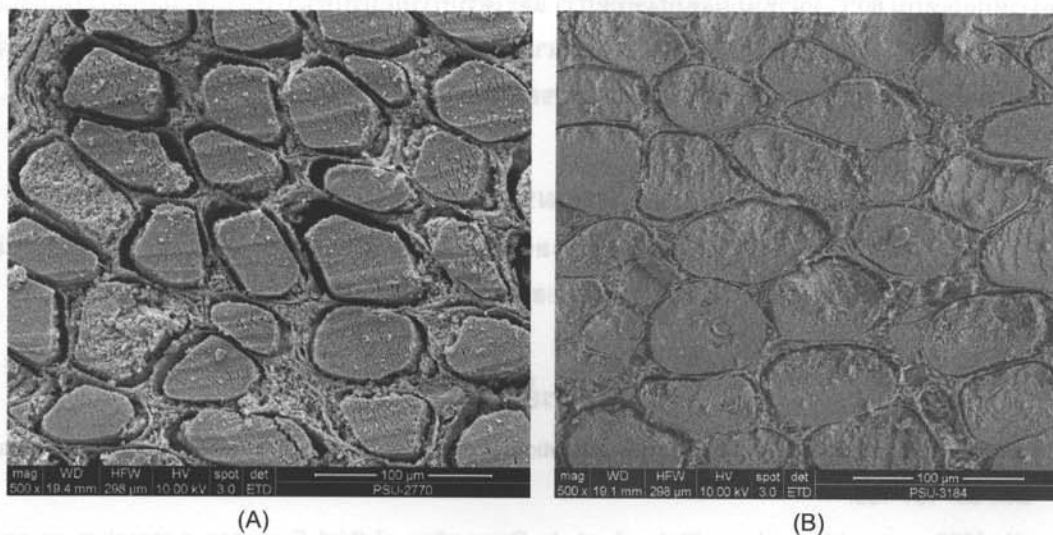
ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลิตภัณฑ์ไก่ก่อกและที่พัฒนาโดยใช้กระบวนการหมักเนื้อร่วมกับเทคนิค Sous vide บรรจุในถุงลามิเนตใส แสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์ใน Figuer. 1 เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างระดับจุลภาคของเนื้อไก่ที่มีวิธีการผลิตต่างกัน พบว่าเนื้อไก่ที่ผ่านกระบวนการหมักเนื้อที่ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และกรดซิตริก มีลักษณะเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่า โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ $57.81 \pm 3.76 \mu\text{m}$ (Fig. 2 และ Table 1) ในขณะที่ไก่ก่อกและที่ผลิตแบบดั้งเดิมมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ $41.72 \pm 4.54 \mu\text{m}$ ทั้งนี้ เนื่องจากการบวมพองจากการรับน้ำหมัก ซึ่งเป็นผลมาจากคุณสมบัติของสารประกอบฟอสเฟต ที่ช่วยเพิ่มจำนวนประจุให้กับโมเลกุลของโปรตีน ทำให้เพิ่มความสามารถในการจับกับโมเลกุลของน้ำได้มากขึ้น (Sen *et al.*, 2005) และผลจากคุณสมบัติของโซเดียมคลอไรด์ในการเพิ่มความแรงของออสโม (Mdynski *et al.*, 2000) โดยจะแตกตัวให้ Na^+ และ Cl^- ประจุของ Cl^- จะไปจับกับประจุบวกในโมเลกุลของโปรตีน ส่งผลให้โปรตีนมีประจุลบมากขึ้น เกิดการคลี่ออกของไมโอไฟบริลลาโปรตีน (myofibrillar protein) จากแรงผลักระหว่างประจุที่เหมือนกัน ช่วยเพิ่มช่องว่าง

ระหว่างเส้นใยแอคตินและไมโอซิน ทำให้สามารถรับน้ำจากภายนอกเข้าไปภายในโครงสร้างของเนื้อได้มากขึ้น (Lawrie, 1991) และจากสารละลายกรดซิตริกที่ให้ประจุบวกหรือไฮโดรเจนไอออนจากหมู่คาร์บอกซิล กับโมเลกุลของโปรตีนในเนื้อ การเพิ่มของประจุบวกเป็นผลให้เกิดแรงผลักระหว่างประจุที่เหมือนกัน ช่วยเพิ่มช่องว่างระหว่างแอคตินและไมโอซิน เพิ่มความสามารถในการรับน้ำหมักเข้าไปภายในโครงสร้าง (Burke and Monahan, 2003) ส่วนเนื้อไก่ที่ผลิตแบบดั้งเดิมไม่มีการใช้สารหมักเนื้อ เส้นใยกล้ามเนื้อเกิดการหดตัวลงเนื่องจากความร้อนระหว่างการผลิต โดยสังเกตได้จากการที่เส้นใยกล้ามเนื้อแยกออกจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นเอนโดไมเซียม (Endomysium) อย่างชัดเจน สอดคล้องกับเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาดเล็กกว่า (Table 1) และเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักน้อยกว่าไก่กอบและที่ผลิตด้วยเทคนิค Sous vide ร่วมกับการใช้สารหมักเนื้ออย่างชัดเจน ($p < 0.05$)



Figuer. 1 Golek chicken in laminated pouch.



Figuer. 2 Scanning electron micrograph of transverse sections of golek chickens (A) traditional method and (B) marinating and sous vide cooking technique at 80°C

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสประเมินจากไก่กอกและที่ผ่านการอุ่นด้วยไมโครเวฟโดยผู้ประเมิน 30 คน พบว่า ไก่กอกและที่ใช้กระบวนการหมักเนื้อร่วมกับเทคนิค sous vide cooking มีลักษณะปรากฏที่ได้รับการยอมรับมากกว่าเนื่องจากลักษณะผิวหน้าที่ดีดูนุ่มนวลเหมือนไก่กอกและที่ผลิตแบบวิธีดั้งเดิม รวมทั้งมีคะแนนการยอมรับโดยรวมในด้านลักษณะของกลิ่น รส และเนื้อสัมผัสที่สูงกว่า ($p < 0.05$) ทั้งนี้ ลักษณะของเนื้อไก่ที่นุ่ม นำนํ้าภายใน และมีกลิ่นรสของเครื่องแกงกอกและที่เด่นชัด อาจเป็นผลจากการบรรจุแบบสุญญากาศทำให้มีแรงดันเครื่องแกงกอกและให้แทรกผ่านเข้าไปในชั้นเนื้อได้มากขึ้น

Table 1 Differences of some properties between golek chicken processed by traditional method and marinating with sous vide cooking technique

Treatment	Fiber diameter (μm)	Product yield (%)	Sensory score*	
			Appearance	Overall acceptance
Traditional method	41.72 $\pm$ 4.54 ^b	99.58 $\pm$ 0.96 ^b	4.61 $\pm$ 0.85 ^b	4.94 $\pm$ 0.73 ^b
Marinating and sous vide cooking method	57.81 $\pm$ 3.76 ^a	110.95 $\pm$ 0.83 ^a	5.61 $\pm$ 0.61 ^a	5.17 $\pm$ 0.79 ^a

Means within column with different letters are significant difference ($p < 0.05$).

* 7-point hedonic scale, n=30 panelists

สรุปและข้อเสนอแนะ

ไก่กอกและที่ผลิตโดยการเตรียมเนื้อไก่ด้วยกระบวนการหมักเนื้อ บรรจุแบบสุญญากาศในช่องลามิเนตและพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80°C มีน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่า และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสที่ดีกว่าไก่กอกและที่ผลิตแบบดั้งเดิม ($p < 0.05$) เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไก่กอกและในบรรจุภัณฑ์ปิดสนิทที่สามารถจัดจำหน่ายในร้านค้าปลีกและห้างสรรพสินค้า เพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิทยาศาสตร์อาหารฮาลาล ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

เอกสารอ้างอิง

- Burke, M.R. and J.F. Monahan. 2003. The tenderization of shin beef using a citrus juice marinade. *Meat Sci.* 63: 161-168.
- Hauben, K. 1999. sous vide cooking: State of art. In *Proceeding of third European symposium on sous vide*. 25-26 March 1999. Leuven. Belgium. pp. 11-72.
- Lawrie, R.A. 1991. *Meat Science*. 5th ed. New York, Pergamon Press.
- Medynski, A., E. Pospiech and R. Knia. 2000. Effect of various concentrations of lactic acid and sodium chloride on selected physico-chemical meat traits. *Meat Sci.* 55: 285-290.

- Palka, K. and H. Duan. 1999. Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating. *Meat Sci.* 51: 237-243.
- Sen, R.A., M.B. Naveena, M. Muthukumar. *et al.* 2005. Effects of chilling, polyphosphate and bicarbonate on quality characteristics of broiler breast meat. *British Poultry Sci.* 46: 451-456.

คุณภาพเนื้อสัตว์ที่บริโภคได้มีผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของความปลอดภัยและคุณค่าทางโภชนาการ

เนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของความปลอดภัยและคุณค่าทางโภชนาการ

เนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของความปลอดภัยและคุณค่าทางโภชนาการ

บทความวิชาการภาคบรรยาย

เนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของความปลอดภัยและคุณค่าทางโภชนาการ

เนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของความปลอดภัยและคุณค่าทางโภชนาการ

เนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีความสำคัญต่อสุขภาพของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแง่ของความปลอดภัยและคุณค่าทางโภชนาการ

แนวโน้มของคุณภาพเนื้อสัตว์ที่ผู้บริโภคต้องการในทศวรรษหน้า

Trend of Consumer Demands for Meat and Meat Products in the Next Decade

นายชยานนท์ กฤตยาเชวง

ในยุคของโลกาภิวัตน์ (Globalization) ทำให้เกิดการลงทุนและการค้าขายที่ไร้พรมแดน การโยกย้ายถิ่นฐาน การเดินทางของคนทั่วโลก เกิดความสะดวก รวดเร็ว ไร้ข้อจำกัดต่างๆ ตลอดจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะทางเศรษฐกิจ การเมือง และสังคมอย่างรวดเร็ว การถ่ายทอดทางวัฒนธรรม การบริโภค สภาพความเป็นอยู่ และความต้องการการบริโภคที่เพิ่มขึ้นตลอดเวลา โดยเฉพาะความต้องการบริโภคด้านเนื้อสัตว์ นม ไข่ และผลิตภัณฑ์แปรรูปต่างๆ มากมาย ทิศทางความต้องการคุณภาพเนื้อสัตว์ของผู้บริโภคจึงต้องพิจารณาจากหลายๆ ปัจจัยที่มีผลกระทบ ดังต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ

การรวมกลุ่มของประเทศต่างๆ ทั่วโลก เพื่อส่งเสริมการค้า การลงทุน เพื่อให้เกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ อันส่งผลถึงรายได้ของประเทศและประชาชนที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดกำลังซื้อ การบริโภค เพื่อขับเคลื่อนวงจรเศรษฐกิจให้หมุนอย่างต่อเนื่อง เช่น การรวมตัวของกลุ่มประเทศในอาเซียน (AEC) กลายเป็นเขตการค้า การผลิต การบริโภคของประชากรกว่า 600 ล้านคน ทำให้เกิดความหลากหลายและความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นจากอำนาจการซื้อที่เพิ่มขึ้น และกลายเป็นศูนย์กลางด้านการผลิตเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์และการบริโภคของโลกในอนาคต เมื่อประชาชนมีรายได้เพิ่ม การบริโภคด้านเนื้อสัตว์ (Meat) จะเพิ่มมากขึ้น ทั้งคุณภาพ ปริมาณ ตลอดจนห่วงใยด้านสุขภาพ (Health Concern)

2. การเปลี่ยนแปลงด้านการเมือง

การเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจดังกล่าว ย่อมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านการเมืองควบคู่กันไปด้วย นโยบายทางการเมืองของรัฐบาลประเทศต่างๆ ต้องเอื้ออำนวยต่อการส่งเสริมด้านเศรษฐกิจ การออกกฎหมายเพื่อส่งเสริมบรรยากาศการลงทุน และลดเงื่อนไขต่างๆ ที่ขัดต่อการขยายตัวทางเศรษฐกิจ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถด้านการแข่งขันกับประเทศต่างๆ

3. การเปลี่ยนแปลงด้านสังคม และวัฒนธรรม

ผลจากการขยายการลงทุนของประเทศต่างๆ ที่กระจายไปทั่วโลก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านสังคม ทำให้เกิดความหลากหลายด้านเชื้อชาติในแต่ละประเทศ การถ่ายทอดวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดวัฒนธรรมใหม่ๆ ที่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ความเป็นอยู่ การบริโภค และวิถีทางการดำเนินชีวิตเดิม รวมถึงวัฒนธรรมการบริโภคต่างๆ ที่มีความหลากหลายผสมผสานกันไป ทั้งเชิงคุณภาพและปริมาณ ดังเช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพสังคมในประเทศไทย ความเจริญทางด้านเศรษฐกิจ จากสังคมเกษตรสู่อุตสาหกรรม ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายถิ่นฐานคนจากสังคมชนบทสู่สังคมเมืองใหญ่ ทำให้วัฒนธรรมการดำรงชีวิตและการบริโภคเปลี่ยนแปลงไปด้วย ความหลากหลายของคนต่างชาติในเมืองไทย ทำให้เกิดการบริโภคทั้งอาหารจีน อาหารญี่ปุ่น อาหารอเมริกัน&ยุโรป

อาหารไทยดั้งเดิม และอาหารแปรรูปพร้อมบริโภค (Ready to eat) ตลอดจนอาหารที่ประยุกต์ให้ทันสมัย (Fusion) เป็นการยกระดับมาตรฐานการบริโภคที่สูงขึ้นทั้งคุณค่าและปริมาณ ความต้องการคุณภาพเนื้อสัตว์ที่ปลอดภัย มีมาตรฐานที่ดี และมีคุณค่าด้านโภชนาการสูง เพื่อเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการแปรรูปที่มีคุณภาพและรสชาติตามความต้องการของผู้บริโภค จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ

จากผลกระทบของปัจจัยดังกล่าว การเปลี่ยนแปลงทางด้านสังคมและวัฒนธรรม จึงมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภคเป็นอย่างมาก และเป็นตัวกำหนดทิศทางการพัฒนาคุณภาพเนื้อสัตว์ ดังนั้น การศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการพัฒนาคุณภาพเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ในอนาคต ความต้องการของผู้บริโภคต่อคุณภาพเนื้อสัตว์ ไม่ว่าจะเป็น รสชาติ (Good Taste) ความนุ่ม (Tender) ความสด (Fresh) ความชุ่มฉ่ำ (Juicy) ไขมันต่ำ (Low Fat) คุณค่าทางโภชนาการ (Nutrition Value) และราคาที่สมเหตุสมผล ฯลฯ แล้ว ผู้บริโภคยังมีความต้องการด้านอื่นเพิ่มขึ้น และมีความสำคัญไม่แตกต่างจากความต้องการเบื้องต้นที่กล่าว ดังนี้

1. Food Safety & Traceability นอกจากรสชาติและคุณค่าทุกด้านแล้ว ผู้บริโภคยังคำนึงถึงความปลอดภัยของอาหารที่ปราศจากการปนเปื้อนสารตกค้างทุกชนิด เชื้อโรค และยาปฏิชีวนะต่างๆ ฯลฯ ตลอดทั้ง Supply Chain (ต้นน้ำ, กลางน้ำ, ปลายน้ำ) รวมถึงการตรวจสอบย้อนกลับได้ทุกขั้นตอนว่าเนื้อสัตว์นั้น มีแหล่งที่มาจาก Wholesale, Retail หรือจากโรงงานผลิตและฟาร์มใด ดังเช่น กรณีอาหารปนเปื้อนเนื้อหมูในยุโรป เป็นต้น
2. Animal Welfare ผู้บริโภคเริ่มตระหนักถึงสวัสดิภาพสัตว์ เพื่อให้ได้เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพ และสะท้อนถึงคุณธรรม (Ethics) ของการผลิตสัตว์ที่ดีด้วย เป็นกระแสความต้องการที่ชัดเจนและมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะเป็นเรื่องเกี่ยวข้องกับคุณธรรม และจรรยาบรรณในการเลี้ยงสัตว์ ที่ต้องคุ้มครองมิให้ถูกทำการทารุณกรรม ทั้งระหว่างการเลี้ยงดู การขนส่ง และทำให้สัตว์ไม่ได้รับความทรมานก่อนการฆ่าชำแหละ กระแสความต้องการดังกล่าว เช่น

2.1 การต้องการบริโภคเนื้อหมู จากหมูที่เลี้ยงปล่อยทุ่ง (Free-Range Production System มากกว่า Intensive Production)

2.2 การไม่ตอนหมู และตัดหางลูกหมู หรือการตัดเขี้ยวลูกหมู

2.3 การไม่บริโภคไข่ไก่ที่เลี้ยงในกรงตับ

2.4 การเลี้ยงสัตว์ที่หนาแน่นเกินไป ทำให้สัตว์เครียดจากแก๊สแอมโมเนียในโรงเรือน หรือการถ่ายเทอากาศที่ไม่ดีพอ

2.5 ฯลฯ

3. Environment Friendly & Global Concern การผลิตสัตว์ที่ดีต้องไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นเนื้อสัตว์หรือผลิตภัณฑ์จากฟาร์มสีเขียว (Green Farm) หรือเนื้อสัตว์อินทรีย์ (Organic Meat & Organic Farm) การใช้ประโยชน์จากของเสีย (Waste) ภายในฟาร์มเป็นแหล่งพลังงานต่างๆ เช่น การทำ Bio Gas หรือ การนำน้ำเสียจากฟาร์มกลับมาหมุนเวียนใช้ภายในฟาร์ม มีระบบฟอกอากาศภายในฟาร์ม รวมถึงการแสดง Carbon Label บนผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ หรืออาหารที่ผลิต เป็นต้น
4. International Standard & Regulation ผู้บริโภคให้ความสำคัญกับมาตรฐานคุณภาพที่เป็นสากล มีความเข้มงวด เพื่อมั่นใจว่าเนื้อสัตว์ที่บริโภคมีความปลอดภัยจริง ไม่ว่าจะเป็น Processing Standards เช่น ISO, GMP, HACCP, GLP ฯลฯ หรือ Professional Standards ของผู้ประกอบการ มีกฎหมายที่เข้มงวดด้านสิ่งแวดล้อม และ Animal Welfare รวมทั้งการออกกฎหมายควบคุมต่างๆ เช่น

4.1 Labeling เพื่อป้องกันแหล่งผลิต ประเทศ ข้อมูลด้านโภชนาการและสุขภาพ เพื่อให้เกิดความมั่นใจในความเข้มงวดของแหล่งผลิต รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อสัตว์ ซึ่งเป็นแหล่งของแร่ธาตุและวิตามินที่มีคุณค่า ซึ่งปกติผู้บริโภคมักไม่มีโอกาสได้รับรู้ หรือ ข้อความบนฉลากไม่ชัดเจน เช่น อาหารไม่แต่งกลิ่น ไม่แต่งสี และใช้วัตถุกันเสีย เป็นต้น

4.2 Meat Hygiene มีการทบทวนระบบควบคุมด้านสุขอนามัยของการผลิตเนื้อสัตว์ให้สอดคล้องกับอุตสาหกรรมผลิตเนื้อสัตว์สมัยใหม่ตลอดเวลา

4.3 Skills and Labor มีการควบคุมการใช้แรงงานที่ถูกต้องตามกฎหมาย ผู้ปฏิบัติงานมีความชำนาญและเพียงพอต่ออุตสาหกรรมผลิตเนื้อสัตว์ มีการฝึกอบรมแรงงานให้มีความรู้ตามหลักสูตรที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน

4.4 การมีกฎหมายคุ้มครองผู้บริโภค และ PL Law (Product Liability Law) เพื่อให้เกิดความมั่นใจต่อผู้บริโภค และเป็นหลักประกันว่าผู้ผลิตเนื้อสัตว์จะให้ผลิตภัณฑ์ในการผลิตเนื้อสัตว์ที่มีความปลอดภัย และมีความปลอดภัยตามที่กำหนด

4.5 ฯลฯ

5. Corporate Social Responsibility ความรับผิดชอบต่อสังคมของผู้ประกอบการ ซึ่งเป็นกระแสสังคมที่เป็นที่สนใจของผู้บริโภค ผู้ประกอบการนอกจากจะผลิตเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีและปลอดภัยแล้ว ยังต้องมีความรับผิดชอบต่อสังคมโดยจัดทำโครงการ CSR กับผู้เกี่ยวข้อง (Stake Holders) ทั้งทางตรงและทางอ้อม

จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่า ทิศทางคุณภาพเนื้อสัตว์ที่ผู้บริโภคมีความต้องการ นอกจากคุณภาพที่ดีจากเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ปลายน้ำแล้ว ยังให้ความสำคัญกับกระบวนการผลิตเนื้อสัตว์ระดับต้นน้ำและกลางน้ำ หรือรวมทั้ง Meat Supply Chain ตลอดจนความต้องการด้านอื่นๆ ที่สร้างความมั่นใจต่อผู้บริโภคที่สามารถจับต้องได้ และความต้องการนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น และเปลี่ยนแปลงไปตามประสบการณ์ของผู้บริโภค ตามสภาพเศรษฐกิจ สังคมที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา

สรุป ผู้บริโภคต้องการทราบกระบวนการผลิต หรือ แหล่งที่มาของเนื้อสัตว์ที่แสดงให้เห็นว่ามีความปลอดภัยได้อย่างไร และกระบวนการผลิตดังกล่าว ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และไม่ผิดกฎหมายหรือข้อกำหนดของสังคมเพิ่มเติมจากคุณประโยชน์ของตัวเนื้อสัตว์ที่ต้องการอยู่แล้ว

Overview of Gene Expression and Meat Quality

Tim Parr, Ronald Bardsley, Mohd Nazmi Bin Abd Manap, Paul Sensky,

Kevin Ryan, and Peter Buttery

Division of Nutritional Sciences, School of Biosciences, University of Nottingham, Sutton Bonington Campus,
Loughborough, Leics. LE12 5RD, UK

Of all the meat traits, tenderness is considered to be the most important with regard to eating quality (Miller *et al.*, 2001). It appears that the main determinant of ultimate tenderness is the extent of proteolysis of key target proteins within muscle fibres (Taylor *et al.*, 1995a; Koohmaraie and Geesink, 2006). Calpains are probably the most extensively researched protease family with regard to meat science and it is widely accepted that proteolytic calpain activity does contribute to meat tenderisation (Koohmaraie and Geesink, 2006; Sentandreu *et al.*, 2002). Given the recognised importance of this proteolytic system in the tenderisation process this review has focused on the gene expression biochemistry of the calpain systems its role in the development of meat quality.

In skeletal muscle, the calpain system consists of three proteases, ubiquitously expressed isoforms μ -calpain, m-calpain, and p94 (or calpain 3). The ubiquitously expressed μ - and m-calpain are calcium-activated proteases, requiring micro- and millimolar concentrations of Ca^{2+} for activation respectively (Goll *et al.*, 2003). Associated with the calpain proteolytic enzyme family is the calpain-specific endogenous inhibitor, calpastatin (Wendt *et al.*, 2004). Correlations have shown that the different tenderisation rates between species (beef < lamb < pork) relate inversely to the ratio of calpastatin:calpain (beef > lamb > pork) (Koohmaraie *et al.* 1991). Likewise the muscle hypertrophy found in callipyge lambs is associated with the high levels of calpastatin, greatly reduced postmortem proteolysis and a significant decrease in meat tenderness (Geesink and Koohmaraie, 1999). Calpain 3/p94 is expressed almost exclusively in skeletal muscle (Sorimachi *et al.*, 1989) and was originally of interest to meat scientists because it binds to the giant myofibrillar protein titin, at the N₂ line (Sorimachi *et al.*, 1995), a site where proteolysis has been linked to meat tenderisation (Taylor *et al.*, 1995a). However the work in our labs and others, have indicated that it is not a determining enzyme factor in meat quality (Parr *et al.*, 1999a, Geesink *et al.*, 2005). More recent work has indicated that single nucleotide polymorphisms (SNPs) in the muscle specific calpain (calpain 3) gene (CANP3) are associated with variable meat quality in certain meat cuts in Brahman cattle (Robinson *et al.*, 2012).

Both μ - and m-calpain target and cleave the same myofibrillar proteins experimental investigations have tried to determine which isoform is primarily involved in postmortem proteolysis. The evidence for a significant role of μ -calpain in postmortem proteolysis was strengthened from observations made in μ -calpain knockout mice (Geesink *et al.*, 2006). In these animals postmortem proteolysis was significantly inhibited, although some proteolysis was observed which suggest that although in μ -calpain is perhaps the main mediator of post mortem proteolysis other protease(s) are likely to be involved. In cattle SNPs in the

gene encoding μ -calpain (CAPN1) are associated with tenderness. Two bovine CAPN1 gene SNPs, which introduce amino acid substitutions (non-synonymous SNPs) in μ -calpain, are associated with tenderness (Page *et al.*, 2002).

The single calpastatin gene contains multiple promoters that generate several different transcripts that are also alternatively spliced into multiple mRNAs, resulting in multiple protein isoforms being derived from a single gene (Parr *et al.*, 2000; Parr *et al.*, 2001; Parr *et al.*, 2004; Meyers and Beever, 2008). Calpastatin inhibits both μ - and m- calpain but is itself susceptible to proteolysis but the resulting fragments retain inhibitory activity. Calpastatin contains 4 inhibitory domains, each of which can inhibit calpain activity. Therefore from one calpastatin protein there is the potential to have a four-fold inhibitory capacity of calpain activity which makes this inhibitory a key regulatory factor in controlling calpain activity.

A consistent observation of the calpain system's involvement in tenderness is that high levels of calpastatin are associated with poor quality meat; the model being that high levels of calpastatin reduce the activity of calpain thereby reducing the proteolysis required for tender meat. In ruminant species there is relationship between calpastatin activity in the muscle 24h after slaughter and the degree of tenderisation achieved after conditioning, with differences in calpastatin accounting for 40% of the variation in tenderness (Shackelford *et al.*, 1994). Our studies on a random selection of commercially slaughtered pigs have shown that a high level of calpastatin (both activity and protein levels) in the first few hours after slaughter are associated with an increased incidence of toughness (Sensky *et al.*, 1998; Parr *et al.*, 1999b). The difficulty of such measurements is there is a high level of heterogeneity in calpastatin, multiple isoforms are produced. The function of such variability may be to control the inhibitory activity of calpastatin, and therefore the identification of these isoforms and the mRNA species from which they originate may lead to an even closer predictor of toughness/tenderness. Given the potential this has for marker-assisted breeding programmes, a number of groups have now identified calpastatin gene polymorphisms and have shown that some of these are predictive of carcass quality in cattle and in pigs (Barendse, 2002; Ciobanu *et al.*, 2004). Currently there are markers within the calpastatin and μ -calpain genes that are able to identify beef cattle with the genetic potential to produce tender meat (Casas *et al.*, 2006) and these are commercially available as genetic tests for meat tenderness which utilize genetic polymorphisms in the CAST and CAPN1 genes which are marketed as Igenity TenderGENE (Merial) and GeneSTAR (Zoetis). In pigs, five genetic polymorphisms have been identified that are mis-sense mutations leading to amino acid substitutions within subdomains of the calpastatin protein (Ciobanu *et al.*, 2004) and more recent studies have identified further SNPs in the pig calpastatin gene which are associated with meat quality (Nonneman *et al.*, 2011).

Understanding the mechanism by which such regulation can control calpastatin function is of paramount importance to enable further meat quality improvement and may yield specific genetic or protein based markers that are indicative of tender meat. Our studies have focused on determining the factors that regulate calpastatin gene expression. Calpastatin gene expression is regulated via several promoters associated with the 5'exons 1xa, and 1xb, which are in tandem and 1u, which is 3' and distal to 1xa and

1xb (Parr *et al.*, 2000; Raynaud *et al.*, 2005a; Meyers and Beever, 2008). Each of these promoters appears to be responsible for the expression of different calpastatin mRNAs (encoding Type I, II and III calpastatins, respectively, which have different N termini) that can be alternatively spliced to potentially give a variety of protein isoforms. The activity of the promoter regions of pigs and cattle have been examined and it appears that each species has differing activities, with the 1u promoter and 1xb promoter being most being most active in pig and cattle respectively (Parr *et al.*, 2004; Raynaud *et al.*, 2005a). Within the calpastatin gene each promoter has a different response to secondary messenger pathways, mediating the response to factors that stimulate growth or a stress response (Parr *et al.*, 2004; Sensky *et al.*, 2006). The differential between transcriptional activity of the calpastatin gene promoters between species and their differing response to stimuli probably is in part responsible for the variation in calpastatin expression between species, breeds and individuals that contributes to variations in meat tenderness.

References

- Barendse, W.J. 2002. DNA markers for meat tenderness. International patent application PCT/AU02/00122. International patent publication WO 02/064820 A1.
- Casas, E., S.N. White, T.L. Wheeler, S.D. Shackelford, M. Koohmaraie, D.G. Riley, C.C. Jr. Chase, D.D. Johnson and T.P. Smith. 2006. Effects of calpastatin and u-calpain markers in beef cattle on tenderness traits. *J. Anim. Sci.* 84: 520-525.
- 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.
- Geesink, G.H., S. Kuchay, A.H. Chishti and M. Koohmaraie. 2006. Micro-calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. *J. Anim. Sci.* 84: 2834-2840.
- Geesink, G.H., R.G. Taylor and M. Koohmaraie. 2005. Calpain 3/p94 is not involved in postmortem proteolysis. *J. Anim. Sci.* 83: 1646-1652.
- Geesink, G.H., & M. Koohmaraie. 1999. Postmortem proteolysis and calpain/calpastatin activity in callipyge and normal lamb biceps femoris during extended postmortem storage. *J. Anim. Sci.* 77: 1490-1501.
- Geesink, G.H., J.G.P. van der Palen, M.P. Kent, E. Veiseth, G. Hemkea and M. Koohmaraie. 2005. Quantification of calpastatin using an optical surface plasmon resonance biosensor. *Meat Sci.* 71: 537-541.
- Goll, D.E., V.F. Thompson, H.Q. Li, W. Wei and J.Y. Cong. 2003. The calpain system. *Physiol. Rev.* 83: 731-801.
- Koohmaraie, M. and G.H. Geesink. 2006. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Sci.* 74: 34-43.

- Koohmaraie, M., G. Whipple, D.H. Kretchmar, J.D. Crouse and H.J. Mersmann. 1991. Postmortem proteolysis in longissimus muscle from beef, lamb and pork carcasses. *J. Anim. Sci.* 69: 617-624.
- Meyers, S.N. & J. E. Beever. 2008. Investigating the genetic basis of pork tenderness: genomic analysis of porcine CAST. *Anim. Genet.* 39: 531-543
- Nonneman, D., A. K. Lindholm-Perry, S.D. Shackelford, D.A. King, T.L. Wheeler, G.A. Rohrer, C.D. Bierman, J.F. Schneider, R.K. Miller, H. Zerby and S.J. Moeller. 2011. Predictive markers in calpastatin for tenderness in commercial pig populations. *J. Anim. Sci.* 89: 2663-2672.
- Page, B.T., E. Casas, M.P. Heaton, N.G. Cullen, D.L. Hyndman, C.A. Morris, A.M. Crawford, T.L. Wheeler, M. Koohmaraie, J.W. Keele and T.P. Smith. 2002. Evaluation of single-nucleotide polymorphisms in CAPN1 for association with meat tenderness in cattle. *J. Anim. Sci.* 80: 3077-3085.
- Parr, T., K.K. Jewell, P.L. Sensky, J.M. Brameld, R.G. Bardsley and P.J. Buttery. 2004. Expression of calpastatin isoforms in muscle and functionality of multiple calpastatin promoters. *Arch. Biochem. Biophys.* 427: 8-15.
- Parr, T., P.L. Sensky, M.K. Arnold, R.G. Bardsley and P.J. Buttery. 2000. Effects of Ephinephrine Infusion on Expression of Calpastatin in Porcine Cardiac and Skeletal Muscle. *Arch. Biochem. Biophys.* 374: 299-305.
- Parr, T., P.L. Sensky, R.G. Bardsley and P.J. Buttery. 2001. Calpastatin Expression in Cardiac and Skeletal Muscle and Partial Gene Structure. *Arch. Biochem. Biophys.* 395: 1-13.
- Parr, T., P.L. Sensky, G.P. Scothern, R.G. Bardsley, P.J. Buttery, J.D. Wood and C. Warkup. 1999a. Skeletal muscle-specific calpain and variable postmortem tenderization in porcine longissimus muscle. *J. Anim. Sci.* 77: 661-668.
- Parr, T., P.L. Sensky, G.P. Scothern, R.G. Bardsley, P.J. Buttery, J.D. Wood and C. Warkup. 1999b. Immunochemical study of the calpain system in porcine longissimus muscle with high and low shear force values. *J. Anim. Sci.* 77 (suppl 1): 164.
- Raynaud, P., C. Jayat-Vignoles, M.-P. Laforêt, H. Levéziel and V. Amarger. 2005a. Four promoters direct expression of the calpastatin gene. *Arch. Biochem. Biophys.* 437, 69-77
- Robinson, D.L., L.M. Cafe, B.L. McIntyre, G.H. Geesink, W. Barendse, D.W. Pethick, J.M. Thompson, R. Polkinghorne and P.L. Greenwood. 2012. Production and processing studies on calpain-system gene markers for beef tenderness: Consumer assessments of eating quality. *J. Anim. Sci.* 90: 2850-2860.
- Sensky, P. L., K.K. Jewell, K.J.P. Ryan, T. Parr, R.G. Bardsley and P.J. Buttery. 2006. Effect of anabolic agents on calpastatin promoters in porcine skeletal muscle and their responsiveness to cAMP- and Ca²⁺-related stimuli. *J. Anim. Sci.* 84: 2973-2982.
- Sensky, P.L., T. Parr, G.P. Scothern, A. Perry, R.G. Bardsley, P.J. Buttery, J.D. Wood and C. Warkup. 1998. Differences in the calpain enzyme system in tough and tender samples of porcine *longissimus dorsi*. In Proceedings of the British Society of Animal Science.

- Sentandreu, M.A., G. Coulis and A. Ouali. 2002. Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends Food Sci. Technol.* 13: 400-421.
- Shackelford, S.D., M. Koohmaraie, L.V. Cundiff, K.E. Gregory, G.A. Rohrer and J.W. Savell. 1994. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. *J. Anim. Sci.* 72: 857-863.
- Sorimachi, H., S. Imajoh-Ohmi, Y. Emori, H. Kawasaki, S. Ohno, Y. Minami and K. Suzuki. 1989. Molecular cloning of a novel mammalian calcium-dependent protease distinct from both m- and mu-types. Specific expression of the mRNA in skeletal muscle. *J Biol. Chem.* 264: 20106-20111.
- Sorimachi, H., K. Kinbara, S. Kimura, M. Takahashi, S. Ishiura, N. Sasagawa, N. Sorimachi, H. Shimada, K. Tagawa, K. Maruyama and K. Suzuki. 1995. Muscle-specific calpain, p94, responsible for limb girdle muscular dystrophy type 2A, associates with connectin through IS2, a p94-specific sequence. *J Biol. Chem.* 270: 31158-31162.
- Taylor, R.G., G.H. Geesink, V.F. Thompson, M. Koohmaraie and D.E. Goll. 1995a. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? *J. Anim. Sci.* 73: 1351-1367.
- Wendt, A., V.F. Thompson and D.E. Goll. 2004. Interaction of calpastatin with calpain: a review. *Biol. Chem.* 385: 465-472.

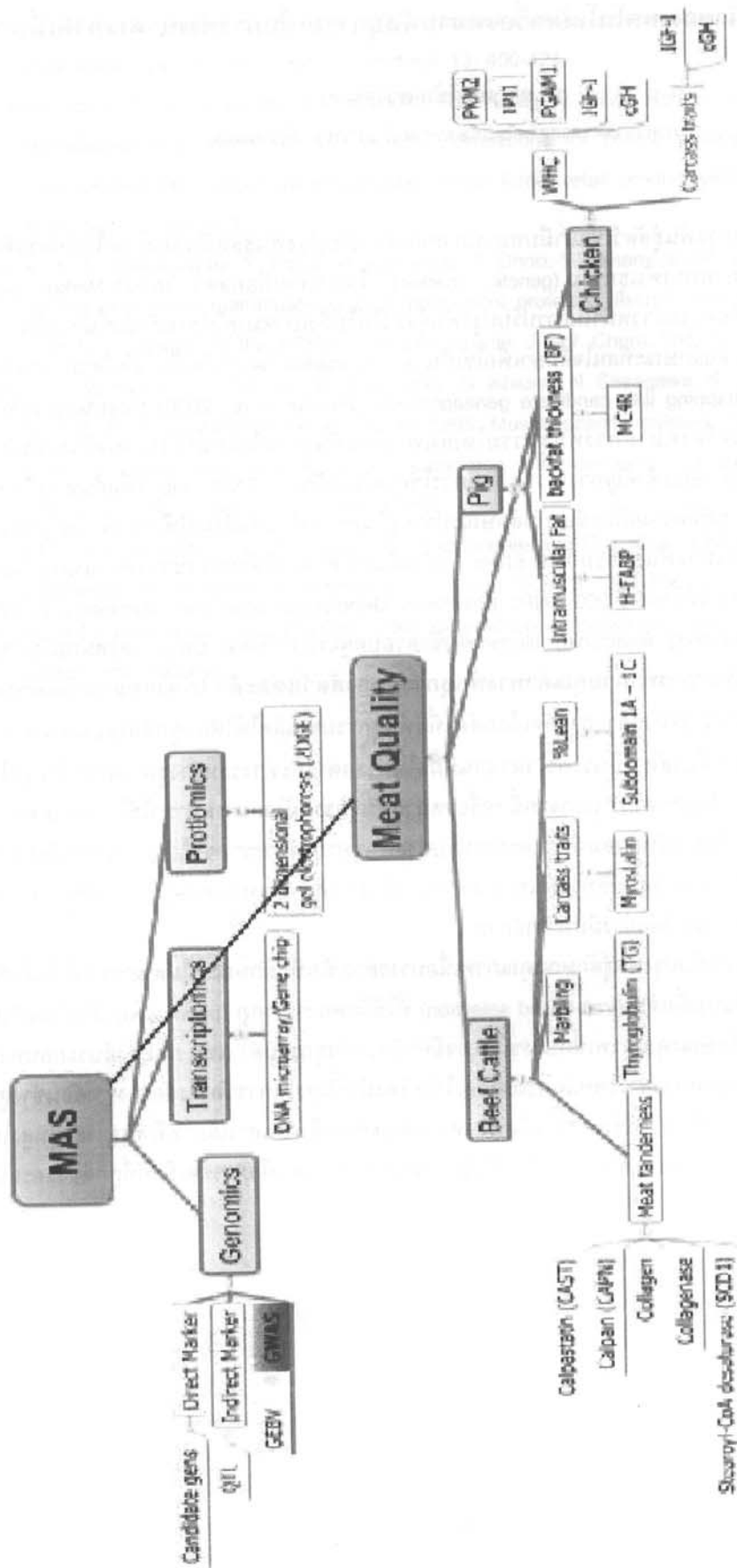
ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีเครื่องหมายพันธุกรรมเพื่อการพัฒนาคุณภาพเนื้อ

รศ.ดร. มนต์ชัย ดวงจินดา

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เทคโนโลยีปรับปรุงพันธุ์สัตว์เข้ามามีบทบาทมากต่อการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ในประเทศไทยกล่าวคือมีการประยุกต์ใช้เป็นเครื่องหมายทางพันธุกรรม (genetic marker) ในการคัดเลือกสัตว์ เรียกว่า Marker Assisted Selection (MAS) ช่วยเพิ่มความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ให้ไปถึงเป้าหมายได้รวดเร็วยิ่งขึ้นการค้นหายีนที่มีอิทธิพลสูง (major effect) ต่อลักษณะที่สนใจศึกษาเพื่อใช้เป็น genetic marker ในการคัดเลือกสัตว์สามารถตรวจสอบได้ด้วยเทคนิค linkage mapping และ candidate gene approach (Jennifer *et al.*, 2000) ปัจจุบันความรู้ทางด้านจีโนมถูกนำมาใช้ศึกษาเครื่องหมายทางพันธุกรรมโดยเฉพาะการค้นหายีนเครื่องหมายโมเลกุลในระดับดีเอ็นเอ (genomics) สำหรับบ่งชี้ลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจมีการใช้เทคโนโลยีของ SNP chip เพื่อค้นหาเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอจำนวนมากที่มีความเกี่ยวข้องกับลักษณะปรากฏในคราวเดียวกันส่งผลให้ "การจำแนกรูปแบบทางพันธุกรรม (ความแตกต่างทางพันธุกรรม เช่น SNPs เป็นต้น) เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยให้จำแนกรูปแบบทางพันธุกรรมของสัตว์แต่ละตัว ได้ตั้งแต่ 2,900 SNPs (Bovine3K Genotyping BeadChip, Illumina®) ถึง 777,000 SNPs (BovineHD Genotyping BeadChip, Illumina®) ซึ่งครอบคลุมทั่วทั้งจีโนม เปิดโอกาสให้นักปรับปรุงพันธุ์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ใน "การทำนายคุณค่าทางพันธุกรรมของสัตว์แต่ละตัว ได้ตั้งแต่แรกเกิดด้วยความเชื่อมั่นสูง" ซึ่งรูปแบบการปฏิบัติดังกล่าวการคัดเลือกสัตว์ที่มีพันธุกรรมชั้นเลิศให้ได้ผลถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วโดยไม่จำเป็นต้องเสียเวลาเลี้ยงสัตว์เป็นระยะเวลานานมีผลในการลดระยะห่างระหว่างรุ่น และลดต้นทุนในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ภายในประชากร นอกจากนี้ เครื่องหมายพันธุกรรมยังสามารถนำมาใช้ใน "การคัดกรองพ่อแม่พันธุ์สำหรับใช้ประโยชน์ในการจับคู่ผสมพันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์ภายในประชากร" ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยใน "การกำหนดคุณสมบัติทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจ การตรวจสอบบรรพบุรุษ และการตรวจสอบย้อนกลับ" ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในขณะเดียวกันการปรับปรุงพันธุ์ลักษณะคุณภาพเนื้อบางอย่าง ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่สามารถวัดได้เมื่อสัตว์ยังมีชีวิต ซึ่งการคัดเลือกสัตว์แบบดั้งเดิม (trait-based selection) ที่ใช้ลักษณะปรากฏ (phenotype) เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกไม่สามารถทำได้ ลักษณะคุณภาพเนื้อบางชนิดอาจมีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ (เช่น กลุ่มมองคูปะกอบทางเคมีในเนื้อ ฯลฯ) ลักษณะที่แสดงออกเฉพาะเพศลักษณะที่ต้องใช้เครื่องมือชั้นสูงในการวัด ซึ่งต้องลงทุนค่อนข้างสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการคัดเลือกต่ำการใช้เทคโนโลยีเครื่องหมายพันธุกรรมจึงเป็นทางเลือกที่ดี ซึ่งอาจลงทุนสูงในครั้งแรก แต่เมื่อตรวจพบเครื่องหมายแล้ว จะสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อการคัดเลือกที่ถูกต้องและแม่นยำเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดเรื่องความก้าวหน้าเทคโนโลยีเครื่องหมายพันธุกรรมเพื่อพัฒนาคุณภาพเนื้อ

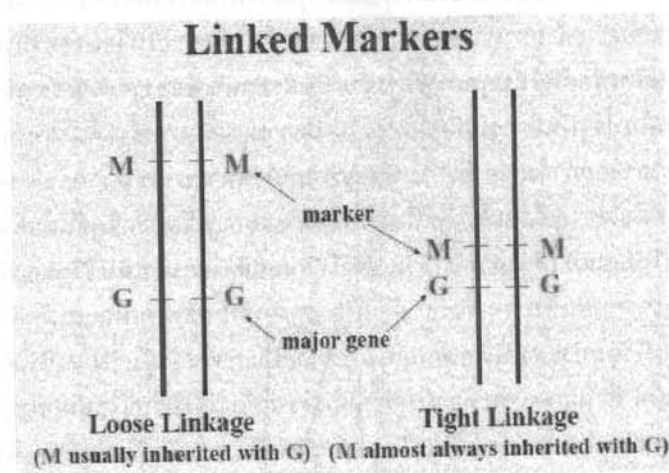
คุณภาพเนื้อ (Meat quality)

เนื้อโคจัดเป็นแหล่งโปรตีนที่มีคุณภาพและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง (Scollan *et al.*, 2006) ปริมาณการบริโภคเนื้อโคในประเทศต่างๆทั่วโลกมีอัตราการบริโภคเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม เนื้อโคที่จำหน่ายในท้องตลาดนั้นมีคุณภาพแตกต่างกัน โดยเนื้อโคที่มีคุณภาพสูง ส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพงกว่าเนื้อภายในประเทศ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาคุณภาพเนื้อให้ทัดเทียมกับเนื้อจากต่างประเทศทั้งทางด้านการปรับปรุงพันธุ์ การจัดการด้านอาหารและการจัดการฟาร์ม เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรและลดปัญหาการขาดดุลการค้า นอกจากนี้ การผลิตเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพสูงนับเป็นสิ่งสำคัญต่ออุตสาหกรรมผลิตอาหารเนื่องจากลักษณะการดำรงชีวิตของผู้บริโภคในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไป มีความเร่งรีบมากขึ้นเห็นได้จากความนิยมบริโภคอาหารสะดวกซื้อ และการไม่มีเวลาออกกำลังกาย ซึ่งทำให้มีปัญหาด้านสุขภาพตามมา เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ และโรคหัวใจขาดเลือด เป็นต้น ซึ่งล้วนเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้นๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเพื่อผลิตเนื้อสัตว์ให้มีคุณภาพสูงตามไปด้วย เพื่อให้สอดคล้องการดำเนินชีวิตของผู้บริโภคที่มีเวลาดูแลตัวเองน้อย และลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคเรื้อรัง ดังนั้นอุตสาหกรรมผลิตโคเนื้อและผู้ผลิตได้ปรับเปลี่ยนรูปแบบและวางแผนการผลิตโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคเป็นสำคัญ หันมาให้ความสำคัญกับคุณภาพเนื้อมากขึ้น ซึ่งนอกจากจะต้องมีรสชาติดีแล้วจะต้องมีปริมาณไขมัน (triglyceride) น้อย คอลเลสเตอรอล (cholesterol) ต่ำ และปราศจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ หรือสิ่งเจือปนอื่นๆ ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย หรือวางแผนการผลิตเพื่อให้อาหารมีความปลอดภัย (food safety) และได้บริโภคเนื้อสัตว์เพื่อสุขภาพอย่างแท้จริง (functional food) อย่างไรก็ตาม หากเกิดความไม่ปลอดภัยทางอาหารไม่เพียงแต่จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคเพียงอย่างเดียวแต่จะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจซึ่งสร้างความเสียหายต่อหลายประเทศ ทำให้ในปัจจุบันสหภาพยุโรป หรืออียู (European Union; EU) สหรัฐอเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ ออกมาตรการให้แก่ประเทศคู่ค้า EC (178/2002) ว่าสินค้าที่จะนำเข้าไปยังกลุ่มสหภาพยุโรปทุกชนิดจะต้องสามารถตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) จากฟาร์มไปยังผู้บริโภค จึงถือได้ว่าผ่านมาตรฐานสินค้าและเป็นการการันตีคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ในแง่การปรับปรุงพันธุ์เพื่อผลิตโคเนื้อให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพสูงนั้นจึงมุ่งเน้นไปยังการพัฒนาว่าด้วยเรื่องของลักษณะความนุ่มของเนื้อ (Tenderness) และไขมันแทรก (Marbling) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อคุณภาพสูงต้องการอย่างไรก็ตาม เนื่องจากความนุ่มของเนื้อโคเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจ โดยความนุ่มของเนื้อขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น พันธุ์สัตว์ อายุ วิธีการเลี้ยงดู กรรมวิธีการ ปฏิบัติที่ได้รับก่อนฆ่า ระหว่างฆ่าและหลังฆ่าวิธีเตรียมเพื่อบริโภค ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เป็นต้น (Ujan *et al.*, 2011; Miller *et al.*, 1995) ไขมันแทรกเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่บ่งชี้ราคาของเนื้อ เนื้อที่มีไขมันแทรกจะมีราคาแพงกว่าเนื้อที่ไม่มีไขมันแทรก ทั้งเนื่องจากเนื้อที่มีไขมันแทรกจะช่วยเพิ่มความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำและความน่ารับประทานของเนื้อให้มากขึ้น (Crouse *et al.*, 1989)

วิวัฒนาการของเทคโนโลยีเครื่องหมายพันธุกรรม

การพัฒนาเทคโนโลยีอนุพันธุศาสตร์เพื่อประยุกต์ใช้เป็นเครื่องหมายทางพันธุกรรม (genetic marker) ในการคัดเลือกสัตว์ เรียกว่า Marker Assisted Selection (MAS) ช่วยเพิ่มความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ให้ไปถึงเป้าหมายได้รวดเร็วยิ่งขึ้นการค้นหายีนที่มีอิทธิพลสูง (major effect) ต่อลักษณะที่สนใจศึกษาเพื่อใช้เป็น genetic marker ในการคัดเลือกสัตว์ สามารถตรวจสอบได้ด้วยเทคนิค linkage mapping และ candidate gene approach (Jennifer *et al.*, 2000) 1) linkage mapping เป็นเทคนิคที่ตรวจหาเครื่องหมายพันธุกรรม (genetic marker) ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับยีนที่ควบคุมลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative trait loci: QTL) (ภาพที่ 2) ของลักษณะที่สนใจศึกษาได้

ทว่าทั้งจีโนมมีการศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะเศรษฐกิจกับ QTL เพื่อประยุกต์ใช้เป็น genetic marker (ตารางที่ 1) ซึ่งเป็น genetic marker ประเภท indirect marker ในขณะเดียวกัน 2) candidate gene approach เป็นการนำยีนที่ทราบหน้าที่แล้ว (functional gene) ซึ่งมีอิทธิพลและหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกของลักษณะที่สนใจศึกษาอย่างชัดเจนมาศึกษา



ภาพที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง tight linkage กับ loose linkage

เปรียบเทียบร่วมกันเพื่อหาอันที่เป็น major effect ซึ่งเรียกกันเหล่านั้นว่า candidate gene มีการค้นพบ candidate gene เป็นจำนวนมาก ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็น genetic marker (ตารางที่ 1) ซึ่งได้ genetic marker แบบ direct marker (Kinghorn and Clarke, 1997; Montaldo and Meza-Herrera, 1998)

ปัจจุบันความรู้ทางด้านจีโนมถูกนำมาใช้ศึกษาเครื่องหมายทางพันธุกรรม โดยเฉพาะการค้นหาเครื่องหมายโมเลกุลในระดับดีเอ็นเอสำหรับบ่งชี้ลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 1) ระดับดีเอ็นเอ (genomics) ทางชีววิทยาหรือชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจเพื่อค้นหาความผันแปรของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอบนยีนดังกล่าวที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะปรากฏที่สนใจ มีการใช้เทคโนโลยีของ SNP chip (ภาพที่ 3) เพื่อค้นหาเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอจำนวนมากที่มีความเกี่ยวข้องกับลักษณะปรากฏในคราวเดียวกันส่งผลให้ “การจำแนกรูปแบบทางพันธุกรรม (ความแตกต่างทางพันธุกรรม เช่น SNPs เป็นต้น) ของสัตว์รายตัว สามารถทำได้ครั้งละจำนวนมากและใช้ต้นทุนต่ำอย่างมีประสิทธิภาพ” เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยให้จำแนกรูปแบบทางพันธุกรรมของสัตว์แต่ละตัว ได้ตั้งแต่ 2,900 SNPs (Bovine3K Genotyping BeadChip, Illumina®) ถึง 777,000 SNPs (BovineHD Genotyping BeadChip, Illumina®) ครอบคลุมทั่วทั้งจีโนม รายละเอียดข้อมูลทางพันธุกรรมที่ถูกระบุทั่วทั้งจีโนมนี้ เปิดโอกาสให้นักปรับปรุงพันธุ์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ใน “การทำนายคุณค่าทางพันธุกรรมของสัตว์แต่ละตัว ได้ตั้งแต่แรกเกิดด้วยความเชื่อมั่นสูง” ซึ่งรูปแบบการปฏิบัติดังกล่าวมีผลในการลดระยะห่างระหว่างรุ่น และลดต้นทุนในการปรับปรุงพันธุกรรมสัตว์ภายในประชากร นอกจากนี้ ข้อมูลดังกล่าวยังสามารถนำมาใช้ใน “การคัดกรองพ่อแม่พันธุ์สำหรับใช้ประโยชน์ในการจับคู่ผสมพันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์ภายในประชากร” ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยใน “การกำหนดคุณสมบัติทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจ การตรวจสอบบรรพบุรุษ และการตรวจสอบย้อนกลับ” ซึ่งเรียกเทคนิคดังกล่าวว่า genome wide association analysis ในขณะที่การค้นหาตำแหน่งที่ตั้งของยีนที่ควบคุมลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจ (Quantitative

trait loci, QTL) ซึ่งเรียกวิธีการดังกล่าวว่า positional candidate gene หรือ QTL mapping ซึ่งการศึกษาการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของเครื่องหมายโมเลกุลดีเอ็นเอที่มีความสัมพันธ์กับความผันแปรลักษณะปรากฏ (phenotypic variation) ภายหลังมีการพัฒนาวิธีการค้นหาตำแหน่งของยีนบนโครโมโซมที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจซึ่งเรียกวิธีการดังกล่าวว่า expression QTL (eQTL)

2) ระดับอาร์เอ็นเอ (transcriptomics) การศึกษาทรานสคริปโตมิกส์เป็นการวิเคราะห์หากลุ่มยีนเป้าหมายที่มีการแสดงออกของยีนในเนื้อเยื่อในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งหรือการเปรียบเทียบการแสดงออกของกลุ่มยีนในเนื้อเยื่อเป้าหมายภายใต้เงื่อนไขสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกันโดยอาศัยเทคโนโลยีของดีเอ็นเอไมโครอะเรย์ (DNA microarray) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่ายีนชิป (gene chip) และ 3) ระดับโปรตีน (proteomics) การศึกษาโปรตีโอมิกส์เป็นการวิเคราะห์กลุ่มโปรตีนเป้าหมายที่มีการแสดงออกในเนื้อเยื่อในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งซึ่งคล้ายคลึงกับทรานสคริปโตมิกส์แต่แตกต่างกันที่โปรตีโอมิกส์เป็นการศึกษาผลผลิตในขั้นสุดท้ายของยีนโดยอาศัยเทคนิค 2 dimensional gel electrophoresis (2DGE) ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์นั้นโปรตีโอมิกส์ถูกนำมาใช้ค้นหาเครื่องหมายโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสำคัญทางเศรษฐกิจในสัตว์เลี้ยงซึ่งทั้งเทคโนโลยี transcriptomics และ proteomics สามารถวิเคราะห์ย้อนกลับไปสู่ระดับ genomics และค้นหาเครื่องหมายพันธุกรรมเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อพัฒนาลักษณะทางเศรษฐกิจต่อไป

ตารางที่ 1 การศึกษา QTL และ candidate genes กับลักษณะทางเศรษฐกิจในสัตว์ชนิดต่างๆ

Species	Traits/Gene	References
Dairy	- mastitis resistant	Youngerman <i>et al.</i> (2008); Duangjinda <i>et al.</i> (2008)
Beef	- growth traits	Basarab <i>et al.</i> (2004)
	- marbling	Wibowo <i>et al.</i> (2007)
Pig	- meat quality and carcass traits	Zhou <i>et al.</i> (2010)
	- growth traits	Yu <i>et al.</i> (1995)
	- litter size	Drogemuller <i>et al.</i> (2001)
Goat	- growth and carcass quality traits	Fang <i>et al.</i> (2009)
	- reproductive performance	An <i>et al.</i> (2009)
Chicken	- reproductive traits	Ou <i>et al.</i> (2009); Li <i>et al.</i> (2009)
	- growth traits	Amirinia <i>et al.</i> (2011)



ภาพที่ 3 SNP chip รุ่น BovineHDBeadChip บริษัท Illumina®

การศึกษาเครื่องหมายพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ

โคเนื้อ

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การวางแผนการคัดเลือกเพื่อพัฒนาคุณภาพเนื้อ สามารถทำได้ 2 วิธีคือ 1) การคัดเลือกสัตว์จากค่าการผสมพันธุ์ (breeding value) ในการประเมินพันธุกรรม (genetic evaluation) ต้องการข้อมูลการให้ผลผลิตของสัตว์และข้อมูลพันธุ์ประวัติ (pedigree) จึงจะสามารถประเมินพันธุกรรมของสัตว์ได้ (มนต์ชัย, 2548) แต่เมื่อพิจารณาการผลิตโคของเกษตรกรแล้วพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จะเลยการจดบันทึกข้อมูลการให้ผลผลิตและข้อมูลพันธุ์ประวัติ เพื่อใช้ในการประเมินพันธุกรรมสัตว์จากข้อจำกัดของข้อมูล 2) การใช้เทคโนโลยีทางด้านอนุพันธุศาสตร์มาใช้ในการคัดเลือกและปรับปรุงลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจโดยลักษณะของคุณภาพเนื้อถูกควบคุมด้วยยีนหลายคู่และเป็นยีนนั้นควบคุมหลายลักษณะ (pleiotropic effect) (Wang *et al.*, 2005) และมีค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะคุณภาพเนื้อ เช่น marbling, shear force และ %intramuscular fat อยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง (0.18-0.37) (Fernandes *et al.*, 2002) ซึ่งกลุ่มยีนที่ทำหน้าที่โดยตรงในการกระตุ้นการพัฒนาของกล้ามเนื้อถูกนำมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์กับความนุ่มของเนื้อและไขมันแทรกในเนื้อ (ตารางที่ 2) เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดระยะเวลาในการคัดเลือก และมีความก้าวหน้าในการคัดเลือกเร็วขึ้น

จะเห็นได้ว่ามียีนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะคุณภาพเนื้อด้วยกันหลายยีน ซึ่งเป็นยีนที่มีหน้าที่ชัดเจนและเกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของร่างกาย และเป็นไปได้ว่ายีนบางยีนอาจควบคุมหลายลักษณะแต่อย่างไรก็ตาม แม้จะพบรูปแบบจีโนไทป์ของยีนที่มีอิทธิพลต่อลักษณะคุณภาพเนื้อแล้ว แต่จะต้องนำไปทดสอบกับประชากรที่สนใจ (Validation) แม้จะเป็นยีนที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรมผลิตสัตว์ในปัจจุบันก็ตาม เช่น GeneSTAR เป็นต้น นอกจากนี้ เป็นเพียงการศึกษาเพียงบางยีนที่สนใจ อาจไม่ใช่ยีนหลักที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อ และเพื่อเป็นการเพิ่มความแม่นยำของการคัดเลือกควรทำการวิเคราะห์ร่วมระหว่างรูปแบบจีโนไทป์ของยีนกับค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะคุณภาพเนื้อ

ตารางที่ 2 ยีนที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะคุณภาพเนื้อในโค

Gene	SNP	Trait (significant)	References
Bovine chemokine receptor-like 1 (CMKLR1)	(264G > C and 762C > T)	backfat thickness (BFT) and water holding capacity (WHC)	Zhan <i>et al.</i> (2012)
Calpastatin (CAST)	A for SNP2959	shear force	Schenkel <i>et al.</i> , (2006)
	and G for SNP2870	Warner-Bratzler shear force (WBSF)	
Diacylglycerol O-acyltransferase (DGAT1)	c.572A>G and c.1416T>G	longissimus muscle area, marbling score, and Warner-Bratzler shear force	Yuan <i>et al.</i> (2013)
Leptin (LEPT)	exon 2	LM tenderness	Schenkel <i>et al.</i> (2005)
Thyroglobulin (TG)	s G133C, G156A, C220T and A506C w	marbling score	Gan <i>et al.</i> (2008)
Myogenic factor 5 (MyF-5)	1553 (exon2)	water holding capacity (WHC)	Ujan <i>et al.</i> (2011)
Peroxisome proliferator-activated receptor gamma (PPAR)	42895 C>T	tenderness in 18-20 months	Fan <i>et al.</i> (2011)
The GeneSTAR Tenderness and IgenityTenderGENE marker	(n-calpain)	Warner-Bratzler shear force	Eenennaam <i>et al.</i> (2007)

อย่างไรก็ตาม Bolormaa *et al.* (2011) ทำการศึกษา genome-widescan (GWAS) ในลักษณะซากและคุณภาพเนื้อ โดยใช้ SNP ทั้งหมด 53,798 SNP พบว่า SNP ที่ 87, 64, และ 63 มีความสัมพันธ์กับ IMF (%intramuscular fat), LLPF (shear force), และ CHILLP8 (sacro-iliac crest in the chille) ซึ่งเป็นตำแหน่งของยีน KITLG ถึง ยีน ATP2B1(87), XKR4 63) และยีน EHD1 ถึงยีน OVOL1 และยีน CAPN1 (63)

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปรับปรุงพันธุ์สัตว์เพื่อพัฒนาคุณภาพเนื้อในประเทศไทย

โคเนื้อ

การตรวจหาเครื่องหมายพันธุกรรมของยีนที่มีความสัมพันธ์กับความนุ่มของเนื้อและไขมันแทรกในเนื้อเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยลดระยะเวลาในการคัดเลือกโคเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ ช่วยให้นักปรับปรุงพันธุ์ตัดสินใจคัดเลือกโคได้เร็วขึ้นซึ่งมียีนหลายยีนที่มีความเกี่ยวข้องกับเมตาบอลิซึมของไขมันในร่างกายของสัตว์ (Levea, 2008) โดยยีนที่มีความสัมพันธ์กับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อที่สำคัญในเนื้อโคคือยีน *Thyroglobulin* (TG) ที่มีบทบาทในการควบคุมการทำงานของต่อมไทรอยด์ซึ่งมีความสำคัญต่อเมตาบอลิซึมของไขมันและมีผลต่อการสะสมไขมันในกล้ามเนื้อ (Levea, 2008) ในขณะเดียวกันกับดินทร์และคณะ (2553) ศึกษา single nucleotide polymorphism ของยีน *Thyroglobulin* (TG) ในโคเนื้อลูกผสม ด้วยเทคนิค PCR-RFLP

ยีนที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อที่สำคัญอีกกลุ่มหนึ่ง คือ ยีน *Calpastatin* (CAST) และ *Calpain* (CAPN) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเอ็นไซม์ *Calpastatin* และ μ -*calpain* ซึ่งมีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายโปรตีนกล้ามเนื้อหลังจากสัตว์เสียชีวิต (Young *et al.*, 2001) จากการศึกษาของ ภูมิพงษ์ และคณะ (2555) ศึกษา

ความสัมพันธ์ของยีน CAST และ CAPN กับลักษณะความนุ่มเนื้อและไขมันแทรกในโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสนซึ่งตรวจจีโนไทป์ด้วยชุดน้ำยาตรวจคัดเลือกลายพันธุ์โคและทำนายคุณภาพของเนื้อโค (iBrew: Bovine Meat Quality Genotyping kit) โดยใช้วิธีการตรวจหาเครื่องหมายทางพันธุกรรม (SNPs) ของยีนที่เกี่ยวข้องกับระดับไขมันแทรกและระดับความนุ่มของเนื้อโคเพื่อช่วยในการคัดเลือกลายพันธุ์โคและทำนายคุณภาพของเนื้อโคตั้งแต่แรกคลอดหรือในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ ด้วยวิธี PCR ร่วมกับการใช้ restriction enzyme ในขณะเดียวกัน ปิยะดา และคณะ (2547) ศึกษาลำดับเบสในส่วน Subdomain 1A – 1C ของยีน CAST ในโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน ด้วยเทคนิค PCR ร่วมกับ Sequencing พบว่าการดอมีโน Proline มีความแตกต่างกันกับการดอมีโน Luecine ที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ซึ่งความแตกต่างของการดอมีโน ณ ตำแหน่งดังกล่าวอาจมีความสัมพันธ์สูงต่อความนุ่มของเนื้อโคพันธุ์กำแพงแสน

กัลยา และคณะ (2549) ศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน Myostatin และลักษณะคุณภาพซากของโคเนื้อ 4 สายพันธุ์ (โคพื้นเมือง โคหามิมะ โคกบินทร์บุรี และโคตาก) ด้วยเทคนิค PCR-SSCP ซึ่งยีน Myostatin ที่เป็น homozygous dominant (Mh) จะควบคุมการสร้างกล้ามเนื้อในลักษณะที่ปกติส่วนยีน Myostatin ที่เกิดการกลายพันธุ์และเป็น homozygous recessive (mh) จะควบคุมการสร้างกล้ามเนื้อที่ผิดปกติทำให้มีการเจริญเติบโตและการพัฒนาของกล้ามเนื้อโดยไม่หยุดสร้างเนื่องจากยีน Myostatin ไม่ Mature ทำให้กล้ามเนื้อมีมัดใหญ่มาก เรียกว่า Double muscle

กัลยา และคณะ (2551) ศึกษาความสัมพันธ์ของยีน Collagen และ Collagenase และลักษณะความนุ่มของโคเนื้อไทยด้วยเทคนิค PCR ร่วมกับ Sequencing เพื่อหาลำดับเบสเพื่อใช้ในการทดสอบอัลลีล (allele) จากการศึกษาพบว่ายีน Collagen อัลลีล G ของทุกสายพันธุ์ยกเว้นโคขาวลำพูนมีค่าแรงเค้น (WBSF) หลังการบ่ม 14 วันสูงกว่าอัลลีล A สามารถสรุปได้ว่ายีน Collagen และยีน Collagenase มีบทบาทที่สำคัญต่อ WBSF ซึ่งเป็นค่าที่ชี้ระดับความนุ่มเนื้อในโค

โปรตีน Stearoyl-CoA Desaturase (SCD 1) เป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกรดไขมันโมเลกุลเดี่ยวไม่อิ่มตัว (monosaturated fatty acid: MUFA) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์ (triglycerides) องค์กรประกอบไขมันตามส่วนต่างๆ คอเลสเตอรอลและฟอสโฟไลปิด (membrane phospholipids) โดยยีน SCD1 จะทำงานเพื่อสร้างโปรตีนบริเวณเนื้อเยื่อไขมันสีขาว เนื้อเยื่อไขมันสีน้ำตาล เนื่องจากยีน SCD1 มีความเกี่ยวข้องกับการเผาผลาญของไขมันและการสร้างกลุ่มของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญของเนื้อโค ทำให้เนื้อโคมีกลิ่นและรสชาติดี จากการศึกษาของกัลยา และคณะ (2551) ศึกษาความสัมพันธ์ของยีน SCD 1 กับลักษณะองค์ประกอบกรดไขมันของเนื้อโคพื้นเมืองไทย ด้วยเทคนิค PCR-RFLP จากการศึกษาพบว่าโคอีสานจิโนไทป์ CC มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว MUFA สูงสุด ซึ่งกลุ่มของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเป็นประโยชน์ต่อร่างกายและเป็นผลดีต่อสุขภาพ

สรุป

ในปัจจุบันการศึกษาทาง genomics เพื่อค้นหาความเชื่อมโยงลักษณะคุณภาพเนื้อหรือค้นหาตำแหน่งบนโครโมโซมที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะดังกล่าวเจริญก้าวหน้าไปอย่างมากมีการค้นพบ candidate gene เป็นจำนวนมากที่สัมพันธ์กับลักษณะการสะสมกล้ามเนื้อ, ลักษณะไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (intramuscle fat) และลักษณะคุณภาพของไขมัน (fatty acid profile) อาทิเช่นยีน IGF2 มีผลต่อการสะสมเนื้อและลดการสะสมไขมันในสุกร (Van Laere et al., 2003) สำหรับยีนที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อได้แก่ Ryanodine receptor (RYR) (Fujii et al., 1991) ส่วนยีนที่มีผลต่อลักษณะไขมันแทรกในกล้ามเนื้อคือ Heart fatty acid binding protein gene (H-FABP) (Gerbens et al., 1999) ยีน H-FABP มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการดูดซึมกรดไขมันชนิดสายยาว (long-chain fatty acid) และ

ควบคุมเมตาบอลิซึมของร่างกายให้อยู่ในสภาวะสมดุลและมีผลต่อปริมาณการสะสมไขมันแทรก (Intramuscular Fat) ในเนื้อสุกรด้วยซึ่งปริมาณไขมันแทรกในเนื้อก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดคุณภาพเนื้อและเป็นตัวที่ทำให้เนื้อมีความนุ่มขึ้นเนื่องจากไขมันแทรกระหว่างเซลล์ทำให้แรงยึดระหว่างเซลล์ของกล้ามเนื้อน้อยลงและไขมันเหล่านี้จะทำหน้าที่เป็นตัวหล่อลื่นขณะเคี้ยวเนื้อทำให้เกิดความชุ่มฉ่ำภายในปากและรู้สึกว่เนื้อนุ่มขึ้นเกิดรสชาติและเพิ่มความน่ารับประทาน (2549) ศึกษาอิทธิพลของยีน *H-FABP* ต่อคุณภาพเนื้อสุกร ด้วยเทคนิค PCR-RFLP พบว่ายีน *H-FABP* ไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อ

ยีน *Melanocortin-4 Receptor (MC4R)* เป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการกินอาหารและการเจริญเติบโต การกลายพันธุ์ของยีน *MC4R* ส่งผลต่อการเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตปริมาณการกินได้และความหนาไขมันสันหลัง จึงมีการนำยีน *MC4R* มาใช้เป็นเครื่องหมายพันธุกรรมในการคัดเลือกสุกรเพื่อให้ได้ลักษณะทางเศรษฐกิจยีน *MC4R* เป็นยีนที่อยู่บนโครโมโซมที่ 1 (SSC1) ตำแหน่งที่ q22-q27 ในสุกรยีน *C4R* เชื่อมโยงอยู่กับเครื่องหมายพันธุกรรม (marker) หลายตัวบนโครโมโซมที่ 1 (Kim *et al.*, 2000b) การกลายพันธุ์ของยีน *MC4R* จากเบส G เปลี่ยนไปเป็น A (G A) ส่งผลให้การถอดมีโนที่ตำแหน่ง 298 เปลี่ยนจาก Aspartic (Asp) เป็น Asparagine (Asn) มีความเกี่ยวข้องกับการเพิ่มความหนาไขมันสันหลังอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณการกินได้มีรายงานการพบการกลายพันธุ์ของยีนนี้ในสุกรหลากหลายพันธุ์และสายพันธุ์ (Kim *et al.*, 2000a) สุกรที่ไม่มีการกลายพันธุ์จะมีลักษณะไขมันสันหลังบางกว่าอัตราการเจริญเติบโตช้ากว่าและกินอาหารน้อยกว่า (Kim *et al.*, 2000a) จากการศึกษาของ กมล และคณะ (2554) ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของยีน *MC4R* ต่อลักษณะทางเศรษฐกิจของสุกรที่พัฒนาและปรับปรุงพันธุ์โดยการผสมตัวในสุกรพันธุ์ดอร์คฮอร์วท์แลนด์เรชเบียร์ตรงปากช่อง 2 ปากช่อง 3 ปากช่อง 4 ปากช่อง 5 และเชียงใหม่ 1 ด้วยเทคนิค PCR-RFLP พบว่ายีน *MC4R* ไม่มีอิทธิพลต่อต่อลักษณะอัตราการเจริญเติบโตความหนาไขมันสันหลัง

สัตว์ปีก

คุณภาพเนื้อของไก่ไทยพันธุ์พื้นเมืองและไก่ไทยพันธุ์ลูกผสมมีรสชาติดีกว่าไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้าแต่ไก่ไทยพันธุ์พื้นเมืองใช้ระยะเวลาเลี้ยงนานกว่าไก่ไทยพันธุ์ลูกผสมและไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้าอย่างไรก็ตามเนื้อไก่ไทยพันธุ์พื้นเมืองมีความเหนียวแน่น (firm meat texture) สูงกว่าไก่เนื้อลูกผสมและไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้าโดยไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้ามีความนุ่มสูง (over tenderness) ซึ่งไก่ไทยพันธุ์ลูกผสมมีความนุ่มของเนื้ออยู่ระหว่างไก่ไทยพันธุ์พื้นเมืองกับไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้า (วรภรณ์, 2546; Jaturasitha *et al.*, 2002) ซึ่งเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั่วไปจากการศึกษาของ หนึ่งฤทัย (2556) ศึกษาความสัมพันธ์ของยีน *Insulin like growth factor-I (IGF-I)* และ *chicken growth hormone (cGH)* กับคุณภาพซากและความนุ่มเนื้อในไก่สายพันธุ์สังเคราะห์ (พันธุ์ไข่มุกอีสาน แก่นทอง สร้อยเพชร สร้อยนิล) ด้วยเทคนิค PCR-RFLP พบว่าไก่สายพันธุ์แก่นทองมีความสามารถในการอ้วนน้ำมากกว่าไก่สายพันธุ์อื่น

สรุป

จะเห็นได้ว่าการใช้เทคโนโลยีเครื่องหมายพันธุกรรมมีความสัมพันธ์กับศาสตร์ด้านจีโนมิกส์ทรานสคริปโตมิกส์ และ โปรตีโอมิกส์ โดยตรง การใช้เครื่องหมายพันธุกรรมนอกจากจะช่วยในการปรับปรุงพันธุ์ด้านคุณภาพเนื้อโดยตรงในโปรแกรมการคัดเลือกพันธุ์ (Marker Assisted Selection, MAS) แล้วยังสามารถนำมาใช้ใน “การคัดกรองพ่อแม่พันธุ์สำหรับใช้ประโยชน์ในการจับคู่ผสมพันธุ์และการปรับปรุงพันธุ์ภายในประชากร” ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยใน “การกำหนดคุณสมบัติทางพันธุกรรมสำหรับลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจ การตรวจสอบ

บรรพบุรุษ และการตรวจสอบย้อนกลับ"ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้เทคโนโลยีนี้ในประเทศไทยเริ่มมีการดำเนินการในสัตว์เศรษฐกิจทั้งในโคเนื้อ สุกร และสัตว์ปีก (ไก่พื้นเมือง) แล้ว ซึ่งช่วยให้การปรับปรุงพันธุ์และการจัดการคุณภาพเนื้อในประเทศไทยมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กมล ฉวีวรรณ วิศาล ศรีสุริยะ วโรชา จำปารัตน์ และแสนศักดิ์ นาคะวิสุทธิ. 2554. ความสัมพันธ์ของยีน MC4R ต่อลักษณะทางเศรษฐกิจในสุกร. ว. วิชาการสำนักพัฒนาพันธุ์. 213-227 น.
- กัลยา บุญญานุวัตร และศุภฤกษ์ สายทอง. 2551. ความสัมพันธ์ของยีน *Stearoyl-CoA Desaturase (SCD 1)* กับลักษณะองค์ประกอบกรดไขมันของเนื้อโคพื้นเมืองไทย. ว. วิชาการสำนักพัฒนาพันธุ์. 1-10 น.
- กัลยา บุญญานุวัตร อำนวย พุทธรัตน์ และนารถยา ชมนารถ. 2551. ความสัมพันธ์ของยีน *Collagen* และ *Collagenase* และลักษณะความนุ่มของโคเนื้อไทย. ว. วิชาการสำนักพัฒนาพันธุ์. 213-227 น.
- กัลยา บุญญานุวัตร อำนวย พุทธรัตน์ และไพโรจน์ ศิริสม. 2549. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *Myostatin* และลักษณะคุณภาพซากของโคเนื้อ 4 สายพันธุ์. [Online]. Available: <http://www.freewebs.com/kalayabo/Genetic%20Diversity%20of%20Myostatin%20Gene%20Related%20to%20Carcass%20Quality%20of%204%20Beef%20Cattle%20Breeds.pdf>. [สืบค้นเมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2556]
- ภูมิพงศ์ บุญแสน ธีตารัตน์ สุปัทภักดิ์ ปฐมา แทนนาคม บุญพา ปานภักดิ์ ภาวิณี จำปาคำ สุริยะ สะวานนท์. 2555. การตรวจสอบเครื่องหมายพันธุกรรมที่สัมพันธ์กับลักษณะความนุ่มของเนื้อและไขมันแทรกในโคเนื้อพันธุ์กำแพงแสน. น. 117-124. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
- วรารักษ์ เหลืองวันทา. 2546. อิทธิพลของไก่พื้นเมืองและลูกผสมต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพ เนื้อ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สัญญา จตุรสิทธา. 2534. การจัดการเนื้อสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 145 น.
- สัญญา จตุรสิทธา. 2543. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. ธนบรรณการพิมพ์, เชียงใหม่. 244 น.
- อรพิน พิมพ์สมแดง. 2549. อิทธิพลของยีน Heart Fatty Acid-Binding Protein (H-FABP) ต่อคุณภาพเนื้อสุกร. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- Bolormaa, S., L.R. Porto Neto, Y.D. Zhang, et al. 2011. A genome-wide association study of meat and carcass traits in Australian cattle. J Anim. Sci. 89: 2297-2309.
- Fan, Y.Y., L.S. Zan, C.Z. Fu, et al. 2011. Three novel SNPs in the coding region of PPARc gene and their associations with meat quality traits in cattle. Mol. Biol. Rep. 38:131-137.
- Gan, Q.F., L.P. Zhang, J.Y. Li., et al. 2008. Association analysis of thyroglobulin gene variants with carcass and meat quality traits in beef cattle. J. Appl. Genet. 49: 251-255.
- Jennifer, M., M.D. Kwon, M.A. Goate and. D. Phil. 2000. The candidate gene approach. Alcohol Res. Health. 24: 64-68.

- Kinghorn, B.P. and B.E. Clarke. 1997. Genetic evaluation at individual QTL. *Anim. Biotechnol.* 8: 63-68.
- Kinghorn, B.P., B.W. Kennedy. and C. Smith. 1993. A method for screening for genes of major effect. *Genetics*. 134: 351-360.
- Li, J., L.P. Zhang, Q.F. Gan, *et al.* 2010. Association of CAST Gene Polymorphisms with Carcass and Meat Quality Traits in Chinese Commercial Cattle Herds. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 11: 1405–1411.
- Montaldo, H.H. and C.A. Meza-Herrera. 1998. Use of molecular markers and major genes in the genetic improvement of livestock. *J. Biotechnol.* 1: 83-89.
- Schenkel, F.S., S.P. Miller, X. Ye, *et al.* 2005. Association of single nucleotide polymorphisms in the leptin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 83: 2009-2020.
- Schenkel, F.S., S.P. Miller, Z. Jiang, I.B. Mandell, X. Ye, H. Li and J.W. Wilton. 2006. Association of a single nucleotide polymorphism in the calpastatin gene with carcass and meat quality traits of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 291-299.
- Scollan, N., J.-F. Hocquette, K. Nuernberg, *et al.* 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* 74: 17–33.
- Ujan, A., L.S. Zan, S.A. Ujan, *et al.* 2011. Association between polymorphism of MyF-5 gene with meat quality traits in indigenous Chinese cattle breeds. *International Conference on Asia Agriculture and Animal IACSIT Press, Singapore.*
- Yuan, Z., J. Li, J. Li, X. Gao, *et al.* 2013. Effects of DGAT1 gene on meat and carcass fatness quality in Chinese commercial cattle. *Mol. Biol. Rep.* 40: 1947–1954.
- Zhan, X., B. Jiang, X. Ma, *et al.* 2013. Polymorphisms of the bovine chemokine receptor-like 1 gene and their associations with meat quality traits in Qinchuan cattle (*Bos taurus*). *Electron. J. Biotechnol.* ISSN: 0717-3458

เทคโนโลยีอาหารสัตว์เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อ Enhancing Meat Quality by Feed Technology

สัญญา จตุรสิทธา ธนาพร บุญมี และ นิราภรณ์ ชัยวัง

Sanchai Jaturasitha, Thanaporn Bunmee, and Niraporn Chaiwang

ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, 50200

บทคัดย่อ

เนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อเป็นอาหารที่จำเป็นต่อเด็กและผู้ใหญ่ เนื้อประกอบไปด้วยโปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุที่ร่างกายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และยังสามารถทำเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) โดยเฉพาะในเรื่องกรดไขมันไม่อิ่มตัว และปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำ ส่วนประกอบในเนื้อจะเกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อและความพึงพอใจของผู้บริโภค ซึ่งในเนื้อสัตว์สามารถปรับปรุงและป้องกันการเกิดความเสื่อมเสียหรือลักษณะไม่พึงประสงค์ของเนื้อได้ โดยใช้เทคนิคต่างๆ ทางด้านอาหารและการใช้สารเสริมในอาหาร และซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าผู้บริโภคต้องการเนื้อที่มีความนุ่มและต้องปลอดภัยต่อการบริโภค ดังนั้นผู้ผลิตเนื้อจึงจำเป็นต้องหาสารเสริมที่มาจากธรรมชาติและปลอดภัยต่อผู้บริโภคมาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้ออีกด้วย

Abstract

Meat and meat products are essential in the diet of child and adult. Their principal components are proteins, fats, vitamins and minerals with a high degree of bioavailability. Meat can be functional food in terms of rich in unsaturated fatty acid and low cholesterol content. Meat composition could contribute high meat quality to fulfill customer satisfactions. The meat can be modified by feed technology or feed additive considered beneficial for improve or prevent the meat quality. While it has been known for many years that tenderness plays a large role in acceptability of meat by consumer, it has become increasingly apparent that safety and toxicity also needs to be addressed. Therefore, the meat industry has to find natural source or free from harm ingredient to use in their product.

บทนำ

โดยทั่วไปแล้วคุณภาพเนื้อของผู้บริโภคจะหมายถึงความพึงพอใจต่อการบริโภคเนื้อและคุณภาพในการเก็บรักษาเนื้อ ตลอดจนเทคโนโลยีการแปรรูป ซึ่งในปัจจุบันผู้บริโภคจะให้ความสำคัญกับสารอาหารที่มีในเนื้อ ธรรมชาติเนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏของเนื้อ รวมถึงความปลอดภัย หรือสารตกค้างในเนื้อสัตว์ จากความต้องการของผู้บริโภคที่ทำให้ผู้ผลิตเนื้อสัตว์ต้องให้ความสำคัญกับพันธุ์สัตว์ อาหาร การจัดการก่อนและหลังการฆ่า รวมทั้งการเก็บรักษามากขึ้น การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีอาหารสัตว์มาใช้ นับว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่จะช่วยให้ผู้ผลิตสำเร็จถึงเป้าหมายได้เร็วขึ้น เทคโนโลยีอาหารสัตว์เป็นปัจจัยในการผลิตที่ถูกใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพของเนื้อสัตว์ โดยเกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต สวัสดิภาพของสัตว์ ความปลอดภัยและคุณค่าทางอาหาร ตลอดจนคุณภาพการบริโภคของเนื้อสัตว์ อย่างไรก็ตามการจัดการทางด้านอาหารควรคำนึงถึง

ชนิดและปริมาณอาหารที่จะให้แก่สัตว์รวมทั้งประสิทธิภาพและสายพันธุ์ของสัตว์ รวมทั้งการตกค้างในเนื้อสัตว์ที่จะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค

การจัดการด้านอาหารต่อคุณภาพเนื้อ

การเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญในการผลิตเนื้อสัตว์ โดยการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อเกี่ยวข้องกับจำนวนและขนาดของกล้ามเนื้อตั้งแต่ยังเป็นตัวอ่อน และการสะสมโปรตีนในระหว่างการเจริญเติบโตที่เกี่ยวข้องกับ 2 กระบวนการคือ อัตราการสังเคราะห์โปรตีน (protein synthesis) และอัตราการสลายโปรตีน (protein degradation) ในช่วงที่สัตว์กำลังเจริญเติบโต สัตว์จะมีอัตราการสะสมโปรตีนมากกว่าอัตราการสลายโปรตีน และเมื่อสัตว์อายุมากขึ้นอัตราการสะสมโปรตีนลดลงแต่อัตราการสลายโปรตีนเพิ่มขึ้น และจะเท่ากันเมื่อสัตว์โตเต็มที่ (Oksbjerg *et al.*, 2004) ดังนั้นจึงมีความพยายามทำให้สัตว์มีการเจริญเติบโตสะสมเนื้อแดงและใช้ประโยชน์ได้จากอาหารให้ได้มากที่สุด แต่สัตว์ที่มีการสะสมเนื้อแดงมาก กลับทำให้เนื้อมีความนุ่มลดลง เช่นในวัวพันธุ์เบลเยียมบูลที่มีปริมาณกล้ามเนื้อมากกลับมีความนุ่มลดลง ปริมาณไกลโคเจนก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อคุณภาพเนื้อ เนื่องจากไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงานของกล้ามเนื้อทั้งในขณะที่ยังมีชีวิตหรือตายไปแล้ว หลังจากกระบวนการเอาเลือดออก การขนส่งออกซิเจนและพลังงานหยุดลง กล้ามเนื้อจะเปลี่ยนแปลงจากการหายใจแบบใช้ออกซิเจน ไปเป็นการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนโดยใช้ไกลโคเจนเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งผลผลิตที่ได้จากการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนนี้จะได้กรดแลกติก (lactic acid) เกิดขึ้นและสะสมในกล้ามเนื้อ ทำให้ pH ของกล้ามเนื้อลดลง ส่งผลถึงความสามารถในการอุ้มน้ำและคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเนื้อ เช่น สีและความชุ่มฉ่ำของเนื้อ การให้อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายเช่น น้ำตาล เป็นวิธีที่ใช้แก้ปัญหาเนื้อที่มีค่า pH สูงเกินไปดังเช่นในเนื้อ DFD (dark firm dry) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่สัตว์มีปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อก่อนการฆ่าน้อยเกินไปจากการอดอาหารมาเป็นเวลานาน หรือการได้รับความเครียดสะสม ทำให้ไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อถูกใช้หมดไปก่อนที่จะทำการฆ่า (Warriss, 2000) จากการศึกษาของ Gierus and Rocha (1997) ที่ทำการศึกษาผลของการให้อาหารที่มีปริมาณไขมันและโปรตีนสูงแต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำในช่วง 3 สัปดาห์ก่อนส่งโรงฆ่า พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารไขมันและโปรตีนสูงนี้มีปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อต่ำ สอดคล้องกับ Lauridsen *et al.* (1999) รายงานว่าการให้อาหารที่มีปริมาณไขมันสูงทำให้การสะสมไกลโคเจนในเนื้อต่ำลง แต่ขัดแย้งกับการทดลองของ Rosenfold *et al.* (2002) ที่พบว่าการให้อาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตมากขึ้นไม่ส่งผลต่อปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ เช่นเดียวกับการทดลองของ Leheska *et al.* (2002) รายงานว่าการให้อาหารที่มีโปรตีนสูงแต่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตต่ำนั้นไม่ได้มีผลต่อความสามารถในการสะสมไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ ทั้งนี้เป็นเพราะกระบวนการสะสมไกลโคเจนในร่างกายสัตว์เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนซึ่งมีการทำงานของเอนไซม์ไกลโคเจนิน (glycogenin) เป็นกลไกสำคัญในการกำหนดการสร้างหรือการสลายไกลโคเจนในร่างกายสัตว์ (Graham and Adamo, 1999) อีกทั้งไกลโคเจนในร่างกายนั้นยังสามารถแบ่งได้อีก 2 ประเภทคือ Proglycogen และ Macroglycogen ซึ่งแตกต่างกันในส่วนขนาดโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบ และความสามารถในการละลายในกรด Macroglycogen จะมีอัตราส่วนของคาร์โบไฮเดรตต่อโปรตีนสูง แต่มีความสามารถในการละลายในกรดได้ต่ำ ส่วน Proglycogen จะมีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบอยู่น้อยแต่มีความสามารถในการละลายในกรดค่อนข้างมาก กล้ามเนื้อที่มีการสะสมไกลโคเจนมากนั้นจะประกอบไปด้วยส่วนของ Macroglycogen มากกว่า Proglycogen (Hansen *et al.*, 2000; Graham *et al.*, 2001) โดยปกติ Proglycogen ในเนื้อสุกรจะถูกย่อยสลายในช่วง 45 ถึง 60 นาทีหลังฆ่า โดย Proglycogen จะพบมากในเนื้อสุกรที่ pH ลดลงอย่างรวดเร็ว หรือ เนื้อ PSE หรือในสุกรกลุ่มที่มียีน RN⁺ แต่ในสุกรที่มียีน RN⁻ นั้นสามารถเพิ่มการสะสมไกลโคเจนได้

โดยการจัดการทางด้านอาหาร เพราะสามารถเพิ่มปริมาณ Macroglycogen ในกล้ามเนื้อของสุกรได้นั่นเอง (Rosenfold *et al.*, 2002)

การปรับปรุงกลิ่นรสของเนื้อด้วยอาหาร

กลิ่นรสของเนื้อมีความสำคัญมากต่อความพึงพอใจโดยรวมของเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อสุกร แกะ และเนื้อโค โดยทั่วไปพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมจะมีผลต่อกลิ่นรสของเนื้อ อาหารจัดเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อกลิ่นรสมากที่สุด (Shahidi and Rubin, 1986) กลิ่นและรสชาติของเนื้อจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเนื้อผ่านการปรุงสุกเพราะทำให้เกิดการสลายตัวของสารประกอบบางอย่างที่สามารถละลายน้ำได้ (Shahidi and Rubin, 1986) และกรดไขมันบางชนิด (Mottram and Edwards, 1983) โดยทั้งสารประกอบที่ละลายน้ำและกรดไขมันนั้นมีส่วนที่ช่วยกันสร้างกลิ่นและรสชาติในขณะรับประทาน จากการศึกษาของ Stringer (1969) พบว่าระดับโปรตีนในอาหารไม่มีผลต่อกลิ่นรสของเนื้อแต่การให้โปรตีนบางชนิดเช่น ปลาป่นจะมีผลทำให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์เกิดขึ้นได้ แต่จากการศึกษาของ Dransfield *et al.* (1985) พบว่า การใช้กากคาโนล่าทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองในอาหารขุนสุกรนั้นทำให้ความเข้มข้นของกลิ่นลดลง เช่นเดียวกับการให้กากถั่วลิสงทดแทนการใช้ข้าวโพด พบว่าทำให้กลิ่นรสของเนื้อแตกต่างกันออกไปทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันสันหลัง โดยจะมีกรดไขมันโอเลอิก และกรดไขมันลิโนเลอิกเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้กรดไขมันชนิดปาล์มมิติกและสเตอริลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (West and Myer, 1987) นอกจากนี้ ระดับพลังงานในอาหารจะมีผลทำให้กลิ่นและรสชาติของเนื้อเปลี่ยนไปด้วย เช่นในการทดลองของ Field *et al.* (1983) ที่ทำการเสริมอาหารชั้นให้แก่แกะเปรียบเทียบกับการให้หญ้าที่มีพลังงานต่ำกว่าเพียงอย่างเดียวพบว่า ในแกะกลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นจะมีกลิ่นรสน่าพึงพอใจมากกว่ากลุ่มที่ได้รับเพียงหญ้าสด สอดคล้องกับการทดลองของ Vimini *et al.* (1984) ที่พบว่าการให้อาหารพลังงานสูงจะทำให้ได้เนื้อแกะที่มีกลิ่นรสที่ดีกว่าแกะที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากจุดหลอมเหลวของไขมันในกลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานสูงจะต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำซึ่งแสดงให้เห็นว่าเนื้อแกะกลุ่มที่ได้รับพลังงานสูงนั้นมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่ากลุ่มพลังงานต่ำ จึงทำให้มีกลิ่นรสที่มากกว่าด้วย เช่นเดียวกับในโค โคที่ได้รับอาหารพลังงานสูงมีแนวโน้มของกลิ่นรสที่มากกว่าอาหารพลังงานต่ำ ทั้งนี้เกี่ยวข้องกับปริมาณไขมันในซากของโคที่ได้รับอาหารพลังงานสูงจะมากกว่าโคที่ได้รับอาหารพลังงานต่ำ (Melton, 1990) ในส่วนของอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์ก็มีผลต่อกลิ่นรสเช่นเดียวกัน French *et al.* (2001) พบว่า โคที่ได้รับอาหารชั้นเต็มที่จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและมีกลิ่นรสดีกว่าโคที่ได้รับอาหารอย่างจำกัดหรือได้รับแต่อาหารหยาบอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นผลมาจากอัตราการสะสมโปรตีนในกล้ามเนื้อของโคที่ได้รับอาหารเต็มที่มีมากกว่านั่นเอง Elmore *et al.* (2004) รายงานว่า องค์ประกอบที่แตกต่างกันของกรดไขมันในเนื้อโคนั้นจะทำให้กลิ่นรสในเนื้อโคแตกต่างกันด้วย ในโคที่ได้รับอาหารหมักจะมีปริมาณกรดไขมันชนิดมากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารชั้น แต่จะมีปริมาณกรดโอเลอิกและลิโนเลอิกน้อยกว่า กรดลิโนลินิกจะถูกเปลี่ยนให้กลายเป็นสารประกอบ จำพวก 4-heptenal, 2,4-heptadienal และ 2,6-nonadienal ในขณะที่ 2-heptenal, 2,4-decadienal และ lactones ที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชันในกระเพาะหมักนั้น จะมีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการเกิดกลิ่นรสในเนื้อโค สารประกอบนี้จะระเหยได้ง่ายเมื่อเนื้อได้รับความร้อนทำให้มีกลิ่นดี

การเพิ่มความน่ารับประทานของเนื้อโดยใช้สารเสริมในอาหาร

ความนุ่มเหนียวของเนื้อเป็นลักษณะที่บ่งบอกถึงคุณภาพการบริโภคที่สำคัญที่สุด โดยมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความนุ่มเหนียวของเนื้อ ซึ่งปริมาณไขมันแทรกเป็นปัจจัยที่สามารถบ่งบอกความนุ่มเหนียวของเนื้อได้ เนื้อที่มีปริมาณไขมันแทรกมากจะมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Warner-Bratzler shear force) น้อย (USDA, 1997) การ

จัดการทางด้านอาหารเป็นกลไกที่สำคัญในการผลิตเนื้อคุณภาพดี การให้อาหารพลังงานสูงหรือทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของอาหารของสัตว์ดีขึ้น มีผลทำให้มีการสะสมไขมันโดยเฉพาะในกล้ามเนื้อมากขึ้นทำให้มีคุณภาพเนื้อดีขึ้น (Oddy *et al.*, 2001; Purchas *et al.*, 2002) ดังนั้นจึงมีความพยายามที่จะใช้สารเสริมอาหารลงไปให้อาหารสัตว์เพื่อจะปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร กระตุ้นการเจริญเติบโต เพิ่มอัตราการสร้างและสะสมทั้งโปรตีนและไขมันในเนื้อ หรือกระตุ้นภูมิคุ้มกันต้านทานแก่สัตว์ทำให้สัตว์มีสุขภาพดี ให้ได้การเจริญเติบโตเต็มที่สูงสุด โดยในการศึกษาของ Leopoldino *et al.* (2007) พบว่าการใช้ ไอโอโนฟอร์ (ionophore) สามารถเพิ่มปริมาณ กรดไขมันโอเมก้า 3 และลดการสูญเสียกรดไขมันที่ระเหยได้จากกระเพาะหมัก สามารถปรับปรุงคุณภาพซากโดยการเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้จากพลังงานให้ได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการเสริมยีสต์เช่น *Saccharomyces cerevisiae* และ *Aspergillus oryzae* ที่สามารถปรับเปลี่ยนสิ่งแวดล้อมในกระเพาะหมักให้เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะ ทำให้การกินอาหารและประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น (Zeoula *et al.*, 2008) ปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3 กรดไขมันที่ระเหยได้ในกระเพาะหมักเพิ่มมากขึ้น (Miller-Webster *et al.*, 2002) และยังส่งผลทำให้มีน้ำหนักตัวสุดท้ายก่อนการฆ่าตัวด้วย (Haddad and Goussous, 2005) สำหรับกลีเซอริน (glycerin) หรือสิ่งเหลือจากอุตสาหกรรมผลิตไบโอดีเซล ก็เป็นสารอีกชนิดที่นิยมนำมาปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์ ทั้งนี้เพราะกลีเซอรินประกอบไปด้วยกลีเซอรอลจำนวนมากนี้ เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการ gluconeogenesis (Chung *et al.*, 2007) กลีเซอรอลจะถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคสได้ในตับและเป็นแหล่งพลังงานในการเผาผลาญของเซลล์ Goff and Horst (2001) รายงานการเสริมกลีเซอรินในช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานร่วมกับการให้อาหารชั้นหรือเมล็ดธัญพืช ก่อนที่จะส่งโรงฆ่า จะเป็นการเพิ่มกระบวนการกลูโคเนโอเจเนซิส ดังเช่นในการทดลองของ Purchas *et al.* (2002) ที่ทำการเสริมกลีเซอรินในอาหารโคขุนระยะสุดท้าย พบว่า ในกลุ่มการทดลองที่เสริมนี้มีปริมาณฮอร์โมนอินซูลินสูงกว่า กลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมและยังมีไขมันแทรกมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริมอีกด้วย Mach *et al.* (2009) รายงานว่าการเสริมกลีเซอรินมีผลทำให้อัตราส่วนระหว่างกรดไขมันโอเมก้า 3 และกรดอะซิติกลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันโอเมก้า 3 ในกระเพาะหมัก ซึ่งกรดไขมันโอเมก้า 3 นั้นเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กลูโคสของตับ

การใช้สารเสริมในอาหารสัตว์เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อ

ในการผลิตเนื้อและผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเป็นคุณลักษณะสำคัญที่ต้องได้รับการพิจารณา เพราะความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นตัวชี้วัดความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ทั้งยังเกี่ยวข้องกับรสชาติ และคุณภาพการบริโภคอีกด้วย จากความรู้เทคโนโลยีทางด้านอาหารสัตว์สมัยใหม่พบว่า สารเสริมแร่ธาตุและวิตามินบางชนิดสามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อได้ D'souza *et al.* (2000) รายงานว่าการเสริมแมกนีเซียมสามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อได้ การขนส่งไปยังโรงฆ่ามักจะทำให้สัตว์เกิดการเครียด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสุกร ซึ่งกระทบต่อคุณภาพเนื้อ (Küchenmeister *et al.*, 2005) ส่วน Peeters *et al.* (2006) ศึกษาผลของการเสริมแมกนีเซียมในน้ำดื่มแก่สุกรที่พักในโรงฆ่า พบว่า การเสริมแมกนีเซียมนั้นสามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อของสุกรได้ เนื่องจากไปลดพฤติกรรมก้าวร้าวและความเครียด จากการศึกษาของ D'souza *et al.* (2000) ที่ทำการเสริมแมกนีเซียมซัลเฟตลงในอาหารระยะขุน พบว่า การเสริมแมกนีเซียมทำให้การสูญเสียเนื่องจากเก็บรักษา และ ค่าความสว่างของเนื้อสุกรลดลง สอดคล้องกับ Hamilton *et al.* (2002) พบว่าค่าความสว่างของเนื้อ (L*) ลดลงแต่ไม่มีผลต่อค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ในขณะที่การทดลองของ Apple *et al.* (2000) พบว่าการเสริมแมกนีเซียมไม่มีผลต่อค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลือง แต่ลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทั้งนี้เนื่องจาก แมกนีเซียมมีคุณสมบัติในการรักษาสมดุลความดันออสโมติก และสมดุลกรดเบส ควบคุมการแลกเปลี่ยนสารในเซลล์ อีกทั้งทำหน้าที่เป็นโคแฟกเตอร์ของเอนไซม์ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการต่อต้านอนุมูลอิสระ (Crenshaw, 1991) ควบคุมระดับแคลเซียมในเซลล์

(Laver *et al.*, 1997) และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเมแทบอลิซึมของโปรตีนและพลังงาน (Kietzmann and Jablonski, 1985) โดยการรักษาระดับของสารประกอบฟอสเฟตพลังงานสูงเพื่อชะลอปฏิกิริยาการสลายไกลโคเจนเป็นผลให้ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่าสูงขึ้น (Moesgaard *et al.*, 1993) สอดคล้องกับการชะลอการลดลงของ pH ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่าของกล้ามเนื้อ semimembranosus ของสุกรที่ได้รับการเสริมแมกนีเซียม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองที่ได้รับการเสริมแมกนีเซียม สำหรับ Hamilton *et al.* (2002) รายงานการเสริมซีลีเนียมลงในอาหารสัตว์ก็เป็นอีกแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อได้ โดยพบว่าการเสริมซีลีเนียมยีสต์ลงในอาหารสุกรสามารถลดการสูญเสียเนื่องจากการเก็บรักษาได้ เช่นเดียวกับในเนื้อไก่ Choct *et al.* (2004) ทั้งนี้เพราะซีลีเนียมมีความสำคัญกับความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในกล้ามเนื้อ และเกี่ยวข้องกับกระบวนการต้านอนุมูลอิสระทั้งภายในและภายนอกเซลล์ Surai and Dvorska (2002) ซีลีเนียมในรูปของอินทรีย์เช่นซีลีเนียมยีสต์ หรือ ซีลีโนเมทไทโอนีนจะลดการสูญเสียได้มากกว่าในรูปอนินทรีย์ เช่น โซเดียมซีลีไนท์ (Mateo *et al.*, 2007) ซึ่งเกี่ยวข้องความสามารถในการดูดซึมในท้องทางเดินอาหารของสัตว์นั่นเอง และการเสริมสารประกอบซีลีเนียมยังสามารถเพิ่มความแข็งแรงในเนื้อไก่ได้ (Zhan *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2008) โดยปกติสีของเนื้อจะเกี่ยวข้องกับค่า pH และปริมาณเม็ดสี (myoglobin) ในเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงของสีแดงเนื้อนี้เป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของเปลี่ยนจากออกซีไมโอโกลบินเป็นเมทไมโอโกลบิน ซึ่งกระบวนการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของซีลีเนียมนี้จะอธิบายในหัวข้อต่อไป ทั้งนี้ยังมีสารเสริมอื่นๆที่สามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อได้อีกเช่น โคโคซานหรือสารประกอบจำพวกน้ำตาลเชิงซ้อนที่ผลิตจากกระบวนการกำจัดหมู่เอซิทิลจากโคตินโดยใช้ด่าง (alkaline N-deacetylation) ซึ่งโคโคซานจะมีคุณสมบัติหลายประการเช่น มีคุณสมบัติต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย (Jia *et al.*, 2002) เชื้อรา (Allan and Hadwiger, 1979) ต่อด้านอนุมูลอิสระ (Jeon *et al.*, 2003) และ อัตราการเมแทบอลิซึมของไขมัน (Michio and Terukazu, 1992) ในส่วนผลต่อคุณภาพเนื้อนั้น (Hwang *et al.*, 2004) พบว่า การเสริมโคโคซานในอาหารสุกร สามารถลดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโปรตีนในระหว่างการเก็บรักษาเนื้อได้ โดยวัดได้จากผลผลิตของการย่อยสลายโปรตีนในเนื้อ เช่น ปริมาณกรดอะมิโนอิสระ หรือ โปรตีนสายสั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก จุลินทรีย์ในเนื้อสามารถเพิ่มการย่อยสลายโปรตีนในเนื้อได้ (Park *et al.*, 1998) และ Chae *et al.* (2004) รายงานว่าการเสริมโคโคซานซึ่งมีฤทธิ์ในการลดจำนวนเชื้อแบคทีเรีย จึงสามารถลดการย่อยสลายโปรตีนในเนื้อได้เช่นกัน

การใช้สารต้านอนุมูลอิสระเพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อ

ไขมันเป็นส่วนที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจในตัวเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยไขมันจะทำให้เนื้อนุ่มลิ้นรสดี อีกทั้งยังสามารถเพิ่มความนุ่มและความชุ่มฉ่ำในเนื้อได้อีกด้วย ปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของสีเนื้อ รสชาติ คุณลักษณะของเนื้อ รวมทั้งคุณค่าทางอาหารที่เปลี่ยนไปในขณะการเก็บรักษา ดังนั้นผู้ผลิตเนื้อจึงนิยมใช้สารต้านอนุมูลอิสระเพื่อลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันในเนื้อ แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคใส่ใจสุขภาพมากขึ้น ผู้บริโภคต้องการเนื้อและผลิตภัณฑ์เนื้อที่ปลอดภัยและมีสารตกค้างให้ได้มากที่สุด ในที่นี้จึงขอกล่าวแต่สารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากธรรมชาติเท่านั้น ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มแรกที่นิยมใช้คือ วิตามินอี ซึ่งวิตามินอี เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน มีคุณสมบัติในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของฟอสโฟลิปิดที่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของเนื้อ ในร่างกายสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินอีได้ จึงจำเป็นต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น การเสริมวิตามินอีลงในอาหารสุกรในปริมาณ 200 มก.ต่ออาหาร 1 กก. พบว่าไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตหรือประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (Dikeman, 2000) แต่จะคงสภาพสีเนื้อตลอดระยะเวลาเก็บรักษา 6 วันและยังสามารถลดการสูญเสียเนื่องจากการเก็บรักษา การสูญเสียเนื่องจากการทำละลายได้อีกด้วย (Asghar *et al.*, 1991) สอดคล้องกับการทดลองของ Sheldon (1997) ที่

พบว่าวิตามินอี สามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโปรตีนได้ และยังส่งผลดีต่อคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของเนื้อ (ความนุ่มเหนียวและกลิ่นรสของเนื้อ) (De Winne, 1997) การเสริมวิตามินอีในอาหารสัตว์จะให้ผลดีกว่าการเสริมวิตามินอีในเนื้อหลังจากที่ทำการฆ่าแล้ว (Mitsumoto, 1993) นอกจากนี้วิตามินอียังสามารถสะสมในเนื้อสัตว์ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคได้อีกด้วย (Asghar, 1991) จากการทดลองของ Asghar (1991) ที่ทำการเสริมวิตามินอีลงในอาหารสุกรในปริมาณ 10-200 IU ต่ออาหาร 1 กก. พบว่าปริมาณวิตามินอีในเนื้อสุกรจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเสริมที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของวิตามินอีร่วมกับคลีเอทีนโมโนไฮเดรต (creatinemonohydrate) ซึ่งสารดังกล่าวนี้ถูกนำมาใช้ในคนในรูปของ ฟอสโฟคลีเอทีน เพื่อรักษาระดับ ATP ในเซลล์ให้คงที่ โดยการเพิ่มขึ้นของฟอสโฟคลีเอทีนจะทำให้เกิดการสังเคราะห์ใหม่ของ ATP มากขึ้น ทำให้คุณภาพเนื้อดีขึ้นนั่นเอง การเสริมสมุนไพรหรือสารสกัดจากพืชก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีผู้ผลิตสามารถใช้เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเนื้อได้ เช่นการเสริมชาเขียวในอาหารไก่ เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าชาเขียวมีคุณสมบัติทำให้ร่างกายแข็งแรง ชาเขียวเต็มไปด้วยสารอาหารจำพวกโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุและสารประกอบโพลีฟีนอลเช่น epicatechin, pigallocatechin, epigallocatechin gallate และ gallocatechin (Yamamoto *et al.*, 1997) สารประกอบพวกนี้ถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเสริมสร้างสุขภาพแก่สัตว์ เพิ่มประสิทธิภาพในอาหาร (Rao *et al.*, 2003) กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ (Platel *et al.*, 2002) และทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Cross *et al.*, 2007) จากการทดลองเสริมในอาหารสัตว์พบว่า การเสริมชาเขียวสามารถเพิ่มน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารได้ ทั้งในสุกร (Ko *et al.*, 2008) โค (Sarker *et al.*, 2010) และในไก่เนื้อ (Biswas and Wakita, 2001) ส่วนทางด้านของคุณภาพเนื้อพบว่า ชาเขียวสามารถเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาเนื้อได้ (Hara-Kudo *et al.*, 2005) และยังพบว่าการเสริมชาเขียวยังสามารถลดค่า TBARS ซึ่งเป็นค่าที่การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทั้งในเนื้อสุกร (Ko *et al.*, 2008) ไข่แดง (Uganbayar *et al.*, 2005) และเนื้อไก่ (Yang *et al.*, 2003) เนื่องจากชาเขียวมีสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งการเกิดแบคทีเรีย (Nishida *et al.*, 2006) และยังมีรายงานว่าสามารถลดปริมาณคอเรสเตอรอลในเนื้อได้อีกด้วย (Yang *et al.*, 2003) นอกจากนี้การเสริมชาเขียวสามารถปรับปรุงสีของเนื้อและไขมัน เนื่องจากเม็ดสีของชาเขียวเข้าไปเป็นองค์ประกอบภายในเนื้อและไขมันด้วย (Kim *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2009) สำหรับ Jin *et al.* (2003) และ Kim (2000) รายงานว่า การเสริมชาเขียวสามารถปรับปรุงกลิ่นรส ความชุ่มฉ่ำ และความพึงพอใจโดยรวมของเนื้อได้ Harold and Graham (1992) รายงานว่า สารโพลีฟีนอลที่พบในชาเขียวมีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระได้มากกว่าวิตามินซี 100 เท่าและมากกว่าวิตามินอี 25 เท่า สารสกัดจากออริกาโนก็เป็นอีกสารประกอบที่น่าสนใจในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อสัตว์ เนื่องจากเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ มีกลิ่นหอม สามารถต่อต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อสัตว์ได้ (Milos *et al.*, 2000; Abdalla and Roozen, 2001) และเมื่อนำมาใช้เสริมในอาหารสัตว์พบว่า การเสริมออริกาโนลงในอาหารสัตว์ทำให้สัตว์เจริญเติบโตได้ดี ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการเสริม และยังสามารถป้องกันการเกิดโรคบิดในไก่ได้อีกด้วย สารประกอบสำคัญในออริกาโนคือ thymol และ carvacrol ที่มีคุณสมบัติในการจำกัดการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยการเข้ารวมกับเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียทำให้โครงสร้างและความสามารถในการแลกเปลี่ยนสารของแบคทีเรียสูญเสียไป เซลล์แบคทีเรียจะแตกและตายในที่สุด (Lambert *et al.*, 2001) และอีกคุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างของสารประกอบ thymol และ carvacrol คือความสามารถในการจับกับอนุมูลอิสระ (hydroxyl radical) แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในภาวะเสถียร (Yanishlieva, 2001) จากการทดลองเสริมสารประกอบ thymol, carvacrol และ BHT (butylated hydroxytoluene) ที่เป็นสารกันหืนลงในอาหารสัตว์พบว่าสามารถลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในเนื้อสะโพกไก่แต่ไม่แตกต่างกันกับในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการเสริม แต่กลุ่มการทดลองที่ให้ thymol และ carvacrol สามารถการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เฉพาะในช่วงแรกของการเก็บรักษา โดย

พบว่า การใช้สารที่ได้จากธรรมชาติสองตัวดังกล่าวข้างต้นนี้ออกฤทธิ์ได้แค่ 5 วันของการเก็บรักษาคือมีค่าความหืน (TBARS) น้อยกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการเสริม แต่เมื่อหลังจาก 5 วันเป็นต้นไป ผลที่ได้จะไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม แต่ในขณะที่ BHT ยังสามารถออกฤทธิ์ได้ถึงวันที่ 10 ของการเก็บรักษา (Luna *et al.*, 2010)

การเพิ่มมูลค่าเนื้อสัตว์โดยใช้อาหารสัตว์

กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 มีประโยชน์ต่อร่างกาย ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์โดยทั่วไปแล้วจะพบในปริมาณที่น้อยมาก และพบโอเมก้า-6 ในปริมาณที่มากกว่า อาหารที่อัตราส่วนกรดไขมันระหว่าง n-6/n-3 มีค่ามากซึ่งหมายความว่าค่าของ n-6 มีค่าสูงกว่า n-3 จะนำไปสู่ปัญหาสุขภาพต่าง ๆ เช่น หลอดเลือดหัวใจอุดตัน มะเร็ง เบาหวาน และอื่นๆ แต่ในทางกลับกันหากอัตราส่วน n-3 มีค่าสูงจะมีผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Lai *et al.*, 2006) ปัจจุบันพบว่ากรดไขมัน โอเมก้า-3 ในน้ำมันปลา มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเลือด ทำให้หลอดเลือดแข็งตัวลดลง มีความหนืดน้อยลง และยังพบอีกว่า น้ำมันปลาสามารถทำปฏิกิริยาการตอบสนองของเส้นเลือดที่มีต่อฮอร์โมนที่หลั่งออกมา เนื่องจากความเครียด (สมพงษ์, 2533) จากการศึกษาในกลุ่มประชากรชาวเอสกีโม พบว่าอัตราการตายด้วยโรคเส้นเลือดหัวใจตีบค่อนข้างต่ำ แม้ว่าจะมีการบริโภคไขมันและโคเลสเตอรอลจากเนื้อสัตว์ในปริมาณที่สูง เพราะมีการบริโภคเนื้อปลาเป็นอาหารหลัก ซึ่งอุดมไปด้วยโอเมก้า-3 (McPherson and Spiller, 1996) กรดไขมัน EPA และ DHA เป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมนโพรสตาแกลนดิน (Prostaglandin) ซึ่งร่างกายสามารถสร้างได้หลายชนิด แต่มีสองชนิดที่เกี่ยวข้องกับโรคหัวใจ คือ ทромบอกเซน (Thromboxane) มีสมบัติในการสร้างลิ่มเลือดทำให้เส้นเลือดตีบตัน แรงดันโลหิตเพิ่ม และ โพรสตาซัยคลิน (prostaglandin) มีคุณสมบัติตรงข้ามกับ thromboxane คือยับยั้งการสร้างลิ่มเลือด ขยายหลอดเลือด ลดแรงดันโลหิต ซึ่งสารตั้งต้นสำหรับการสร้างฮอร์โมนดังกล่าวคือ EPA และ DHA (สมพงษ์, 2534) มีการศึกษาปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆ ในเนื้อสุกรที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3% พบว่า ปริมาณ EPA มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระดับน้ำมันปลาที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร สำหรับ DHA พบว่าเนื้อสุกรกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 2 และ 3% มีปริมาณ DHA สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) (Jaturasitha *et al.*, 2002) นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพได้แก่ กรดไขมันคอนจูเกตเตดลิโนลิก (conjugated linoleic acid, CLA) เป็นกลุ่มของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) ซึ่งพบในเนื้อโค เนื้อแกะ และผลิตภัณฑ์นม CLA สามารถผลิตจากกระบวนการหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยอาศัยกระบวนการ biohydrogenation และ isomerisation จากกรดไขมัน linoleic และ linolenic ซึ่งเป็นตัวตั้งต้นในการสังเคราะห์โดยแบคทีเรีย *Butyrivibrio fibrisolvens* (Pariza *et al.*, 2000) การศึกษาของ Ip *et al.* (1994) พบว่า CLA มีประโยชน์ต่อสุขภาพสามารถลดอัตราเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดแดงแข็งตัว การเกิดเบาหวาน และมีผลต่อการลดไขมันในร่างกาย จากการทดลองให้ CLA ในปริมาณ 0.05% แก่หนูสามารถลดอัตราการเกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็งตัว และหากให้ในปริมาณ 0.5% สามารถลดการเกิดเนื้องอกได้ 32% และการทดลองของ Steinhart (1996) รายงานว่าเมื่อให้ CLA แก่กระต่ายและหนูแฮมเตอร์ทางปากจะช่วยลดระดับเนื้อเยื่อไขมันในร่างกายลงได้ (Smedmen and Vessby, 2001) สำหรับระดับ CLA ที่มนุษย์ต้องการในแต่ละวัน และสามารถแสดงผลต่อร่างกายอยู่ที่ประมาณ 5 กรัม/วัน (Zambell *et al.*, 2000) พบว่าสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีระดับ CLA ในเนื้อสูงกว่าสัตว์กระเพาะเดียว ปริมาณ CLA ในเนื้อสัตว์ที่ใช้เพื่อบริโภคที่พบมากที่สุดคือเนื้อแกะ (4.3 - 19.0 mg/g lipid) รองลงมาเป็นเนื้อโค (1.2 - 10.0 mg/g lipid) สำหรับ CLA ในเนื้อสุกร ไก่ และม้า ต่ำกว่า 1 mg/g lipid (Fritsche and Steinhart, 1998) และมีรายงานว่าเนื้อสัตว์ที่พบปริมาณ CLA มากที่สุดได้แก่ เนื้อจิ้งจอก (38 mg/g fatty acid) (Engelke *et al.*, 2004) มีรายงานว่าโคที่เลี้ยงด้วยหญ้าสดจะมีระดับ CLA ในเนื้อมากกว่าโคที่เลี้ยงด้วยอาหารข้น (1.08 และ 0.37 g/100g meat) (French *et al.*, 2000) สอดคล้องกับการทดลองของ Realini *et al.* (2004) ทำการขุนโคช่วงสุดท้ายด้วยหญ้าเพียงอย่างเดียวทำ

ให้ปริมาณ CLA ในไขมันแทรก (intramuscular fat) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ขุนด้วยอาหารชั้น (5.3 เทียบกับ 2.5 mg/g FAME ตามลำดับ) อีกทั้งยังมีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำกว่าอีกด้วย (Jaturasitha *et al.*, 2009)

สรุป

การใช้เทคโนโลยีอาหารสัตว์เพื่อปรับปรุงคุณภาพเนื้อ เพื่อตอบสนองความพึงพอใจของผู้บริโภค ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำวิธีการหลากหลายรูปแบบมาใช้ การที่จะเลือกใช้วิธีการใดก็ควรคำนึงถึงความปลอดภัย คุณค่าทางอาหาร สวัสดิภาพของตัวสัตว์และผู้บริโภค รวมถึงต้นทุนในการผลิต เพื่อที่จะได้ใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- สมพงษ์ สหพงษ์. 2534. ธรรมชาติบำบัดป้องกันโรคหัวใจ. สำนักพิมพ์รวมธรรมส์ กรุงเทพฯ. 109 น.
- Abdalla, A.E. and J.P. Roozen. 2001. The effects of stabilize dextrates of sage and oregano on the oxidation of salad dressings. *Eur. Food. Res. Tech.* 212: 551-560.
- Allan, C. and L.A. Hadwiger. 1979. The fungicidal effects of glucosamine on fungi and varying cell wall composition. *Exp. Mycol.* 3: 285-287.
- Alp, A., M. Midilli, N. Kocabagli, H. Yilmaz, N. Turan, A. Gargili and N. Acar. 2012. The effects of dietary oregano essential oil on live performance, carcass yield, serum immunoglobulin G level and oocyst count in broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 21: 630-636.
- Apple, J.K., C.V. Maxwell, B. de Roda, H.B. Watson and Z.B. Johnson. 2000. Effect of magnesium mica on performance and carcass quality of growing finishing swine. *J. Anim. Sci.* 78: 2135-2143.
- Asghar, A., J.I. Gray, A.M. Booren, E.A. Gomaa, M.M. Abouzied and E.R. Miller. 1991. Effects of supranutritional dietary vitamin E levels on subcellular deposition of α -tocopherol in the muscle and on pork quality. *J. Sci. Food Agric.* 57: 31-41
- Berry, B.W., K.F. Leddy, J. Bond, T.S. Rumsey and A.C. Hammond. 1988. Effect of silage diets and electrical stimulation on the palatability, cooking and pH characteristics of beef loin steaks. *J. Anim. Sci.* 66: 892.
- Biswas, M.A.H. and M. Wakita. 2001. Effect of dietary Japanese green tea powder supplementation on feed utilization and carcass profiles in broilers. *J. Poult. Sci.* 38: 50-57.
- Chae, H.S., C.N. Ahn, Y.M. Yoo, B.Y. Park, J.S. Ham, D.H. Kim, J.M. Lee and Y.I. Choi. 2004. Effect of the scalding temperature at slaughtering process on meat quality and storage properties of chicken. *Kor. J. Food Sci. Anim. Resour.* 24: 115-120.
- Choct, M., A.J. Naylor and N. Reinke. 2004. Selenium supplementation affects broiler growth performance, meat yield and feather coverage. *Br. Poult. Sci.* 45: 677-683.
- Chung, Y.H., D.E. Rico, C.M. Martinez, T.W. Cassidy, V. Noirot, A. Ames and G.A. Varga. 2007. Effects of feeding dry glycerin to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *J. Dairy Sci.* 90: 5682-5691.

- Crandall, L. 2004. Glycerol abundance cause for concern. *Inform.* 15: 146-147.
- Crenshaw, T.D. 1991. Sodium, potassium, magnesium, and chloride in swine nutrition. In E.R. Miller (Ed.). *Swine Nutrition*. Butterworth-Heinemann, Boston. 183-192.
- Cross, D.E., R.M. Mcdevitt, K. Hillman and T. Acamovic. 2007. The effect of herbs and their associated essential oils on performance, dietary digestibility and gut microflora in chickens from 7 to 28 days of age. *Br. Poult. Sci.* 48: 496-506.
- De winne, P., A. De winne, M. Casteels and M. Frigg. 1996. Studies on vitamin E and meat quality. 1 Effect of feeding high vitamin E levels on time related pork quality. *J. Agri. Food Chem.* 44: 65-68.
- Dikeman, M.E. 2000 Effects of metabolic modifiers used in animal production on meat quality. *Recipr. Meat Conf.* 53: 36-56.
- D'Souza, D.N., R.D. Warner, B.J. Leury and F.R. Dunshea. 2000. The influence of dietary magnesium supplement type, and supplementation dose and duration, on pork quality and the incidence of PSE pork. *Aust. J. Agric. Res.* 51: 185-189
- Elmore, J.S., H.E. Warren, D.S. Mottram, N.D. Scollan, M. Enser, R.I. Richardson and J.D. Wood. 2004. A comparison of the aroma volatiles and fatty acid compositions of grilled beef muscle from Aberdeen Angus and Holstein-Friesian steers fed diets based on silage or concentrates. *Meat Sci.* 68: 27-33.
- Engelke, C.F., B.D. Siebert, K. Gregg, A.D.G. Wright and P.E. Vercoe. 2004. Kangaroo adipose tissue has higher concentrations of cis 9, trans 11 - conjugated linoleic acid than lamb adipose tissue. *J. Anim Feed. Sci.* 13 (suppl 1): 689-692.
- Field, R.A., J.C. Williams and G.J. Miller. 1983. The effect of diet on lamb flavor. *Food Technol.* 37: 258.
- French, P., E.G. O'Riordan, F.J. Monahan, P.J. Caffrey, M. Vidal, M.T. Mooney, D.J. Troy and A.P. Moloney. 2000. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate - based diets. *Meat Sci.* 56: 173-180.
- French, P., E.G. O'Riordan, F.J. Monahan, P.J. Caffrey, M.T. Mooney, D.J. Troy and A.P. Moloney. 2001. The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Sci.* 57: 379-386.
- Fritsche, J. and H. Steinhardt. 1998. Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Zeitschrift für Lebensmittl - Untersuchung und -Forschung A - Food Res. Technol.* 206: 77-82.
- Gierus, M. and J.B.T. Rocha. 1997. Forage substitution in a grain-based diet affects pH and glycogen content of semimembranosus and semitendinosus rabbit muscles. *J. Anim. Sci.* 75: 2920-2923.
- Goff, J.P. and R.L. Horst. 2001. Oral glycerol as an aid in treatment of ketosis/fatty liver complex. *J. Dairy Sci.* 84 (Suppl. 1): 153 (Abstr.)
- Graham, T.E. and K.B. Adamo. 1999. Dietary carbohydrate and its effects on metabolism and substrate stores in sedentary and active individuals. *Can. J. Appl. Physiol.* 24: 393-415.
- Graham, T.E., K.B. Adamo, J. Shearer, I. Marchand and B. Saltin. 2001. Pro and macroglycogenolysis: relationship with exercise intensity and duration. *J. Appl. Physiol.* 90: 873-879.

- Haddad, S.G. and S.N. Goussous. 2005. Effect of yeast culture supplementation on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 118: 343-348.
- Hamilton, D.N., M. Ellis, F.K. McKeith, K.D. Miller and K.W. Purser. 2002. The effect of longissimus glycolytic potential and short-term feeding of magnesium sulfate heptahydrate prior to slaughter on carcass characteristics and pork quality. *J. Anim. Sci.* 80: 1586-1592.
- Hansen, B.F., W. Derave, P. Jensen and E.A. Richter. 2000. No limiting role for glycogenin in determining maximal attainable glycogen levels in rat skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 278: E398-E404.
- Hara-Kudo, Y., A. Yamasaki, M. Sasaki, T. Okubo, Y. Minai, M. Haga, K. Kondo and Y. Sugita-Konishi. 2005. Antibacterial action on pathogenic bacterial spore by green tea catechins. *J. Sci. Food Agric.* 85: 2354-2361.
- Hwang, I.H., B.Y. Park, S.H. Cho, J.H. Kim and J.M. Lee. 2004. Identification of muscle proteins related to objective meat quality in Korean native black pig. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 17: 1599-1607.
- Ilos, M., J. Masteli and I. Jerkovic. 2000 Chemical composition and antioxidant effect of glycosidically bound volatile compounds from oregano (*Origanum vulgare* L ssp *hirtum*). *Food Control.* 71: 79-83.
- Ip, C., M. Singh, H.J. Thompson and J.A. Scimeca. 1994. Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. *Cancer Res.* 54: 1212-1215.
- Jaturasitha, S., R. Norkeaw, T. Vearasilp, M. Wicke and M. Kreuzer. 2009. Carcass and meat quality of Thai native cattle fattened on Guinea grass (*Panicum maxima*) or Guinea grass-legume (*Stylosanthes guianensis*) pastures. *Meat Sci.* 81: 155-162.
- Jaturasitha, S., Y. Wudthithumkanaporn, P. Rurksasen and M. Kreuzer. 2002. Enrichment of pork with omega-3 fatty acids by tuna oil supplements: Effects on performance as well as sensory, nutritional and processing properties. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 15: 1622-1633.
- Jeon, T.I., S.G. Hwang, N.G. Park, Y.R. Jung, S.I. Shin, S.D. Choi and D.K. Park. 2003. Antioxidative effect of chitosan on chronic carbon tetrachloride induced hepatic injury in rats. *Toxicology* 187: 67-73.
- Jia, J., D. Shen and W. Xu. 2002. Synthesis and antibacterial activities of quaternary ammonium salt of chitosan. *Carbohydrate Res.* 333: 1-6.
- Kietzmann, M. and H. Jablonski. 1985. Blocking of stress in swine with magnesium aspartate hydrochloride. *Prakt. Tierz.* 661: 331-338.
- Kim, H.Y., Y.M. Song, S.K. Jin, I.S. Kim, Y.S. Kang, S.D. Lee, R. Chowdappa, J.H. Ha and S.M. Kang. 2006. The effect of change in meat quality parameters on pig Longissimus dorsi muscle by the addition of fermented persimmon shell diet. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 19: 286-291.

- Ko, S.Y., I.H. Bae, S.T. Yee, S.S. Lee, D. Uuganbayar, J.I. Oh and C.J. Yang 2008. Comparison of the effect of green tea by-product and green tea probiotics on the growth performance, meat quality, and immune response of finishing pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 21: 1486-1494.
- Küchenmeister, U., G. Kuhn and K. Ender. 2005. Preslaughter handling of pigs and the effect on heart rate, meat quality, including tenderness, and sarcoplasmic reticulum Ca^{2+} transport. *Meat Sci.* 71: 690-695.
- Lai, L., J.X. Kang, R. Li, J. Wang, W.T. Witt, H.Y. Yong, Y. Hao, D.M. Wax, C.N. Murphy, A. Rieke, M. Samuel, M.L. Linville, S.W. Korte, R.W. Evans, T.E. Starzl, R.S. Prather and Y. Dai. 2006. Generation of cloned transgenic pigs rich in omega-3 fatty acids. *Nat. Biotechnol.* 24: 435-436.
- Lambert, R.J., W.P.N. Skandamis, P.J. Coote and G.J.E. Nycha. 2001. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *J. Appl. Microbiol.* 91: 453-462.
- Lauridsen, C., J.H. Nielsen, P. Henckel and M.T. Sørensen. 1999. Antioxidative and oxidative status in muscles of pigs fed rapeseed oil, vitamin E, and copper. *J. Anim. Sci.* 77: 105-115.
- Laver, D.R., V.J. Owen, P.R. Junankar, N.L. Taske, A.F. Dulhunty and G.D. Lamb. 1997. Reduced inhibitory effect of Mg^{+} on ryanodine receptor- Ca^{+} release channels in malignant hyperthermia. *Biophys. J.* 73: 1913-1924.
- Lee, S.D., H.Y. Kim, Y.M. Song, H.J. Jung, S.Y. Ji, H.D. Jang, J.W. Ryu, J.C. Park, H.K. Moon and I.C. Kim. 2009. The effect of *Eucommia ulmoides* leaf supplementation on the growth performance, blood and meat quality parameters in growing and finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80: 41-45.
- Leheska, J.M., D.M. Wulf., J.A. Clapper, R.C. Thaler and R.J. Maddock. 2002. Effect of high-protein/low-carbohydrate swine diets during the final finishing phase on pork muscle quality. *J. Anim. Sci.* 80: 137-142.
- Luna, A., M.C. Labaque, J.A. Zygadlo and R.H. Marin. 2010. Effects of thymol and carvacrol feed supplementation on lipid oxidation in broiler meat. *Poult. Sci.* 89: 366-370.
- Mach, N., A. Bach, A. Velarde and M. Devant. 2008. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Sci.* 78:232-238.
- Mateo, R.D., J.E. Spallholz, R. Elder, I. Yoon and S.W. Kim. 2007 Efficacy of dietary selenium sources on growth and carcass characteristics of growing finishing pigs fed diets containing high endogenous selenium. *J. Anim. Sci.* 85: 1177-1183.
- Mathlouthi, N., T. Bouzaïenne, I. Oueslati, F. Recoquillay, M. Hamdi, M. Urdaci and R. Bergaoui. 2012. Use of rosemary, oregano and a commercial blend of essential oils in broiler chickens: In vitro antimicrobial activities and effects on growth, performance. *J. Anim. Sci.* 90: 813-823.
- Melton, S.L. 1983. Effect of forage feeding on beef flavor. *Food Technol.* 37: 239.
- Michio, F. and N. Terukazu. 1992. The effect of the content of D-mannuronic acid and L-guluronic acid blocks in alginates on antitumor activity. *Carbohydrate Res.* 224: 343-347.

- Miller-Webster, T., W.H. Hoover, M. Holt and J.E. Nocek. 2002. Influence of yeast culture on ruminal microbial metabolism in continuous culture. *J. Dairy Sci.* 85: 2008-2014.
- Mitsumoto, M., R.N. Arnold, D.M. Schaefer and R.G. Cassens. 1998. Dietary versus postmortem supplementation of vitamin E on pigment and lipid stability in ground beef. *J. Anim. Sci.* 71: 1812-1816.
- Moesgaard, B., I.E. Larsen, B. Quistorff, I. Therkelsen, V.G. Christensen and P.F. Jorgensen. 1993. Effect of dietary magnesium on postmortem phosphocreatine utilization in skeletal muscle of swine: A non-invasive study using ³¹P-NMR spectroscopy. *Acta Vet. Scand.* 34: 397-404.
- Mottram, D.S. and D.S. Edwards. 1983. The role of triglycerides and phospholipids in the aroma of cooked beef. *J. Sci. Food Agric.* 34: 517.
- Nishida, T., B. Eruden, K. Hosoda, K. Nakagawa, T. Miyazawa and S. Shioya. 2006. Effects of green tea (*Camellia sinensis*) waste silage and polyethylene on ruminal fermentation and blood components in cattle. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 19: 1728-1736.
- Oddy, V.H., G.S. Harper, P.L. Greenwood and M.B. McDonagh. 2001. Nutritional and developmental effects on the intrinsic properties of muscles as they relate to the eating quality of beef. *Aust. J. Exp. Agric.* 41: 921-942.
- Oksbjerg, N., F. Gondret and M. Vestergaard. 2004. Basic principles of muscle development and growth in meat-producing mammals as affected by the insulin-like growth factor (IGF) system. *Dom. Anim. Endocrinol.* 27: 219-240.
- Pariza, M.W., Y. Park and M.E. Cook. 2000. Mechanisms of action of conjugated linoleic acid: evidence and speculation. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 223: 8-13.
- Park, B.Y., Y.M. Yoo, J.H. Kim, S.H. Cho, J.M. Lee and Y.K. Kim. 1998. Changes of meat qualities of vacuum package Hanwo beef loins during the prolonged storage at chilled temperature. *RDA J. Livestock Sci.* 40:135-139.
- Peeters, E., B. Driessen and R. Geers. 2006. Influence of supplemental magnesium, tryptophan, vitamin C, vitamin E, and herbs on stress responses and pork quality. *J. Anim. Sci.* 84: 1827-1838.
- Platel, K., A. Rao, G. Saraswathi and K. Srinivasan. 2002. Digestive stimulant action of three Indian spice mixes in experimental rats. *Nahr.* 46: 394-398.
- Purchas, R.W., D.L. Burnham and S.T. Morris. 2002. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *J. Anim. Sci.* 80: 3211-3221.
- Rao, R.R., K. Platel and K. Srinivasan. 2003. In vitro influence of spices and spice-active principles on digestive enzymes of rat pancreas and small intestine. *Nahr.* 47: 408-412.
- Realini, C.E., S.K. Duckett, G.W. Brito, M.D. Rizza and D. De Mattos. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66: 567-577.
- Rosenvold, K., H.N. Laerke, S.K. Jensen, A.H. Karlsson, K. Lundstrom and H.J. Andersen. 2001. Strategic finishing feeding as tool in the control of pork quality. *Meat Sci.* 59: 397-406.

- Sarker, M.S.K., S.Y. Ko, S.M. Lee, G.M. Kim, J.K. Choi and C.J. Yang. 2010. Effect of different feed additives on growth performance and blood profiles of Korean Hanwoo calves. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23: 52-60.
- Shahidi, F. and L.J. Rubin. 1986. Meat flavor volatiles: A review of the composition, techniques of analysis, and sensory evaluation. *CRC Crit. Rev. In Food Sci. Nutr.* 24: 141-243.
- Sheldon, B.W., P.A. Curtis, P.L. Dawson and P.R. Ferket. 1997. Effect of dietary vitamin E on the oxidative stability, flavor, color and volatile profiles of refrigerated and frozen turkey breast meat. *Poult. Sci.* 76: 634-641.
- Smedman A. and B. Vessby. 2001. CLA supplementation in humans - metabolic effects. *Lipids* 36: 773-781.
- Steinhart, C. 1996. Conjugated linoleic acid - the good news about animal fat. *J. Chem. Educ.* A302-A303.
- Surai, P.F. 2002. Selenium in poultry nutrition: a new look at an old element. 2. Reproduction, egg and meat quality and practical applications. *World Poultry Sci. J.* 58: 431-450
- USDA Nutrient Standard Database. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>.
- Uuganbayar, D., I.H. Bae, K.S. Choi, I.S. Shin, J.D. Firman and C.J. Yang. 2005. Effects of green tea powder on laying performance and egg quality in laying hens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18: 1769-1774.
- Vimini, R.J., R.A. Field, J.D. Crouse and G.J. Miller. 1984. Factors affecting melting point of subcutaneous fat from heavy ram and wether lambs. In *Goat Sheep Res.* 2: 105.
- Wang, Z.G., X.J. Pan, Z.Q. Peng, R.Q. Zhao and G.H. Zhou. 2009. Methionine and selenium yeast supplementation of the maternal diets affects color, water-holding capacity, and oxidative stability of their male offspring meat at the early stage. *Poult. Sci.* 88: 1096-1101.
- Warriss, P.D. 2000. Meat science: an introductory text. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- West, R.L. and R.O. Myer. 1987. Carcass and meat quality characteristics and backfat fatty acid composition of swine as affected by the consumption of peanuts remaining in the field after harvest. *J. Anim. Sci.* 65: 475.
- Yamamoto, T., L.R. Juneja, D.C. Chu and M. Kim. 1997. Chemistry and Applications of Green Tea; CRC Press, Boca Raton FL. 13-21.
- Yang, C.J, I.Y. Yang, D.H. Oh, I.H. Bae, S.G. Cho, I.G. Kong, D. Uuganbayar, I.S. Nou and K.S. Choi. 2003. Effect of green tea by-product on performance and body composition in broiler chicks. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16: 867-872.
- Yanishlieva, N.V. 2001. Inhibiting oxidation. Pages 22-70 in *Antioxidants in Food. Practical Applications.* J. Pokorny, N. Yanishlieva and M. Gordon, ed. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.
- Zambell, K.L, N.L. Keim, M.D. Van Loan, B. Gale, P. Benito, D.S. Kelley and G.J. Nelson. 2000. Conjugated linoleic acid supplementation in humans: Effects on body composition and energy expenditure. *Lipids* 35: 777-782.

การใช้สารสกัดจากเครื่องเทศและสมุนไพรเพื่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อ

Use of Herb and Spice Extracts for Improving Meat Quality

กนกอร อินทราพิเชฐ

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ต. สุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้บริโภคตระหนักถึงความเป็นพิษของสารต้านจุลินทรีย์และสารต้านออกซิเดชันชนิดสังเคราะห์ในอาหาร และต้องการอาหารอินทรีย์มากขึ้น เพื่อตอบสนองการเรียกร้องของผู้บริโภค อุตสาหกรรมจึงมีการใช้สารถนอมอาหารจากธรรมชาติด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ด้วยความต้องการซื้ออาหารอินทรีย์ที่มากขึ้น วงการอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์และสัตว์ปีกจึงมีการแสวงหาสารถนอมอาหารจากธรรมชาติเพื่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์ ได้มีการใช้เครื่องเทศและสมุนไพรเป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสมาตั้งแต่สมัยโบราณ ไม่เพียงเท่านั้นยังใช้เป็นสารถนอมอาหารธรรมชาติอีกด้วย การศึกษาที่ผ่านมาได้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเครื่องเทศและสมุนไพรสามารถยืดอายุและปรับปรุงคุณภาพของเนื้อสัตว์ระหว่างการผลิตได้ ผลสำคัญหลักที่สารสกัดมีคือลดการเจริญของจุลินทรีย์และลดการเกิดออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษา อย่างไรก็ตามยังคงมีความต้องการการวิจัย เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของสารสกัด ทั้งด้านการต้านจุลินทรีย์และการต้านออกซิเดชันในเนื้อสัตว์ระหว่างแปรรูปและเก็บรักษา และผลของสารสกัดที่มีต่อปัจจัยต่าง ๆ ของคุณภาพเนื้อสัตว์

คำสำคัญ: สารสกัดจากพืช เครื่องเทศ สมุนไพร สารต้านจุลินทรีย์ สารต้านออกซิเดชัน คุณภาพเนื้อสัตว์

Abstract

Nowadays, in response to recent claims that synthetic antimicrobials and antioxidants have the potential to cause toxicological effects and consumers are demanding for more natural (organic) foods, it is an obliging of the industry to use, in some means, and include natural preservatives in foods. Consumers' increased interest in purchasing natural products, the meat and poultry industry has been seeking sources of natural preservatives to improve meat quality. Herbs and spices have been used as food additives since ancient times, as flavoring agents but also as natural food preservatives. Some studies have demonstrated that shelf life and meat quality can be improved by using herb and spice extracts in some stages of meat production. The main effects of these compounds are reducing microbial growth and lipid oxidation during storage. Nevertheless, more research is needed to determine their activities, both antimicrobial and antioxidant, in meat during processing and storage, and their effects on other meat quality parameters.

Keywords: plant extracts, spices, herbs, antimicrobial agents, antioxidants, meat quality.

บทนำ

การใช้สารถนอมอาหารชนิดสังเคราะห์ที่มีความเสี่ยงต่อการบริโภค และผู้บริโภคเองตระหนักถึงอันตรายการใช้สารสังเคราะห์ จึงมีการวิจัยการใช้สารที่ได้จากธรรมชาติสำหรับผลิตและถนอมอาหารมากขึ้น เครื่องเทศและสมุนไพรเป็นกลุ่มของพืชที่ได้รับความสนใจทำการวิจัยเพื่อใช้สำหรับจุดประสงค์นี้มากขึ้นจากอดีตตามลำดับจนถึง ณ ปัจจุบัน ด้วยเหตุผลที่ว่า การใช้สารสังเคราะห์มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากมีราคาแพง ยากต่อการเก็บรักษา และส่วนตกค้างอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ผลผลิตจากธรรมชาติหลายชนิดมีประสิทธิภาพเป็นสารถนอมอาหารได้ และไม่มีสารที่เป็นพิษตกค้าง ผลผลิตธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพถนอมอาหารได้หลายชนิดที่มีงานวิจัยเผยแพร่มาจากแหล่งที่เป็นพืช ซึ่งส่วนมากเป็นเครื่องเทศและสมุนไพร อาทิ สารสกัดจาก rosemary, green tea, coriander, onion, garlic และสารสกัดจากเมล็ดองุ่น เป็นต้น จากแหล่งจุลินทรีย์ ส่วนมากเป็นสารปฏิชีวนะ อาทิ bacteriocins, nisin และ natamycin เป็นต้น และจากแหล่งที่เป็นสัตว์ อาทิ chitosan, lactoperoxidase system และ lysozyme เป็นต้น (Yin and Cheng, 2003; Kumudavally *et al.*, 2008; Škrinjar and Nemet, 2009)

การใช้สารสกัดจากสมุนไพรเพื่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์

เนื้อสัตว์เป็นกลุ่มผลิตภัณฑ์เน่าเสียได้ง่ายมาก เนื้อสดชนิดต่าง ๆ ที่วางจำหน่ายในตลาดทุกระดับในประเทศไทยมีอายุการวางจำหน่ายที่สั้นมาก ทั้งนี้อาจเนื่องจากคุณภาพของเนื้อสดที่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ตั้งแต่ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ กระบวนการฆ่าสัตว์ การตัดแต่ง การขนส่ง และการจัดวางจำหน่าย จึงมีความเสี่ยงและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้มาก และทำให้เกิดการสูญเสียเชิงการค้าอีกด้วย การวิจัยค้นหาพืชสมุนไพรและเครื่องเทศที่มีการใช้ทั่วไปในประเทศ และเป็นชนิดที่มีสารออกฤทธิ์สามารถต้านการเจริญของจุลินทรีย์ที่สามารถประยุกต์ใช้กับเนื้อสัตว์ในรูปของสารสกัดได้ จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งของการถนอมเนื้อสัตว์ที่จะช่วยยืดอายุการเก็บและลดการสูญเสียเปล่าทางเศรษฐกิจได้ ทั้งนี้การใช้สารสกัดจากพืชอาจมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะต่าง ๆ ของเนื้อสัตว์ได้ ดังนั้นการทดลองจึงควรต้องตรวจวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของเนื้อสัตว์ด้วย และตรวจสอบความเป็นพิษของสารสกัดนั้นด้วยถ้าจำเป็น

การวิจัยและพัฒนาเพื่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์สามารถเริ่มได้ตั้งแต่การเลี้ยงสัตว์ในฟาร์มซึ่งต้องเกี่ยวข้องกับการจัดการอาหารสัตว์เพื่อค้นหาชนิดและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ให้คุณภาพกับเนื้อสัตว์ทั้งกายภาพ เคมี และคุณค่าโภชนาการ ความสามารถต้านหรือชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ในเนื้อสัตว์ ปลอดภัยจากสารตกค้าง และคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ยอมรับและต้องการของผู้บริโภค ในศตวรรษที่ผ่านมาได้มีการส่งเสริมการทำวิจัยการใช้สารเติมแต่งที่ได้จากธรรมชาติ (natural origin) เสริมในอาหารสัตว์และอาหารของมนุษย์ งานวิจัยจำนวนมากที่เน้นการศึกษาหน้าที่และคุณสมบัติ คือ biochemical structures และ physiological functions ของสารเติมแต่งที่ใช้ในอาหารสัตว์ เช่น probiotics, prebiotics, organic acids และ สารสกัดจากพืช ดังนั้นการใช้พืชเครื่องเทศและสมุนไพรเสริมในอาหารเลี้ยงสัตว์เป็นหนึ่งในแนวทางที่สามารถปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์ได้ในหลายจุดประสงค์ (Frankić *et al.*, 2009) พืชเครื่องเทศและสมุนไพรที่มีการใช้เสริมในอาหารสัตว์ดังแสดงในตารางที่ 1

ในประเทศไทย การใช้พืชเครื่องเทศและสมุนไพร เช่นกัน ก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่เสริมในการเลี้ยงสัตว์และมีบทบาทสำคัญทดแทนสารเคมีเพื่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสัตว์ และตอบสนองกระแสความต้องการเนื้อสัตว์เลี้ยงแบบธรรมชาติหรืออินทรีย์หรือเนื้อสัตว์ออร์แกนิก อาทิ ได้แก่ ฟักทลายโจร ขมิ้นชัน ไพล มะแว้ง และว่านชักมดลูก (พิบูลย์ปัญญโชติ, 2012) และมีการเลี้ยงสุกรขุนให้ได้เนื้อสุกรอินทรีย์โดยปล่อยทุ่งให้กินหญ้าสดและสมุนไพรที่ขึ้น

Table 1 Often used plants, its active components and functions*

Plant	Used parts	Major active component	Function
Aromatic spices			
Nutmeg	Seed	Sabinene	Digestion stimulant, antidiarrhoeic
Cinnamon	Bark	Cinnamaldehyde	Appetite and digestion stimulant, antiseptic
Cloves	Cloves	Eugenol	Appetite and digestion stimulant, antiseptic
Cardamom	Seed	Cineol	Appetite and digestion stimulant
Coriander	Leaves, Seed	Linalool	Digestion stimulant
Cumin	Seed	Cuminaldehyde	Digestive, carminative, galactagogue
Anise	Fruit	Anethol	Digestive, carminative, galactagogue
Celery	Fruit, Leaves	Phtalides	Appetite and digestion stimulant
Parsley	Leaves	Apiol	Appetite and digestion stimulant, antiseptic
Fenugreek	Seed	Trigonelline	Appetite stimulant
Pungent spices			
Capsicum	Fruit	Capsaicin	Digestion stimulant
Pepper	Fruit	Piperine	Digestion stimulant
Horsradish	Root	Allyl isothiocyanate	Appetite stimulant
Mustard	Seed	Allyl isothiocyanate	Digestion stimulant
Ginger	Rhizome	Zingerone	Gastric stimulant
Garlic	bulb	Allicin	Digestion stimulant, antiseptic
Herbs			
Rosemary	Leaves	Cineol	Digestion stimulant, antiseptic, antioxidant
Thyme	Whole plant	Thymol	Digestion stimulant, antiseptic, antioxidant
Sage	Leaves	Cineol	Digestion stimulant, antiseptic, carminative
Laurel	Leaves	Cineol	Appetite and digestion stimulant, antiseptic
Mint	Leaves	menthol	Appetite and digestion stimulant, antiseptic

*Compiled by Frankič *et al.* (2009.)

ตามธรรมชาติ (สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดสงขลา, 2012) นอกจากนี้ วิศิษฐ์ (2007) ได้รวบรวมพืชสมุนไพรที่มีการใช้วิจัยในการผลิตสัตว์แทนสารเคมีและยาต้านจุลินทรีย์ ประกอบด้วยมะนาว มะกรูด มังคุด กระบือเจ็ดตัว บัวบก กวาวเครือขาว ข่า ฝรั่ง ขมิ้นชัน ไพล หนุ่ยหวาน ตะไคร้ ชาจีน บอระเพ็ด สับปะรด กระจับปี่ กระจับปี่ และหนุ่ยปากกิ้ง เป็นต้น

การใช้สารสกัดจากพืชสามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคร่วมกับเนื้อสัตว์ได้ ประสิทธิภาพการลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดขึ้นกับองค์ประกอบของเนื้อสัตว์ น้ำมันหอมระเหยในสารสกัดมีองค์ประกอบส่วนมากมีคุณสมบัติ hydrophobicity ที่ทำให้ละลายแพร่ในส่วนไขมันของผนังเซลล์และไมโทคอนเดรียได้ดี ทำให้ซึมผ่านเซลล์จุลินทรีย์และทำให้เซลล์รั่วไหลได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากการละลายในไขมันของน้ำมันหอมระเหย การใช้สารสกัดกับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีปริมาณไขมันสูงมาก (35-40%) อาจให้ผลไม่ดีเท่าที่ควร (Bart, 2004) สารสกัด

จากเครื่องเทศและสมุนไพรที่มีการทดลองใช้เพื่อลดการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ที่รวบรวมโดย Tajkarimi et al. (2010) ช่วง 10 ปี (200-2010) ดังแสดงในตารางที่ 2

Table 2 Application of essential oil (EOs) or their components in meat and poultry*

Food group	EO or component	Bacterial species	Inhibitory effect
Meat	Clove oil , eugenol and coriander, oregano, thyme oils, encapsulated rosemary EO, clove and tea tree	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Escherichia coli</i> O157:H7	Yes (+_++)
Fried meat	Oregano and thyme, oregano with marjoram and thyme with sage	<i>B. cereus</i> and <i>P. aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i> O157:H7 and <i>Listeria monocytogenes</i>	Yes (+)
Ground beef	Chinese cinnamon and winter savory Eos	Pathogenic micro-organisms	Yes (increased radiosensitivity)
Meat	EOs and nisin	<i>Listeria monocytogenes</i>	Yes
Meat surfaces	Oregano, pimento, or oregano:pimento	<i>Escherichia coli</i> O157:H7 or <i>Pseudomonas</i> spp.	Yes
Fresh sausages	Marjoram (<i>Origanum majorana</i> L.) EO	Several species of bacteria	Yes
Chicken	Eugenol	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i>	Yes (++_+++)
Chicken	Sage oil	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	No
Chicken	Oregano	Increase shelf life	Yes (with modified atmosphere packaging)
Pâté	Mint oil	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella enteritidis</i>	No
Minced pork	Thyme oil	<i>Listeria monocytogenes</i>	No
Vacuum-packed ham	Cilantro oil	<i>Listeria monocytogenes</i>	No
Vacuum-packed minced pork	Oregano oil	<i>Clostridium botulinum</i> spores	No
Liver pork sausage	Rosemary	<i>Listeria monocytogenes</i>	Yes (encapsulated has more effect than standard)
Minced pork	Winter savory (<i>Satureja montana</i>) EO	Food-borne bacteria and improve quality	Yes (in combination with other techniques)

*Compiled by Tajkarimi et al. (2010.)

นอกจากการปรับปรุงคุณภาพเนื้อสดและผลิตภัณฑ์เนื้อสดเพื่อด้านการเจริญของจุลินทรีย์แล้ว ยังมีการใช้สารสกัดจากเครื่องเทศและสมุนไพรเพื่อด้านการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาเคมีทั้งก่อนและหลังการฆ่าสัตว์ (pre-slaughter and post-slaughter) ที่ทำให้คุณภาพการบริโภคเนื้อและผลิตภัณฑ์ลดลงและอาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยเฉพาะการต้านออกซิเดชันของสารสกัด ซึ่งเป็นการใช้ทดแทนการใช้สารสังเคราะห์ทางการค้าได้ เช่น BHA และ BHT พืชเครื่องเทศและสมุนไพรที่มีการศึกษามากที่สุด คือสารสกัดจาก rosemary และ oregano สารสกัดชนิดอื่น อาทิ sage, cinnamon, nutmeg, clove, garlic, black pepper, holy basil และ galangal (Juntachote *et al.*, 2007a; Juntachote *et al.*, 2007b; Karre *et al.*, 2013)

ประเทศในเขตร้อนรวมทั้งประเทศไทยยังมีพืชเครื่องเทศและสมุนไพรอีกหลายชนิดที่อาจใช้ประโยชน์เพื่อการปรับปรุงคุณภาพเนื้อและผลิตภัณฑ์สัตว์ได้ เช่นพืชผักที่ใช้สำหรับการปรุงอาหาร และพืชผักที่ใช้เป็นเครื่องเคียงรับประทานกับอาหารอื่น รวมทั้งผลไม้หลายชนิดที่น่าจะมีศักยภาพเพื่อจุดประสงค์นี้ได้เช่นกัน การทดลองค้นหาควรศึกษาทั้งประสิทธิภาพการต้านจุลินทรีย์และการต้านออกซิเดชัน และศึกษาความเป็นพิษของพืชด้วยในกรณีที่พืชนั้นไม่ใช่พืชที่รับประทานโดยทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

- จรัส พิบูลย์บุญโชติ. 2012. สมุนไพรเลี้ยงสัตว์สู่เนื้อหมูปลอสสารพิษ. [Online]. Available: <http://www.banmuang.co.th/wp-content/uploads/2012/04/สมุนไพร4-copy-copy.jpg>
- สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดสงขลา. 2012. การปรับเปลี่ยนการเลี้ยงสุกรขุนเป็นเนื้อสุกรอินทรีย์. [Online]. Available: www.dld.go.th/pvlo_sgk/th/
- วิศิษฐ์ เกตุปัญญางศ์. 2007. การใช้สมุนไพรเพื่อลดสารตกค้างอันตรายในเนื้อสัตว์. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 2: 82-94.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. In. J. Food Microbiol. 94: 223-253.
- Frankič, T, M. Voljč, J. Salobir and V. Rezar. 2009. Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. Acta Agriculturae Slovenica. 94: 95-102.
- Juntachote, T., E. Berghofer, S. Siebenhandl and F. Bauer. 2007a. Antioxidative effect of added dried holy basil and its ethanolic extracts on susceptibility of cooked ground pork to lipid oxidation. Food Chem. 100: 129-135.
- Juntachote, T., E. Berghofer, S. Siebenhandl and F. Bauer. 2007b. The effect of dried galangal powder and its ethanolic extracts on oxidative stability in cooked ground pork. LWT. 40: 324-330.
- Kumudavally, K.V., H.S. Panindrakuar, A. Tabassum, K. Radhakrishna and A.S. Baqa. 2008. Green tea – A potential preservative for extending the shelf life of fresh mutton at ambient temperature (25 ± 2 °C). Food Chem. 107: 426-433.
- Škrinjar, M.M. and N.T. Nemet. 2009. Antimicrobial effects of spices and herbs essential oils. APTEFF, 40: 195-209.

- Tajkarimi, M.M., S.A. Ibrahim and D.O. Cliver. 2010. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food Control*. 21: 1199-1218.
- Yin, M.-C. and W.-S. Cheng. 2003. Antioxidant and antimicrobial effects of four garlic-derived organosulfur compounds in ground beef. *Meat Sci*. 63: 23-28.

Influences of Growth Promoter, Immuno-Castration and Animal Welfare on Meat Quality

Tim Parr, John Brameld, David Brown, Krystal Hemmings, Molebeledi Mareko and Kevin Ryan

Division of Nutritional Sciences, School of Biosciences, University of Nottingham, Sutton Bonington Campus, University of Nottingham, Loughborough, Leics. LE12 5RD, UK

Food production demands

The United Nations' projections for increases in world population are an increase by 34% from 6.8 billion (circa 2010) to 9.1 billion in 2050 (Figure 1). To meet the estimated increase in food demand of an increasingly urbanised population food production will need to increase. The increased urbanisation and associate affluence of populations will lead to an increase in the demands for meat with annual meat production increasing from the current 200 million tonnes to 470 million tonnes. To date the agricultural industry has kept pace increase in demand for food but ability to meet this in the future there will be competitive and restrictive pressures on the availability of resource; for example competition bioenergy industry for materials and pressure of trying to mitigate the negative impact of food production and processing on climate change (effects of greenhouse gases) and increase in pollution (excretion from production animal).

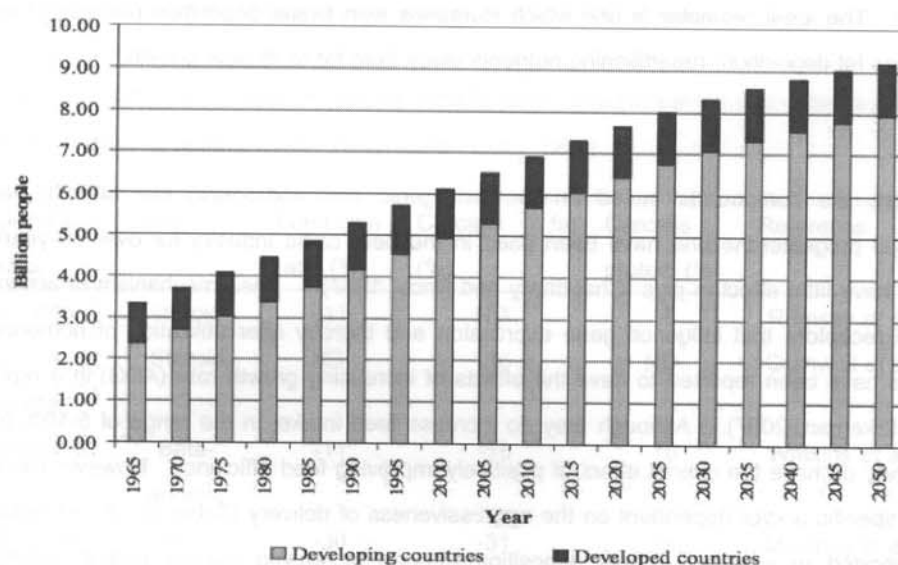


Figure 1. The estimated projected changes in world population by 2050, source: Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat (2007)

Agricultural science will have to play a vital role in raising productivity, and perhaps is particularly important for developing countries. There are multiple ways in which productivity can be enhanced for example, improved irrigation and water management practices, more effective fertilizers and, at an animal

production level, better disease control. More directly the increase in animal productivity could also be increased through the continued utilization of genetic selection through breeding programmes. Given the pressures that the world is likely to face in satisfying food demand it is perhaps inevitable that the technologies that have been generally avoided in animal production systems will be utilized; such as pharmaceutical growth promoters and the generation of Genetically Modified Organisms will be. Throughout the world there is an increasing utilisation of growth promoters. Some of these have been legalized for production of carcasses for human consumption; the noticeable exceptions being the EU, which has a ban on hormonal growth promoters. A goal of all these technologies is to increase the efficiency of feed utilization that ideally results in an increase in carcass weight.

Growth promoters and meat quality

This abstract will deal with the hormonal based growth promoters specifically Growth Hormone (GH) and beta-adrenergic agonists (BA) and steroids and their general influence on meat quality. It will then go on to consider the factors that mediate the development of meat quality, particularly proteolysis, then consider the effects of GH and BA on these systems. Subsequently the abstract will the role of immunocastration on improving meat quality.

Hormonal based growth promoters' actions are through mechanisms that influence processes at a cellular level. The ideal promoter is one which increases lean tissue deposition (increase muscle mass) and decreases fat deposition, repartitioning nutrients away from fat to muscle growth.

Steroids

These are compounds based on the estrogenic and androgenic sex steroids testosterone, oestrogen and progesterone and have been used in the beef cattle industry for over 50 years, although they tend to have little effect in pigs (Chaudhary and Price, 1987). Their mechanism of action is through a group cell receptors that influence gene expression and thereby alter utilization of nutrients. General these agents have been reported to have the effects of increasing growth rate (ADG) in a reported range of 10-20% (Dikeman, 2007). Although they do increase feed intake, in the range of 5-10% (Dunshea *et al.*, 2005), they do have the overall effect of positively improving feed efficiency. However the response is often agent specific and/or dependent on the aggressiveness of delivery (Table 1). At a mechanistic level they are reported to increase protein deposition through increasing muscle protein synthesis and/or decreasing protein degradation dependent on the compound used (Lobley *et al.*, 1987, 1985). These agents are administered through implants that allow the steroids enter the circulation.

Given that these agents have an effect on the deposition of fat in treated animals it perhaps not surprising that these agents decrease the level of intramuscular fat (IMF), which therefore reduces the marbling seen in the meat. High levels of marbling are associated with improved palatability of cooked beef (Bee *et al.*, 1967). However it has also been reported that steroids cause a decrease in tenderness as well as increase the proportion of carcasses that develop Dark firm Dry (DFD) meat, presumably due to

a decrease in the levels of glycogen at slaughter (Dikeman *et al.*, 2003). Therefore use of these agents is likely to have negative effects on consumer perception of meat at purchase as well as a subsequent impacting repurchasing tendencies due to a negative eating quality.

Growth Hormone (somatotrophin)

Growth hormone (GH) is a protein hormone produced by the anterior pituitary and is involved in the processes of development and growth that includes skeletal muscle, bone and adipose tissue. When administered as a growth promoter it usually through regular (daily) injection. Administration of GH causes the redirection of nutrients toward muscle and bone growth with a decrease adipose tissue, there being positive effects on ADG and feed conversion (Etherton *et al.*, 1998). In farm species, in terms of animal growth, this agent has the most dramatic effects on pigs, therefore this is the species where it is predominantly used (Dunshea *et al.*, 2002). As can be seen in Table 1 these agents significantly decrease the fat content of the carcass with reported 70% reductions in subcutaneous back fat (Kirk *et al.*, 1992). GH has a positive effect on protein deposition which is predominantly through an increase in protein synthesis, in part mediated through the Insulin-like growth factors (IGF) particularly IGF-I, which activate protein synthesis signaling pathways. Although alterations in synthesis are well documented (Eisemann *et al.*, 1986, Tomas *et al.*, 1992), there have been reports of effects on decreasing protein degradation (Vann *et al.*, 2000).

Table 1 Growth promoter and species effects on improvements in performance and carcass composition: specific examples (adapted from Wray-Cahen *et al.*, 1998)

Growth promoter and species	class	Feed:gain ratio (%)	Carcass fat (%)	Carcass protein (%)	Reference
Synovex, cattle	steroid	-11	ND ¹	4	Rumsey <i>et al.</i> (1996)
Trenbolone acetate, cattle	Steroid	ND ¹	-15	ND ¹	Cranwell <i>et al.</i> (1996)
Ractopamine, pigs	Beta-agonist	-11	-15	10	Watkins <i>et al.</i> (1990)
L644,969, cattle	Beta-agonist	-30	-31	15	Moloney <i>et al.</i> (1990)
pST, pigs	Growth Hormone	-25	-68	28	Evoock <i>et al.</i> (1988)

¹ ND, No difference

Beta-adrenergic agonists

The beta-adrenergic agonists (BA) are analogues of the endogenous catecholamines, specifically it is the beta2-adrenergic agonists that have the most potent growth promoter effect. The significant advantage of these agents is they can be administered in the diet. They have positive effects on ADG and feed efficiency (although this is not always observed) and general act as strong repartitioning agents increasing muscle growth whilst decrease adipose tissue deposition (Table 1), being particularly effective in older animals as they reach the end of their growth curve. The BAs have strong effects on muscle hypertrophy and appear to be differentially effective across farm species, with ruminant species (cattle and sheep) responding the greatest (Meersman, 1998). However ractopamine has been licensed for use in pigs but this agonist is characterized as being a mixed agonist (beta1 and beta2 adrenoceptors) (Mills *et al.*, 2003). The mechanisms by which BA mediate their effects were initially characterized as a being through suppression of protein degradation (Bohorov *et al.*, 1987), but it is apparent that they also have the effect of increasing protein synthesis (McDonagh *et al.*, 1999). These agents are the growth promoters that have the strongest effects, stimulating a switch toward fast glycolytic fibres that have large cross-sectional areas thereby causing significant hypertrophy.

Mechanisms influencing meat quality

Tenderness is considered to be the most important of the meat quality traits with regard to eating quality (Miller *et al.*, 2001). The main determinant ultimate tenderness is the extent of proteolysis of key target proteins within muscle fibres (Koochmaraie and Geesink, 2006). There are potentially several proteolytic systems that are found in muscle that could potentially have this role in the process of tenderisation these include the lysosomal cathepsins, the proteasome system, the caspase system and the calpain system. Calpains are probably the most extensively researched protease family with regard to meat science and it is widely accepted that proteolytic calpain activity does contribute to meat tenderisation (Koochmaraie and Geesink, 2006). However there is preliminary evidence that other systems, such as the caspases system, may also contribute to tenderisation (Kemp *et al.*, 2006; Kemp and Parr, 2008). There is now considerable evidence linking the calpains to tenderisation in beef, lamb and pork. The system predominantly consists of two enzymes μ -calpain and m-calpain and a specific endogenous inhibitor calpastatin. Correlations have shown that the different tenderisation rates between species (beef < lamb < pork) relate inversely to the ratio of calpastatin:calpain (beef > lamb > pork) (Koochmaraie *et al.*, 1991). Myofibrils incubated with calpains have produced similar degradation patterns to those observed in postmortem muscle, with calpains degrading key myofibrillar proteins (Huff-Lonergan *et al.*, 1996). The experimental evidence available suggests that μ -calpain is the enzyme component of the calpain system that has the most significant role in postmortem proteolysis and meat tenderisation (Koochmaraie and Geesink, 2006). In cattle the identification of single nucleotide polymorphisms (SNP) in the CAPN1 gene, encoding μ -calpain, which is associated with tender meat, has further strengthened the importance of μ -calpain in tenderisation. Two bovine CAPN1 gene SNPs are associated with tenderness (Page *et al.*,

2002). Subsequently SNPs in the muscle specific calpain (calpain 3) gene *CANP3* have been associated with variable meat quality in certain meat cuts in Brahman cattle (Robinson *et al.*, 2012), although others have described how it appears not to have a direct role in proteolysis which is directly associated with meat quality (Geesink *et al.*, 2005)

A consistent observation of the calpain system's involvement in tenderness is that high levels of calpastatin are associated with poor quality meat; the model being that high levels of calpastatin reduce the activity of calpain thereby reducing the proteolysis required for tender meat. In ruminant species there is relationship between calpastatin activity in the muscle 24h after slaughter and the degree of tenderisation achieved after conditioning, with differences in calpastatin accounting for 40% of the variation in tenderness (Shackelford *et al.*, 1994). Currently there are genome markers within the calpastatin and μ -calpain genes that are able to identifying beef cattle with the genetic potential to produce tender meat (Casas *et al.*, 2006) and these are commercially available as part a multiple marker genetic test (GeneSTAR[®], Zoetis). In other species, predominantly in pigs, genetic markers associated with tenderness have also been identified in genes associated with the calpain system specifically calpastatin, however these have not been commercially developed.

Beyond the influences of the proteolytic systems other physical factors influence meat quality such as the fibre type of muscles. Muscles are classified by the types of fibres they are made up of and adult fibres are classified on the basis of their contractile and metabolic activities (Lefaucheur, 2010). The most basic definition of fibre type is predominantly based on a combination of contractile and metabolic characteristics and divides fibres into three types: slow-twitch oxidative (SO, Type I), fast twitch oxidative (FOG type IIA) and fast twitch glycolytic (FG type IIB). At a molecular level muscle fibres can be classified according to their Myosin Heavy Chain (MyHC) expression (Lefaucheur, 2010). However there are four MyHC genes expressed in adults: MyHC I, IIA, IIX and IIB. Their expression corresponds and overlaps with the classical fibre type classification, as indicated in Figure 2, and thereby allows a more direct assessment of muscle type based on MyHC gene expression. There are metabolic and physical consequences for a muscle in the type of fibres it contains. Type I fibres have a high reliance on oxidative metabolism and therefore are small in cross sectional area (CSA) as well as have a relatively large quantity intramuscular fat (IMF), whilst Type IIB fibres have large CSA and low quantity of IMF. Generally Type II fibres have a high level of glycogen that is associated with a greater capacity to generate ATP anaerobically. Generally it appears that muscles that have a higher proportion of anaerobic type II fibres (MyHC IIX and IIB expressing) tend to be of poor eating quality (Maltin *et al.*, 2003). One of the reasons for this is their relatively high levels of glycogen which can lead to high drip loss. However this feature is dependent on the glycogen substrate being available for glycolysis; preslaughter feeding regimes and stress immediate before slaughter can influence this capacity. One of the structural features of muscle with high glycolytic capacity (type II fibres: MyHC IIX and IIB), that does tend to lead to poor quality, is their high CSA compared to SO fibres (MyHC I expression) (Lefaucheur, 2010). It is generally accepted that

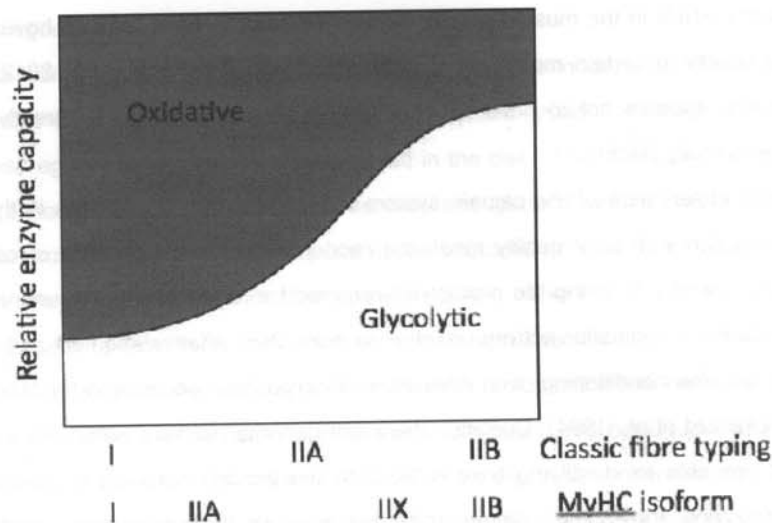


Figure 2. Characterisation of skeletal muscle fibre types. The figure indicates the relationships between metabolic, classic fibre typing and Myosin Heavy Chain (MyHC) expression. Adapted from Gerrard and Grant (2006)

selection for rapid growth in livestock has led to animals with a high proportion of Type II fibres, as these types of fibres are likely to show a high degree of hypertrophy. High CSA and low IMF is generally associated with poor meat quality. Therefore selective breeding has been shown to have a negative impact on muscle colour (pale meat) and increase toughness (reviewed, Lefaucheur, 2010; Maltin *et al.*, 2003)

Growth promoters and meat quality and proteolytic systems

Dunshea *et al.* (2005) carried out a comprehensive evaluation of the effects of GH on pig meat quality, the predominant species in which this agent is used. They described how GH decreased intramuscular fat by 12%, again perhaps not a surprising observation given the effects of these agents on fat deposition. The selected breeding of pigs has resulted in pigs having reduced IMF levels due to selection for fast fibre type muscles. High levels of IMF tend to be associated with muscles that have a high dependence on oxidative metabolism which preferentially utilise fat as an energy substrate, however that there not a simple relationship between muscle fibre type and IMF levels (Hocquette *et al.*, 2009). Therefore the effect of GH on pigs is amplified due to their already intrinsically reduced levels of fat in their muscles. In addition GH was reported to increase shear force (toughness) by 9%. Consequentially consumers' perception of meat from GH treated pigs was negative for tenderness and tended to perceive and negative meat flavour (Dunshea *et al.*, 2005).

One of the pieces of evidence suggesting that proteolysis and more specifically was the calpain system was involved in meat quality came from observations that the post potent BA, which significantly reduce muscle protein degradation (Bohorov *et al.*, 1987), elevate calpastatin activity and mRNA

expression (Higgins *et al.*, 1988; Parr *et al.*, 1992) are with an increase in toughness (Dunshea *et al.*, 2005). Although these BA have a potent positive anabolic effect they are characterised by a generally negative effect on meat quality and has also been reviewed by Dunshea *et al.* (2005). The degree of effect on meat quality is related to their potency. Studies examining the effects on ruminants have generally utilised the potent and beta 2-receptor agonists such as clenbuterol and cimaterol (b2-receptor agonists) rather than the more mixed agonist ractopamine, predominantly used in pigs. In ruminants BA decrease IMF (the maximum decrease being 52%) and increase shear force (the maximum increase being 146%) (Chikhou *et al.*, 1993). In pigs, Dunshea *et al.* (2005) reported that the average effects of various BA with ractopamine and salbuterol having no effect on IMF whilst cimaterol causing a decrease. All of these BAs had the tendency of increasing shear force but again cimaterol had the greatest negative effect (25% increase).

Our studies appear to support these types of observations. Our investigations have focused on examining the effects in pigs of the commercially available GH and BA (Reporcin and ractopamine, respectively) on the activities of not only calpain system but have now extended to considering the caspase and proteasome systems associations with meat quality and growth (Parr *et al.*, 2010). When using GH or ractopamine in pigs it is clear that there are not substantial effects on meat quality (shear force), but in general any marginal negative effect is associated with BA treatment. Treatment with BA and GH does tend to affect the activity of the proteolytic systems but this is not as great as with more specific beta2-adrenergic agonists such as clenbuterol and cimaterol that tend to give a greater positive effect on growth but negative effect on meat quality. However a common observation with ractopamine treatment is a switch to a fast glycolytic fibre type. This fibre type is commonly associated with lower meat quality (see above) and it is perhaps the additive combination of the minor negative characteristics of these fibres that leads to marginally poor meat quality.

Boar taint and Immuno-Castration

Boar taint is an unpleasant taste and odour which in pork. It is due to skatole (a hormone) and androstenone (a pheromone) that are found in sexually-mature male pigs and stored in predominantly in adipose tissue (Bonneau and Desmoulin, 1982). The presence of taint is usually found when the meat is cooked but the capacity to detect it is related to sex (female consumers are usually more sensitive than males) but there is also a genetic component to the sensitivity (Font-i-Furnols, 2012). Therefore the impact of this meat trait is not equivalent across consumers but has significant consequences for their experience in those affected.

Sexual development (male) is associated production of skatole and androstenone. Therefore castration shortly after birth is the traditional, and very effective method, of reducing boar taint. However this method has significant welfare issues, as the castration is usually performed without anaesthesia (de Roest *et al.*, 2009). For this reason, the European Commission are recommending pig producers in Europe to stop surgical castration without anaesthesia by 2018. In an approach to reduce boar taint effects, male

pigs tend to be grown to lower finishing weights however it is more economically-efficient to grow pigs to heavier weights if their growth rate has not peaked (Niemi, 2006). In addition there are further welfare issues, as intact males are involved in fights that leads to injuries and loss of growth (Andersson *et al.*, 2012). In the absence of castration and the drive to increase production efficiency there is likely to be an increase in poor meat quality caused by boar taint.

As an alternative to surgical castration of male pigs a commercially available immunocastration process has been developed (Improvac[®], Zoetis). This is a vaccine that stimulates the production of antibodies gonadotrophin-releasing factor (GnRF) (Zamaratskaia *et al.*, 2008). GnRF causes the pituitary gland to release luteinising hormone this stimulates the testes to produce testosterone and other compounds related to sexual development. Improvac stimulates the pig's immune system to break down the majority of the GnRF before it can reach the pituitary gland and have an effect thereby preventing male pigs reaching sexual maturity (Gispert *et al.*, 2010). This immunocastration process potential is a welfare-friendly alternative to surgical piglet castration with additional benefits of less aggressive behaviour compared to entire males (Zamaratskaia *et al.*, 2008) and improved feed efficiency compared to surgical castrates (Schmoll *et al.*, 2009). The seminar will consider the impacts of this novel approach on meat quality.

Summary

The consequences of the selection for positive growth traits such as increases in lean deposition or use of pharmaceutical agents that have a positive effect on growth, is likely to be a significant reduction in meat tenderness, an attribute of meat that consumers value (Miller *et al.* 2001). The drive for production animals to have increased growth but to ensure adequate welfare may also result the production of carcasses with unfavorable meat quality (for example). Understanding the mechanisms by which biologically based animal production technologies work and their impact on meat quality will allow new technologies to be developed that could potentially mitigate the effects they have on the consumers eating experience.

References

- Andersson, K., C. Brunius, G. Zamaratskaia and K. Lundstrom. 2012. Early vaccination with Improvac (R): effects on performance and behaviour of male pigs. *Animal*. 6: 87-95.
- Boleman, S. J., S. L. Boleman, R. K. Miller, J. F. Taylor, H. R. Cross and T. L. Wheeler. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *J. Anim. Sci* 75: 1521–1524.
- Bonneau, M. and Desmoulin, B. 1982. Boar taint and possible utilization of boar meat. *Annales de Zootechnie*. 31: 319-319.
- McBee Jr, J. L., and J. A. Wiles. 1967. Influence of Marbling and Carcass Grade on the Physical and Chemical Characteristics of Beef. *Anim Sci*. 26:701-704.

- Bohorov, O., P. J. Buttery, J. H. R. D. Correia and J. B. Soar. 1987. The effect of the B-2-adrenergic agonist clenbuterol or implantation with oestradiol plus trenbolone acetate on protein metabolism in wether lambs. *British J. Nutrition*, 57: 99–107
- Chaudhary, Z.I. M.A., Price. 1987. Effects of castration and exogenous estradiol or testosterone on limb bone growth and some performance traits in young male pigs. *Canadian J. Anim. Sci.* 67: 681–688.
- Casas, E., S.N. White, T.L. Wheeler, S.D. Shackelford, M. Koohmaraie, D.G. Riley, C.C. Jr. Chase, D.D. Johnson and T.P. Smith. 2006. Effects of calpastatin and u-calpain markers in beef cattle on tenderness traits. *J. Anim. Sci.* 84: 520–525.
- Chikhou, F. H., A. P. Moloney, P. Allen, R. L. Joseph, P. V. Tarrant, J. F. Quirke. 1993. Long-term effects of cimaterol in Friesian steers: II. Carcass composition and meat quality. *J. Anim. Sci.* 71: 914–922.
- Cranwell CD, J.A. Unruh, J.R. Brethour, D.D. Simms and R.E. Campbell 1996. Influence of steroid implants and concentrate feeding on performance and carcass composition of cull beef cows. *J. Anim. Sci.* 74:1770–76.
- deRoest, K., C. Montanari, T. Fowler and W. Baltussen. 2009. Resource efficiency and economic implications of alternatives to surgical castration without anaesthesia. *Anim.* 3: 1522–1531.
- Dikeman, M. E. 2003. Metabolic modifiers and genetics: Effects on carcass traits and meat quality. *Brazilian J. Food Tech. (Special issue)*. 6: 1–38.
- Dikeman, M. E. 2007 Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Sci.* 77: 121–125.
- Dunshea, F. R., M. L. Cox, M. R. Borg, M. N. Sillence and D. R. Harris. 2002. Porcine somatotropin (pST) administered using a commercial delivery system improves growth performance of rapidly-growing, group-housed finisher pigs. *Australian J. Agr. Res.* 53: 287–293.
- Dunshea, R. R., D. N. D'Souza, D. W. Pethic, G. S. Harper and R. D. Warner. 2005. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Sci.* 71: 8–38.
- Eisemann, J. H., A. C. Hammond, D. E. Bauman, P. J. Reynolds, S. N. McCutcheon, H. F. Tyrrell. 1986. Effect of bovine growth hormone administration on metabolism of growing Hereford heifers: Protein and lipid metabolism and plasma concentrations of metabolites and hormones. *Journal of Nutrition*, 116: 2504–2515.
- Etherton, T. D., and D. E. Bauman. 1998. Biology of somatotropin in growth and lactation of domestic animals. *Phys. Rev.* 78: 745–761.
- EvockCM, T.D.Etherton, C.S.Chung and R.E. Ivy. 1988. Pituitary porcine growth hormone (pGH) and a recombinant pGH analog stimulate pig growth performance in a similar manner. *J. Anim. Sci.* 66:1928–41
- Font-i-Furnols, M. 2012. Consumer studies on sensory acceptability of boar taint: A review. *Meat Sci.* 92: 319–29.

- Gispert, M., M.A. Oliver, A. Velarde, P. Suarez, J. Pérez and Font I M. Furnols. 2010. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. *Meat Sci.* 85: 664-670.
- Geesink, G.H., R.G. Taylor and M. Koohmaraie. 2005. Calpain 3/p94 is not involved in postmortem proteolysis. *J. Anim Sci.* 83: 1646-1652.
- Gerrard, D.E. and A.L. Grant. 2006. *Principles of Animal Growth and Development* (Revised printing). Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa
- Higgins, J.A., Y.V. Lasslett, R.G. Bardsley and P.J. Butter. 1988. The relation between dietary restriction or clenbuterol (a selective β -2 agonist) treatment on muscle growth and calpain proteinase (EC 3.4.22.17) and calpastatin activities in lambs. *British Journal of Nutrition.* 60: 645-652.
- Hocquette J. F., F.Gondret, E.Bae'za, F.Médale, C.Jurie and D. W. Pethick. 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Anim.* 4: 303-319
- Huff-Lonergan, E., T.Mitsuhashi, D.D. Beekman, F.C. Parrish, D.G. Olson and R.M. Robson. 1996. Proteolysis of specific muscle structural proteins by μ -calpain at low pH and temperature is similar to degradation in postmortem bovine muscle. *J. Anim. Sci.* 74: 993-1008.
- Kemp, C.M., T. Parr, R.G. Bardsley, P.J. Buttery. 2006. Comparison of the relative expression of caspase isoforms in different porcine skeletal muscles. *Meat Sci.* 73: 426-431.
- Kemp, C. M., and T. Parr. 2008. The effect of recombinant caspase 3 on myofibrillar proteins in porcine skeletal muscle. *Anim.* 2:1254-1264.
- Koohmaraie, M. 1988. The role of endoproteases in meat tenderness. *Proceedings of the 41st Annual Reciprocal Meat Conference.* Laramie, WY, USA, 1988, pp. 89-100.
- Koohmaraie, M., and G.H. Geesink 2006. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Sci.* 74: 34-43.
- Koohmaraie, M., G. Whipple, D.H. Kretchmar, J.D. Crouse and H.J. Mersmann 1991. Postmortem proteolysis in longissimus muscle from beef, lamb and pork carcasses. *J. Anim. Sci.* 69: 617-624.
- Krick, B. J., K. R. Roneker, R. D. Boyd, D. H. Beermann, P. J. David and D. J. Meisinger. 1992. Influence of genotype and sex on the response of growing pigs to recombinant porcine somatotropin. *J. Anim. Sci.* 70: 3024-3034.
- Lefaucheur, L. 2010. A second look into fibre typing – Relation to meat quality. *Meat Sci.* 84: 257-270
- Lobley, G.E., A. Connell, V. Buchan, P.A. Skene, J.M. Fletcher. 1987. Administration of testosterone to wether lambs: effects on protein and energy metabolism and growth hormone status. *Journal of Endocrinology* 115: 439-445.
- Lobley, G.E., A. Connell, G.S. Molinson, A. Brewer, C.I. Harris, V. Buchan, H. Galbraith. 1985. The effects of a combined implant of trenbolone acetate and oestradiol-17 β on protein and energy metabolism in growing beef steers. *British J. Nut.* 54: 681-694.

- Maltin, C., D. Balcerzak, R. Tilley and M. Delday 2003. Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62: 337–347
- McDonagh, M. B., C. Fernandez and V. H. Oddy. 1999. Hind-limb protein metabolism and calpain system activity influence post-mortem change in meat quality in lamb. *Meat Sci.* 52: 9–18.
- Meersman, H.J. 1998. Overview of the Effects of β -Adrenergic Receptor Agonists on Animal Growth Including Mechanisms of Action. *J. Anim. Sci.* 76: 160-172
- Mills, S.E., Kissel, J., C.A. Bidwell and D.J. Smith. 2003. Stereoselectivity of porcine β -adrenergic receptors for ractopamine stereoisomers. *J. Anim. Sci.* 81: 122–129.
- Miller, M. F., Carr, M. A., Ramsey, C. B., Crockett, K. L. & Hoover, L. C. (2001). Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 79, 3062-3068.
- Moloney AP, P. Allen, D.B. Ross, G. Olson, and EM. Convey. 1990. Growth, feed efficiency and carcass composition of finishing Friesian steers fed the β - adrenergic agonist L-644,969. *J. Anim. Sci.* 68:1269–77
- Niemi, J.K. 2006. A dynamic programming model for optimising feeding and slaughter decisions regarding fattening pigs. *Agricultural and Food Science* .15 .suppl 1 [online] Available: <http://ojs.tsv.fi/index.php/AFS/article/view/5855>
- Page, B. T., E. Casas, M. P. Heaton, N. G. Cullen, D. L. Hyndman, C. A. Morris, A. M. Crawford, T. L. Wheeler, M. Koohmaraie, J. W. Keele and T. P. Smith. 2002. Evaluation of single-nucleotide polymorphisms in CAPN1 for association with meat tenderness in cattle. *J. Anim. Sci.* 80: 3077–3085
- Parr, T., R.G. Bardsley, R.S. Gilmour and P.J. Buttery. 1992. Changes in Calpain and Calpastatin mRNA Induced by Beta-adrenergic Stimulation of Bovine Skeletal Muscle. *European Journal of Biochemistry*. 208: 333-339.
- Robinson, D. L., L. M. Cafe, B. L. McIntyre, G. H. Geesink, W. Barendse, D. W. Pethick, J.M. Thompson, R. Polkinghorne and P. L. Greenwood. 2012. Production and processing studies on calpain-system gene markers for beef tenderness: Consumer assessments of eating quality. *J. Anim. Sci.* 90:2850–2860
- Rumsey TS, T.H. Elsasser, S. Kahl, W.M. Moseley and M.B. Solomon. 1996. Effect of Synovex-S and recombinant bovine growth hormone (Somavubove) on growth responses of steers. I. Performance and composition of gain. *Journal of Animal Science* 74:2917–28
- Schmoll, F., J. Kauffold, A. Pfutzner, J. Baumgartner, F. Brock, M. Grodzycki and S. Andrews. 2009. Growth performance and carcass traits of boars raised in Germany and either surgically castrated or vaccinated against gonadotropin-releasing hormone. *Journal of Swine Health and Production*. 17: 250-255.
- Shackelford, S. D., M. Koohmaraie, L. V. Cundiff, K. E. Gregory, G. A. Rohrer and J. W. Savell. 1994. Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity,

- intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. J. Anim. Sci. 72: 857-863.
- Tomas, F. M., R. G. Campbell, R. H. King, R. J. Johnson, C. S. Chandler, and M. R. Taverner. 1992. Growth hormone increases whole-body protein turnover in growing pigs. J. Anim. Sci. 70: 3138–3143.
- Vann, R. C., H. V. Nguyen, P. J. Reeds, D. G. Burrin, M. L. Fiorotto, N. C. Steele. 2000. Somatotropin increases protein balance by lowering body protein degradation in fed, growing pigs. American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism, 278: E477–483.
- Watkins LE, D.J. Jones, D.H. Mowrey, D.B. Anderson, and EL. Veenhuizen. 1990. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. J. Anim. Sci. 68:3588– 95
- Wray-Cahen C. D., D. E. Kerr, C. M. Evock-Clover and N. C. Steele. 1998. Redefining Body Composition: Nutrients, Hormones, and Genes in Meat Production. Annu. Rev. Nutr. 18:63–92
- Zamaratskaia, G., L. Rydhmer, H.K. Andersson, G. Chen, S. Lowagie, K. Andersson, and K. Lundstrom. 2008. Long-term effect of vaccination against gonadotropin-releasing hormone, using Improvac (TM), on hormonal profile and behaviour of male pigs. Animal Reproduction Science [online]. 108 (1-2), 37-48.

การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเนื้อสุกร: เทคโนโลยีการตัดแต่ง Productivity and Quality of Pork: Cutting Technology

รศ.ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล

สำนักประสานงานขยายโอกาสธุรกิจโคเนื้อของไทย สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย

การปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตเพื่อให้ผลผลิตมีปริมาณและมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น (productivity) ในมุมมองของการผลิตสุกรหมายถึงการผลิตที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มขึ้นโดยการนำเทคโนโลยีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยในการผลิตมาใช้ การนำเทคโนโลยีทางด้านการผลิตสัตว์ในฟาร์ม อาทิเช่น การปรับปรุงพันธุ์โดยการคัดเลือกยีนส์ที่ควบคุมการสร้างกล้ามเนื้อ การพัฒนาสูตรอาหารให้สมดุลกับขีดความสามารถทางพันธุกรรมสัตว์และการใช้สารเสริมบางอย่างเพื่อเร่งการสร้างเนื้อ การปรับสภาพแวดล้อมให้สัตว์อยู่สบายลดความเครียด ล้วนแต่เป็นเรื่องจำเป็นเช่นกันเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต โดยเป็นที่ทราบกันดีว่าเป้าหมายของผู้เลี้ยงสุกรคือการต้องการสุกรที่โตเร็ว อัตราการแลกเนื้อดีนั่นหมายถึงมีการสร้างกล้ามเนื้อมากกว่าการสร้างไขมันหรือมีคุณภาพซากที่ดีทั้งนี้เพราะในการสร้างกล้ามเนื้อจะใช้อาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัวน้อยกว่า ได้ผลตอบแทนที่เป็นตัวเงินมากขึ้นเพราะต้นทุนในการผลิตส่วนใหญ่เป็นค่าอาหารสัตว์ ดังนั้นเทคโนโลยีในการผลิตต่างๆจึงถูกนำมาใช้เพื่อให้สุกรมีการสร้างกล้ามเนื้อมาก ซึ่งนอกจากจะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารแล้วสุกรที่มีคุณภาพซากดียังเป็นที่ต้องการของผู้ประกอบการโรงฆ่าและตัดแต่งเพราะผลตอบแทนจากการจำหน่ายเนื้อแดงย่อมมากกว่าไขมันในขณะเดียวกันก็ต้องการเนื้อที่มีคุณภาพดีด้วยเพราะลูกค้าหรือผู้บริโภคให้ความสำคัญในเรื่องของคุณภาพเป็นอันดับต้น ดังนั้นการให้ความสำคัญทั้งในเรื่องปริมาณผลผลิตและคำนึงถึงคุณภาพด้วยจึงจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตโดยแท้จริงซึ่งนอกจากจะทำให้ตั้งแต่การผลิตสัตว์จากฟาร์มแล้ว การจัดการในช่วงปลายน้ำของห่วงโซ่การผลิต ได้แก่ การจัดการก่อนการฆ่า (pre-slaughter handling) ในกระบวนการฆ่า (slaughtering) และหลังการฆ่า (post-slaughter handling) เช่นการตัดแต่งเป็นชิ้นส่วนย่อย (retail yield) ก็สามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้เช่นกัน

การให้ความสำคัญกับคุณภาพในมุมมองของผู้เกี่ยวข้องในห่วงโซ่การผลิต

ในห่วงโซ่ของการผลิตกลุ่มต้นน้ำผู้ผลิต (Producer) ที่เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตลูกสุกรขายจะให้ความสำคัญกับ ระยะเวลาการเป็นสัด อัตราการผสมติด จำนวนลูกต่อครอก อัตราการรอด มาเป็นอันดับต้น ส่วนผู้เลี้ยงสุกรขุนจะให้ความสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโต อัตราแลกเนื้อ น้ำหนักเข้าฆ่ามาเป็นอันดับต้นความสำคัญในเรื่องคุณภาพซากหรือคุณภาพเนื้อเป็นอันดับรอง กลุ่มกลางน้ำ ได้แก่ผู้ประกอบการโรงฆ่าและโรงตัดแต่งเนื้อ (primary meat processor) จะให้ความสำคัญในเรื่องของน้ำหนักซาก เปอรเซ็นตซาก ปริมาณเนื้อแดงต่อไขมันในซาก เพศ อายุ มาตรฐานการเลี้ยง คุณภาพเนื้อ และคุณภาพไขมัน กลุ่มปลายน้ำ คือกลุ่มผู้ที่นำเนื้อไปใช้ประโยชน์หรือกลุ่มผู้บริโภค(consumer)จะให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพเนื้อมาเป็นอันดับต้นจะไม่สนใจเรื่องคุณภาพซากซึ่งในกลุ่มนี้แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มตามการนำเนื้อไปใช้ประโยชน์ คือ

- 1) กลุ่มผู้นำเนื้อไปใช้ประโยชน์เพื่อการแปรรูป (secondary meat processor) จะให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพเนื้อที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ ค่า pH ในเนื้อเพราะมีความสัมพันธ์กับเปอรเซ็นตการสูญเสีย น้ำของเนื้อและผลิตภัณฑ์

2) กลุ่มผู้บริโภคที่ใช้ประโยชน์จากเนื้อสดเพื่อนำไปปรุงอาหาร (fresh meat consumer) การรับรู้ในเรื่องคุณภาพเนื้อของผู้บริโภคกลุ่มนี้แบ่งเป็น 2 ด้าน ด้านแรกพิจารณาจากคุณภาพภายในตัวเนื้อ (intrinsic) ณ จุดที่ซื้อเนื้อ ผู้บริโภคจะคำนึงถึงลักษณะปรากฏ คือ สีของเนื้อ น้ำที่สูญเสียจากชิ้นเนื้อ ไขมันในเนื้อ ระหว่างการปรุงอาหารจะคำนึงถึงกลิ่น น้ำหนักสูญหายระหว่างการปรุงสุก ระหว่างการบริโภคให้ความสำคัญเรื่องความนุ่ม ความชุ่มและรสชาติของเนื้อ ด้านต่อมาพิจารณาจากคุณภาพภายนอก (extrinsic) โดยจะคำนึงถึงความปลอดภัยด้านอาหาร การตรวจสอบย้อนกลับ สวัสดิภาพสัตว์ระบบของการเลี้ยงได้แก่ แบบปล่อยธรรมชาติ แบบอินทรีย์ เป็นต้น

ปริมาณเนื้อแดงจากการตัดแต่งซาก (Cutability) และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

Cutability นอกจากจะหมายถึงปริมาณหรือสัดส่วนเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งแล้วยังหมายถึงปริมาณ/สัดส่วนของเนื้อที่จำหน่ายได้หรือสร้างเพิ่มมูลค่าได้ Cutability มีความสำคัญต่อผู้เลี้ยงและผู้ประกอบการโรงฆ่าและตัดแต่ง เพราะสุกรที่มีน้ำหนักตัวเท่ากันอาจมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงหรือชิ้นส่วนเนื้อที่จำหน่ายได้ต่างกันซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. เปอร์เซนต์ซาก (dressing/ carcass percentage) ซึ่งหมายถึงน้ำหนักซากที่เทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสัตว์มีชีวิต ณ โรงฆ่า
2. ปริมาณเนื้อแดงที่ขายได้ (saleable lean yield) หรือปริมาณของชิ้นส่วนย่อย (retail yield) เพื่อการจำหน่ายปลีก (retail cut)

ปัจจัยที่มีผลต่อ cutability ของสุกรมีดังนี้

1. น้ำหนักสัตว์มีชีวิต สุกรที่มีน้ำหนักมีชีวิตสูงจะมีสัดส่วนของกล้ามเนื้อต่อไขมันน้อยมีรายงานว่า ทุกๆ น้ำหนักซากสุกรที่เพิ่มขึ้น 10 กิโลกรัม จะมีผลทำให้ปริมาณเนื้อแดงลดลง 0.75-1% (De Smet, 2004)
2. ระยะเวลาอดอาหาร จะมีผลต่อน้ำหนักมีชีวิตก่อนเข้าฆ่า สุกรที่อดอาหารมาดีจะให้เปอร์เซ็นต์ซากสูง โดยทั่วไประยะเวลาอดอาหารจนถึงระยะเวลาเข้าฆ่า (รวมระยะเวลาในการขนย้ายและระยะเวลาในการพักสัตว์) ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง โดยไม่งดน้ำ
3. ปริมาณเนื้อเยื่อและชิ้นส่วนที่แต่งออกจากซาก ได้แก่ ไขมันเปลว ใด เนื้อกระบังลม เนื้อคางตัดออกจากซากหรือไม่ เพราะจะมีผลต่อน้ำหนักซาก หากแต่งออกมากจะทำให้เปอร์เซ็นต์ซากต่ำ และอาจมีผลต่อมาเมื่อคำนวณชิ้นส่วนเนื้อที่ขายได้ โดยคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักซากจะมีผลทำให้ชิ้นส่วนเนื้อที่ขายได้มีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ซากสุกรที่ไม่แต่งเอาไขมันเปลว เนื้อกระบังลมและใดออกจากซาก จะมีน้ำหนักซาก 85 กิโลกรัม แต่ถ้าแต่งเอาเนื้อเยื่อทั้ง 3 ชนิดออก จะเหลือน้ำหนักซาก 83.2 กิโลกรัม ซากดังกล่าวมีปริมาณเนื้อแดงที่ได้จากการเลาะแยกเอาเนื้อแดงออกมา 51 กิโลกรัม ดังนั้นซากที่ไม่ถูกตัดแต่งเอาเนื้อเยื่อทั้ง 3 ชนิดออก จะมีปริมาณเนื้อแดง 60% ขณะที่ซากที่แต่งเอาเนื้อเยื่อทั้ง 3 ชนิดออก จะมีปริมาณเนื้อแดง 61.3%

ดังนั้นในการซื้อขายตามน้ำหนักซาก ควรได้มีการกำหนดค่านิยมของซากสุกรให้เป็นมาตรฐาน หากไม่มีก็เป็นสิ่งที่ผู้ซื้อและผู้ขายจะต้องตกลงกันเองว่าน้ำหนักซากที่ตกลงกันจะต้องแต่งเอาชิ้นส่วนใดออกบ้าง

4. การลดอุณหภูมิซาก ซากที่ผ่านการลดอุณหภูมิอย่างถูกต้องย่อมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักซากระหว่างการเก็บน้อยกว่า การใช้เทคโนโลยีการลดอุณหภูมิซากลงอย่างรวดเร็ว (rapid chilling) จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ซากสูงเพราะน้ำหนักสูญหายลดน้อยลง

5. ระยะเวลาในการเก็บ ชากที่ถูกเก็บไว้นาน น้ำหนักชากจะลดลงตามระยะเวลาของการเก็บชากที่นานขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ชากต่ำ แต่เมื่อคำนวณเป็นชิ้นส่วนเนื้อที่ขายได้โดยเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับน้ำหนักชากจะมีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น

6. จำนวนชนิดของชิ้นส่วนย่อยที่ตัดแต่ง การตัดแต่งแยกเป็นชิ้นส่วนย่อยมากชนิด เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักชิ้นส่วนรวมที่ขายได้ (saleable lean yield) จะน้อย เพราะในการตัดแต่งเป็นชิ้นส่วนพิเศษ (special cuts) ยิ่งมากชนิด เศษเนื้อ เศษมัน ที่ต้องแต่งออกจะยังมีจำนวนมาก

7. ระดับของความมากหรือน้อยในการแต่งเอาเนื้อเยื่อออกจากชาก เนื้อเยื่อที่ต้องตัดแต่งเอาออกได้แก่ไขมันส่วนเกินจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับเกรดของคุณภาพชากสุกร ถ้ามาจากเกรดต่ำก็ต้องแต่งเอามากสำหรับพังคิตและเอ็น การจะแต่งเอาออกมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสเปคของสินค้านั้นๆ นอกจากนี้ชากที่มาจากโรงฆ่าที่ขาดสุขอนามัยที่ถูกต้องมียุงสกปรกที่ติดตามตัวชากทำให้ต้องแต่งเอาเนื้อเยื่อที่สกปรกออกมากเช่นเดียวกับการจัดการสุกรก่อนฆ่าการทารุณ ทูบตีสัตว์ อาจจะทำให้เนื้อมียุงรื้อยรื้อยที่ต้องแต่งออกมาก

8. ทักษะและฝีมือในการตัดแต่งของพนักงานตัดแต่งเนื้อ จะมีผลสำคัญอย่างมากที่จะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ cutability แรงงานที่ไม่มีฝีมือจะทำให้มีเศษถูกแต่งออกมาก มีเศษเนื้อมาก มีน้ำหนักสูญหาย (cutting loss) สูง

เกรดชาก : ความสำคัญที่มีต่อการเพิ่มผลผลิต

การแบ่งระดับชั้นคุณภาพชากตามเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่มีอยู่ในชากตามระบบของกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป [EU System] จะแบ่งออกเป็น 6 ระดับ S E U R O P ซึ่งในแต่ละระดับชั้นจะมีปริมาณเนื้อแดงเมื่อคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักชากต่างกัน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยเกรดดีเยี่ยม (S) จะมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเท่ากับ 60 หรือมากกว่า ขณะที่เกรดต่ำสุด (P) จะมีเท่ากับ 40 หรือน้อยกว่า ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่ได้มาจากการเลาะเอาปริมาณเนื้อแดงที่มีอยู่ในทุกชิ้นส่วนของการตัดแต่งไม่ว่าแม้แต่ชิ้นส่วน สามชั้น ซีโครง ขาหมู ซึ่งเป็นการเลาะเอาเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ไขมัน กระดูกออกจากกันโดยละเอียดซึ่งในทางปฏิบัติจะเอามาใช้กับการประเมินปริมาณเนื้อแดงที่จะนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ดังนั้นปริมาณเนื้อแดงที่ได้จากการประเมินตามระบบนี้จึงใช้เพื่อการจัดแบ่งระดับชั้นของคุณภาพชากโดยคำนึงถึงปริมาณเนื้อแดงรวมจากทุกชิ้นส่วนที่มีอยู่ในชากทั้งตัวซึ่งก็ชัดเจนว่าชากที่ได้เกรดระดับสูงเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงรวมทั้งตัวสูง จะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำ และชิ้นส่วนที่มีไขมันติด เช่น สามชั้นก็ต้องมีความหนาของชั้นเนื้อมาก และความหนาของชั้นไขมันน้อย

ในประเทศไทย จุฬารัตน์ และคณะ (2545) ได้พัฒนาวิธีการประเมินคุณภาพชากสุกรอย่างง่ายโดยทดสอบกับสุกรขุนจากบริษัทเอกชนรายใหญ่ที่ผลิตสุกรของไทย 3 แห่งรวม จำนวนสุกรขุน 751 ตัว เครื่องมือที่ใช้วัดคือไม้บรรทัดหรือเวอร์เนีย ซึ่งมีราคาถูก โดยวิธีการดังกล่าวนักวิจัยชาวเยอรมันตะวันออก Pfeiffer และ Falkenberg ในปี คศ.1972 เป็นผู้คิดค้นขึ้นเรียกวิธีการนี้ว่า LSQ [Lenden Speck Quotient] หมายถึง ค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก

โดยวิธีการ LSQ นี้ ได้จัดแบ่งระดับชั้นของชากเป็น 6 ระดับตามค่าดัชนี LSQ ซึ่งในแต่ละระดับชั้นมีปริมาณเนื้อแดงต่างกันเกือบ 2% เช่นเดียวกับกับปริมาณไขมันที่เปลี่ยนแปลงไปในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยที่ปริมาณชิ้นส่วนอื่นมีความแตกต่างกันในระดับชั้นที่ใกล้เคียงกันไม่มาก

ทั้งนี้ปริมาณเนื้อแดงโดยวิธีการนี้ได้คิดเฉพาะปริมาณเนื้อแดงที่มาจากชิ้นส่วนสะโพก สันนอกรวมสันใน ไหล่ตอนบน (สันคอ) ไหล่ตอนล่าง และเศษเนื้อรวม สำหรับชิ้นส่วนอื่นเช่น สามชั้น ซีโครง ขาหน้าและขาหลัง จะยังคงลักษณะเดิม ซึ่งการประเมินด้วยวิธีการ LSQ นี้ จะทำให้สามารถประมาณน้ำหนักเนื้อแดงจริงที่จะนำไปใช้

ประโยชน์ได้จากซากสุกรซึ่งแน่นอนว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงในแต่ละระดับชั้นของวิธีการ LSQ จะมีน้อยกว่าโดยวิธีการ EU System

ตารางที่ 1 เกณฑ์การจัดแบ่งระดับชั้นคุณภาพซากสุกรตามเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (n=751)

ค่าดัชนี (LSQ)	เกรด	จำนวน (ตัว)	เนื้อแดง (%)	ไขมัน (%)	สามชั้น (%)	ซี่โครง (%)	ขา (%)
< 0.20	A	66	48.76	14.39	12.39	5.57	10.89
0.21-0.26	B	182	46.88	16.34	12.93	5.50	10.72
0.27-0.32	C	243	45.05	18.07	13.43	5.33	10.62
0.33-0.38	D	161	43.37	19.49	13.82	5.33	10.45
0.39-0.44	E	81	42.00	20.62	14.30	5.21	10.24
> 0.45	F	18	40.31	22.11	14.69	5.07	10.28

ที่มา: จุฬารัตน์ และคณะ (2545)

ข้อมูลจากการสำรวจคุณภาพซากสุกร จุฬารัตน์ และคณะ (2550) จากโรงฆ่าสุกรที่ได้มาตรฐานจำนวน 5 แห่ง ได้แก่ เฟรชมัท เบทาโกรเซฟตีมีท กาญจนาเฟรชพอร์ค เอสเคอินเตอร์ฟู้ด และ เอ็มที 9999 (ดังแสดงในตารางที่) จะพบว่าคุณภาพซากโดยเฉลี่ยของสุกรขุนในประเทศไทยอยู่ที่เกรด C (เกรดดี) โดยเมื่อรวมเกรด A (ดีเลิศ) และเกรด B (ดีมาก) จะพบว่า มีเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยกว่า 60% แสดงให้เห็นว่าคุณภาพซากสุกรขุนในประเทศไทยเกินกว่าครึ่งหนึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีจนถึงดีเลิศ ทั้งนี้คุณภาพซากเกรด C (เกรดดี) ประมาณว่าใกล้เคียงอยู่ที่ระดับเกรด E ของ EU System

ตารางที่ 2 คุณภาพซากสุกรขุนจากโรงฆ่ามาตรฐานของประเทศไทยโดยคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของสุกรที่เข้าโรงฆ่า

โรงฆ่า	จำนวนสุกร (ตัว)	เกรด (LSQ)				
		ดีเลิศ (≤0.20)	ดีมาก (0.21-0.26)	ดี (0.27-0.32)	ปานกลาง (0.33-0.38)	ต่ำ (≥0.39)
เฟรชมัท	131,695 ^{1/}	10.30	34.60	26.30	23.60	4.20
เบทาโกรเซฟตีมีท	157,827 ^{2/}	4.45	17.15	30.04	27.84	20.52
กาญจนาเฟรชพอร์ค	1,077 ^{3/}	2.14	16.25	37.14	32.87	11.61
เอส เค อินเตอร์ฟู้ด	376 ^{4/}	6.38	23.14	33.51	36.97	-
เอ็มที 9999	399 ^{5/}	4.76	15.29	34.09	30.33	15.79

^{1/} ข้อมูลระหว่างเดือน มกราคม – พฤษภาคม 2550

^{2/} ข้อมูลเดือน มกราคม – กรกฎาคม 2550

^{3/} ข้อมูลเดือน มกราคม 2550

^{4/} ข้อมูลเดือน กุมภาพันธ์ 2550

^{5/} ข้อมูลระหว่างเดือน เมษายน – มิถุนายน 2550

เป็นที่น่าสนใจว่าคุณภาพซากในแต่ละระดับชั้นจะมีเปอร์เซ็นต์ที่ไม่แตกต่างกันในชั้นส่วนที่ผู้บริโภคมักจะไม่แยกเนื้อออกจากกระดูกและไม่แยกไขมันออกขณะปรุงอาหารคือ สามชั้น ชีโครง ขาหมู ทั้งนี้จากประสบการณ์ของผู้เขียนแม้จะไม่ได้มีข้อมูลการศึกษาวิจัย พบว่าชั้นส่วนดังกล่าวมานั้น ถ้าอยู่ในระดับเกรดดี (เกรด C) จะมีคุณภาพด้านการบริโภคที่ดีที่สุด เพราะปริมาณเนื้อและไขมันอยู่ในสัดส่วนพอเหมาะสำหรับการนำไปประกอบอาหาร

อย่างไรก็ตามซากที่มีไขมันสูงก็จะมีข้อได้เปรียบในเรื่องเปอร์เซ็นต์การสูญเสียในระหว่างการเก็บ (chilling loss) ต่ำ รอยชำรุดที่เกิดขึ้นจะปรากฏที่ชั้นของกล้ามเนื้อได้ยากกว่าซากที่มีไขมันบางและที่สำคัญคุณภาพของเนื้อในด้านความอร่อย (eating quality) จะสูงมาก เนื้อจะนุ่มและมีไขมันแทรกในเนื้อ แต่คุณภาพซากดังกล่าวมีข้อเสียที่มีต้นทุนของการผลิตสูง (ราคาสุกรมีชีวิตสูง) ใช้เวลามากในการตัดแต่งเอาไขมันออก นอกจากนี้ยังได้มูลค่าของชั้นส่วนตัดแต่งน้อย เพราะไขมันที่แต่งออกมีมาก

ทั้งนี้คุณภาพซากระดับใดที่ผู้ประกอบการต้องการมากที่สุดก็ต้องขึ้นอยู่กับผู้บริโภค คือกลุ่มใดผู้บริโภคที่ใช้เนื้อไปประกอบอาหารโดยตรง (fresh meat consumption) หรือผู้ที่นำเนื้อไปใช้แปรรูป (transformation consumption) ซึ่งผู้บริโภคกลุ่มแรกจะไม่สนใจว่าคุณภาพซากจะอยู่ระดับใด แต่ขอให้เนื้อที่มีไขมันติดปนน้อยที่สุดแต่ต้องกินอร่อยมีไขมันแทรกในเนื้อบ้าง ดังนั้นถ้าผู้ประกอบการจะหาเนื้อให้ตรงตามสเปคที่ผู้บริโภคต้องการก็จะต้องใช้เนื้อที่มาจากคุณภาพซากระดับปานกลาง ซึ่งพอจะมีปริมาณไขมันแทรกในเนื้อบ้างแล้วทำการแต่งเอาไขมันส่วนเกินออก ทั้งนี้โดยความเป็นจริงก็จะทำให้ผู้ประกอบการมีเศษตัดแต่งเหลืออยู่มาก หากผู้ประกอบการสามารถบริหารเศษที่เหลือจากการตัดแต่งไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่นที่สามารถเพิ่มมูลค่าได้สูง เช่น ทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอกอิมัลชัน ที่รู้จักคือ ไส้กรอกเวียนนา แพรงเฟอเตอร์ ซึ่งนอกจากจะใช้ไขมันที่มาจากเศษมันที่ได้จากการตัดแต่งในส่วนผสมได้ถึง 20-30%แล้วยังสามารถใช้เศษเนื้อจากการตัดแต่งได้อีก 10-15% ในสูตร ถ้าผลิตภัณฑ์เป็นที่ต้องการของตลาดก็สามารถที่จะตัดแต่งไขมันส่วนเกินออกได้มากโดยได้เนื้อที่มีคุณภาพด้านความอร่อย แต่ทั้งนี้ราคาของเนื้อดังกล่าวที่จะจำหน่ายได้ก็จะต้องสูงขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าผู้บริโภคจะรับไหวหรือไม่

นอกจากนี้ยังมีผู้ประกอบการที่เป็นพ่อค้า แม่ค้า เชียงหมูในตลาดสดที่รับซื้อซากมาเพื่อตัดแต่งขายในตลาดซึ่งแน่นอนว่าต้องการซากที่มีปริมาณเนื้อแดงสูงเพราะความสามารถในการจะบริหารจัดการเศษมันที่ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทำได้ยากกว่าผู้ประกอบการรายใหญ่หรือมีโรงงานตัดแต่ง ทั้งนี้ต้องยอมรับว่าการจำหน่ายเนื้อสุกรชำแหละในตลาดสดในรูปแบบที่พ่อค้า แม่ค้าที่มีการดำเนินการ ขึ้นซากตัดแต่งเองในตลาดสดยังมีอยู่มากเกินกว่าครึ่งหนึ่งของทั้งหมดที่จำหน่ายอยู่ในประเทศ (ทั้งนี้ไม่พบมีรายงานปริมาณสัดส่วนการจำหน่ายในรูปแบบขึ้นซากที่ตลาดสดกับการจำหน่ายแบบซื้อมาเป็นชิ้นส่วนใหญ่แล้วนำมาตัดแต่งขายปลีก) แต่พบว่ารูปแบบการจำหน่ายเนื้อในตลาดสดยังคงมีมากกว่า 80% เมื่อรูปแบบตลาดเป็นเช่นนี้ประกอบกับผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการเนื้อที่มีราคาไม่แพงมาก มากกว่าที่จะได้เนื้อที่อร่อยแต่ราคาแพงกว่ามาก จึงทำให้มีความต้องการสุกรขุนที่มีคุณภาพซากอยู่ในระดับเกรดดีเลิศ อีกทั้งองค์ประกอบสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้ความต้องการของสุกรที่มีเกรดคุณภาพดีเยี่ยมมีมากก็คือ อุตสาหกรรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสุกรในประเทศยังไม่มากซึ่งในประเทศไทยสัดส่วนของการนำเนื้อไปแปรรูปเนื้อเทียบกับการบริโภคโดยตรงของทั้งประเทศคาดว่าไม่ถึง 40% อย่างแน่นอน แม้ว่าจะยังไม่พบในรายงานของหน่วยงานใด ทั้งนี้ข้อมูลจากการสำรวจและประมาณการโดยทีมการตลาดของเครือบริษัทเอกชนที่ผลิตจะจำหน่ายเนื้อสุกรรายใหญ่แห่งหนึ่งของประเทศไทย พบว่าการบริโภคเนื้อหมูสดผ่าน modern trade และ food service มีสัดส่วนถึง 95% ขณะที่การบริโภคเนื้อแปรรูปมีเพียง 5% ส่วนเนื้อไก่มีการบริโภคเนื้อไก่สดประมาณ 85% เป็นการบริโภคเนื้อแปรรูปประมาณ 15%

การแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อหากมีสัดส่วนที่น้อยกว่าการบริโภคสดจะมีผลต่อความต้องการใช้ชิ้นส่วนที่ได้จากการตัดแต่งอย่างแน่นอน ในประเทศเยอรมันมีรายงานว่ามีการนำเนื้อสุกรไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สูงถึง 65 -

70% ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนแบ่งการตลาดสูงคือ ผลิตภัณฑ์ชาลามีและไส้กรอกอิมัลชันซึ่งใช้มันหมูเป็นส่วนผสมในสูตรเฉลี่ย 30% นั้นหมายถึงความต้องการใช้ชิ้นส่วนไขมันที่ได้จากการตัดแต่งมีมากเช่นกัน ที่น่าสนใจคือมีการกำหนดราคา คุณภาพซากสุกรเกรดดีเยี่ยม (S) ไม่ต่างไปจากคุณภาพซากเกรด ดีมาก (E) ทั้งนี้เพื่อที่ผู้ผลิตสุกรจะได้ไม่มุ่งแต่ที่จะผลิตสุกรที่มีปริมาณเนื้อแดงมากและมีปริมาณไขมันไม่เพียงพอที่จะใช้ในระบบการผลิตของอุตสาหกรรมแปรรูปของประเทศ ประเด็นนี้อาจจะยังไม่เห็นภาพชัดเจนในประเทศไทยเพราะการแปรรูปยังน้อย ความต้องการไขมันหมูยังไม่มาก อย่างไรก็ตามเริ่มมีสัญญาณเตือนมาบ้างแล้วทั้งนี้ปริมาณการนำเข้าไขมันหมูจากต่างประเทศนั้นก็แสดงให้เห็นว่ามันหมูมีไม่พอสำหรับโรงงานผลิตรายใหญ่

ดังนั้นรูปแบบของการจำหน่ายเนื้อสุกรของประเทศ หากยังไม่ปรับปรุงแก้ไขก็อาจมีผลทำให้แนวทางการเพิ่มผลผลิตที่เน้นปริมาณเนื้อแดงมากเกินไปผิดทิศทางของการบริหารจัดการขึ้นส่วนอย่างมีประสิทธิภาพ トラบโดที่ผู้บริโภคในประเทศยังไม่สามารถเป็นผู้กำหนดซึ่งความต้องการเนื้อที่มีคุณภาพได้อย่างแท้จริง ผู้บริโภคที่ยังให้ความสำคัญของราคามากกว่าคุณภาพ โอกาสก็ยังเป็นของผู้ผลิตที่ยังต้องให้ความสำคัญของคุณภาพเชิงปริมาณ เพราะจะช่วยลดต้นทุนการผลิตสุกรมีชีวิตได้

ใครคือผู้ผลิตที่สร้างมูลค่าเพิ่มได้มากที่สุด

ผู้ผลิตปลายน้ำหรือผู้ประกอบการโรงฆ่าและตัดแต่งเป็นผู้ที่สร้างมูลค่าเพิ่มได้มากที่สุดเพราะเป็นผู้ที่ทำการตลาดจนถึงผู้บริโภค ผู้ผลิตกลุ่มต้นน้ำและกลางน้ำสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้น้อยกว่าในอดีตเนื่องจากวัตถุดิบอาหารสัตว์มีราคาแพงสภาพภูมิอากาศแปรปรวนทำให้ต้องมีการลงทุนโรงเรือนสูงขึ้น ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นจากการจัดการของเสียในฟาร์ม และค่าแรงงานที่สูงขึ้น ทั้งนี้ผู้ประกอบการปลายน้ำสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มได้สูงที่สุดเพราะมีตลาดเป็นของตนเอง จุฬารัตน์ และคณะ (2550) ได้ทำการศึกษาต้นทุนการผลิตเนื้อหมูของโรงฆ่ามาตรฐานที่มีการตัดแต่งแบบชิ้นส่วนย่อยร่วมด้วยพบว่าต้นทุนซื้อสุกรเข้าฆ่า ร้อยละ 88-90 ต้นทุนการฆ่าในโรงฆ่ามาตรฐาน ร้อยละ 6 - 7 และต้นทุนตัดแต่งร้อยละ 2-3 ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อราคาเนื้อสุกรจะถูกหรือแพงขึ้นอยู่กับราคาสากรมีชีวิต ต้นทุนในตัดแต่งเพียง 2 % ของต้นทุนทั้งหมดในการผลิตเนื้อที่มีคุณภาพของ กลุ่มกลางน้ำสามารถลดต้นทุนได้โดยการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในเรื่องของการจัดการในกระบวนการฆ่า (slaughtering process) และการนำเทคโนโลยีของการตัดแต่งมาใช้ มีการทำตลาดในรูปแบบธุรกิจขนาดใหญ่ เจาะตลาดจนถึงมีผู้บริโภคที่แท้จริง และการทำตลาดต้องมุ่งไปที่การสร้างภาพพจน์ให้กับผู้บริโภคโดยการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตเพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภคเป็นอันดับต้น

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตในกระบวนการฆ่า (Productivity and Slaughtering Process)

เป็นที่ยอมรับกันว่าประสิทธิภาพของการผลิตสุกรเพื่อให้มีปริมาณของเนื้อต่อไขมันในซากสูงขึ้นอยู่กับการจัดการในช่วงต้นน้ำของห่วงโซ่ของการผลิต (on-farm handling) ได้แก่ การคัดเลือกพันธุ์ สายพันธุ์ เพศ โภชนะในสูตรอาหารสัตว์ การตอนหรือไม่ตอนสัตว์ สารเสริมในอาหาร (feed additives) สารเร่งการเจริญเติบโต (growth promoting agent) เป็นปัจจัยสำคัญ การจัดการในช่วงขนย้ายสัตว์จากฟาร์ม (transport) การดูแลสัตว์ก่อนฆ่า (pre-slaughter handling) และการจัดการในกระบวนการฆ่า (slaughtering) จะเป็นการจัดการที่จะช่วยรักษาผลผลิตให้คุณภาพคงที่และมีการสูญเสียน้อยที่สุด

การสูญเสียของปริมาณผลผลิตนี้หมายถึงน้ำหนักซากหรือน้ำหนักเนื้อที่หายไปภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการฆ่า หรือที่เรียกว่า chilling loss ซึ่งเป็นน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อที่หายไปในช่วงการเก็บซากไว้ในห้องเย็นเพื่อการลดอุณหภูมิของเนื้อให้ได้ 4 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ปริมาณการสูญเสียน้ำหนักซากจะ

มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถของโปรตีนในเนื้อที่ยึดเกาะน้ำเอาไว้ได้ ทั้งนี้การที่โปรตีนในเนื้อจะอุ้มน้ำไว้ได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่า pH ในกล้ามเนื้อ โดยพบว่าถ้าภายใน 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมงแรกภายหลังสัตว์ตายการลดลงค่า pH ต่ำกว่า 5.8 จะมีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง เนื้อมีโอกาเป็นเนื้อซีด และ น้ำน้ำ (PSE, Pale Soft Exudative) โดยปัจจัยที่จะมีอิทธิพลต่ออัตราการลดลงของค่า pH ในเนื้อขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยทั้งภายในตัวสัตว์และปัจจัยจากสภาพแวดล้อม

1. ปัจจัยภายในตัวสัตว์ คือ พันธุกรรมที่ไม่ทนต่อความเครียด โดยจะมีผลไปเร่งปฏิกิริยาการใช้พลังงานสะสมในกล้ามเนื้อ (glycogen) โดยผ่านกระบวนการเมตาบอลิซึมที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic metabolism) เรียกปฏิกิริยานี้ว่า glycolysis เพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานที่ต้องใช้ในการทำงานของกล้ามเนื้อที่สูงมากขึ้นกว่าปกติ มีผลทำให้เกิดการสร้างกรดแลคติกขึ้นมากในช่วงเวลาก่อนสุกรจะเข้าสู่กระบวนการฆ่า และในช่วงของการทำให้สลบ ซึ่งมีผลทำให้กล้ามเนื้อมีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วภายในเวลา 45 นาทีหลังสัตว์ตาย

2. ปัจจัยภายนอกตัวสัตว์หรือจากสภาวะแวดล้อมในกระบวนการฆ่า ได้แก่

2.1 การทำให้สลบ (stunning) การทำให้สัตว์สลบทุกวิธีการมีผลต่อความเครียดในสัตว์ การทำให้สัตว์สลบได้เร็วที่สุดจะเป็นการลดความเครียด วิธีการทำให้สลบโดยใช้เครื่องช็อตไฟฟ้าที่คำนึงถึงสวัสดิภาพสัตว์ จะจ่ายกระแสไฟฟ้า 1.25 แอมแปร์และแรงดันไฟฟ้า 270 โวลต์ สุกรจะสลบภายใน 1-2 วินาที วิธีการทำให้สลบโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุกรจะสลบโดยไม่สะดุ้งตัวหรือกระตุกกล้ามเนื้อแรง เช่นการทำให้สลบโดยใช้เครื่องช็อตไฟฟ้า

2.2 ระยะเวลาจากสลบหรือแทงคอ ระยะเวลาจากสัตว์สลบถึงแทงคอจะต้องรวดเร็วที่สุด หากทั้งระยะเวลายังนานโอกาสในการเกิดจุดเลือด (blood splashing) ในเนื้อเนื่องจากเส้นเลือดฝอยแตกจะมีสูงมาก จัดเป็นการสูญเสียที่เนื้อดังกล่าวต้องถูกขายในราคาต่ำลงมาก การทั้งช่วงระยะเวลาดังกล่าวให้นานขึ้นจะเป็นการเร่งปฏิกิริยา glycolysis ทำให้ค่า pH ลดลงเร็วเกิดการสูญเสียในเนื้อสูงขึ้นเช่นกัน ช่วงระยะเวลาการแทงคอที่เหมาะสมที่สุดควรอยู่ภายในระยะเวลา 8 วินาทีภายหลังสุกรสลบ

2.3 วิธีการเอาเลือดออกแบบ vertical หรือแบบ horizontal bleeding ซึ่งวิธีหลังเป็นการแทงคอในท่าสุกรนอนราบ กล้ามเนื้อจะไม่กระตุกมากเหมือนการแทงคอในแนวตั้งหรือในท่าสุกรถูกแขวน นอกจากนี้ยังช่วยทำให้การแทงคอทำได้เร็วขึ้นซึ่งจะช่วยชะลอปฏิกิริยา glycolysis การสร้างกรดแลคติกช้าลงซึ่งทำให้ค่า pH ในเนื้อลดลงอย่างช้าๆ

2.4 การลวกซาก (scalding) การลวกซากที่ใช้เวลานานและอุณหภูมิของน้ำที่สูงเกินไปอาจมีผลต่อการลดลงของค่า pH ในเนื้อเพราะความร้อนจะเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา glycolysis ในบางประเทศที่ฆ่าสุกรที่มีน้ำหนักมาก นิยมที่จะใช้วิธีการลอกหนัง (skinning) ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยทำให้การระบายความร้อนออกจากตัวสุกรได้เร็วขึ้น โดยไม่มีความร้อนจากน้ำลวกซากไปเร่งกระบวนการ glycolysis เนื้อจะมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง

2.5 การเปิดซากเอาเครื่องในออก (evisceration) ไม่ควรทิ้งเวลาให้นานเนื่องจากมีความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอวัยวะภายในตัวสัตว์ที่อาจเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา glycolysis

2.6 การลดอุณหภูมิซาก (chilling) การลดอุณหภูมิซากจะช่วยชะลอปฏิกิริยา glycolysis มีผลทำให้ค่า pH ในเนื้อลดลงช้า การปฏิบัติที่เหมาะสมควรทำให้อุณหภูมิซากอยู่ที่ 35 องศาเซลเซียส ภายหลังกระบวนการฆ่าสิ้นสุด 2.5 ชั่วโมง และอุณหภูมิในเนื้อไม่ควรเกิน 7 องศาเซลเซียสภายหลังการฆ่า 22 ชั่วโมง (Honikel, 1990)

2.7 ช่วงระยะเวลาจากการทำให้สลบถึงการลดอุณหภูมิซาก (timing and duration of slaughter process) ควรย่นระยะเวลาให้สั้นลง หากทำได้ทั้งนี้มีการศึกษาวิจัยพบว่าระยะเวลาที่ให้เลือดออก (bleeding time) สามารถลดลงจาก 5 นาทีเหลือ 3 นาทีได้ ระยะเวลาลวกซาก (scalding time) หากสามารถลดลงได้ก็จะเป็นผลดีแต่การลดระยะเวลาลงจะมีผลต่อประสิทธิภาพของการขูดเอาขนออก (dehairing) สำหรับระยะเวลาจากสลบถึงขั้นตอนผ่าซาก (splitting) ในโรงฆ่าสุกรมาตรฐานส่งออก สามารถทำได้ที่ระยะเวลา 20 นาทีต่อตัว ทั้งนี้โรงฆ่าขนาดเล็กที่ได้มาตรฐานแต่ใช้อุปกรณ์เครื่องมือไม่มาก ใช้แรงงานคนมากสามารถทำได้ที่ระยะเวลา 12 นาทีต่อตัว

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในขั้นตอนของกระบวนการฆ่าจะช่วยทำให้น้ำหนักสูญหายของซากลดลงได้ โดยการควบคุมการลดลงของค่า pH ในเนื้อให้ช้าลง ซึ่งเท่ากับเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้ได้ผลผลิต (yield) หรือน้ำหนักซาก/เนื้อไม่ลดลง

เทคโนโลยีการตัดแต่งกับการปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิต (Cutting Technology and Productivity)

เนื่องมาจากเศรษฐกิจที่เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว รายได้ของประชากรเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนจากสังคมชนบทมาเป็นสังคมเมืองที่มีความต้องการบริโภคเนื้อเพิ่มขึ้น รูปแบบของการจำหน่ายเนื้อเปลี่ยนไปตามสังคมเมืองที่เน้นความสะดวกสบายในการจับจ่ายซื้อของ เนื้อถูกจำหน่ายอยู่ใน supermarket และอยู่ในบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเนื้อไม่มาก ร้านอาหาร (food service) ขยายตัวอย่างรวดเร็วความต้องการใช้เนื้อที่มีการตัดแต่งแบบพิเศษ เพื่อสร้างความแปลกใหม่และเมนูพิเศษสำหรับลูกค้า ดังนั้นจึงมีความต้องการสินค้าที่มีความหลากหลายและมากขึ้น ปัจจุบันดังกล่าวเป็นตัวเร่งให้เกิดความหลากหลายในรูปแบบของการจำหน่ายชิ้นส่วนย่อย (retail cuts) มากขึ้นมีผลต่อการปรับเปลี่ยนรูปแบบของการตัดแต่งแตกต่างจากในอดีต การตัดแต่งเพิ่มมูลค่าสินค้าได้มากขึ้น ทั้งนี้แม้ว่าจะเป็นการเพิ่มเวลา ใช้แรงงานมากก็ตาม แต่ผู้ใช้แรงงานในประเทศไทยมีทักษะและความสามารถทางการตัดแต่งสูง

นอกจากนี้ยังมีการนำเทคโนโลยีการตัดแต่งซากที่ไม่ต้องผ่านการลดอุณหภูมิในเนื้อจนถึง 4 องศาเซลเซียส ที่เรียกว่าการขึ้นซากอุ่น (hot boning) ในต่างประเทศ เช่น ประเทศเดนมาร์กก็ได้มีการดำเนินการซึ่งการตัดแต่งซากอุ่นโดยขั้นตอนในการดำเนินการจะเริ่มภายหลังจากการลดอุณหภูมิซากห้องเย็นเยือกแข็ง (-25 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 1 ชั่วโมงครึ่งตามด้วย นำมาเข้าห้องเย็น (0-4 องศาเซลเซียส) ต่ออีกเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยที่กล้ามเนื้อสะโพกจะมีอุณหภูมิใจกลางเนื้อประมาณ 20 องศาเซลเซียส และกล้ามเนื้อสันนอกจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 10-15 องศาเซลเซียส โดยการที่ลดอุณหภูมิ จากนั้นจึงนำซากมาตัดแต่ง (Hermansen, 1987) ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่าการขึ้นซากอุ่น ในประเทศอิตาลีนิยมที่จะนำวิธีการนี้มาใช้กับซากสุกรที่มีน้ำหนักสูง (160 กิโลกรัม) โดยการชำแหละจะกระทำทันทีภายหลังจากฆ่า 30-45 นาทีและ ๓ ชั่วโมงหลังจากการแยกชิ้นส่วนจะถูกนำไปเก็บไว้ในห้องเย็น (Chizzolini *et al.*, 1992) สำหรับประเทศไทยมีหลากหลายรูปแบบที่นิยมทำกันคือ การตัดแต่ง / ชิ้นซากภายหลังเสร็จจากขั้นตอนผ่าซาก (splitting) จากนั้นทำการฝั่งชิ้นส่วนเนื้อที่ได้จากการตัดแต่งในห้องเย็นก่อนนำไปจำหน่ายต่อไปหรือนำกลับเข้าไปเก็บในห้องเย็นเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป การดำเนินการในรูปแบบนี้ประสบความสำเร็จอย่างมากในโรงฆ่าขนาดเล็ก การตัดแต่งแบบนี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลงถึง 40% (Kastner, 1983) ทั้งนี้เพราะชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็นต้องลดอุณหภูมิในห้องเย็นนานถึง 24 ชั่วโมง ได้แก่ กระดูก ก็สามารถแยกออกไปจำหน่ายได้เร็วขึ้น อีกทั้งการใช้เทคนิคนี้ยังช่วยทำให้การระบายความร้อนจากซากและชิ้นเนื้อออกไปได้เร็ว ซึ่งจะช่วยลดการลดลงของค่า pH ในเนื้ออีกด้วย

จากรายงานของข้าราชการ และคณะ (2555) ที่วิเคราะห์ราคาเนื้อสุกรและชิ้นส่วนต่างๆที่ผู้บริโภคซื้อในจังหวัดขอนแก่น พบว่าจะเป็นต้นทุนของลูกสุกรร้อยละ 10.69 ส่วนต่างของราคาลูกสุกรร้อยละ 4.91 ต้นทุนสุกรขุนร้อยละ 60.43 ส่วนต่างของราคาสุกรขุนร้อยละ 5.09 ต้นทุนขายปลีก(รวมฆ่าและตัดแต่ง) ร้อยละ 4.24 และส่วนต่างของราคาขายปลีกร้อยละ 14.62 ซึ่งจะเห็นได้ว่าผู้ประกอบการค้าปลีกจะได้มูลค่าเพิ่มจากการขายปลีกค่อนข้างสูงซึ่งให้เห็นว่ายังมีโอกาสที่จะทำให้เกิดการขยายตลาดจำหน่ายเนื้อให้มีมาตรฐานมากขึ้นในรูปแบบร้านขายเนื้อติดแอร์ (butcher shop) ได้อีกด้วย

ข้อดีของการขยายร้านจำหน่ายเนื้อมาตรฐาน (butcher shop)

1. ความแตกต่างระหว่างราคาซื้อและราคาขาย (profit margin) สูง
2. เพิ่มความหลากหลายในตัวสินค้า
3. สามารถที่จะควบคุมคุณภาพทางด้านความอร่อยของชิ้นส่วนเนื้อตัดแต่งได้ง่าย โดยการใช้ทักษะในการตัดแต่งแยกกล้ามเนื้อออกจากชิ้นส่วนให้ชัดเจน เช่นการแยกกล้ามเนื้อแต่ละชิ้นส่วนออกจากชิ้นส่วนสะโพก ได้แก่ กล้ามเนื้อลูกมะพร้าว กล้ามเนื้อพับนอก กล้ามเนื้อหมอน กล้ามเนื้อพับใน กล้ามเนื้อสะโพก ซึ่งมีการแยกชัดเจนในกล้ามเนื้อโคที่พบว่ากล้ามเนื้อสันสะโพกนุ่มที่สุด และเหนียวที่สุดคือกล้ามเนื้อพับนอกและกล้ามเนื้อหมอน

สำหรับตลาดเนื้อสุกรในประเทศเรา ยังไม่มีผู้เริ่มแยกกล้ามเนื้อสะโพกออกมาจำหน่ายตามความนุ่มของเนื้อ หากทำได้จะเป็นการเพิ่มสร้างโอกาสของการเพิ่มมูลค่าของเนื้อสะโพกได้อีก นอกจากนี้ผู้บริโภคคนไทยมีความนิยมชิ้นส่วนเนื้อที่ติดกระดูกโดยเฉพาะติดกระดูกอ่อน จึงสร้างโอกาสในการเพิ่มมูลค่าของชิ้นส่วนเนื้อที่ติดกระดูกได้อีกมาก นอกเหนือจากชิ้นส่วนซี่โครง ซี่โครงอ่อนก็ยังมีส่วนติดกระดูกอ่อนไปขาย เนื้อติดกระดูกอ่อนสะโพก เป็นต้น

ข้อได้เปรียบของโรงฆ่าที่มีการตัดแต่งชิ้นส่วนย่อยเพื่อจำหน่ายปลีกด้วยจะพบว่ามีส่วนของสินค้าชิ้นส่วนย่อยมาก เฉพาะจากชิ้นส่วนสะโพก เนื้อไหล่ สันนอก สันคอ สันในและสามชั้น สามารถที่จะมีชนิดของสินค้าถึงกว่า 60 แบบยังไม่รวมถึงชิ้นส่วนอื่นๆ เช่น ซี่โครงหมู ขาหมู เศษจากการตัดแต่งทั้งเศษเนื้อ เศษมัน มันหมู หนังหมู กระดูกหมู หัวหมู อื่นๆอีก ซึ่งรวมๆแล้วน่าจะมีมากถึง 200 ชนิดสินค้าจากโรงงานตัดแต่งสุกร ซึ่งแน่นอนว่าพ่อค้าแม่ค้าเชียงใหม่ตามตลาดไม่มีศักยภาพที่จะแข่งขันได้เลยในอนาคตอันใกล้ที่จะมาถึง เพราะการจะมีสินค้าหลากหลายจะต้องมาจากการตัดแต่งที่ใช้ซากสุกรจำนวนมาก และการตัดแต่งยิ่งมากชนิด เศษเนื้อ เศษมันจากการตัดแต่งจะมากและต้องรู้จักที่จะบริหารชิ้นส่วนเหล่านั้นโดยการนำไปแปรรูปทำผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้การตัดแต่งยังมากโอกาสการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์จะสูง ดังนั้นซากสุกรที่มาจากรองฆ่าที่ไม่ได้มาตรฐานสุขอนามัยจะไม่สามารถทำได้อย่างแน่นอน

สรุป

การเพิ่มผลผลิตสำหรับผู้เลี้ยงสุกรเพื่อให้ได้สัดส่วนของปริมาณเนื้อแดงต่อไขมันในซากสูง สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์จากฟาร์มเริ่มได้ตั้งแต่การเลือกสายพันธุ์ คัดเลือกพันธุ์กรรม การพัฒนาด้านเทคโนโลยีอาหารและด้านการดูแลจัดการ

สำหรับผู้ประกอบการโรงฆ่าสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของการผลิตเพื่อรักษาปริมาณและคุณภาพของผลผลิตได้โดยนำเอาเทคโนโลยีต่างๆ มาใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการฆ่า เพื่อลดปริมาณการสูญเสีย

ระหว่างการเก็บรักษาและรักษาคุณภาพเนื้อให้สม่ำเสมอ ปรับปรุงคุณภาพเนื้อให้ดีขึ้นและรักษาคุณภาพให้มีอายุการเก็บนานขึ้น

ทั้งนี้สำหรับผู้ประกอบการปลายน้ำที่ดำเนินการตัดแต่งเนื้อเพื่อจำหน่ายทั้งในแบบค้าส่ง ค้าปลีกเพื่อส่งให้ผู้บริโภค การบริหารจัดการชิ้นส่วนจากการตัดแต่งจะมีโอกาสเพิ่มทั้งผลผลิต (productivity) เพิ่มทั้งคุณภาพ (quality) และเพิ่มทั้งมูลค่าที่เป็นตัวเงินและคุณค่า (value) ของผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดอันจะนำไปสู่การเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและความยั่งยืนของผู้ประกอบการทุกภาคส่วนในอุตสาหกรรมการผลิตสุกร

ดังนั้นตลอดห่วงโซ่ของการผลิตสุกรจากต้นน้ำ (ผู้ผลิต) จนถึงปลายน้ำ (ผู้บริโภค) โอกาสและความท้าทายของการอยู่ในการจัดการปลายน้ำ โดยให้ตระหนักถึงความสำคัญของคุณภาพที่เป็นความต้องการของผู้บริโภคทุกกลุ่ม ตลอดจนความสำคัญของปริมาณของผลผลิตเนื้อที่เป็นที่ต้องการของผู้ผลิตควบคู่กันไป

เอกสารอ้างอิง

- จุฬารัตน์ เศรษฐกุล กันยา ดันติวิสุทธิกุล รณชัย สิทธิไกรพงษ์ สายชล เลิศสุวรรณ และ กิตติมา เมืองมุสิทธิ. 2545. การพัฒนาการจระดับเกรดซากสุกรของประเทศไทย. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพมหานคร. 73 น.
- จุฬารัตน์ เศรษฐกุล กันยา ดันติวิสุทธิกุล รณชัย สิทธิไกรพงษ์ และ ประเมศวร์ อัครเรืองพิภพ. 2550. การพัฒนาโรงฆ่าสุกรต้นแบบขนาดเล็กที่ได้มาตรฐานสากล ปีที่ 3. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพมหานคร. 305 น.
- ธารรงค์ เมฆโหรา. เนื้อหมู: สินค้าที่ต้องควบคุมราคาจริงหรือ. หน้า 195 – 206. ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ครั้งที่ 3 ระหว่างวันที่ 21-22 มิถุนายน 2555. ณ โรงแรมรามารการ์เดนส์ ดอนเมือง กรุงเทพฯ.
- Anonymous. 1998. Cutability of beef cattle. [Online]. Available: <http://www.agric.nsw.gov.au/reader/beefmarket/a2715.htm>
- Chizzolini, R. 1992. Hot and cold techniques: Comparative Evaluation of Heavy Pig Carcasses in Italy. *Fleischwirtsch.* 72: 1550-1552.
- De Smet, S.M. 2004. Meat quality: I Overview. in workshop on quality and functional of Meat. Held on 2-9 April 2004. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok.
- Gardner, M. A., Huff-Lonergan, E.J., and S.M. Lonergan. 2004. Influence of Harvest Processes on Pork Loin and Ham Quality. [Online]. Available: http://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol650/iss1/10.
- Hermansen, P. 1984. Warm boning of pigs including problems of interfactory transport of chilled meat. In Romita, A., C. Valin and A.A. Taylor (Eds). *Accelerate processing of meat*. Elsevier Applied Science Publ, London.
- Honikel, K.O. 1990. Chilled foods: the state of the art. Elsevier Applied Science. Essex, England. pp.122
- Kastner, C.L. 1987. Optimal hot – processing system for beef. In Romita, A., C. Valin and A.A. Taylor (Eds). *Accelerate Processing of Meat*. Elsevier Applied Science Publ, London.

- Lorenzen, C.L., D.B. Griffen, T.R. Dockerry, J.P. Walter, H.K. Johnson and J.W. Sourell. 1996. Subprimal Purchasing and Merchandising Decision for Pork: Relationship to Retail yield and Fabrication time Cutting Styles. *J. Anim. Sci.* 74: 5-12.
- Meisinger, D. 1999. A System for Assuring Pork Quality. National Pork Producers Council, Des Moines, IA, USA.
- Taylor, A.A., B.G. Shaw and D.B. McDougall. 1981. Hot Deboned Beef with and without Electrical Stimulation. *Meat Sci.* 5: 109.
- Walstra, P. 1989. Automation grading probes for pigs currently use in Europe, their accuracy, costs and ease of use. 16-27. In new techniques in pig carcass evaluation, proc., EAPP-Symp Comm. Pig Production. Helsinki, Finland.

Sponsored by:



ศูนย์เครือข่ายการวิจัยเทคโนโลยีเนื้อสัตว์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนจลอมกรุง แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 0-2329-8518 โทรสาร 0-2329-8518

e-mail address: meatnetcenter@gmail.com

<http://www.meatnet.kmitl.ac.th>