

ผลของสารซัลบูตามอลต่อคุณภาพเนื้อ  
Effects of Salbutamol on Pork Quality

จตุรรัตน์ เศรษฐกุล<sup>1</sup> รณชัย สิทธิกรพงษ์<sup>1</sup>  
กันยา ตันตวิสุทธิกุล<sup>2</sup> และ กิตติมา เมืองมุสิก<sup>1</sup>  
Jutarat Sethakul<sup>1</sup>, Ronachai Sitthigripong<sup>1</sup>,  
Kunya Tuntvisootikul<sup>2</sup> and Kittima Muangmusit<sup>1</sup>

Abstract

Objectives of this research were to study effects of salbutamol on chemical composition of *M. longissimus dorsi* and on pork quality, such as pH – value, temperatures, percentage of cooking loss, muscle color (L\* value and a\* value), shear force, fiber diameter and collagen fiber of the muscle.

Two hundreds of three crossbred barrows were randomly distributed to two dietary treatments containing of 0 and 15 ppm salbutamol in the diets. *M. longissimus dorsi* on the left side of each carcass, averaged 80 – 90 kg. Were used to assess the pork qualities. T-test was used as a statistic to compare means of studied traits of the both samples.

The result was shown that salbutamol in diet did not significantly affect percentage of moisture and ash. But it had affected to increase percentage of protein, calcium and phosphorus in the muscle (22.42, 0.01 and 0.20 for the control and 23.29, 0.02 and 0.21 for the salbutamol treated, respectively) at  $P < 0.01$ . Although the salbutamol in diet not significantly affect the pH value at 45 min post mortem, however, at 18 and 24 hr. post mortem, the muscle pH value of the treated pigs were significantly increased than those of the control (5.89 and 5.76 at 18 hr, and 5.64 at 24 hr, respectively). The temperatures at 45 min and at 18 hr post mortem in the muscle of the treated pigs had significantly higher than those of the control (40.76 and 39.35 °C at 45 min, and 6.86 and 4.25 °C at 18 hr post mortem). The salbutamol treated pigs had significantly decreased the percentage of cooking loss than that of the control (30.22 and 33.29%) The muscle color of the treated pigs was darker than that of the control (50.80 and 53.09). Furthermore, the salbutamol had also affected the shear force of the muscle and its fiber diameter (6.33 and 5.80 kg/cm<sup>3</sup> for the shear force of treated pigs and the control, and 127.72 and 104.02 micron for the fiber diameter, respectively). There was no significantly difference in collagen fiber of the both ( $P > 0.05$ ).

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของสารซัลบูตามอลที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อสันนอก (*M. longissimus dorsi*) และต่อคุณภาพเนื้อสุกรด้านความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ อุณหภูมิใจกลางของกล้ามเนื้อ เปรอร์เซ็นต์การสูญเสีย น้ำหนักระหว่างการปรุง สีของเนื้อ (ค่า L\* และ ค่า a\*) ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ และปริมาณคอลลาเจนของกล้ามเนื้อสันนอก

สุกรที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นสุกรขุนลูกผสมสามสายพันธุ์ เพศผู้ตอน จำนวน 200 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมที่ไม่มีการผสมสารซัลบูตามอล และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมผสมสารซัลบูตามอลในระดับ 15 ppm กล้ามเนื้อสันนอกของซากซีกซ้ายของสุกรที่มีน้ำหนักซากระหว่าง 80 –90 กิโลกรัม จะถูกนำมาศึกษา โดยใช้ t-test เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษาของสุกรทั้ง 2 กลุ่ม

การศึกษาค้นคว้าของสารซัลบูตามอลที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อสุกร พบว่า สารซัลบูตามอลไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นและเถ้าในเนื้อ แต่จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีน แคลเซียม และฟอสฟอรัสในเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) คือจาก 22.42, 0.01 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ในกลุ่มที่ไม่ได้รับสาร เป็น 23.29, 0.02 และ 0.21 เปอร์เซ็นต์ในกลุ่มที่ได้รับสารตามลำดับ แม้ว่าการศึกษาด้านความเป็นกรด – ด่างนั้น จะพบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างในกล้ามเนื้อสันนอกที่ 45 นาที ภายหลังสัตว์ตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่ช่วงเวลา 18 และ 24 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย (pH18 และ pH24) นั้น พบว่า เนื้อของสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซัลบูตามอลมีค่าความเป็นกรด – ด่างสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร ( $P < 0.01$ ) (5.89 และ 5.76 ที่ pH18 และ 5.80 และ 5.64 ที่ pH24 ตามลำดับ) ในทำนองเดียวกัน อุณหภูมิใจกลางกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรที่ได้รับสารซัลบูตามอลทั้งที่ 45 นาทีและ 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายสูงกว่าสุกรที่ไม่ได้รับสาร (40.76 และ 39.35 °C ที่ 45 นาที และ 6.86 และ 4.25 °C ที่ 18 ชั่วโมง) เนื้อของ

<sup>1</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

<sup>2</sup> ภาควิชาการเกษตรศาสตร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

สุกรกลุ่มที่ได้รับสารซัลฟูตามอลจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรงน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร คือ 30.22 และ 33.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สีของกล้ามเนื้อสันนอกวัดที่ 24 ชั่วโมงภายหลังสัต์ตาย ( $L^*$  value) ของสุกรที่ได้รับสารจะเข้ม กว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสารคือเท่ากับ 50.80 และ 53.09 ตามลำดับ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของสุกรที่ได้รับสารซัลฟูตามอล จะมากกว่าสุกรที่ไม่ได้รับสารคือ 6.33 และ 5.80 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของสุกรที่ได้รับสารมีขนาด ใหญ่กว่าสุกรที่ไม่ได้รับสาร คือเท่ากับ 127.22 และ 104.02 ไมครอน ตามลำดับ ส่วนปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อของสุกรที่ ได้รับสารและไม่ได้รับสารนั้น พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ )

### คำนำ

สารซัลฟูตามอล เป็นชนิดหนึ่งในกลุ่มของสารเบต้า-อะ โคนิสต์ (สารเร่งเนื้อแดง) ที่ผู้เลี้ยงนิยมใช้ในการปรับปรุงคุณภาพซากทางด้านการเพิ่มปริมาณเนื้อแดงและลดการสะสมไขมันในซาก แม้ว่าจะมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้สารในกลุ่ม เบต้า-อะ โคนิสต์ ในต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ซึ่งพบว่าให้ผลดีในด้านการปรับปรุงคุณภาพซาก แต่ทางด้านคุณภาพเนื้อพบว่ามี ผลเสียมากกว่า โดยที่ประเทศไทยได้มีการใช้สารซัลฟูตามอลกันอย่างแพร่หลายและใช้ในระดับสูงมาก ทั้งๆที่ประเทศไทยไม่ อนุญาตให้ใช้สารตัวนี้ผสมลงในอาหารสุกร ดังนั้นจึงควรได้มีการศึกษาผลของการใช้สารดังกล่าวในการเลี้ยงสุกรขุน เพื่อจะได้ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับผลของการใช้สารซัลฟูตามอลที่มีต่อคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อสุกรในประเทศไทย

### อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้สุกรขุนเพศผู้ตอน ลูกผสมสามสายพันธุ์ (ดัวร์ค x แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) ที่น้ำหนักมีชีวิต 70 กิโลกรัม จำนวน 210 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่มตามอาหารทดลอง คือ กลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม และกลุ่มที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมผสมสาร ซัลฟูตามอลในระดับ 15 ppm แบ่งเป็น 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วยสุกรจำนวนไม่เท่ากันขึ้นกับขนาดคอก โดยซ้ำที่ 1 และ 2 มีสุกร ซ้ำละ 21 ตัว ส่วนซ้ำที่ 3 มีสุกร 63 ตัว ทำการเลี้ยงจนถึงน้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัม จากนั้นส่งเข้าโรงฆ่าและชำแหละซาก ทำการศึกษาคุณภาพเนื้อจากซากสุกรซีกซ้าย โดยใช้กล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่ตำแหน่งระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 13 ถึง 16 ทั้งนี้คุณภาพเนื้อที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH)ในกล้ามเนื้อ (ภายหลังการฆ่าที่ 45 นาที 18 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง)โดยใช้เครื่อง pH-meterรุ่นKnick Model 651-2 อุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อ (ภายหลังการฆ่าที่ 45 นาที และ 18 ชั่วโมง)โดยใช้เครื่องวัด Sekunden-Thermometer 1103 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อโดยวิธีการของ(Tuma *et al.* 1962) สีของเนื้อ ค่า $L^*$ และ  $a^*$ โดยใช้เครื่องวัด Minolta Chromameter CR-300 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรงของเนื้อ ที่ เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0-4 °ซ 18 ชั่วโมง (Berge *et al.*1993) ค่าแรงตัดผ่านเนื้อโดยใช้ Instron Model 1011 (Van Oeckel *et al.* 1999) และการหาปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อโดยวิเคราะห์หาปริมาณไฮดรอกซีโพรลีน (hydroxyproline) แล้วนำมาคำนวณหา ปริมาณคอลลาเจนด้วยวิธีการของ (AOAC.1995) การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุน โดยใช้วิธี Proximate analysis เพื่อหาความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส (AOAC.1995)

นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกมาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่มระหว่างสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซัลฟูตามอลและได้รับสารซัลฟูตามอลในระดับสูงด้วยวิธี t-test โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SAS (SAS. 1985)

### ผลและวิจารณ์

#### ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกล้ามเนื้อ

จากการทดลองพบว่าการใช้สารซัลฟูตามอลมีผลทำให้ค่า pH ในกล้ามเนื้อสันนอกลดลงช้ากว่าการไม่ใช้สารซัลฟูตามอล โดยพบว่า ค่า pH ที่ 45 นาทีภายหลังสัต์ตาย มีค่าเท่ากับ 6.39 และ 6.37 ค่า pH ที่ 18 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 5.89 และ 5.76 ( $P<0.01$ ) และค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 5.80 และ 5.64 ( $P<0.01$ ) ในกลุ่มที่ใช้และไม่ใช้สาร ตามลำดับ นอกจากนั้นพบว่าในกลุ่มที่มีการใช้สารซัลฟูตามอล ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง (pHu) ที่มากกว่า 6.0 ซึ่งแสดงถึงโอกาสที่เนื้อจะมีลักษณะเนื้อ DFD มีจำนวน ถึง 14 ตัว และกลุ่มที่ไม่ใช้สาร มีเพียง 1ตัว Cheah และคณะ.(1998) รายงานว่า ค่า pHu ที่มากกว่า 6.0 และมีค่า  $L^*$  น้อยกว่า 50 มี โอกาสเป็น DFD ถ้าเนื้อปกคจะมีค่า pH มากกว่า 5.8 ที่ 1 ชั่วโมง และมีค่า  $L^*$  ระหว่าง 52 – 58 ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Warriss และคณะ (1990) ที่พบว่า มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ของสุกรที่ได้รับสารซัลฟูตามอลเพียง 3 ppm มีผลทำให้ค่า pHu สูงอย่าง มีนัยสำคัญเชิงทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับสารมีเพียง 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการที่ค่า pH ในเนื้อสูงกว่าปกคินี้ Hansen และคณะ.(1997) อธิบายว่าสารดังกล่าวจะไปเร่งการสลายไขมันในกล้ามเนื้อและใช้ไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อและดับเพื่อ การสร้างโปรตีนให้มากที่สุด จึงมีผลทำให้การสะสมไขมันในซากต่ำและมีปริมาณไกลโคเจนสะสมในเนื้อน้อย ดังนั้นในการ ทำงานของกล้ามเนื้อภายหลังจากสัต์ตายจึงไม่มีไกลโคเจนเพียงพอในขบวนการ anaerobic metabolism มีผลทำให้เกิดกรดแลคติก น้อย

ผลจากการทดลองใช้สารซัลบูตามอลที่มีต่อคุณภาพเนื้อสุกรแสดงในตารางที่ 1

**Table 1** Effect of Salbutamol on pork quality (n = 100).

Item	control	treated
pH $\leq$ 5.8 (no.)	0	0
pH $>$ 6.0 (no.)	1	14
pH 45 min post mortem	6.37 $\pm$ 0.26	6.39 $\pm$ 0.25
pH 18 h. post mortem	5.76 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	5.89 $\pm$ 0.18 <sup>a</sup>
pH 24 h. post mortem	5.64 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	5.80 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>
T 45 min ( $^{\circ}$ C)	39.35 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	40.76 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>
T 18 h. ( $^{\circ}$ C)	4.25 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	6.86 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>
Muscle fiber ( $\mu$ )	104.02 $\pm$ 1.57 <sup>b</sup>	127.72 $\pm$ 1.61 <sup>a</sup>
Color (minolta)		
L*	53.09 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>	50.80 $\pm$ 0.38 <sup>b</sup>
a*	4.76 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	3.13 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>
Cooking loss (%)	33.29 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup>	30.22 $\pm$ 0.30 <sup>b</sup>
Shear force (kg/cm <sup>3</sup> )	5.80 $\pm$ 0.08 <sup>b</sup>	6.33 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>
Collagen (g/100g)	2.58 $\pm$ 0.11	2.45 $\pm$ 0.11
Longissimus muscle composition (%)		
Moisture	74.23 $\pm$ 0.69	74.38 $\pm$ 0.65
Protein	22.42 $\pm$ 0.87 <sup>b</sup>	23.29 $\pm$ 0.68 <sup>a</sup>
Fat	1.76 $\pm$ 1.09 <sup>c</sup>	1.24 $\pm$ 0.56 <sup>d</sup>
Ash	1.24 $\pm$ 0.10	1.29 $\pm$ 0.11
Ca	0.01 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.02 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>
P	0.20 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.21 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Means in the same row followed by different superscripts are highly significantly different (P < 0.01)

<sup>c,d</sup> Means in the same row followed by different superscripts are significantly different (P < 0.05)

### อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อ

สุกรกลุ่มที่ได้รับสารซัลบูตามอลมีผลทำให้อุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 40.76 และ 39.35  $^{\circ}$ C ที่ 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ตามลำดับ เช่นเดียวกับที่ช่วงเวลา 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.86 และ 4.25  $^{\circ}$ C ตามลำดับ เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสารเบต้า-อะโกนิสต์ ก่อให้เกิดการทำงานของกล้ามเนื้อขณะที่สุกรมีชีวิตอยู่สูง เกิดการไหลเวียนของเลือดไปบริเวณขาหลังและกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ ความร้อนในกล้ามเนื้อจึงเพิ่มขึ้นตาม (เขาวมาลัย และสาโรช, 2537) นอกจากนี้ผลการวิจัยของ Geesink และคณะ (1993) รายงานว่าที่ระยะเวลา 30 นาทีภายหลังสัตว์ตาย แม้ไม่พบความแตกต่างของค่าอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอกของเนื้อลูกโคที่ได้รับและไม่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล แต่มีแนวโน้มว่าเนื้อโคที่ได้รับสารมีอุณหภูมิสูงกว่าเนื้อโคที่ไม่ได้รับสาร

### ขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ ปริมาณคอลลาเจน และสีของเนื้อ

สุกรกลุ่มที่ได้รับสารซัลบูตามอลจะมีขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อสันนอกใหญ่กว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 127.72 และ 104.02 ไมครอน (P<0.01) ตามลำดับ ผลการศึกษาสารซัลบูตามอลที่มีต่อสีของเนื้อ พบว่ากลุ่มที่ได้รับสารสีของเนื้อเข้มกว่า คือมีค่า L\*(lightness) ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร และมีสีแดง a\* (redness) น้อยกว่า โดยกลุ่มที่ได้รับสารมีค่า L\* และ a\* เท่ากับ 50.80 และ 3.13 ตามลำดับ และกลุ่มที่ไม่ได้รับสาร มีค่าเท่ากับ 53.09 และ 4.76 ตามลำดับ

Oksbjerg และคณะ (1994) พบว่าการใช้สารซัลบูตามอลในอาหารสุกรที่ระดับ 3 ppm มีผลเพิ่มการสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อ เนื่องจากสารเบต้า-อะโกนิสต์ มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ Type a ซึ่งมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กกว่าไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อ Type b ที่มีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่า ซึ่งเป็นเหตุผลที่สนับสนุนผลการทดลองในครั้งนี้ที่พบว่าขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อในกลุ่มที่ได้รับสารมีขนาดใหญ่มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร และจากความเป็นไปได้ที่ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ Type b จะเพิ่มขึ้นและชนิด Type a ลดลงในกลุ่มที่ได้รับสาร จึงมีผลทำให้สีของเนื้อมีสีแดง (ค่า a\*) น้อยกว่า ทั้งนี้เพราะค่า a\* มีความสัมพันธ์กับปริมาณเม็ดสีในเนื้อ (Warriss *et al.* 1990; Uttaro *et al.* 1993 และ Berge *et al.* 1993) ดังนั้นเมื่อเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type a ลดลงจึงเป็นไปได้ที่สีแดงของเนื้อ (a\*) จะลดลง ทั้งนี้เพราะเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type a จัดเป็นพวก oxidative fibers ที่มีปริมาณไมโอโกลบินสูง ส่วนชนิด Type b เป็นชนิดที่มีไมโอโกลบินต่ำ (Pearson และ Young, 1989)

การที่กลุ่มที่ได้รับสารซัลบูตามอลมีสีของเนื้อเข้มกว่า กล่าวคือ มีค่า L\* (lightness) น้อยกว่า หรือมีความสว่างสดใสของเนื้อน้อยกว่า เนื่องมาจากการที่ค่า pH ในกล้ามเนื้อของสุกรที่ได้รับสารสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร Geesink และคณะ (1993)

ได้อธิบายถึงความสัมพันธ์ของค่า pH ในกล้ามเนื้อที่มีอัตราการลดลงของค่า pH อย่างรวดเร็วจะมีผลทำให้ซาร์โคพลาสมิกโปรตีนของเส้นใยกล้ามเนื้อเสื่อมสภาพ ดังนั้นจะมีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อลดลง จะทำให้มีน้ำซึมเยิ้มออกมาบริเวณผิวเนื้อซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการสะท้อนกลับของแสงที่สัมผัสกับผิวของเนื้อมาก ซึ่งทำให้ค่าสีที่วัดออกมาเป็นค่า  $L^*$  มีค่าสูง ในทางตรงข้าม ถ้าเนื้อมีค่า pH สูง ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อสูง น้ำจะไม่ซึมออกมาที่ผิวเนื้อทำให้การสะท้อนกลับของแสงน้อย ค่า  $L^*$  จะต่ำ ปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อไม่พบว่ามีแตกต่างทางสถิติ แต่พบว่ามีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ได้รับสารมีปริมาณคอลลาเจนน้อยกว่า ทั้งนี้มีรายงานการวิจัยของ Dawson และคณะ (1990) และ Berge และคณะ (1993) สนับสนุนเรื่องปริมาณคอลลาเจน ที่พบว่าการใช้สารแคลนบูเทอรอลในการขุน โคจะลดปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อลง

#### ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุง

สุกรกลุ่มที่ใช้สารซัลบูตามอล พบว่ามีผลทำให้เนื้อเหนียวขึ้น ทั้งนี้พบว่ามีความแตกต่างของเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร โดยมีค่าเท่ากับ 6.33 และ 5.80 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ( $P < 0.01$ ) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Koochmarie และคณะ (1991), Geesink และคณะ (1993) และ Luno และคณะ (1999) ที่พบว่า การใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ มีผลทำให้เอ็นไซม์  $\mu$ -calpain ที่ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนเพื่อทำให้เนื้อนุ่มภายหลังสัตว์ตายลดน้อยลง โดยมีปริมาณเอ็นไซม์ calpastatin ที่ทำหน้าที่ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ที่ย่อยโปรตีนเพิ่มขึ้น

การใช้สารซัลบูตามอล พบว่ามีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียระหว่างการปรุงน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สาร โดยมีค่าเท่ากับ 30.22 และ 33.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Berge และคณะ (1993) ทั้งนี้เนื่องมาจากค่า pH ในเนื้อกลุ่มที่ได้รับสารมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร ซึ่งมีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อสูงกว่า ดังนั้นการสูญเสียน้ำในระหว่างการปรุงก็จะลดน้อยลงตามไปด้วย

#### องค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อ

ผลการศึกษาสารซัลบูตามอลที่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของกล้ามเนื้อสันนอก พบว่าสุกรที่ได้รับและไม่ได้รับสารซัลบูตามอลมีเปอร์เซ็นต์ความชื้น และเถ้า ของกล้ามเนื้อสันนอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่มีแนวโน้มว่าสุกรที่ได้รับสารซัลบูตามอลมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นและเถ้ามากกว่าสุกรที่ไม่ได้รับสารซัลบูตามอล นอกจากนี้สุกรที่ได้รับสารซัลบูตามอลมีเปอร์เซ็นต์โปรตีน แคลเซียม และฟอสฟอรัสในเนื้อ สูงกว่าสุกรที่ไม่ได้รับสารซัลบูตามอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) โดยโปรตีนมีค่าเท่ากับ 23.29 และ 22.42 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมมีค่าเท่ากับ 0.02 และ 0.01 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัสมีค่าเท่ากับ 0.21 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และยังพบว่าสุกรที่ได้รับสารซัลบูตามอลมีเปอร์เซ็นต์ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสันนอกน้อยกว่าสุกรที่ไม่ได้รับสารซัลบูตามอล โดยมีค่าเท่ากับ 1.24 และ 1.76 เปอร์เซ็นต์ ( $P < 0.05$ ) ตามลำดับ การใช้สารซัลบูตามอลมีผลทำให้ปริมาณโปรตีนในกล้ามเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารและทำให้ปริมาณไขมันในกล้ามเนื้อต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Berge และคณะ (1993) และ Hansen และคณะ (1997) ทั้งนี้เนื่องจากสารซัลบูตามอลมีผลไปเร่งการสะสมโปรตีนและลดการสะสมไขมันในร่างกาย นอกจากนี้ยังพบว่าสุกรที่ได้รับสารซัลบูตามอลจะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ Ca และ P ในกล้ามเนื้อ ทั้งนี้อาจจะอธิบายได้ว่า สารเบต้า-อะโกนิสต์ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของ Adrenaline drug หรือ Sympathomimetic amine (ยุพดี และคณะ, 2539) โดยกลไกของฮอร์โมน Adrenaline นี้จะไปจับกับ  $\beta$ -receptor ที่อยู่บนเยื่อหุ้มเซลล์ เกิดการกระตุ้นของ Adrenyl cyclase ทำหน้าที่เปลี่ยน ATP เป็น cAMP ซึ่ง cAMP จะเร่งการทำลายไกลโคเจนได้เป็นกลูโคสในกระแสเลือด แล้วเข้าสู่วิถีไกลโคไลซิสได้พลังงานออกมาใช้ ดังนั้นการใช้สารซัลบูตามอลจึงเป็นการเร่งการใช้กลูโคสในกล้ามเนื้อเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน จึงมีผลให้สุกรเกิดการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อในร่างกายมากกว่าในสภาวะปกติที่สัตว์ไม่ได้รับสารนี้ ดังนั้นเมื่อร่างกายมีการทำงานของกล้ามเนื้อในร่างกายมากขึ้น จึงมีการนำเอาแคลเซียมมาใช้ในขบวนการการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย มีผลทำให้นำเอาปริมาณแคลเซียมที่สะสมในกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น

ในทำนองเดียวกันฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ ภายในกล้ามเนื้อ ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบการสร้างพลังงาน ได้แก่ AMP, ADP, ATP และ CP ดังนั้นกล้ามเนื้อที่มีการใช้พลังงานสูง จึงเป็นไปได้ที่จะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงขึ้นด้วย

#### สรุป

ผลจากการทดลองครั้งนี้ สอดคล้องกับรายงานการวิจัยในต่างประเทศที่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้สารในกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ ที่มีต่อคุณภาพเนื้อซึ่งพบว่าการใช้สารซัลบูตามอลมีผลทำให้เนื้อมีคุณภาพด้อยลงในด้านความนุ่ม ความหยาบของเส้นใยกล้ามเนื้อ สีของเนื้อ ค่า pH ในเนื้อสูงมีโอกาที่จะเป็นเนื้อ DFD สูงมากซึ่งจะมีผลในเรื่องของอายุการเก็บรักษาจะสั้นลง ข้อได้เปรียบที่เห็นได้ชัดคือ เมื่อค่า pH ในเนื้อสูง จะมีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อสูง ซึ่งจะส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการปรุงต่ำ

อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัย ไม่แนะนำให้มีการใช้สารซัลบูตามอลในการปรับปรุงคุณภาพซากเพราะนอกจากจะไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคหากมีการบริโภคเนื้อที่มีการตกค้างของสารดังกล่าวแล้ว ที่สำคัญคือ คุณภาพเนื้อสุกรที่ได้ยังด้อยลงอย่างมาก โดยเฉพาะคุณภาพทางด้านการบริโภค (sensory characteristics) และยังเป็นการเลี้ยงสัตว์ที่ไม่คำนึงถึงสวัสดิภาพสัตว์ เพราะการเลี้ยงด้วยวิธีการนี้เป็นวิธีการที่เปลี่ยนแปลงกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์ของกล้ามเนื้อ ทำให้กล้ามเนื้อทำงานหนักผิดปกติ จัดได้ว่าเป็นการทารุณต่อสัตว์

### คำขอขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนวิจัย ฟาร์มเลี้ยงสุกรแห่งหนึ่งในจังหวัด นครปฐม และบริษัทเฟรชมิทโปรเซสซิ่ง จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนการทดลอง

### เอกสารอ้างอิง

- บุพดี จาวรุ่งฤทธิ์ และคณะ. 2539. การศึกษาสถานการณ์การใช้สาร Salbutamol ในการเลี้ยงสุกรของประเทศไทย. กองสารวัตรอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพฯ.
- เขาวมาลัย คำเจริญ และ สาโรช คำเจริญ. 2537. ผลของการใช้สารเบต้า-อะดรีนอจิก อะโกนิสต์ ต่อคุณภาพของเนื้อสุกร. สุกรสาร. 21(81): 5 – 15.
- AOAC. 1995. Office Methods of Analysis of Association of Official Analysis Chemists. 16<sup>th</sup> ed. Association of Official Analysis Chemists. Washington D.C.
- Berge, J., *et al.* 1993. Performance, Muscle Composition and Meat Texture in Veal Calves Administered a  $\beta$  - Agonist (Clenbuterol). Meat Sci. 33: 191-206.
- Cheah, K.S. *et al.* 1998. Identification and Characterization of Pigs Prone to Producing 'RSE' (Reddish-Pink, Soft and Exudative) Meat in Normal Pigs. Meat Sci. 48: 249 – 255.
- Dawson, J. M. *et al.* 1990. Muscle Composition of Steers Treated with the  $\beta$  - Agonist, Cimeterol. Meat Sci. 28: 289 – 297.
- Geesink, G. H. *et al.* 1993. Effects on Meat Quality of the Use of Clenbuterol in Veal Calves. J. Anim. Sci. 71: 1161 – 1170.
- Hansen, J.A. *et al.* 1997. Effect of Somatotropin and Salbutamol in Three Genotypes of Finishing Barrows: Growth, Carcass, and Calorimeter. J. Anim. Sci. 75: 1798 – 1809.
- Koohmaraie, M. *et al.* 1991. Effect of the  $\beta$  - adrenergic agonist L<sub>644,969</sub> on muscle growth, endogenous proteinase activities and postmortem proteolysis in wether lambs. J. Anim. Sci. 69: 4823 – 4835.
- Luno, M. *et al.* 1999. Textural Assessment of Clenbuterol Treatment in Beef. Meat Sci. 51: 297–303.
- Oksbjerg, N. *et al.* 1994. Effects of Salbutamol, a Beta – Adrenergic Agonist, on Muscle of Growing Pigs Fed Different Levels of Dietary Protein. 1. Muscle Fibre Properties and Muscle Protein Accretion. Acta Agriculturae Scandinavica. Section A, Animal Science. 44:1, 20-24; 21 (Abstr.).
- Pearson, A.M. and R.B. Young. 1989. Muscle and Meat Biochemistry. London :Academic Press.
- SAS. 1985. SAS/STAT Guide for Personal Computers. Version 6 Edition. SAS Institute Inc. North Carolina. USA.
- Tuma, H.J. *et al.* 1962. Relationship of fiber diameter to tenderness and meatiness as influenced by bovine age. J. Anim. Sci. 21: 33-36.
- Uttaro, B.E. *et al.* 1993. Effect of Ractopamine and Sex on Growth, Carcass Characteristics, Processing Yield, and Meat Quality Characteristics of Crossbred Swine. J. Anim. Sci. 71: 2439 – 2449.
- Van Oeckel, M. J. *et al.* 1999. Pork Tenderness Estimation by Taste Panel, Warner – Bratzler Shear Force and On – Line Methods. Meat Sci. 53: 259 – 267.
- Warriss, P.D. *et al.* 1990. Interactions Between the Beta – Adrenergic Agonist Salbutamol and Genotype on Meat Quality in Pigs. J. Anim. Sci. 68: 3669 – 3676.