สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลของสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอลต่อคุณภาพเนื้อสุกร

EFFECTS OF BETA – ADRENERGIC AGONIST SALBUTAMOL ON PORK QUALITY

T 049630

กิตติมา เมืองมุสิทธิ์

KITTIMA MUANGMUSIT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 49630
วัน, เดือน, ปี 25 ก.พ. 2547

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

ISBN 974 - 324 - 446 - 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFECTS OF BETA – ADRENERGIC AGONIST SALBUTAMOL ON PORK QUALITY

KITTIMA MUANGMUSIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE

MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2003

ISBN 974-324-446-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**ผลของสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล ต่อคุณภาพเนื้อสุกร**
นักศึกษา	**นางสาวกิตติมา เมืองมุสิทธิ์**
รหัสประจำตัว	42066401
ปริญญา	**วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**
สาขาวิชา	**สัตวศาสตร์**
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	**รศ.ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล**
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	**รศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอลต่อคุณภาพเนื้อสุกรด้านความเป็นกรด – ด่างของเนื้อ อุณหภูมิใจกลางกล้ามเนื้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ ปริมาณคอลลาเจน สีของเนื้อ (L* value และ a* value) เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง และค่าแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อสันนอก โดยใช้สุกรขุนลูกผสมสามสายพันธุ์ เพศผู้ตอน จำนวน 200 ตัว แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมที่ไม่มีการผสมสารซาลบูทามอล และกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมผสมสารซาลบูทามอลในระดับ 15 พีพีเอ็ม กล้ามเนื้อสันนอก(*M. longissimus dorsi*) ซากซีกซ้ายของสุกรทั้งสองกลุ่มที่มีน้ำหนักซากระหว่าง 80 – 90 กิโลกรัม จะถูกนำมาศึกษา โดยใช้ T-test เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างในกล้ามเนื้อสันนอกที่ 45 นาทีถึง 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย (pH1) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ช่วงเวลา 18 และ 24 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย (pH18 และ pH24) และอุณหภูมิในใจกลางกล้ามเนื้อที่ 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมงและ 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ของสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีค่าสูงกว่า($P<0.01$) กลุ่มที่ไม่ได้รับสาร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของสุกรที่ได้รับสารมีขนาดยาวกว่า($P<0.01$) สุกรที่ไม่ได้รับสารคือเท่ากับ 127.22 และ 104.02 ไมครอน ตามลำดับ ปริมาณคอลลาเจนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สีของกล้ามเนื้อสันนอก (L* value และ a* value) วัดที่ 24 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย ของสุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลจะเข้มกว่า($P<0.01$) กลุ่มที่ไม่ได้รับสาร กล่าวคือ มีค่า L* เท่ากับ 50.80 และ53.09 ตามลำดับ ส่วนค่า a* สุกรกลุ่มที่ได้รับสารมีค่าน้อยกว่า($P<0.01$) กลุ่มที่ไม่ได้รับสารกล่าวคือ มีค่า a* เท่ากับ 3.13 และ 4.76 ตามลำดับ เนื้อของสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลจะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงน้อยกว่า ($P<0.01$) กลุ่มที่ไม่ได้รับสาร คือ 30.22 และ 33.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าแรงตัดผ่านเนื้อของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอล จะมากกว่า ($P<0.01$) สุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสาร คือเท่ากับ 6.33 และ 5.80 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซ็นติเมตร ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Effects of Beta – Adrenergic Agonist Salbutamol on Pork Quality
Student	Miss Kittima Muangmusit
Student ID	42066401
Degree	Master of Science
Programme	Animal Science
Year	2003
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Jutarat Sethakul
Thesis Co – advisor	Assoc.Prof.Dr.Ronachai Sitthigripong

ABSTRACT

Two hundreds of three crossbred barrows were randomly distributed to two dietary treatments composed of 0 and 15 ppm salbutamol in the diets. *M. longissimus dorsi* on the left side from 80 – 90 kg. carcass weight of pigs were used to assess the pork quality. T-test was a statistic to compare the study traits means of both treatments. Results showed that the beta – adrenergic agonist salbutamol was not significantly effect on pH value at 45 min. to 1 hr. post mortem, but pH value at 18 and 24 hr. post mortem and the temperatures at 45 min. to 1 hr. and at 18 hr. post mortem of the muscle from treated pigs had significantly higher ($P < 0.01$) than those of control pigs. The muscle fiber diameter of the treated pigs had significantly longer ($P < 0.01$) than those of control pigs (127.72 and 104.02 micron, respectively). No significantly difference was observed on collagen fiber of the muscle from both treatments. The muscle color of salbutamol treated pigs was significantly darker ($P < 0.01$) than those of control pigs (50.80 and 53.09 of L* value, and 3.13 and 4.76 of a* value, respectively). In addition, pigs fed salbutamol supplementation diet had significantly lower ($P<0.01$) percentage of cooking loss and higher ($P < 0.01$) shear force of muscle than those of control pigs (30.22, 33.29 % and 6.33, 5.80 kg/cm^3, respectively).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร.จุฑารัตน์ เศรษฐกุล อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา และแนะนำผู้วิจัยตลอดระยะเวลาการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ ทำให้งานวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงลงได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย(สกว.) ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนในการวิจัย ขอขอบพระคุณคณะกรรมการที่ร่วมพิจารณาวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ซึ่งประกอบไปด้วยรองศาสตราจารย์ ดร.สุชีพ สุขสุเพทย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุชา แสงโสภณ ขอขอบพระคุณอาจารย์จันทร์พร เจ้าทรัพย์ ที่ให้คำปรึษาแนะนำในระหว่างการทดลองในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีและการผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ขอขอบคุณกำลังใจและความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลตลอดระยะเวลาในการศึกษาจากรุ่นพี่ และเพื่อนๆ นักศึกษาปริญญาโท ขอบคุณกำลังใจจากน้องๆ ที่มีต่อผู้วิจัยตลอดมา และขอขอบคุณ คุณสุรินทร์ กุระ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเนื้อสัตว์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการทดลองมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ชาย และพี่สาว ที่ให้การสนับสนุนและให้กำลังใจในการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านตลอดจนผู้ที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

กิตติมา เมืองมุสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....IV

สารบัญ.....V

สารบัญตาราง.....IX

สารบัญภาพ.....XI

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2

1.3 สถานที่ดำเนินการ.....2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....3

1.5 ระยะเวลาการศึกษา.....3

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 ปัจจัยสำคัญในการกำหนดเนื้อที่มีคุณภาพ.....4

2.1.1 คุณลักษณะของคุณภาพเนื้อ (quality characteristics).....4

2.1.1.1 คุณค่าทางโภชนะ (nutrition factors).....4

2.1.1.2 คุณค่าทางการนำไปแปรรูป (technological factors).....4

2.1.1.3 คุณค่าทางสุขศาสตร์ (hygienic factors).....4

2.1.1.4 คุณค่าทางการบริโภค (sensory factors).....5

2.1.2 คุณภาพของการผลิต (production quality).....5

2.1.3 ความพึงพอใจของผู้บริโภค (consumer appreciation).....5

2.2 คุณสมบัติของเนื้อสัตว์.....5

2.2.1 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ(muscle fiber characteristics).....5

2.2.2 ขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อ.....6

2.2.3 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue).....6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 อิทธิพลของการใช้ฮอร์โมนและสารเร่งการเจริญเติบโตที่มีต่อสัตว์.....7

2.3.1 ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต.....7

2.3.2 สารเร่งการสร้างกล้ามเนื้อ.....7

2.4 คุณสมบัติและกลไกการทำงานของสารกลุ่มเบต้า-อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ที่มีต่อคุณภาพเนื้อ.....9

2.5 สาเหตุในการเลือกใช้สารเบต้า-อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล.....12

2.6 ผลของสารกลุ่มเบต้า-อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ที่มีต่อคุณภาพเนื้อ.....18

2.6.1 ผลต่อองค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อ.....18

2.6.2 การเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในเนื้อ.....19

2.6.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายหลังสัตว์ตาย.....21

2.6.4 สีของเนื้อ (meat color).....22

2.6.5 ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน(connective tissue).....24

2.6.6 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ(muscle fiber).....25

2.6.7 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (WHC).....26

2.6.8 ความนุ่มของเนื้อ.....27

2.7 อิทธิพลของความเครียดในตัวสัตว์ (stress).....31

2.8 อิทธิพลอื่นๆ ที่มีต่อคุณภาพเนื้อ.....33

2.8.1 สายพันธุ์ (breed).....33

2.8.2 เพศ และน้ำหนักตัว (sex and weight).....33

2.8.3 ระดับโภชนะในอาหาร (nutrient).....35

2.9 ผลกระทบของการใช้สารกลุ่มเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์.....37

2.9.1 ผลกระทบต่อตัวสัตว์.....37

2.9.2 ผลกระทบต่อผู้บริโภค.....37

2.10 ความจำเป็นที่ต้องมีการยับยั้งการใช้สารกลุ่มเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์.....42

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....43

3.1 สัตว์ทดลอง.....43

3.2 อาหารสัตว์ทดลอง.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 ตัวอย่างเนื้อทดลอง.....44

3.4 อุปกรณ์.....44

3.5 สารเคมี.....45

3.6 วิธีการ.....46

(ก) ขั้นตอนที่ 1 (45 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย).....46

1) การวัดอุณหภูมิ (temperature).....46

2) การวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH value).....46

3) เก็บตัวอย่างเนื้อ.....47

3.1) การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber).....47

3.2) การหาปริมาณคอลลาเจน (collagen).....48

(ข) ขั้นตอนที่ 2 (18 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย).....49

1) การวัดอุณหภูมิ 50

2) การวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง.....51

3) เก็บตัวอย่างเนื้อ.....51

3.1) การหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (cooking loss).....51

3.2) การหาค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force).....51

(ค) ขั้นตอนที่ 3 (24 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย).....52

1) การวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง.....52

2) การวัดสีของเนื้อ(color measurement).....52

3.7 การบันทึกข้อมูล.....53

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....53

บทที่ 4 ผลการทดลอง.....54

4.1 การศึกษาผลของสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอลที่มีต่อ ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) และอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อ.....54

4.2 ผลของสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอลที่มีต่อคุณภาพเนื้อ.....55

4.2.1 ผลที่มีต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ.....56

4.2.2ผลที่มีต่อปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3 ผลที่มีต่อสีของเนื้อ.....56
4.2.4 ผลที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียระหว่างการปรุง.....56
4.2.5 ผลที่มีต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ.....56

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง.....57
5.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในกล้ามเนื้อ.....57
5.2 อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อ (temperature).....58
5.3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber).....58
5.4 ปริมาณคอลลาเจน(collagen).....59
5.5 สีของเนื้อ (meat color).....59
5.6 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง(cooking loss).....60
5.7 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force).....61

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....63
6.1 สรุป.....63
6.2 ข้อเสนอแนะ.....63

บรรณานุกรม.....65

ภาคผนวก ก 71

ภาคผนวก ข 75

ประวัติผู้เขียน.....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 เปรียบเทียบอิทธิพลของสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์แต่ละชนิด ที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อในสุกร.....15

2.2 เปรียบเทียบการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ในสุกรที่ระดับต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพซาก.....17

2.3 แสดงน้ำหนักและองค์ประกอบของโปรตีนในกล้ามเนื้อ 3 ชนิด ของโคขุนที่ได้รับสารเบต้า – อะโกนิสต์ ไคเมเทอรอลที่ระดับ 0.06 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม.....19

2.4 แสดงส่วนประกอบและค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของกล้ามเนื้อ Longissimus thoracis ในเนื้อลูกโคที่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล.....21

2.5 อุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*) ของลูกโค ที่ได้รับและไม่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล.....22

2.6 ค่าการวัดสีของกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*)ในสัตว์ที่ไม่ได้รับและได้รับสารแรคโตพามีนในอาหารสุกรที่ระดับ 20 พีพีเอ็ม.....23

2.7 องค์ประกอบของคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ 3 ชนิด ของโคขุนที่ได้รับสารเบต้า – อะโกนิสต์ ไคเมเทอรอลที่ระดับ 0.06 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม.....25

2.8 ค่าแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*)ในเนื้อลูกโค ที่ได้รับและไม่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล.....26

2.9 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง(cooking loss) ของกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*)ในสัตว์ที่ได้รับและไม่ได้รับสารเบต้า – อะโกนิสต์.....27

2.10 คุณภาพเนื้อของสุกรที่ได้รับสารเบต้า-อะโกนิสต์ ซาลบูทามอลในระดับ 2.75 พีพีเอ็ม.....29

2.11 ผลของการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ เคลนบูเทอรอลต่อเอนไซม์μ-calpain, m-calpain และ calpastatin ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*) ของโคเพศเมีย.....30

2.12 ส่วนประกอบโปรตีนทั้งหมดและการทำงานของเอนไซม์ cathepsin ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*)ของแกะที่ได้รับและไม่ได้รับสารเบต้า-อะโกนิสต์.....31

2.13 เปรียบเทียบการใช้สารเบต้า-อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอลในอาหารสุกรที่น้ำหนักตัวช่วงต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพซาก.....36

2.14 แสดงรายงานผลกระทบของการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ในประเทศต่างๆ.....39

3.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรทดลอง.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.1 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) และอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอกในสุกรขุนที่ไม่ได้รับและได้รับสารซาลบูทามอล (n = 100).....55

4.2 เปรียบเทียบคุณภาพเนื้อสุกรที่ไม่ได้รับและที่ได้รับสารซาลบูทามอล (n = 100).....55

7.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH1)ที่ช่วงเวลา 45 นาทีถึง 1ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน.....72

7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าความเป็นกรด - ด่าง(pH18)ที่ช่วงเวลา 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน.....72

7.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าความเป็นกรด - ด่าง(pH24)ที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน.....72

7.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่ช่วงเวลา 45 นาทีถึง 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ของสุกรขุน.....72

7.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่ช่วงเวลา 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ของสุกรขุน.....73

7.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ(muscle fiber) ในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน.....73

7.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณคอลลาเจน(collagen) ในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน.....73

7.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าการวัดสีในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*)โดยพิจารณาค่าความสว่างของสี (L*)ของสุกรขุน.....73

7.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าการวัดสีในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*)โดยพิจารณาค่าความสว่างของสี (a*)ของสุกรขุน.....74

7.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (cooking loss)ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน.....74

7.11 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าแรงตัดผ่านเนื้อ(shear force) ในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน.....74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 สารในกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์.....8

2.2 โครงสร้างทางเคมีของสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล.....10

2.3 กลไกการทำงานของสารกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ 11

2.4 ผลของการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ 12

3.1 แสดงการศึกษาคุณภาพเนื้อของขั้นตอนที่ 1 46

3.2 แสดงการศึกษาคุณภาพเนื้อของขั้นตอนที่ 2.....50

3.3 แสดงการศึกษาคุณภาพเนื้อของขั้นตอนที่ 3.....52

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบัน มีการแข่งขันทางการตลาดกันค่อนข้างสูง และมีแนวโน้มจะทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งด้านต้นทุนการผลิต คุณภาพของสินค้า เทคโนโลยีที่ทันสมัยและกลยุทธ์ต่างๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพสินค้า เพื่อต้องการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิตให้สูงที่สุดและคุณภาพดีที่สุดสนองกับความต้องการของตลาด จึงได้มีการพยายามหาวิธีการต่างๆ ที่จะเป็นกลยุทธ์ในการแข่งขันให้เข้ามามีบทบาทในธุรกิจการเลี้ยงสัตว์มากขึ้นโดยมีเป้าหมายสำคัญทางด้านผลตอบแทนในการประกอบธุรกิจค่อนข้างสูง ในอุตสาหกรรมการผลิตสุกรเป็นธุรกิจหนึ่งที่มีการแข่งขันกันทางด้านต้นทุนการผลิต อย่างไรก็ตามมีผู้ประกอบการหลายรายได้นำเทคโนโลยีมาใช้ในทางที่ไม่ถูกต้อง เช่น ใช้วิธีการเติมสารเร่งเนื้อแดงลงไปในสูตรอาหารสุกรเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพซากให้มีการสร้างเนื้อแดงในซากเพิ่มขึ้น และลดปริมาณการสร้างไขมันลง ซึ่งเป็นวิธีแก้ไขที่รวดเร็วและให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ และสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดและผู้บริโภคได้ เนื่องจากปัจจุบันนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการสุกรที่มีเนื้อแดงมากและมีปริมาณของไขมันน้อยทั้งนี้เพราะมีความเข้าใจว่าเมื่อรับประทานมันสุกรมากๆ จะเป็นสาเหตุของการเกิดภาวะไขมันอุดตันในเส้นเลือดเนื่องจากมีปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดสูง การผลิตสุกรซึ่งเป็นสัตว์ให้เนื้อให้มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของตลาดและสามารถที่จะแข่งขันได้นั้นเนื้อจะต้องสะอาดปลอดภัย ปราศจากสารตกค้าง และคุณสมบัติของเนื้อสุกรจะต้องเป็นที่พึงพอใจต่อผู้บริโภค ซึ่งคุณลักษณะที่ใช้ในการตัดสินความพึงพอใจของผู้บริโภคที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อมีอยู่หลายลักษณะด้วยกันได้แก่ สีของเนื้อ(color) ไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ(marbling) ความนุ่มของเนื้อ(tenderness) กลิ่นและรสชาติ(flavor) ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ(juiceness) และขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ(texture) เป็นต้น (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) การใช้สารเร่งเนื้อแดงเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล เป็นชนิดหนึ่งในกลุ่มของสารเร่งเนื้อแดงที่ผู้เลี้ยงนิยมใช้ในการปรับปรุงคุณภาพซากทางด้านการเพิ่มปริมาณเนื้อแดงในซาก ซึ่งประสิทธิภาพและกลไกการทำงานของสารดังกล่าวเกี่ยวข้องกับการลดการสร้างเนื้อเยื่อไขมัน เพิ่มการสังเคราะห์โปรตีน ลดการเสื่อมสลายหรือทำลายโปรตีน เพิ่มการไหลเวียนของโลหิตไปยังกล้ามเนื้อ และการใช้สารเบต้า–อะโกนิสต์ ส่งผลต่อการปรับปริมาณฮอร์โมนอินซูลินซึ่งควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดโดยไปลดปริมาณอินซูลินที่เกาะกับเนื้อเยื่อไขมันแต่ไปเพิ่มปริมาณอินซูลินที่เกาะกับกล้ามเนื้อ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮอร์โมน insulin ที่อยู่ในเส้นเลือดบริเวณกล้ามเนื้อจึงควบคุมให้มีระดับน้ำตาลในเลือดสูง ซึ่งจะถูกใช้เพื่อเป็นสารตัวกลางในการสังเคราะห์กรดอะมิโนเพื่อสร้างโปรตีน ถ้ามีน้ำตาลในเลือดสูงก็สามารถสร้างโปรตีนได้สูง(จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) ซึ่งกระบวนการทำงานของสารกลุ่มดังกล่าวจะส่งผลต่อลักษณะคุณภาพซากและคุณภาพเนื้ออย่างชัดเจน เป็นที่พึงพอใจของผู้จับสุกรเข้าโรงฆ่าสัตว์ และตรงตามความต้องการของตลาด จึงทำให้ผู้เลี้ยงสุกรกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ในประเทศไทยหันมาใช้สารกลุ่มเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ กัน โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งในตัวสัตว์ที่ได้รับโดยตรง ผู้บริโภคเนื้อสัตว์ที่ใช้สารดังกล่าว และผลกระทบต่ออุตสาหกรรมการส่งออกเนื้อสุกรที่จะตามมา

ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล ที่มีผลตอบสนองต่อคุณภาพเนื้อในสุกรขุนโดยทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารซาลบูทามอลที่ระดับ 15 พีพีเอ็ม ผสมลงไปในสูตรอาหารสุกรขุนทั้งนี้เพื่อให้การศึกษาตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริงตามสภาพการเลี้ยงที่เป็นอยู่ในปัจจุบันที่อยู่ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2545 ซึ่งใช้สารดังกล่าวในปริมาณที่สูงมาก และเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อผู้บริโภคในการพิจารณาเลือกบริโภคเนื้อสุกรที่มีคุณภาพ และปลอดภัยจากสารตกค้างสามารถที่จะเป็นประโยชน์ได้จริงในทางปฏิบัติ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อเปรียบเทียบลักษณะคุณภาพเนื้อของสุกรขุนที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ไม่มีการผสมสารซาลบูทามอลและมีการผสมสารซาลบูทามอลในระดับสูง

1.3 สถานที่ดำเนินการ

1) ฟาร์มสุกรเอกชนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนครปฐม

2) โรงฆ่าและชำแหละสุกร บริษัทเฟรชมีท โปรเซสซิ่ง จำกัด จังหวัดนครปฐม

3) ห้องปฏิบัติการตัดแต่งเนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

4) ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5) ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีและการผลิตสัตว์ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนในการดำเนินงาน แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยทำการศึกษาจากซากสุกรซีกซ้าย ดังนี้

1) ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาคุณภาพเนื้อ และสุ่มเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ ที่ช่วงเวลา 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย โดยวัดลักษณะที่ศึกษาดังนี้ วัดอุณหภูมิ วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH1) หาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ และหาปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ

2) ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาคุณภาพเนื้อ และสุ่มเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ ที่ช่วงเวลา 18 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย โดยวัดลักษณะที่ศึกษาดังนี้ วัดอุณหภูมิ วัดค่าความเป็นกรด – ด่าง(pH18) หาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง และหาค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

3) ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาคุณภาพเนื้อ ที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย โดยวัดลักษณะที่ศึกษาดังนี้ วัดค่าความเป็นกรด – ด่าง(pH24) และวัดสีของเนื้อ

1.5 ระยะเวลาการศึกษา

ระยะเวลาในการศึกษาคุณภาพเนื้อ เป็นระยะเวลา 8 เดือน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) เป็นข้อมูลพื้นฐานด้านคุณภาพเนื้อของสุกรขุนทางการค้า ที่มีการใช้และไม่ใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล

2) เป็นข้อมูลพื้นฐานต่อผู้บริโภคในการพิจารณาเลือกบริโภคเนื้อสุกรที่มีคุณภาพ และปลอดภัยจากสารตกค้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัจจัยสำคัญในการกำหนดเนื้อที่มีคุณภาพ

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) รายงานถึงปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณภาพเนื้อที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

2.1.1 คุณลักษณะของคุณภาพเนื้อ (quality characteristics)

ปัจจุบันมีการแข่งขันทางด้านการค้ากันอย่างเสรี สินค้าที่ผลิตขึ้นจึงต้องเป็นสินค้าที่มีคุณภาพ และสามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้เป็นอย่างดี คุณภาพของสินค้าจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ผลิตจะต้องเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงที่สุดและดีที่สุดในการผลิตเนื้อสัตว์ให้มีคุณลักษณะที่ดีและมีคุณภาพนั้น จึงเป็นเป้าหมายสำคัญที่ผู้ผลิตต้องการ คุณลักษณะสำคัญของคุณภาพเนื้อที่ใช้เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของเนื้อที่มีคุณภาพ มีดังนี้

2.1.1.1 คุณค่าทางโภชนะ (nutrition factors)

คุณค่าทางโภชนะของเนื้อ ได้แก่ โปรตีนและองค์ประกอบของโปรตีน ไขมันและองค์ประกอบไขมัน ไวตามิน แร่ธาตุ และประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะนั้น ๆ นอกจากนี้คุณค่าของเนื้อสัตว์จะต้องคำนึงถึงความเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งต้องคำนึงถึงส่วนประกอบและสัดส่วนของกรดอะมิโนในโปรตีนของเนื้อสัตว์ หรือปริมาณสัดส่วนโปรตีนต่อไขมันที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์อีกด้วย

2.1.1.2 คุณค่าทางด้านการนำไปแปรรูป (technological factors)

เนื้อที่มีคุณภาพดีเหมาะสมที่จะนำไปแปรรูปทำผลิตภัณฑ์ คือ เนื้อที่มีคุณสมบัติในด้านการอุ้มน้ำของเนื้อสูง ซึ่งมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับความเป็นกรด – ด่าง ในเนื้อสัตว์ เนื้อที่มีค่า pH ต่ำ จะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ และในทางกลับกันเนื้อที่มีค่า pH สูงจะมีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำสูง เนื้อที่มีไขมัน พังผืดปริมาณมากก็ยิ่งทำให้ความสามารถในการรวมตัวกันระหว่างน้ำและโปรตีนในน้ำลดลง นอกจากนี้เม็ดสีของเนื้อยังเป็นส่วนสำคัญทางด้านการนำไปแปรรูป ซึ่งการที่ผลิตภัณฑ์จะสีเข้มหรือจางขึ้นกับเม็ดสีในเนื้อ

2.1.1.3 คุณค่าทางสุขศาสตร์ (hygienic factors)

เนื้อสัตว์ที่ดีมีคุณภาพจะต้องสะอาดปราศจากการปนเปื้อนจากสิ่งต่าง ๆ ได้แก่ การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์ การปนเปื้อนจากปรสิต การปนเปื้อนจากมลพิษสิ่งแวดล้อม สารตกค้าง (residues) และสารเร่งการเจริญเติบโต (growth promoters)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 คุณค่าทางการบริโภค (sensory factors)

คุณภาพของเนื้อทางด้านการบริโภคเกี่ยวข้องโดยตรงกับคุณสมบัติที่ใช้ตัดสินความน่ากินของเนื้อสัตว์ ซึ่งได้แก่ สี(color) ไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อ (marbling) ความนุ่มของเนื้อ (tenderness) กลิ่นและรสชาติ (flavor) ความชุ่มฉ่ำของเนื้อ (juiceness) ความคงตัวของเนื้อ (consistancy) และขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อหรือลักษณะเนื้อสัมผัส (texture) เป็นต้น

2.1.2 คุณภาพของการผลิต (production quality)

การให้ได้มาซึ่งเนื้อที่มีคุณภาพ ปัจจัยทางด้านการผลิตสัตว์จากฟาร์มเป็นสิ่งที่จำเป็นและจะต้องคำนึงถึง ซึ่งปัจจัยทางด้านการผลิตหลายอย่างมีส่วนเกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ ได้แก่ สายพันธุ์ เพศและอายุ คุณภาพอาหารสัตว์ สารเร่งการเจริญเติบโต การดูแลจัดการ และการผลิตสัตว์ที่คำนึงถึงการรักษาสภาพแวดล้อมและไม่ทรมานสัตว์ เป็นต้น

2.1.3 ความพึงพอใจของผู้บริโภค (consumer appreciation)

ในการตัดสินใจของผู้บริโภคนอกจากจะพิจารณาถึงคุณลักษณะต่างๆ ของคุณภาพเนื้อแล้ว ปัจจัยทางด้านการผลิตเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ผู้บริโภคคำนึงถึง ได้แก่ การคำนึงถึงสุขภาพ คำนึงถึงมนุษยธรรมหรือการไม่ทารุณสัตว์ และการรักษาสภาพแวดล้อม เป็นต้น

2.2 คุณสมบัติของเนื้อสัตว์

2.2.1 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber charateristics)

ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อสุกรแบ่งเป็น 3 ชนิดคือred fibers(Type I) white fibers(Type IIB) และ intermediate fibers (Type IIA) ถ้าในกล้ามเนื้อมีเส้นใยสีแดงอยู่มากจะเรียกกล้ามเนื้อนั้นว่ากล้ามเนื้อสีแดง (red muscle) ในทำนองเดียวกันถ้ามีเส้นใยสีขาวมากจะเรียกกล้ามเนื้อนั้นว่า กล้ามเนื้อสีขาว (white muscle) red fibers พบว่ามีการหดตัวช้ากว่า white fibers สัดส่วนระหว่างจำนวน red fibers ต่อ white fibers จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ หน้าที่การทำงานของกล้ามเนื้อ พันธุกรรม สิ่งแวดล้อม อายุ อาหาร ฮอร์โมน และอิทธิพลต่อชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ และพบว่าเส้นใยกล้ามเนื้อ Type IIA เท่านั้นที่จะมีการสร้างไขมันแทรกภายในกล้ามเนื้อ (intramuscular fat) (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

2.2.2 ขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อ

ขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อสามารถบอกถึงลักษณะสัมผัสของชิ้นเนื้อ(visual texture)ได้ คือถ้าชิ้นเนื้อใดมีขนาดของเซลล์เล็กจะเป็นเนื้อที่ละเอียด แต่ถ้าประกอบด้วยเซลล์ขนาดใหญ่จะให้เนื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่หยาบ ซึ่งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์กล้ามเนื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้ (มาลัยวรรณ อารยะสกุล และวรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2543)

1) หน้าที่ของกล้ามเนื้อ ถ้ากล้ามเนื้อที่ใช้ในการทำงานหนักมีการเคลื่อนไหวมากจะประกอบด้วยเซลล์ขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้มองเห็นเนื้อเยื่อค่อนข้างหยาบ เช่น กล้ามเนื้อไหล่ กล้ามเนื้อขา

2) อายุของสัตว์ เมื่อเป็นตัวอ่อน(embryo) จะมีขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อเล็กกว่าสัตว์ที่โตเต็มที่(adult) ในสัตว์ที่เป็นตัวอ่อนปริมาณไมโอไฟบริลจะเพิ่มขึ้นตามอายุ ทำให้ขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อสัตว์โตเต็มที่ปริมาณไมโอไฟบริลจะคงที่

3) อาหาร ส่วนประกอบของอาหารที่บริโภคเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อมีขนาดต่างกัน อาหารประเภทโปรตีนเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเนื้อเยื่อ ถ้าสัตว์ขาดโปรตีนโดยเฉพาะในช่วงของการเจริญของตัวอ่อนจะมีผลทำให้ปริมาณของไมโอไฟบริลลดลงจากปริมาณปกติ ในกรณีที่สัตว์ได้รับสารเร่งการสร้างกล้ามเนื้อในระยะการเจริญเติบโต จะทำให้ขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อมีขนาดที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน

4) สายพันธุ์ สัตว์ต่างสายพันธุ์กันจะมีขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อแตกต่างกัน เช่น แกะเมื่อแรกเกิดจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางเซลล์กล้ามเนื้อโดยเฉลี่ยประมาณ 11.3 ไมครอน ส่วนในสุกรมีขนาดโดยเฉลี่ยเพียง 5.3 ไมครอน

5) การออกกำลังกายเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางของเซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เซลล์กล้ามเนื้อจะมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยที่จำนวนไมโอไฟบริลในเซลล์ยังคงเดิม

2.2.3 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue)

ความสำคัญของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน คือ การเชื่อมตัวและยึดให้ติดกันของส่วนต่าง ๆ ในร่างกายสัตว์ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันมีกระจายอยู่แทบจะทุกแห่งในตัวสัตว์โดยเฉพาะในกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะทำหน้าที่ห่อหุ้มกล้ามเนื้อทั้งก้อนลงไปจนถึงห่อหุ้มหน่วยที่เล็กที่สุดของกล้ามเนื้อ คือ เส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) ปริมาณและคุณภาพของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันนับว่ามีอิทธิพลสูงต่อความนุ่มและความน่ารับประทานของเนื้อสัตว์ กล้ามเนื้อที่มีการทำงานมาก เช่น ที่ขาและไหล่ ก็จะมีความเหนียวสูงกว่า ทั้งนี้เพราะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูงประกอบกับคุณภาพก็ต่ำกว่าด้วย แต่ถ้าเป็นกล้ามเนื้อที่เสริมโครงร่าง เช่น กล้ามเนื้อสันนอก และกล้ามเนื้อสันใน ก็จะมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำและมีคุณภาพดีกว่า ดังนั้นเนื้อจึงมีความนุ่มและน่ารับประทาน ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ คอลลาเจน (collagen) อิลาสติน (elastin) และเรติคิวลิน (reticulin) ซึ่งจะทำหน้าที่ห่อหุ้มเส้นใยนอกเซลล์ การที่เนื้อสัตว์มีความแตกต่างกันในแง่ของความนุ่มนั้น เป็นสาเหตุมาจากปริมาณและโครงสร้างภายในของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ในการวิเคราะห์หาปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันมักปรากฏอยู่เสมอว่า เนื้อที่นุ่มกว่ามักมีปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำกว่า ชัยณรงค์ คันธพนิต (2529)รายงานว่าสัตว์ในช่วงที่กำลังพัฒนาทางร่างกายหรือกำลังเพิ่มปริมาณกล้ามเนื้อในร่างกายอย่างรวดเร็วนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่เกิดขึ้นควบคู่กันคือในขณะที่มีการขยายขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้ออยู่นั้น จะทำให้ปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันลดลงไปอย่างมากคือ ในปริมาณเท่าเดิมนั้นจะปรากฏมีเส้นใยคอลลาเจนลดน้อยลง เนื่องจากเส้นใยกล้ามเนื้อขยายขนาดของตัวมันเองเพิ่มขึ้นในพื้นที่เท่ากัน

2.3 อิทธิพลของการใช้ฮอร์โมนและสารเร่งการเจริญเติบโตที่มีต่อสัตว์

ปัจจุบันมีความพยายามที่จะใช้วิธีการเข้าไปควบคุมขบวนการเมตาบอลิสมในตัวสัตว์ เพื่อให้มีการสร้างและสะสมเนื้อแดงให้มากขึ้น และในขณะเดียวกันก็มีการสร้างและสะสมไขมันที่น้อยลงโดยอิทธิพลจากการใช้ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต (somat· tropin) และสารกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ (beta - adrenergic agonist)ในขั้นตอนการผลิตสัตว์ ซึ่งขบวนการทำงานสามารถแยกออกได้ดังนี้

2.3.1 ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต

ฮอร์โมนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของสัตว์ให้เนื้อ ได้แก่

1) steroid hormone ที่สำคัญที่สัตว์สร้างขึ้นเอง ได้แก่ estradiol progesterone testosterone และ androgen ซึ่ง androgen เป็นฮอร์โมนเพศผู้ช่วยในการสร้างกล้ามเนื้อ

2) peptide hormone ที่สำคัญคือ growth hormone โดยตัวที่นิยมใช้เร่งการสร้างเนื้อแดงในสุกรคือ porcine somatotropin hormone (pst)

2.3.2 สารเร่งการสร้างกล้ามเนื้อ

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539) กล่าวว่า สารเร่งการเจริญเติบโตที่นิยมใช้เพื่อเร่งการสะสมกล้ามเนื้อ และลดการสะสมไขมันในร่างกาย เรียกว่า partitioning agents ซึ่งต่างจาก growth promoters โดยพบว่าสารกลุ่ม growth promoters บางครั้งไม่ช่วยปรับปรุงคุณภาพซากหรือเพิ่มปริมาณการสร้างเนื้อแดงให้เพิ่มขึ้น แต่ได้ผลในด้านอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น แต่การใช้สารกลุ่ม partitioning agents จะช่วยปรับปรุงคุณภาพซากและเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตด้วย ซึ่งนอกจากจะทำให้ซากเป็นที่ต้องการของตลาดแล้วยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและทำให้ได้ผลตอบแทนสูงสารเร่งการสร้างเนื้อแดงที่สำคัญ ได้แก่

1) สารโซมาโตโทรพิน porcine somatotropin hormone (pst)

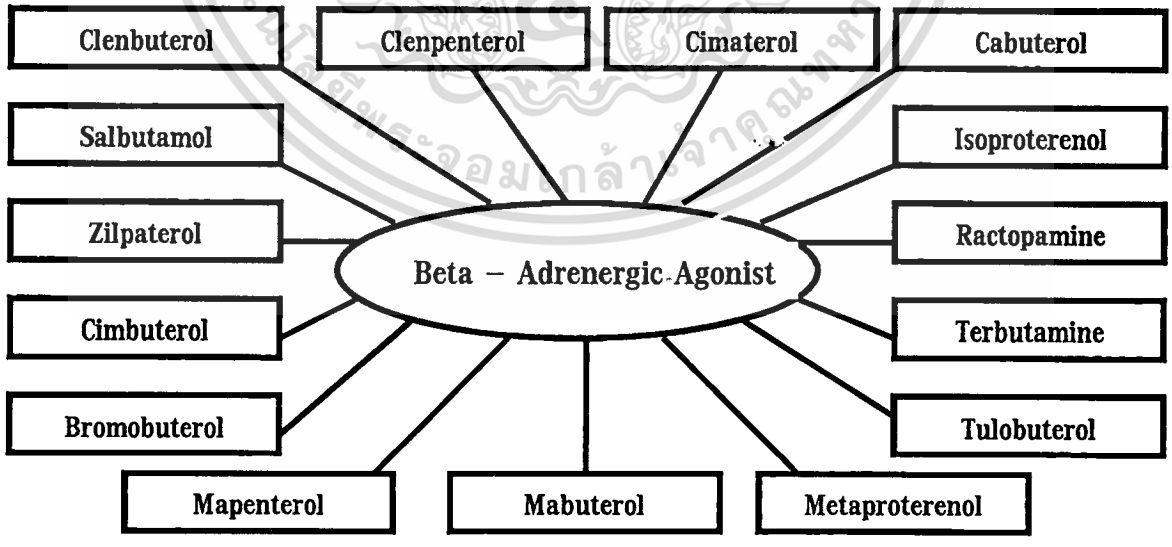
สารโซมาโตโทรพิน (pst) เป็นสารในกลุ่ม growth hormone ที่ใช้มากที่สุด โดยฉีดเข้ากล้ามเนื้อเพื่อเร่งการเจริญเติบโต เสกสม อาตมางกูร (2544) รายงานว่า การฉีด pst ให้แก่สุกรทุกวันมีผลทำให้สุกรนั้นๆ มีอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้นประมาณ 10 – 20 เปอร์เซ็นต์ ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้อาหารประมาณ 15 – 30 เปอร์เซ็นต์ ลดปริมาณเนื้อเยื่อไขมันและอัตราการสะสมไขมันลงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มการสะสมโปรตีนได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ โดย

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้สัตว์จะมีการกินได้ลดลงประมาณ 10 – 15 เปอร์เซ็นต์ สำหรับขบวนการเมตาบอลิสมของ pst นั้นมีตั้งแต่การเร่งขบวนการเพิ่มจำนวนเซลล์(somatogenic effect) การเร่งขบวนการสังเคราะห์โปรตีนและการสะสมโปรตีนในเซลล์กล้ามเนื้อ ลดการนำเข้าของน้ำตาลกลูโคส และลดการสังเคราะห์ไขมันในเซลล์ไขมันในกรณีที่สัตว์มีสมดุลย์ของพลังงานเป็นบวก (positive energy balance) และเพิ่มการสลายไขมันจากเซลล์ไขมัน กรณีที่สัตว์มีสมดุลของพลังงานเป็นลบ (negative energy balance)

2) สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ (beta- adrenergic agonist)

สารในกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ เป็นกลุ่มสารเคมีที่อยู่ในกลุ่มของสารกระตุ้น ซึ่งมีฤทธิ์เช่นเดียวกับ ยาบ้า (amphetamine) และยาอี (ephidrine) ได้แก่ เคลนบูเทอรอล (clenbuterol) เคลนเพนเทอรอล(clenpenterol) ไคเมเทอรอล(cimaterol) คาบูเทอรอล(cabuterol) ซาลบูทามอล(salbutamol) ซิลพาเทอรอล(zilpaterol) ซิมบูเทอรอล(cimbuterol) โบรโมบูเทอรอล (bromobuterol) มาเพนเทอรอล(mapenterol) มาบูเทอรอล(mabuterol) เมทาโพรเทอรีนอล (metaproterenol) ทูโลบูเทอรอล(tulobuterol) เทอบูทามีน(terbutamine) แรคโตพามีน(ractopamine) และไอโซโพรเทอรีนอล(isoproterenol) เป็นต้น สารในกลุ่มดังกล่าวให้ผลตอบสนองในการสร้างเนื้อแดงในโคดีกว่าในสุกร แต่นิยมใช้กันในสุกรในรูปของ feed additives สารในกลุ่มเบต้า – อะโกนิสต์ เป็นสารที่เข้าไปมีผลต่อการทำงานของ beta – adrenoreceptors ที่บริเวณผิวของเซลล์ไขมันและกล้ามเนื้อใช้ได้ผลดีที่สุดในระยะสุดท้ายของการขุน (สมชาย วงศ์สมุทร. 2545)



ภาพที่ 2.1 สารในกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ดัดแปลงจาก สมชาย วงศ์สมุทร (2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรืองยุทธ ชัยวรพร (2536)รายงานว่า สารเคลนบูเทอรอล หรือ เลนดอล เป็นที่นิยมของผู้เลี้ยงสุกรเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพซากให้เป็นที่ต้องการของตลาด โดยที่สารดังกล่าวยังไม่ได้ผ่านการรับรองจากหน่วยงานของราชการที่เกี่ยวข้อง เคลนบูเทอรอลมีใช้กันทั้งในวงการแพทย์และสัตวแพทย์ ซึ่งเป็นยาที่ไม่ได้ใช้ในคน ส่วนในสัตว์นั้นเคลนบูเทอรอลมีคำแนะนำให้ใช้ในม้า โดยมีฤทธิ์เป็นยาขยายหลอดลมและขับเสมหะ นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ต่อมดลูก ช่วยให้มดลูกเกิดการคลายตัวจึงสามารถใช้หน่วงเวลาการคลอดให้เกิดขึ้นช้าออกไปอีกในกรณีที่คาดว่าจะเกิดการคลอดในเวลากลางคืนหรือเกิดปัญหาคลอดยาก แต่ยาที่มีวางขายอยู่ทั่วไปจะเป็นยาขยายหลอดลมที่อยู่ในรูปของยาฉีด คือ ventripulmin injection ซึ่งยอมรับใช้กันในยุโรปเท่านั้น ส่วนในสหรัฐอเมริกาเคลนบูเทอรอล ยังไม่ได้ผ่านการรับรองจากองค์การอาหารและยา (FDA)ให้ใช้ในสัตว์ได้

2.4 คุณสมบัติและกลไกการทำงานของสารกลุ่มเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ที่มีต่อคุณภาพเนื้อ

สารในกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ เป็นกลุ่มสารสังเคราะห์ที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนของ sympathetic เน้นการกระตุ้นเซลล์ที่ตำแหน่ง β - site สารในกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ เป็นสารเคมีที่ไปจับกับ beta – receptor แล้วมีผลต่อสรีระของร่างกาย beta – receptor พบได้ทั่วร่างกาย แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

1) เบต้าวัน (β1) พบได้ที่กล้ามเนื้อหัวใจส่วน S – A node atria และ A – V node

2) เบต้าทู (β2) พบได้ที่กล้ามเนื้อหัวใจส่วน ventricle ที่กล้ามเนื้อเรียบและต่อมต่าง ๆ เช่น กระเพาะปัสสาวะ มดลูก ต่อมน้ำลาย และ ต่อม islets of langerhans

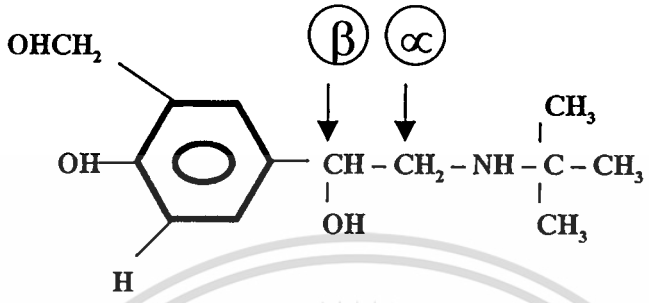
สารในกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ สามารถแบ่งตามที่มา ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1) สารธรรมชาติ ซึ่งพบตามปกติในร่างกายมนุษย์และสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง เช่น adrenaline, isoproterenol และ ephedrine โดยเป็นตัวรักษาสมดุลย์ของร่างกาย adrenaline เป็นฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ควบคุมเมตาบอลิสมในร่างกาย เช่น กระตุ้นการสลายตัวของไกลโคเจนที่ตับและกล้ามเนื้อ เพิ่มกลูโคสในเลือด เพิ่ม cAMP ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมเมตาบอลิสมในตับและกล้ามเนื้อ ยับยั้งการสร้างอินซูลินจากตับอ่อน ทำให้ไขมันสลายตัวเป็นกรดไขมัน ซึ่งนักวิจัยได้สกัดสารเหล่านี้ออกมาผสมอาหารให้สัตว์กิน พบว่าสารกลุ่มนี้ เช่น adrenaline ถูกทำลายโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารจึงไม่สามารถออกฤทธิ์ที่ beta – receptor ได้

2) สารเคมีสังเคราะห์ เช่น เคลนบูเทอรอล ไดเมเทอรอล ซาลบูทามอล ซิลพาเทอรอล ซิมบูเทอรอล เป็นต้น ซึ่งมีสรรพคุณและโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือ ประกอบด้วย benzene ring และ ethylamine side chain ส่วนที่แตกต่างกันคือ การเปลี่ยนแปลงที่ aromatic ring และ amino group ที่ส่วนปลาย (อดิลักษ์ เล็บนาค และ คนึงกิจ ก่อธรรมฤทธิ์. 2540)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุพล เลื่องยศลือชากุล และธงชัย เฉลิมชัยกิจ(2538) รายงานว่า สารซาลบูทามอล หรือ อัลบูทีรอล(1 - 4 - hydroxy - 3 – hydroxymethylphenyl - 2 – t - butylaminoethanal, $C_{13}H_{21}NO_3$) เป็นผงผลึกเบาๆ ละเอียด สีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส จุดหลอมเหลวประมาณ 156 องศาเซลเซียส ละลายน้ำ 70 ส่วนหรือละลายในแอลกอฮอล์ 25 ส่วน



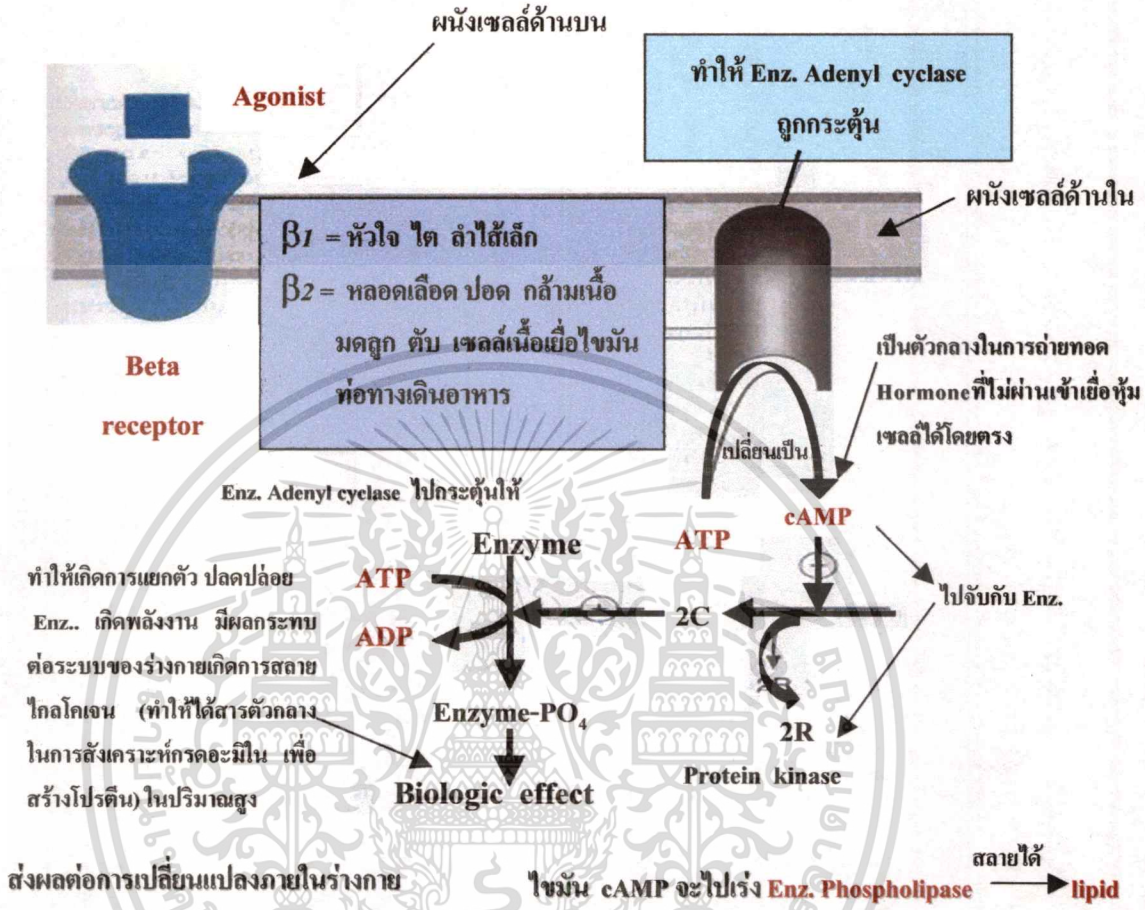
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างทางเคมีของสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล Smith (1998)

เสกสม อาตมางกูร (2544) รายงานว่า สารกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ เป็นสารสังเคราะห์ที่มีโครงสร้างและหน้าที่ที่พบในร่างกายเรียกว่า กลุ่มแคททีโคลามีน (catecholamines) ประกอบไปด้วยสาร 3 ชนิด คือ โดพามีน (dopamine) นอร์อีพิเนฟฟริน (norepinephrine) และ อีพิเนฟฟริน (epinephrine) สารในกลุ่มแคททีโคลามีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งนอร์อีพิเนฟฟริน และ อีพิเนฟฟริน จะมีบทบาทอย่างมากต่อขบวนการเมตาบอลิสมของกลูโคสและกรดไขมัน โดยผ่านตัวรับสัญญาณ (receptors) พิเศษที่มีความสัมพันธ์กับสารหรือฮอร์โมนนั้น ๆ การตอบสนองของเซลล์ต่อสารแคททีโคลามีนเกิดขึ้นได้ด้วยตัวรับสัญญาณบนผนังเซลล์ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ adrenergic receptor (α_1 และ α_2) และ beta - adrenergic receptor (β_1, β_2และ β_3) ทั้งนี้สารสังเคราะห์ในกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ จะทำงานเฉพาะบนตัวรับสัญญาณพวก beta - adrenergic receptor เท่านั้น โดยจะไปมีผลในการกระตุ้นการสร้างกล้ามเนื้อ ลดเนื้อเยื่อไขมันแต่ไม่มีผลต่อโครงสร้างของกระดูกและอวัยวะภายใน อย่างไรก็ดีผลของการสร้างกล้ามเนื้อจะไปเน้นในเรื่องการเพิ่มขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อ(hypertrophy) มากกว่าการเพิ่มจำนวนเซลล์กล้ามเนื้อ(hyperplasia) ทั้งนี้โดยการเพิ่มการสังเคราะห์และลดการสลายของโปรตีนในเซลล์กล้ามเนื้อ สำหรับการลดเนื้อเยื่อไขมันนั้นเกิดจากการกระตุ้นขบวนการสลายของไขมัน(lipolysis) พร้อมกับการลดการนำเข้าของกลูโคสสู่เซลล์ไขมันทำให้มีการสังเคราะห์ไขมัน(lipogenesis) ที่ลดลง

Mersmann (1998) กล่าวว่า การใช้สารกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ทำให้การไหลเวียนของเลือดไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายมีการสูบฉีดเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการไหลเวียนของเลือดไปยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น มีส่วนทำให้กระบวนการเพิ่มขยายของเซลล์กล้ามเนื้อเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน โดยที่จำนวนซับสเตรด และแหล่งพลังงานในการสังเคราะห์โปรตีนมีจำนวนสูงขึ้น



ภาพที่ 2.3 กลไกการทำงานของสารกลุ่มเบต้า– อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ดัดแปลงจาก Anonymous (2001)

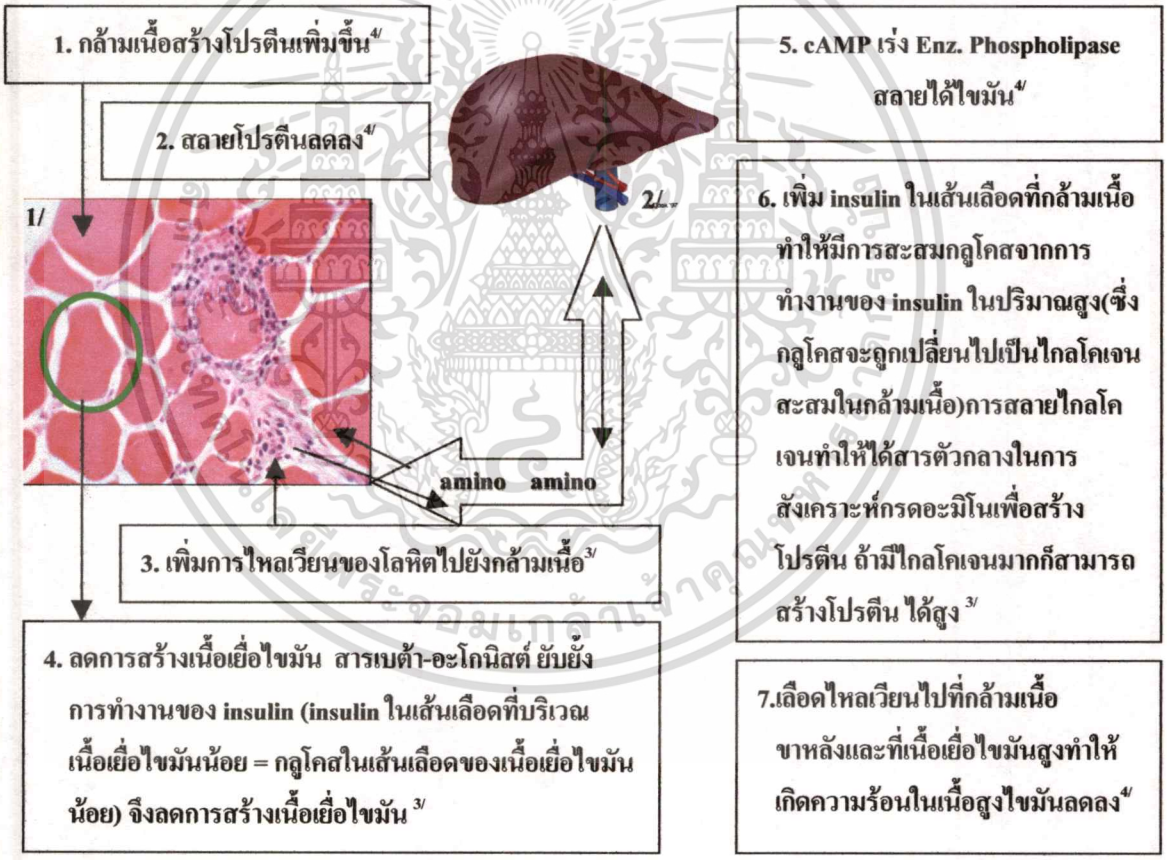
จากภาพที่ 2.3 อธิบายได้ว่ากลไกการทำงานของสารกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซึ่งเป็นกลุ่มสารแคททีโคลามีนนั้น ในการออกฤทธิ์ไม่สามารถเข้าสู่เซลล์ได้โดยตรง จึงต้องมีการจับกับตัว β - receptor ที่ผนังเซลล์ด้านบน ซึ่งได้แก่ β1 (อยู่ที่ผนังเซลล์หัวใจ ไต และ ลำไส้เล็ก) และ β2 (อยู่ที่ผนังเซลล์หลอดเลือด ปอด กล้ามเนื้อ มดลูก ตับ เซลล์เนื้อเยื่อไขมัน และท่อทางเดินอาหาร) ในการจับกันทำให้ enzyme adenyl cyclase ที่อยู่บนผนังเยื่อหุ้มเซลล์ด้านในถูกกระตุ้น enzyme ดังกล่าวจึงไปกระตุ้นให้ ATP เปลี่ยนไปเป็น cAMP (ซึ่ง cAMP จะเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดฮอร์โมนที่ไม่สามารถผ่านเข้าสู่เยื่อหุ้มเซลล์ได้โดยตรง) จากนั้น cAMP จะไปจับกับ protein kinase ในการจับกันทำให้เกิดการแยกตัวและปลดปล่อย enzyme ที่สามารถทำงานได้ มีพลังงานเกิดขึ้น เกิดการสลายไกลโคเจน ซึ่งมี enzyme ช่วยเร่งการสลายไกลโคเจน การสลายไกลโคเจนทำให้ได้สารตัวกลางสำคัญที่จำเป็นในการสังเคราะห์กรดอะมิโนเพื่อสร้างโปรตีนและสามารถที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างเป็นกล้ามเนื้อต่อไป ในส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไขมันสารกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ จะไปกระตุ้น cAMP ให้ไปเร่ง enzyme phospholipase ให้สลายได้เป็น lipid ดังนั้นการใช้สารดังกล่าวทำให้การสร้างเนื้อเยื่อไขมันลดลงและการสลายของเซลล์ไขมันเพิ่มขึ้น

2.5 สาเหตุในการเลือกใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล

วัตถุประสงค์สำคัญในการเลือกใช้สารซาลบูทามอลผสมลงไปในอาหารสุกรคือ ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพซาก ซึ่งเป็นตัวทำให้ปริมาณไขมันลดน้อยลงและถูกแทนที่ด้วยเนื้อแดงในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน เนื้อสุกรมีสีสันแดงสดดูน่ารับประทาน การใช้สารดังกล่าวผู้เลี้ยงสามารถจำหน่ายสุกรมีชีวิตได้ในราคาสูงกว่า 1–3 บาท/กิโลกรัม ซึ่งตลาดเปิดกว้างสำหรับการใช้สารเร่งเนื้อแดง พ่อค้า และเขียงต้องการเนื้อสุกรที่ใช้สารดังกล่าวเพื่อไม่ต้องการเสียโอกาสในการจำหน่าย (สมาน พิพิธกุล. 2545)



ภาพที่ 2.4 ผลของการใช้สารกลุ่มเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ดัดแปลงจาก

1/ Anonymous (2003)

2/ Cook (1997)

3/ จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539)

4/ เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 2.4 อธิบายได้ว่าการใช้สารกลุ่มเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ทำให้คุณภาพซากดีขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากกลไกต่างๆ คือ

1) เกิดการสร้างกล้ามเนื้อ(muscle synthesis)เพิ่มขึ้น โดยตับจะทำหน้าที่ในการสังเคราะห์กรดอะมิโนแล้วปล่อยกรดอะมิโนออกสู่กระแสเลือด และตับยังทำหน้าที่ในการสลายกรดอะมิโนที่ปล่อยออกสู่กระแสเลือดด้วย ในการสร้างกล้ามเนื้อจะมีการดึงเอากรดอะมิโนจากกระแสเลือดมาเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์โปรตีน ทำให้เกิดการขยายขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อ ขณะเดียวกันการใช้สารเบต้า – อะโกนิสต์ ทำให้เกิดเมตาบอลิสมของโปรตีนที่กล้ามเนื้อสูง ร่างกายจึงต้องมีการควบคุมเมตาบอลิสมสูงกว่าสภาวะปกติ ซึ่งจะทำให้มีเกิดความร้อนและมีการสร้างกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น

2) สลายโปรตีนลดลง(protein degredation) ซึ่งมีการปลดปล่อยกรดอะมิโนที่เซลล์กล้ามเนื้อสู่กระแสเลือดเพื่อไปสลายที่ตับน้อย

3) เพิ่มการไหลเวียนของโลหิตไปยังกล้ามเนื้อ

4) ลดการสร้างเนื้อเยื่อไขมัน สารเบต้า - อะโกนิสต์ ยับยั้งการทำงานของฮอร์โมน insulin (ฮอร์โมน insulin ในเส้นเลือดที่บริเวณเนื้อเยื่อไขมันน้อย แสดงว่ากลูโคสในเส้นเลือดของเนื้อเยื่อไขมันน้อย) จึงลดการสร้างเนื้อเยื่อไขมัน

5) cAMP เร่ง Enzyme Phospholipase กระตุ้นเซลล์ไขมันให้มีการสลาย(lipolysis) ตัวเพิ่มขึ้น และลดการสร้างเนื้อเยื่อไขมัน (lipogenesis)

6) เพิ่มฮอร์โมน insulin ในเส้นเลือดที่กล้ามเนื้อ การใช้สารเบต้า – อะโกนิสต์ ทำให้ปริมาณฮอร์โมน insulin ในเส้นเลือดที่บริเวณเนื้อเยื่อไขมันลดลงแต่จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในเส้นเลือดที่บริเวณกล้ามเนื้อ (ซึ่งฮอร์โมน insulin ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด โดยฮอร์โมนนี้จะหลั่งเมื่อระดับน้ำตาลในเลือดสูง) การใช้สารเบต้า – อะโกนิสต์ ทำให้การไหลเวียนของเลือดไปยังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ดังนั้นฮอร์โมน insulin ที่อยู่ในเส้นเลือดบริเวณกล้ามเนื้อ จึงควบคุมให้มีระดับน้ำตาลในเลือดสูง ซึ่งจะถูกใช้เพื่อเป็นสารตัวกลางในการสังเคราะห์กรดอะมิโนเพื่อสร้างโปรตีน ถ้ามีไกลโคเจนมากก็สามารถสร้างโปรตีนได้สูง

7) เลือดไหลเวียนไปที่กล้ามเนื้อขาหลังและที่เนื้อเยื่อไขมันสูงทำให้เกิดความร้อนในเนื้อสูง ไขมันลดลง

จากการเปรียบเทียบอิทธิพลของสารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ แต่ละชนิดที่มีผลตอบสนองต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อในสุกรขุน พบว่าการใช้สารในกลุ่มนี้มีผลทำให้คุณภาพซากดีขึ้น ปริมาณไขมันลดน้อยลงและถูกแทนที่ด้วยเนื้อแดงในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่อัตราการเจริญเติบโตและน้ำหนักตัวไม่ได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของสารที่ใช้และขนาดของสัตว์จะมีผลต่อคุณภาพซากหลังจากการใช้สารดังกล่าวนี้ด้วย (เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ. 2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของสารเบต้า - อะครีเนอจิก อะโกนิสต์ แต่ละชนิดที่มีผลตอบสนองต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อในสุกรขุน ซึ่งพบว่าระดับการใช้สารเบต้า – อะครีเนอจิก อะโกนิสต์ แรคโตพามีน มีการใช้ในปริมาณสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเบต้า - อะโกนิสต์ ชนิดอื่นๆ (10 – 20 พีพีเอ็ม) ในขณะที่สารดังกล่าวให้ผลตอบสนองต่อคุณภาพซากไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งสารเบต้า-อะโกนิสต์ ทุกตัวมีผลในการยับยั้งการสร้างไขมัน เพิ่มอัตราการสลายไขมัน และลดความหนาไขมันสันหลังได้เหมือนกัน ดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบอิทธิพลของสารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ แต่ละชนิดที่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ในสุกร

ลักษณะที่ศึกษา	ไดเมเทอรอล	เคลนบูเทอรอล	แรคโตพามีน	ซาลบูทามอล
ปริมาณที่ใช้ (พีพีเอ็ม)	0.5 - 1 [1/]	0.2 - 1 [1/]	10 - 20 [2/]	2 [2/]
เนื้อแดง	-	-	-	เพิ่ม 7% [2/]
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตารางเซ็นติเมตร)	เพิ่ม 4 - 13 % [1/]	เพิ่ม 21 % [1/]	เพิ่ม 6-16% [2/]	เพิ่ม 5 % [2/]
ไขมันสันหลัง (เซ็นติเมตร)	ลดลง 13% [1/]	-	-	-
เปอร์เซ็นต์ไขมันในซาก	-	ลดลง 8 % [1/]	ลดลง 12-17% [2/]	-
มีผลยับยั้งการสร้างไขมัน	มีผล [3/]	มีผล [3/]	มีผล [3/]	มีผล [3/]
เพิ่มอัตราการสลายไขมัน	เพิ่มขึ้น [3/]	เพิ่มขึ้น [3/]	เพิ่มขึ้น [3/]	เพิ่มขึ้น [3/]
การตอบสนองต่ออินซูลิน	ตอบสนอง [3/]	ไม่ตอบสนอง [3/]	ตอบสนอง [3/]	ตอบสนอง [3/]
การจับของอินซูลินบนเซลล์ไขมันเมื่ออินซูลินอยู่ในระดับต่ำ	ปกติ [3/]	ลดการจับ [3/]	ลดการจับ [3/]	ปกติ [3/]
อัตราการเจริญเติบโต (กรัม / วัน)	เพิ่มขึ้น 2 % [1/]	ลดลง 6% [1/]	-	-
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	เพิ่มขึ้น 0-1% [1/]	ลดลง 6% [1/]	เพิ่มขึ้น 8-16% [2/]	-
เปอร์เซ็นต์ซาก	เพิ่มขึ้น 2- 4% [1/]	เพิ่มขึ้น 1 % [1/]	-	-
ความหนาไขมันสันหลัง (กระดูกซี่โครงคู่ที่ 12)	ลด 10 - 11% [1/]	ลด 7 -15 % [1/]	ลด 3 - 13% [2/]	-

ที่มา : [1/] ดัดแปลงจาก Hanrahan *et al.* (1986)

[2/] ดัดแปลงจาก เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ (2537)

[3/] ดัดแปลงจาก Liu and Mills (1989)

Liu and Mills (1989) รายงานว่า ในขณะที่ไม่มีอินซูลิน สารเบต้า –อะโกนิสต์ ทุกตัวมีผลในการยับยั้งการสร้างไขมันและเพิ่มอัตราการสลายไขมัน แต่หากมีอินซูลินอยู่ด้วย สารเคลนบูเทอรอลเพียงตัวเดียวในกลุ่มสารเบต้า–อะโกนิสต์ที่ไม่ตอบสนองต่ออินซูลินในการสลายไขมัน สารแรคโตพามีนและสารเคลนบูเทอรอลจะลดการจับของอินซูลินบนเซลล์ไขมัน (adipocyte) เมื่อความเข้มข้นของอินซูลินอยู่ในระดับต่ำ แต่หากความเข้มข้นของอินซูลินอยู่ในระดับสูง สารแรคโตพามีนและสารเคลนบูเทอรอลจะลดการจับของอินซูลินได้ก็ต่อเมื่อมี adenosine deaminase อยู่ด้วย (ตารางที่ 2.1) เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ และคณะ(2529) กล่าวว่า ร่างกายที่เข้าสู่ภาวะที่กำลังมีการดูดซึมสารอาหาร จะมีระดับของกลูโคสกรดอะมิโน และลิปิดเพิ่มสูงขึ้น(ภาวะ hyperglycemia) ซึ่งจะกระตุ้นไม่ให้มีการหลั่งของกลูคากอน อินซูลินจะกระตุ้นให้มีการนำเอากลูโคสเข้าสู่เซลล์ของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อไขมัน การเข้าสู่เซลล์ของกลูโคสไม่ขึ้นอยู่กับอินซูลิน แต่อินซูลินจะกระตุ้นให้มีการสร้างเอนไซม์ glucokinase เพิ่มขึ้นเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเติมหมู่ฟอสเฟตให้กับกลูโคสที่เข้าสู่เซลล์ ทำให้เกิดภาวะความเข้มข้นที่แตกต่างกัน จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2539)รายงานว่าการใช้สารเบต้า–อะโกนิสต์ ส่งผลต่อการปรับปริมาณฮอร์โมนอินซูลินซึ่งควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดโดยไปลดปริมาณอินซูลินที่เกาะกับเนื้อเยื่อไขมันแต่ไปเพิ่มปริมาณอินซูลินที่เกาะกับกล้ามเนื้อ ดังนั้นฮอร์โมนinsulin ที่อยู่ในเส้นเลือดบริเวณกล้ามเนื้อที่มีปริมาณสูงจึงสามารถเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสในเลือดให้เป็นไกลโคเจนและเก็บสะสมในกล้ามเนื้อได้สูงขึ้นด้วยซึ่งการสลายไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะได้สารตัวกลางในการสังเคราะห์กรดอะมิโนเพื่อสร้างโปรตีน ถ้ามีไกลโคเจนมากก็สามารถสร้างโปรตีนได้สูง Liu *et al.*(1989) ได้ศึกษาการใช้สารเบต้า – อะโกนิสต์ต่อการตอบสนองของอินซูลินพบว่าสารเบต้า–อะโกนิสต์จะยับยั้งผลของอินซูลินในการขนถ่ายกลูโคสเพื่อใช้ในการสังเคราะห์เยื่อไขมัน

ในการเปรียบเทียบการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ในอาหารสุกรที่ระดับต่างๆต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพซาก พบว่า ระดับการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์มีผลทำให้ความหนาไขมันสันหลังลดลง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งการใช้สารไคเมเทอรอล ระดับ 1 พีพีเอ็มแก่สุกรสาวตั้งแต่น้ำหนักตัว 30 – 105 กิโลกรัม ทำให้มีความหนาไขมันสันหลังหนามากที่สุด และการให้ที่น้ำหนักตัว 60 – 105 กิโลกรัม ทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมีค่าสูงที่สุด การให้สารเคลนบูเทอรอลระดับ 1 พีพีเอ็มที่น้ำหนักตัว 60 – 110 กิโลกรัม แก่สุกรเพศผู้ตอน ทำให้ความหนาไขมันสันหลังบางที่สุด พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมีค่าสูงที่สุด การให้สารแรคโตพามีนระดับ 20 พีพีเอ็ม แก่สุกรที่น้ำหนัก 64 - 102 กิโลกรัม ทำให้มีความหนาไขมันสันหลังน้อยที่สุด และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมีค่าสูงที่สุด ส่วนการให้สารแรคโตพามีนระดับ 30 พีพีเอ็ม แก่สุกรที่น้ำหนัก 65 กิโลกรัมขึ้นไป ทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมีค่าสูงที่สุด สำหรับสารซาลบูทามอลที่มีการใช้ระดับ 2 พีพีเอ็ม แก่สุกรสาวที่น้ำหนักตัว 30 – 160 กิโลกรัม จะทำให้ความหนาไขมันสันหลังบางมาก พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สูงและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมีปริมาณสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการได้รับสารเบต้า-อะโกนิสต์ ชนิดอื่น ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบการใช้สารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ในอาหารสุกรที่ระดับต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพซาก

ชนิดสาร	ปริมาณที่ใช้ (พีพีเอ็ม)	น้ำหนักสัตว์ (กก.)	เพศ	ไขมันสันหลัง*(มม.)	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน*	เนื้อแดง* (%)	เอกสารอ้างอิง
ไดเมเทอรอล	1.00	30 - 105	C	96	118	105	Bekert *et al.*(1987)
	1.00	30 - 105	G	99	105	101	Bekert *et al.*(1987)
	1.00	60 - 105	C	93	125	107	Bekert *et al.* (1987)
	1.00	60 - 105	G	93	104	104	Bekert *et al.* (1982)
เคลนบูเทอรอล	0.05	60 - 105	G	93	102	102	Dalrynple *et al.*(1984)
	0.20	60 - 110	C	98	104	102	Dalrynple *et al.*(1984)
	0.20	60 - 105	G	92	108	104	Dalrynple *et al.*(1984)
	1.00	60 - 110	C	89	110	106	Dalrynple *et al.*(1984)
	1.00	60 - 105	G	92	110	104	Dalrynple *et al.*(1984)
แรคโตพามีน	5.00	64 – 102	C + G	97	103	102	Prince *et al*. (1987)
	20.00	65 -	NR	91	116	106	Hancock *et al*. (1987)
	20.00	64 - 102	C + G	87	114	108	Prince *et al*. (1987)
	30.00	65 -	NR	91	119	106	Hancock *et al*. (1987)
ซาลบูทามอล	2.00	30 - 160	C	79	105	107	Chizzolini *et al.* (1989)
	2.00	30 - 160	G	82	110	191	Chizzolini *et al.*(1989)

* = ความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเป็นค่าที่เปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (= 100)

C = สุกรเพศผู้ตอน

G = สุกรสาว

NR = ไม่ได้รายงาน

ที่มา : ดัดแปลงจาก เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ (2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ผลของสารกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ที่มีต่อคุณภาพเนื้อ

2.6.1 ผลต่อองค์ประกอบทางเคมีในกล้ามเนื้อ

George and Bernard (1990) รายงานว่า กล้ามเนื้อมีองค์ประกอบทางโภชนะที่สำคัญ ซึ่งในสภาพสดกล้ามเนื้อมีน้ำเป็นองค์ประกอบโดยแทรกอยู่ระหว่างเซลล์กล้ามเนื้อ เมื่อนำมาทำให้สุกเนื้อจะมีความชื้นอยู่ประมาณ 58– 64 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีน 24 - 31 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 6–14 เปอร์เซ็นต์ มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ อีก 0.1 เปอร์เซ็นต์เป็นส่วนของไวตามิน ซึ่งไวตามินที่สำคัญคือไวตามินบีรวม(B-complex)ได้แก่ ไทอามีน ไรโบฟลาวิน ไนอาซีน ไบโอติน ไวตามินบี6 และบี12 กรดแพนทาโนอิก และโฟลาวิน เป็นต้น นอกจากนี้ในกล้ามเนื้อยังประกอบไปด้วยแร่ธาตุต่างๆ คือ แคลเซียมและโซเดียม ประมาณ 60 – 90 มิลลิกรัม แมกนีเซียม 25 – 30 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 200-250 มิลลิกรัม โพแทสเซียม 220-360 มิลลิกรัม และยังมีเหล็ก ทองแดง และสังกะสี เป็นองค์ประกอบอีกด้วย และพบว่า ส่วนประกอบทางเคมีในเนื้อสัตว์แต่ละชิ้นส่วนต่างๆก็มีความแตกต่างกัน ซึ่ง Dawson *et al.* (1990) รายงานว่า องค์ประกอบโปรตีนในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ของโคขุนมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกล้ามเนื้อ 3 ชนิด และโคขุนที่ได้รับสารไคเมเทอรอล ที่ระดับ 0.06 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีผลทำให้องค์ประกอบโปรตีนในกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิด ยิ่งสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับโคขุนที่ไม่ได้รับสารดังกล่าวคือกล้ามเนื้อสันนอก มีองค์ประกอบโปรตีนสูงที่สุด รองลงมาคือกล้ามเนื้อขึดหัวเข่า (*M.vastus lateralis*) และกล้ามเนื้อสะโพกบริเวณพับนอก(*M.semitendinosus*) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 333 135 และ 108 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 2.3

Mersmann (1998) กล่าวว่า การใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ในโค สุกร และแกะจะทำให้ปริมาณกล้ามเนื้อเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากโครงสร้างการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อในช่วงหลังคลอด โดยที่เซลล์ของกล้ามเนื้อสัตว์ที่ได้รับสารดังกล่าวจะมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้น (hypertrophy) ซึ่งเป็นการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อและเป็นการลดการสลายโปรตีน การสลายของโปรตีนสามารถวัดได้จากปริมาณโปรตีนในกล้ามเนื้อและวัดปริมาณการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน ซึ่งโดยทั่วไปพบว่าเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนมีปริมาณลดลงจากการเติมสารเบต้า – อะโกนิสต์ ลงไป

Sensky *et al.* (1996) รายงานว่า การใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ จะมีอิทธิพลไปกระตุ้นการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ พลาสมาอีพิเนฟริน เอนไซม์ calpain และ calpastatin ในกล้ามเนื้อ นอกจากนี้กลไกการเมตาบอลิสมของสารดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับการทำงานของฮอร์โมนกลูโคคอร์ติคอยด์ ด้วย Smith *et al.* (1989) รายงานว่า การใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นสาเหตุให้ RNA α- actin ตัวยับยั้งเอนไซม์ย่อยโปรตีน calpain (calpain protease inhibitor) และเอนไซม์ calpastatin ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของโครงสร้างในกล้ามเนื้อมีปริมาณเพิ่มขึ้น Spurlock *et al.*(1993) รายงานว่าการใช้สาร L644,969

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอาหารทำให้สัดส่วนของโปรตีนเพิ่มสูงขึ้น และปริมาณไขมันลดน้อยลง ซึ่งให้ผลการตอบสนองเช่นเดียวกับสารแรคโตพามีน หรือสารซาลบูทามอล โดยจะทำให้ปริมาณเนื้อเยื่อไขมันในซากสุกรลดลง(Mitchell *et al.*1991 and Oksbjerg *et al.*1996)

ตารางที่ 2.3 แสดงน้ำหนักและองค์ประกอบของโปรตีนในกล้ามเนื้อ 3 ชนิดของโคขุนที่ได้รับสารเบต้า - อะโกนิสต์ ไดเมเทอรอล ที่ระดับ 0.06 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

ลักษณะที่ศึกษา	สูตรควบคุม	สูตรสารไดเมเทอรอล
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กรัม/วัน)	416	366 NS
กล้ามเนื้อยึดหัวเข่า (*M.vastus lateralis*)		
น้ำหนัก (กรัม)	514	642**
องค์ประกอบโปรตีน (กรัม)	103	135**
กล้ามเนื้อสะโพกบริเวณพับนอก (*M.semitendinosus*)		
น้ำหนัก (กรัม)	475	504 NS
องค์ประกอบโปรตีน (กรัม)	101	108 NS
กล้ามเนื้อสันนอก (*M. longissimus dorsi*)		
น้ำหนัก (กรัม)	1216	1494*
องค์ประกอบโปรตีน (กรัม)	268	333*

NS = $P > 0.05$

* = $P < 0.05$

** = $P < 0.01$

ที่มา : ดัดแปลงจาก Dawson *et al.* (1990)

2.6.2 การเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด – ด่าง (pH) ในเนื้อ

ชัยณรงค์ ดันธพนิต (2529) อธิบายว่า ขณะที่สัตว์ถูกฆ่า กล้ามเนื้อยังคงทำงานตามระบบชีวเคมีปกติ เมื่อระบบการไหลเวียนโลหิตหยุดลง ทำให้ไม่มีออกซิเจนเข้าสู่กล้ามเนื้อแต่กล้ามเนื้อยังไม่หยุดทำงานโดยทันทีจะยังคงหดตัวและคลายตัวต่อไป โดยใช้พลังงานจากการย่อยสลายไกลโคเจนจากขบวนการ anaerobic metabolism ทำให้ได้พลังงานจำนวนน้อย เกิดกรดแลคติคและความร้อนขึ้นในกล้ามเนื้อ ซึ่งการสะสมกรดแลคติคในกล้ามเนื้อนี้เป็นสาเหตุให้ค่า pH ในกล้ามเนื้อลดต่ำลงภายหลังสัตว์ตาย การเกิดการสะสมกรดแลคติคเป็นจำนวนมากในช่วงแรก ๆ หลังสัตว์ตายนั้นสามารถจะส่งผลไปถึง คุณภาพของเนื้อได้ เนื่องจากว่าการที่มีกรดมากขึ้นจะทำให้สภาวะของเนื้อมีความเป็นกรดสูง และขณะเดียวกันอุณหภูมิของซากที่สูงเนื่องจากมีอัตราของการเมตาบอลิสมก็ยังคงสูงอยู่ ดังนั้นจึงเป็นเหตุให้โปรตีนของกล้ามเนื้อเกิดการเสื่อมสภาพของโปรตีน

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(protein denature) ส่วนความมากน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ค่าpH ซึ่งการเสื่อมสภาพของโปรตีนเนื้อสัตว์จะทำให้โปรตีนสูญเสียความสามารถในการละลาย (solubility) สูญเสียความสามารถในการจับน้ำ และสูญเสียความเข้มของ รงควัตถุซึ่งเป็นตัวกำหนดสีของเนื้อ

กล้ามเนื้อที่มีการลดค่า pH ต่ำลงอย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายนั้น จะมีลักษณะสีซีด มีความสามารถในการจับน้ำได้ต่ำมาก จึงทำให้มีน้ำซึมเยิ้มออกมาบนผิวเนื้อ และในกรณีที่ร้ายแรงนั้นจะถึงขั้นมีน้ำหยดออกมาจากผิวนอกของเนื้อโดยตรง กล้ามเนื้อใดที่สามารถรักษาค่า pH สูงไว้ได้ในช่วงที่กำลังแปรสภาพจากกล้ามเนื้อขณะมีชีวิตไปเป็นเนื้อสัตว์นั้น ก็จะทำให้ได้เนื้อที่มีสีค่อนข้างคล้ำเข้ม ผิวหน้าค่อนข้างแห้ง ทั้งนี้เพราะน้ำที่ปกติมีอยู่ในกล้ามเนื้อจะถูกจับไว้อย่างเหนียวแน่นเกือบทั้งหมด

โดยปกติค่า pH จะลดต่ำลงอย่างช้า ๆ จากเดิมประมาณ 7.0 ไปเป็น 5.6–5.7 ภายในเวลา 6 – 8 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายแล้ว และลดลงสู่จุดสุดท้ายระหว่าง 5.3 – 5.7 ภายในระยะเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ในกรณีที่ระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมีอยู่น้อยมากและค่า pH โดยรวมลดลงเพียงเล็กน้อยให้ค่า pH สุดท้ายที่มากกว่า 6.0 ยังผลให้กล้ามเนื้อมีลักษณะคล้ำแข็งและแห้ง ทำให้เกิดเนื้อDFD (dark firm dry) ถ้าอัตราการเกิดไกลโคไลซิสและค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็วมากกว่าปกติ (pH < 6.0 ภายใน 1 ชั่วโมง) จะทำให้เกิดเนื้อซีด เหลว แฉะฉ่ำน้ำ และไม่คงรูป เรียกว่า เนื้อ PSE (pale soft and exudative)

การใช้สารกลุ่มเบต้า – อะโกนิสต์ มีผลต่อค่าความเป็นกรด- ด่างของเนื้อ สุกรกลุ่มที่ได้รับสารดังกล่าวมีผลทำให้กล้ามเนื้อมีการทำงานตลอดเวลา เนื่องจากว่าสารกลุ่มเบต้า – อะโกนิสต์จะไปเร่งการทำงานของกล้ามเนื้อโดยที่สารจะไปเร่งการสลายไขมันในกล้ามเนื้อให้เปลี่ยนไปเป็นการสร้างโปรตีนให้มากที่สุด ทำให้ขณะสัตว์มีชีวิตปริมาณไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อ และตับมีการสลายและถูกใช้ไปเกือบหมด เมื่อสัตว์ตายไกลโคเจนที่สะสมไว้จึงไม่เพียงพอต่อการให้ได้มาซึ่งพลังงาน ทำให้ไม่เกิดขบวนการ anaerobic metabolism หรือเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย จึงเกิดกรดแลคติคจำนวนน้อยเช่นกัน ส่งผลต่อระดับกรดในเนื้อให้มีค่า pH ลดลงเพียงเล็กน้อย ค่า pH ที่ได้จึงมีค่าสูง ทำให้น้ำจับกับโปรตีนได้สูง ไม่มีน้ำไหลออกจากเนื้อ เนื้อจึงมีลักษณะแข็งและแห้ง มีแนวโน้มต่อการเกิดลักษณะเนื้อ DFD เช่นเดียวกับการทดลองของ Hansen *et al.*(1997) ซึ่งพบว่าแนวโน้มของค่า pH ในกล้ามเนื้อของสุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลที่ระดับ 2.75 พีพีเอ็ม มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสารและสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับสารโซมาโตโทรพิน ซึ่งสารโซมาโตโทรพินไม่มีผลต่อค่า pH เนื่องจากสารดังกล่าว จัดเป็นพวก Growth Hormone ในส่วนของ Berge *et al.* (1993) รายงานว่า การใช้สารเคลนบูเทอรอลในระดับ 0.3 และ 1 พีพีเอ็มนั้นไม่พบความแตกต่างของค่าความเป็นกรด – ด่างของกล้ามเนื้อ Longissimus thoracis ในเนื้อลูกโคที่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณการใช้สารมีระดับต่ำเกินไปที่จะทำให้พบความแตกต่างได้อย่างชัดเจน ดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบและค่าความเป็นกรด - ด่าง(pH)ของกล้ามเนื้อ Longissimus thoracis ในเนื้อลูกโค ที่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับเคลนบูเทอรอล(พีพีเอ็ม)			ระดับความเชื่อมั่น
	0	0.3	1	
pH ที่ระยะเวลา 1 วัน ภายหลังสัตว์ตาย	5.6	5.6	5.6	NS
pH ที่ระยะเวลา 8 วัน ภายหลังสัตว์ตาย	5.5	5.5	5.5	NS
ส่วนประกอบ				
น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม/กรัม)	2.47	2.44	2.44	NS
ไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ (มิลลิกรัม/กรัม)	18[a]	12[b]	10[b]	*
เม็ดสีในเลือด(heme pigment)(ไมโครกรัม/กรัม)	3.4	3	3.1	NS
ไฮดรอกซีโพรลีน (มิลลิกรัม/กรัม)	0.51[a]	0.46[b]	0.46[b]	*
ปริมาณคอลลาเจน (มิลลิกรัม/กรัม)	30	28	26	NS
การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (เปอร์เซ็นต์)	34	34	34	NS

[ab] อักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

NS = $P > 0.05$

* = $P < 0.05$

ที่มา : ดัดแปลงจาก Berge *et al.*(1993)

2.6.3 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายหลังสัตว์ตาย

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2540)ในขณะที่สัตว์ถูกแทงคอเอาเลือดออกนั้น ระบบการไหลเวียนโลหิตก็จะสูญเสียไปด้วย ดังนั้นความร้อนภายในร่างกายซึ่งปกติจะถ่ายเทให้กับบรรยากาศข้างนอกก็จะหยุดลงเช่นกัน จึงเป็นเหตุให้อุณหภูมิกล้ามเนื้อสูงขึ้นในช่วงเวลานั้นๆ ส่วนอุณหภูมิจะสูงขึ้นเท่าใดนั้นก็จะขึ้นอยู่กับอัตราความเร็วของการให้ความร้อนจากการเมตาบอลิสม และระยะเวลาของการให้ความร้อน นอกจากนั้นปัจจัยอื่น เช่น ขนาดและตำแหน่งของกล้ามเนื้อในร่างกายและปริมาณไขมันที่ห่อหุ้มกล้ามเนื้อ ก็สามารถส่งผลถึงอุณหภูมิสุดท้ายที่อาจสูงขึ้นหรือความเร็วในการระบายความร้อนออกสู่ภายนอกปัจจัยที่เกี่ยวกับอุณหภูมิน้ำร้อนลวกซาก การเผาขนที่ตกค้างอุณหภูมิรอบข้างขณะฆ่า ระยะเวลาที่ดำเนินการฆ่า และอุณหภูมิของห้องแช่ซากซึ่งมีอิทธิพลต่อการลดต่ำลงของอุณหภูมิซากทั้งสิ้น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีผลต่อการเกิดลักษณะ PSE ในเนื้อ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณกรดแลคติคในเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายหลังที่สัตว์ถูกฆ่าประกอบกับอุณหภูมิของเนื้อสูงขึ้น 39 - 41 องศาเซลเซียส เนื่องจากปฏิกิริยา anaerobic metabolism ที่เกิดกรดแลคติคและความร้อน จะเห็นได้ว่าในปัจจุบันโรงฆ่าสัตว์ที่ได้มาตรฐานแล้วจะนำซากเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องเย็นที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส ทันทีเพื่อลดอุณหภูมิซากจาก 38 องศาเซลเซียส เป็น 10 องศาเซลเซียส และคงอุณหภูมินี้ไปจนครบ 24 ชั่วโมง (ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529)

Geesink *et al* . (1993) รายงานว่าที่ระยะเวลา 30 นาทีภายหลังสัตว์ตายไม่พบความแตกต่างของค่าอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอกของเนื้อลูกโค แต่มีแนวโน้มว่าเนื้อลูกโคที่ได้รับสารเคลนบูเทอรอลมีอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสูงกว่าเนื้อลูกโคที่ได้รับอาหารควบคุม ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอก (*M. longissimus dorsi*) ของลูกโคที่ได้รับและไม่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล

ลักษณะที่ศึกษา	สูตรควบคุม (°C)	สูตรสารเคลนบูเทอรอล (°C) ระยะงดให้ยาก่อนฆ่า (วัน)			ระดับความเชื่อมั่น
		8	4	2	
อุณหภูมิ ที่ 30 นาที ภายหลังสัตว์ตาย	38.7	39.4	39.2	39.2	NS
อุณหภูมิ ที่ 1.5 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย	31	24.3	25.4	27	**
อุณหภูมิ ที่ 3.0 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย	14.9	13.1	14.8	13.8	NS

NS = $P > 0.05$

** = $P < 0.01$

ที่มา : ดัดแปลงจาก Geesink *et al* . (1993)

2.6.4 สีของเนื้อ (meat color)

สีของกล้ามเนื้อสัตว์ทุกชนิดเกิดจากรงควัตถุ(pigment) ที่มีอยู่ในโครงสร้างของกล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบ ตัวที่สำคัญได้แก่ โปรตีนไมโอโกลบิน(myoglobin) ส่วนที่เป็นโปรตีนคือโกลบิน (globin) และส่วนที่ไม่ใช่โปรตีนคือ ฮีม(heme) ซึ่งมีไอออนของธาตุเหล็ก(Fe) เป็นองค์ประกอบอยู่ตรงกลาง ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดสีของเนื้อและการเปลี่ยนแปลงของเนื้อขึ้นอยู่กับปริมาณของเม็ดสีในเนื้อ (myoglobin) เป็นส่วนใหญ่ และปริมาณของเม็ดสีในเลือด(haemoglobin) เป็นส่วนน้อย และขึ้นอยู่กับสถานภาพทางเคมีของ myoglobin ด้วย นอกจากนี้ปริมาณของ myoglobin ยังขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อโดยจะพบมากที่สุดในกล้ามเนื้อที่เป็นชนิด red fiber รองลงมาเป็น intermediate และชนิด white fiber (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

Uttaro *et al.* (1993) รายงานว่า วัตถุประสงค์สำคัญของการวัดสีด้วยเครื่องมือวัดสีของเนื้อนั้น ค่าที่ได้จะพิจารณาค่า L* a* และ b* ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นสีที่แท้จริงของเนื้อโดยใช้หลักการ การสะท้อนแสงของชิ้นเนื้อที่สัมผัสอากาศ และรายงานว่า ค่า a* เป็นค่าที่แสดงถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นสีแดงของเนื้อ โดยที่ค่า a* ใช้เป็นตัววัดจำนวน oxymyoglobin ในชิ้นเนื้อ ซึ่งเม็ดสีที่อยู่ในรูป oxymyoglobin จะเป็นสีแดงสดและมักจะมีมากในบริเวณผิวนอกของเนื้อสัตว์ จากตารางที่ 2.6 Uttaro *et al.* (1993) รายงานว่า ไม่พบความแตกต่างของค่าการสะท้อนแสง (L*) ของเนื้อสุกรที่ได้รับสารแรคโตพามีนที่ระดับ 20 พีพีเอ็ม แต่จะแตกต่างกันที่ค่า a* และค่า b* ซึ่งจากการวัดสีของกล้ามเนื้อสะโพก(ham) และกล้ามเนื้อสันหลัง(loin) ของสุกรที่ได้รับสารแรคโตพามีน พบว่าการใช้สารดังกล่าวทำให้จำนวนของ oxymyoglobin ในชิ้นเนื้อมีปริมาณลดลง แต่ไม่มีผลต่อการเกิดลักษณะเนื้อ DFD หรือ ลักษณะเนื้อ PSE ส่วนมาลัยวรรณ อารยะสกุล และวรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร(2543) รายงานว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสีของเนื้อ คือ ปริมาณเม็ดสี ซึ่งต่างกันไปตามอายุสัตว์และชนิดของกล้ามเนื้อ อุณหภูมิภายในเนื้อ ระดับความเป็นกรด – ด่าง ของเนื้อเยื่อ ซึ่งมีอิทธิพลต่อสถานะทางเคมีของเม็ดสีโดยจะเปลี่ยนไปตามปริมาณออกซิเจนและปฏิกิริยา oxidation – reduction ในเนื้อ การเก็บรักษาเนื้อไว้ในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนสีอันเนื่องมาจากการเกิด dehydration บนผิวของเนื้อได้การสูญเสียน้ำที่ผิวหน้าของเนื้อหรือซากจะทำให้ปริมาณแสงสะท้อนลดต่ำลงจึงทำให้มองเห็นว่าเนื้อมีสีคล้ำๆซึ่งเป็นการเปลี่ยนสีแบบหนึ่ง เนื้อที่แช่เข็งส่วนมากจะมีสีแก่กว่าเนื้อแช่เย็นธรรมดาแต่เมื่อละลายน้ำแข็งแล้วสีของเนื้อก็จะดีขึ้นได้

ตารางที่ 2.6 ค่าการวัดสีของกล้ามเนื้อสันนอก (*M. longissimus dorsi*) ที่ไม่ได้และได้รับสารแรคโตพามีนในอาหารสุกรที่ระดับ 20 พีพีเอ็ม

ลักษณะที่ศึกษา	สูตรควบคุม	สูตรสารแรคโตพามีน	ระดับความเชื่อมั่น
L*	46.32	45.84	NS
a*	7.59	6.48	**
b*	3.14	2.42	*

NS = $P > 0.05$

* = $P < 0.05$

** = $P < 0.01$

L*= ค่าความสว่างของสี a*= แกนของสีเขียวไปถึงสีแดง b*= แกนของสีน้ำเงินไปถึงสีเหลือง

ที่มา : ดัดแปลงจาก Uttaro *et al.* (1993)

Newsholme and Leech (1983) รายงานว่า สุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลไม่ได้ส่งผลทำให้ปริมาณไกลโคเจนหมดลง แต่จะไปลดปริมาณของเม็ดสีในเลือด(heme pigment) ของกล้ามเนื้อสันนอก ซึ่งสอดคล้องกับ Moser *et al.*(1986) ที่พบว่า สุกรที่ได้รับสารเบต้า-อะโกนิสต์จะทำให้ปริมาณของเม็ดสีในเลือดลดลง และ Anderson *et al.* (1991) รายงานว่าความแตกต่างของค่า a* (oxymyoglobin) ในสัตว์ที่ได้รับสารแรคโตพามีนบางการทดลองมีค่าต่ำ เนื่องจากสารแรคโตพามีน

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีผลทำให้จำนวนของเส้นใยสีแดง (red fiber ซึ่งมีปริมาณ myoglobin 40 %) มีค่าคงที่ ขณะที่ intermediate fibers มีการเปลี่ยนไปเป็นเส้นใยสีขาว(white fiber มีปริมาณ myoglobin 30 %) หรือเส้นใยชนิด Type II ทำให้เม็ดสีของเนื้อสุกรที่ได้รับสารมีค่าลดลงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร แต่ผลของการใช้สารเบต้า – อะโกนิสต์ เป็นสาเหตุให้ค่า pH สูงขึ้น สีของเนื้อมีลักษณะคล้ำ ถ้าเนื้อมีค่า pH สูง ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อจะสูง ดังนั้นโปรตีนในเนื้อจะอุ้มน้ำไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำจะไม่ซึมออกมาที่ผิวเนื้อทำให้การสะท้อนกลับของแสงน้อย ค่า L* จะต่ำ นอกจากนี้การใช้สารกลุ่มเบต้า – อะโกนิสต์ ทำให้ ค่า pHu สูง ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้ออยู่อย่างเบียดชิดกันเพราะการมีคุณสมบัติที่ดีของการจับกันระหว่างโมเลกุลของน้ำและโปรตีน น้ำจึงไม่ซึมออกจากเนื้อโอกาสที่ออกซิเจนจะแทรกตัวเข้าไปอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อก็มีน้อย และการสะท้อนแสงบนพื้นผิวบังเกิดขึ้นน้อยมาก จึงทำให้เนื้อแน่น มีสีคล้ำและค่อนข้างแห้ง มีแนวโน้มของการเกิดลักษณะเนื้อ DFD นอกจากนี้ Cheah *et al.* (1998) รายงานว่า ค่า pHu ที่มากกว่า 6.0 และค่า L* น้อยกว่า 50 มีโอกาสที่เนื้อจะเป็น DFD ได้มาก แต่ทั้งนี้ในรายงานของ Berge *et al.*(1993) ไม่พบความแตกต่างของปริมาณเม็ดสีในเลือดในเนื้อลูกโคที่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล (ดังตารางที่ 2.4)

2.6.5 ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue)

เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน มีโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญคือ คอลลาเจน ซึ่งจัดเป็นโปรตีนที่เป็นเส้นใย คอลลาเจนต่างจากโปรตีนอื่นคือมีไกลซีนสูงถึง 1 ใน 3 ของกรดอะมิโนทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีโพรลีนและไฮดรอกซีโพรลีนรวมกันถึงร้อยละ 20 ไม่มีกรดอะมิโนทริปโตเฟนเป็นองค์ประกอบ จึงทำให้โปรตีนจากคอลลาเจนจัดเป็นโปรตีนที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารและเจลาตินซึ่งเป็นผลจากการที่โปรตีนในคอลลาเจนสลายตัว เนื่องจากความร้อนก็เป็นสิ่งที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารเช่นกัน Dawson *et al.*(1990) รายงานว่าปริมาณคอลลาเจนขึ้นอยู่กับตำแหน่งของกล้ามเนื้อและพบว่าปริมาณองค์ประกอบของคอลลาเจนในกล้ามเนื้อทั้ง 3 ชนิดของโคขุนมีความแตกต่างกัน โคขุนที่ได้รับสารไคเมเทอรอลทำให้คอลลาเจนในกล้ามเนื้อดังกล่าวมีปริมาณแตกต่างกัน คือ โคที่ได้รับสารไคเมเทอรอลทำให้ปริมาณคอลลาเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับโคที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม ดังตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 องค์ประกอบของคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ 3 ชนิดของโคขุนที่ได้รับสารเบต้า - อะโกนิสต์ ไดเมเทอรอล ที่ระดับ 0.06 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม

ลักษณะที่ศึกษา	สูตรควบคุม	สูตรสารไดเมเทอรอล
ปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ (มิลลิกรัม/กรัม)		
กล้ามเนื้อยึดหัวเข่า (*M.vastus lateralis*)	11.60	10.19
กล้ามเนื้อสะโพกบริเวณพับนอก (*M.semitendinosus*)	16.00	12.47
กล้ามเนื้อสันนอก (*M. longissimus dorsi*)	17.90	14.97
ปริมาณคอลลาเจนเฉลี่ย (มิลลิกรัม/กรัม)	15.17	12.54*

* = $P < 0.05$

ที่มา : ดัดแปลงจาก Dawson *et al.* (1990)

2.6.6 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber)

Newsholme and Leech (1983) รายงานว่าสุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลจะส่งผลให้การกระจายของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด red หรือ oxidative fibers ลดลง และทำให้ white fibers มีขนาดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Dawson *et al.* (1990) ที่พบว่าการใช้สารเบต้า – อะโกนิสต์ในโคขุนมีผลทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อชนิด white fibers เพิ่มขึ้น มีไขมันแทรกลดลง นอกจากนี้ Solomon *et al.*(1991) และ Lefaucheur *et al.*(1992) รายงานว่าการใช้สารโซมาโตโทรพินมีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ ส่วน Oksbjerg *et al.*(1994) พบว่าการใช้สารซาลบูทามอลในอาหารสุกรที่ระดับ 3 พีพีเอ็ม มีผลต่อการเพิ่มการสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อเนื่องมาจากสารเบต้า – อะโกนิสต์ มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ Type A ซึ่งมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กกว่าไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อ Type B ที่มีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่า

จากการทดลองของ Geesink *et al.*(1993) พบว่า ค่าแรงตัดผ่านของกล้ามเนื้อสันนอกในเนื้อลูกโคที่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล ที่ระยะเวลาการบ่มซาก 1 วันมีค่าสูงกว่าโคกลุ่มควบคุม ทำให้เนื้อมีความนุ่มลดลง อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 และ 13 วันภายหลังสัตว์ตาย ไม่พบว่าค่าแรงตัดผ่านเนื้อของโคทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของระยะเวลาการบ่มเนื้อเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอก (*M. longiss: mus dorsi*) ในเนื้อลูกโคที่ได้รับและไม่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล

ลักษณะที่ศึกษา	สูตรควบคุม	สูตรสารเคลนบูเทอรอล ระยะงดให้ยาก่อนฆ่า (วัน)			ระดับความเชื่อมั่น
		8	4	2	
ที่ระยะเวลาการบ่ม 1 วัน (กก./ลบ.ซม.)	5.83	6.28	8.93	8.50	**
ที่ระยะเวลาการบ่ม 7 วัน (กก./ลบ.ซม.)	4.78	6.38	7.42	7.40	NS
ที่ระยะเวลาการบ่ม 13 วัน (กก./ลบ.ซม.)	3.08	4.65	3.68	3.05	NS

NS = $P > 0.05$

** = $P < 0.01$

ที่มา : ดัดแปลงจาก Geesink *et al*. (1993)

2.6.7 ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (water holding capacity ; WHC)

น้ำเป็นองค์ประกอบในกล้ามเนื้อที่มีมากที่สุด คือ 75 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนรวม ไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน(NPN) และไขมัน มีค่าเท่ากับ 19 3.5 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอื่นๆ ซึ่งปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดคุณลักษณะที่สำคัญของเนื้อคือ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ เนื้อสัตว์ที่มีคุณสมบัติของการอุ้มน้ำที่ไม่ดีจะมีการสูญเสียน้ำออกจากเนื้อในระหว่างการเก็บรักษา เช่น การเก็บซากในห้องเย็น ถ้าโปรตีนในเนื้ออุ้มน้ำไว้ได้ไม่ดีก็จะมีการสูญเสียน้ำหนักของเนื้อและเมื่อทำให้สุกก็จะมีการสูญเสียน้ำระหว่างขบวนการผลิตสูงทำให้เนื้อมีลักษณะแห้งและกระด้าง (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) ชัยณรงค์ คันธพนิต (2529) กล่าวว่าโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นส่วนประกอบหลักของเนื้อสัตว์ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีความเป็นประจุสูง สามารถจับโมเลกุลของน้ำไว้ได้อย่างดี และกล่าวว่าความสามารถในการจับน้ำเป็นความสามารถของเนื้อที่จะคงไว้ซึ่งจำนวนน้ำให้เกือบเท่าหรือเท่าเดิมได้ แม้จะมีแรงภายนอกมากระทำ เช่น การตัด การให้ความร้อน การบด และการอัด หรือการใช้ความร้อนในการทำให้เนื้อสุกทั้งนี้อาจทำให้โมเลกุลของน้ำสูญเสียออกไปบ้างเล็กน้อยเพราะโมเลกุลเหล่านั้นอยู่ในแบบอิสระ

การทดลองใช้สารกลุ่มเบต้า - อะโกนิสต์ เพื่อศึกษาผลที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของเนื้อ พบผลที่ขัดแย้งกัน จากรายงานของ Geesink *et al.* (1993)(ตารางที่ 2.9) พบว่าการใช้สารเคลนบูเทอรอลในอาหารลูกโคมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้ ในขณะที่ Uttaro *et al.* (1993) (ตารางที่ 2.9) พบว่าการใช้สารแรคโตพามีน ในอาหารสุกรในระดับสูง 20 พีพีเอ็ม ทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำต่ำกว่า Berge *et al.*(1993) ใช้สารเคลนบูเทอรอลในอาหารลูกโคไม่พบความแตกต่างของการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง(ตารางที่ 2.4) เช่นเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับ Hansen *et al.* (1994) ที่ใช้สารซาลบูทามอลในอาหารสุกร แต่ไม่พบความแตกต่างของการสูญเสียน้ำในระหว่างการปรุง (ตารางที่ 2.10) ทั้งนี้ระดับสารซาลบูทามอลที่ใช้อยู่ที่ 2.75 พีพีเอ็ม

ตารางที่ 2.9 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (cooking loss) ของกล้ามเนื้อสันนอก (*M. longissimus dorsi*) ในสัตว์ที่ได้รับและไม่ได้รับสารเบต้า - อะโกนิสต์

ลักษณะที่ศึกษา	สูตรควบคุม	สูตรสารเคลนบูเทอรอล ระยะงดให้ยาก่อนฆ่า (วัน)			สูตร แรคโตพามีน	ระดับ ความ เชื่อมั่น
		8	4	2		
เคลนบูเทอรอล(ในอาหารลูกโค)[1/] 0.8 µg/kg.						
Cooking loss ที่ระยะเวลา 1 วัน (%)	8.70	10.90	14.00	14.60	-	**
Cooking loss ที่ระยะเวลา 7 วัน (%)	11.50	18.30	17.20	18.80	-	**
Cooking loss ที่ระยะเวลา 13 วัน (%)	18.80	23.30	22.20	21.10	-	**
แรคโตพามีน(ในอาหารสุกร)[2/] 20 ppm						
ที่ระยะเวลาการบ่ม 1 วัน (%)	25.73	-	-	-	24.36	*

* = $P < 0.05$

** = $P < 0.01$

ที่มา : [1/] ดัดแปลงจาก Geesink *et al*. (1993)

[2/] ดัดแปลงจาก Uttaro *et al.* (1993)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะค่อยๆ ลดลงภายหลังสัตว์ตาย ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อขณะที่สัตว์มีชีวิตอยู่จะมีค่าสูงที่สุดและจะค่อยๆ ลดลงจนถึงจุดต่ำสุดภายหลังจากสัตว์ตายแล้วประมาณ 12 - 24 ชั่วโมง ซึ่งกล้ามเนื้อจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า rigor mortis หรือกล้ามเนื้อตาย ซึ่งเป็นระยะที่ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อต่ำที่สุด

2.6.8 ความนุ่มของเนื้อ

ความนุ่มเป็นคุณลักษณะสำคัญที่แสดงถึงคุณภาพของเนื้อ ที่ผู้บริโภคต้องการมากกว่าคุณลักษณะอื่น ชัยณรงค์ คันธพนิต (2544) กล่าวว่า เนื้อที่นุ่มน่ารับประทานเมื่อทำให้สุกจะใช้เวลาเคี้ยวเพียงประมาณไม่เกิน 10 – 15 วินาที ก็จะมีความรู้สึกเนื้อแหลกละเอียดดีพอที่จะกลืนกินเข้าไปได้ หรือหากใช้เครื่องมือจำลองลักษณะของแรงบดของฟัน (Warner Bratzler Shear Device) หรือเครื่องวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (instron) แล้ว ค่าที่ได้ ถ้าต่ำกว่า 8 กิโลกรัม / ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ถือว่านุ่มพอประมาณ ถ้านุ่มมากจะมีค่าประมาณ 3 – 7 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ความนุ่มของเนื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ทั้งความแตกต่างในสัตว์แต่ละสายพันธุ์ ความแตกต่างในกล้าม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อแต่ละชนิด ลักษณะเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ ไขมันแทรก สัญชัย จตุรสิทธา (2543) กล่าวว่าในโคและสุกรที่ได้รับสารเบต้า - อะโกนิสต์นั้น สารดังกล่าวช่วยลดไขมันและเพิ่มปริมาณเนื้อแดงในซากแต่จะทำให้เนื้อเหนียวขึ้น เอนไซม์ทำหน้าที่ในการย่อยสลายโปรตีนที่มีอยู่ในสัตว์ โดยจะทำหน้าที่ภายหลังกล้ามเนื้อเกิดสภาวะเกร็งตัว ซึ่งมีผลทำให้เนื้อนุ่มขึ้นและมีกลิ่นที่ต้องการภายใต้ช่วงระยะเวลาการบ่มเนื้อที่เหมาะสม ปัจจัยสำคัญที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ ได้แก่ อุณหภูมิและความเป็นกรด – ด่างภายในเนื้อ ทั้งนี้พบว่าเอนไซม์จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และการทำงานของเอนไซม์ยังขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด – ด่างในเนื้อ โดยแบ่งระดับความเหมาะสมในการทำงานเป็น 3 กลุ่ม คือ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

1) Alkaline proteinase ระดับความเป็นกรด – ด่างที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 8.5 – 9.0

2) Neutral proteinase ระดับความเป็นกรด – ด่างที่เหมาะสมจะเป็นกลางอยู่ระหว่าง 7.0 – 7.5 เอนไซม์ชนิดนี้จะถูกกระตุ้นให้ทำงานโดย Ca^{++} ที่ถูกปลดปล่อยออกจากเซลล์ได้แก่ เอนไซม์ Calpain I (ทำงานที่ระดับความเข้มข้นของ Ca^{++} ต่ำ) และเอนไซม์ Calpain II (ทำงานที่ระดับความเข้มข้นของ Ca^{++} สูง)

3) Acid proteinase ระดับความเป็นกรด – ด่างที่เหมาะสมจะเป็นกรดอยู่ระหว่าง 5.0 – 5.4 ได้แก่ เอนไซม์ Cathepsins ซึ่งจะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิสูงประมาณ 37 องศาเซลเซียส

ปัจจัยอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อ ได้แก่ อายุ เพศของสัตว์ รวมถึงสัตว์ที่ตอนหรือไม่ตอน จากรายงานของ ปิยะดา ทวิชศรี(2544) พบว่าผลของการตอนสัตว์ไม่มีผลทำให้ระดับของเอนไซม์ calpain proteinase system ซึ่งได้แก่ เอนไซม์ μ - calpain และ m – calpain มีการเปลี่ยนแปลง แต่พบว่าปริมาณ calpastatin ในโคเพศผู้ไม่ตอนมีปริมาณสูงกว่าโคนมเพศผู้ตอน ซึ่งการที่ปริมาณของ calpastatin สูงจะมีผลทำให้ดัชนีการฉีกขาดของเส้นใยกล้ามเนื้อมีค่าน้อยกว่าโคเพศผู้ตอนดังนั้นเนื้อของโคเพศผู้ไม่ตอนมีความเหนียวกว่าโคเพศผู้ตอนและ เมื่อนำเนื้อไปตรวจหาค่าแรงตัดผ่านเนื้อ พบว่าโคเพศผู้ไม่ตอนมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงกว่าโคเพศผู้ตอนในทุกระยะการบ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการที่ปริมาณของ calpastatin เพิ่มขึ้น มีผลต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ช่วยย่อยโปรตีนในกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ระดับความนุ่มของเนื้อจะมากหรือน้อยเกี่ยวข้องกับปริมาณชนิดของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน สถานภาพของไมโอซิน แอคติน และโทรโปไมโอซินในไมโอไฟบริล ได้แก่ ระดับการหดตัวของ actin – myosin และกลไกการเปลี่ยนแปลงภายในกล้ามเนื้อที่มีผลทำให้เนื้อนุ่ม (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) Berge *et al.* (1993) รายงานว่า การผสมสารเคลนบูเทอรอลในอาหารโคทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อเพิ่มสูงขึ้น ความนุ่มของเนื้อลดลง เนื่องจากสัดส่วนของเนื้อเยื่อไขมันที่แทรกภายในกล้ามเนื้อลดลง และสารดังกล่าวมีอิทธิพลต่อเนื้อสัมผัสทำให้เนื้อมีความหยาบและกระด้างเพิ่มขึ้น Hansen *et al.* (1994) พบว่าการใช้สารซาลบูทามอลที่ระดับ 2.75 พีพีเอ็มมีแนวโน้มทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอกมีค่าสูงกว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอลทำให้ความนุ่มของเนื้อมีแนวโน้มลดลง(ตารางที่ 2.10) Walker *et al.* (1989) รายงานว่าอิทธิพลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเบต้า – อะโกนิสต์ ที่ผสมในอาหารสัตว์ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อเพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย และรายงานว่า กรณีที่ค่าแรงตัดผ่านเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงนั้น อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีน (calcium– dependent proteases) แต่ Bergen *et al.* (1989) รายงานว่า ไม่พบความแตกต่างของเอนไซม์ย่อยโปรตีน ระหว่างสุกรกลุ่มที่ได้รับสารแรคโตพามีนและสุกรกลุ่มควบคุม De Vol *et al.* (1988) อธิบายถึงอิทธิพลของสารละลายแคลเซียมที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากเซลล์ทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ มีผลต่อการปรับปรุงความนุ่มของซาก Koohmaraie *et al.* (1991) รายงานว่า สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ที่ผสมลงไปในอาหารสัตว์นั้นทำให้ความนุ่มของเนื้อลดลงและทำให้เอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนในเนื้อภายหลังสัตว์ตายลดลง ส่งผลให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อมีค่าเพิ่มขึ้น Warriss *et al.* (1990b) กล่าวว่า คุณภาพเนื้อของสุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลจะส่งผลให้ส่วนของเนื้อแดงมีความแน่นขึ้น ความหนาไขมันสันหลังลดลง ไขมันแทรกระหว่างกล้ามเนื้อมีน้อย เมื่อตัดแต่งแยกชั้นไขมันออกจากชั้นเนื้อแดงสามารถทำได้ง่าย เพราะมีปริมาณไขมันแทรกระหว่างก้อนกล้ามเนื้อน้อย ซึ่งการที่มีไขมันแทรกน้อยทำให้เนื้อมีความนุ่มลดลง Hansen *et al.* (1994) รายงานว่า ไม่พบความแตกต่างของค่าแรงตัดผ่านเนื้อของสุกรกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับสารซาลบูทามอลที่ระยะเวลาการบ่ม 1 วันและ 4 วัน แต่มีแนวโน้มว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อมีค่าสูงกว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอล ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 คุณภาพเนื้อของสุกรที่ได้รับสารเบต้า-อะโกนิสต์ ซาลบูทามอลในระดับ2.75 พีพีเอ็ม

ลักษณะที่ศึกษา	สูตรควบคุม	สูตรสารซาลบูทามอล
เปอร์เซ็นต์การตัดแต่ง (%)	74.8	75.3*
เปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้อ (%)	50.9	52.7*
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ซม.^{2})	29.4	35.4***
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กก./ซม.^{3})		
ระยะเวลา 1 วัน (เก็บที่อุณหภูมิ -15 °C)	2.65	3.63 NS
ระยะเวลา 4 วัน (เก็บที่อุณหภูมิ 3 °C)	2.61	2.98 NS
การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (%)		
ระยะเวลา 1 วัน (เก็บที่อุณหภูมิ -15 °C)	25.09	24.65 NS
ระยะเวลา 4 วัน (เก็บที่อุณหภูมิ 3 °C)	27.17	22.56 NS

NS = $P > 0.05$

* = $P < 0.05$

*** = $P < 0.01$

ที่มา : ดัดแปลงจาก Hansen *et al.* (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทำงานของเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน 2 รูปแบบคือ เอนไซม์ calpain และเอนไซม์ calpastatin ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในการทำให้เนื้อนุ่มโดยจะทำงานควบคู่ไปกับการทำงานของ Ca^{++} ซึ่งจากการทดลองพบว่า การใช้สารเคลนบูเทอรอลมีผลต่อปริมาณเอนไซม์ที่อยู่ในรูป μ- calpain ในกล้ามเนื้อสันนอกที่ช่วงเวลา 3 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ซึ่งโคที่ได้รับสารเคลนบูเทอรอลทำให้จำนวนเอนไซม์ μ- calpain มีปริมาณน้อยกว่าในกล้ามเนื้อของโคที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างในส่วนของเอนไซม์ที่อยู่ในรูป m – calpain ทั้งนี้อาจมีผลจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านปัจจัยภายในตัวสัตว์เกิดความผิดปกติ ส่วนเอนไซม์ calpastatin ซึ่งเป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ย่อยโปรตีน (proteinase inhibitor) พบว่าในโคกลุ่มที่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล มีปริมาณเอนไซม์ calpastatin มากกว่าโคที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และสัดส่วนของเอนไซม์ μ- calpain/calpastatin มีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังนั้นการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ มีผลโดยตรง ต่อการลดลงของปริมาณเอนไซม์ย่อยโปรตีนในช่วงภายหลังสัตว์ตายตลอดจนระยะการบ่มชาก ซึ่งการลดลงของเอนไซม์ย่อยโปรตีนนั้น มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ ทำให้เนื้อมีความนุ่มลดลง ดังตารางที่ 2.11 (Luno *et al.* 1999)

ตารางที่ 2.11 ผลของการใช้สารเบต้า-อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ เคลนบูเทอรอลต่อเอนไซม์ μ- calpain m-calpain และ calpastatin ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*)ของโคเพศเมีย

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มควบคุม	กลุ่มสารเคลนบูเทอรอล
μ - calpain ที่ 3 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	0.071	0.049*
μ - calpain ที่ 24 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	0.035	0.016**
m -calpain ที่ 3 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	0.830	0.055 NS
m -calpain ที่ 24 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	0.190	0.029 NS
calpastatin ที่ 3 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	0.840	0.125**
calpastatin ที่ 24 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	0.030	0.071*
μ-calpain/calpastatin ที่ 3 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	0.840	0.390**

NS = $P > 0.05$

* = $P < 0.05$

** = $P < 0.01$

ที่มา : ดัดแปลงจาก Luno *et al.* (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kretchmar *et al*. (1990) รายงานว่า แกะที่ได้รับและไม่ได้รับสารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ทำให้ส่วนประกอบโปรตีนทั้งหมดที่เป็น เอนไซม์ cathepsin B และเอนไซม์ cathepsin H ภายในกล้ามเนื้อ ไม่แตกต่างกัน คือ ปริมาณเอนไซม์ในกล้ามเนื้อของแกะในวันที่ถูกฆ่า และ 4 วันภายหลังฆ่า ปริมาณของเอนไซม์ cathepsin B และเอนไซม์ cathepsin H ภายในกล้ามเนื้อ มีแนวโน้มว่าแกะที่ได้รับสารเบต้า - อะโกนิสต์ มีปริมาณมากกว่าแกะกลุ่มควบคุม ส่วนการทำงานของเอนไซม์ทั้งสองชนิด พบว่าแกะที่ได้รับสารเบต้า - อะโกนิสต์ ในวันที่ถูกฆ่ามีเอนไซม์ cathepsin B ปริมาณน้อยกว่าแกะกลุ่มควบคุม แต่เอนไซม์ cathepsin H ของแกะที่ได้รับสารเบต้า – อะโกนิสต์ มีปริมาณมากกว่าแกะกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ส่วนประกอบโปรตีนทั้งหมดและการทำงานของเอนไซม์ cathepsin ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M. longissimus dorsi*) ของแกะที่ได้รับและไม่ได้รับสารเบต้า-อะโกนิสต์

ลักษณะที่ศึกษา	ส่วนประกอบโปรตีนทั้งหมด มก. โปรตีน/กรัม น้ำหนักกล้ามเนื้อ		การทำงานจำเพาะ 1 หน่วย/มก. โปรตีน	
	ควบคุม	สารเบต้า-อะโกนิสต์	ควบคุม	สารเบต้า-อะโกนิสต์
เอนไซม์ cathepsin B				
0 วันภายหลังสัตว์ตาย	40.60	42.30 NS	30.70	20.80 *
4 วัน ภายหลังสัตว์ตาย	37.60	38.50 NS	28.70	25.90 NS
เอนไซม์ cathepsin H				
0 วันภายหลังสัตว์ตาย	40.60	42.30 NS	177.50	186.10 *
4 วันภายหลังสัตว์ตาย	37.60	38.50 NS	188.70	204.80 *

NS = $P > 0.05$

* = $P < 0.05$

ที่มา : ดัดแปลงจาก Kretchmar *et al*. (1990)

2.7 อิทธิพลของความเครียดในตัวสัตว์ (stress)

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล(2539) รายงานว่า ความเครียดเป็นสภาวะที่ระบบต่างๆ ภายในร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยอาศัยการกระตุ้นของฮอร์โมนต่าง ๆ หลายชนิด ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของร่างกาย ได้แก่ เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ อัตราการหายใจถี่ขึ้น การระบายความร้อนออกจากร่างกายสูงขึ้น เป็นต้น การที่สัตว์เกิดความเครียดอย่างรุนแรงก่อนที่สัตว์จะถูกฆ่านั้นเป็นสาเหตุให้ต่อม adrenal medulla ผลิตฮอร์โมน catecholamines ซึ่งจะไปมีผลบังคับการเร่งใช้กลูโคสในกล้ามเนื้อและตับ(glycogen) เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงาน นอกจากนี้ฮอร์โมนดังกล่าวจะมีผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้หลอดเลือดหดตัว เลือดไปสู่กล้ามเนื้อน้อยลง มีผลทำให้เซลล์ของกล้ามเนื้อขาดออกซิเจน ส่งผลให้ร่างกายต้องเปลี่ยนการสร้างพลังงานจากขบวนการ aerobic metabolism เป็น anaerobic metabolism ซึ่งจะทำให้เกิดกรดแลคติคและความร้อนขึ้น กรดแลคติคดังกล่าวจะมีผลต่อค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของเนื้อ ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพเนื้อในเวลาต่อมา

สุวรรณ ช่างกลึงดี และคณะ (2542) รายงานว่า ความเครียดที่เกิดขึ้นในสุกร เป็นความผิดปกติของการปลดปล่อยแคลเซียมภายในเซลล์ ซึ่งสุกรที่ตกอยู่ภายใต้สภาวะเครียดโดยเฉพาะสุกรที่มีจีโนไทป์ nn (ซึ่งสารเร่งเนื้อแดงจัดเป็นสารกลุ่มเดียวกับเบต้า – อะโกนิสต์ที่ถูกสร้างขึ้นมาโดยร่างกาย และเป็นสารที่มีระดับสูงเฉพาะในพลาสมาของสุกรที่มีจีโนไทป์ nn เท่านั้น) พบว่าสัญญาณจากปลายประสาทซึ่งถูกส่งผ่านไปยังผนังเซลล์กล้ามเนื้อ สามารถกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยแคลเซียมได้ที่ระดับสูงกว่าปกติ และเกิดการหดตัวหรืออาการเกร็งของกล้ามเนื้ออย่างรุนแรง ผิวหนังร่างกายปรากฏสีม่วงคล้ำไปพร้อมๆ กับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและสุกรอาจตายได้ในเวลาต่อมา การที่ช่องปลดปล่อยแคลเซียมภายในเซลล์ของสุกรที่กลายพันธุ์มีแนวโน้มปิดไม่สนิท หรือเปิดเล็กน้อยอยู่ตลอดเวลามีหลักฐานยืนยันว่า การปลดปล่อยแคลเซียมภายในเซลล์มีความแตกต่างกันในสุกรทั้ง 3 จีโนไทป์ สุกรที่อ่อนแอต่อความเครียดจะมีความแตกต่างระหว่างแคททีโคลามีนในเลือดคือ มีระดับสูงกว่าสุกรปกติเท่านั้น ทั้งแคลเซียมและแคททีโคลามีนมีบทบาทสำคัญต่อการสะสมเนื้อแดงในร่างกายของสุกรที่อาจเป็นไปได้ 3 ทาง คือ

1) แคลเซียมและแคททีโคลามีนมีผลกระตุ้นการทำงานของเซลล์มะเร็ง (c-myc protooncogenes) ให้ไปเร่งการทำงานของยีนส์สังเคราะห์โปรตีนของกล้ามเนื้อ (muscle protein genes)

2) แคททีโคลามีนมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ calpain โดยผ่านทางการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ calpastatin ซึ่งเป็นตัวยับยั้ง เอนไซม์ calpain เป็นผลให้มีการสลายโปรตีนของกล้ามเนื้อ (protein turnover)

3) แคททีโคลามีนเร่งการสลายไขมันของร่างกายโดยผ่านทางการกระตุ้นฮอร์โมนไลเปส (lipase)

ในสภาวะที่สัตว์เครียดถ้าสัตว์ระบายความร้อนออกได้ช้าอุณหภูมิของร่างกายขึ้นสูงถึง 42 – 43 องศาเซลเซียส จะมีผลให้ปฏิกิริยาเมตาบอลิสมสูงมากเกินไปจนทำให้เกิดอาการ acidosis ทำให้สัตว์ตายได้ Richard (2000) กล่าวว่า การใช้สารกลุ่มเบต้า – อะโกนิสต์ ซึ่งมีใช้กันอย่างกว้างขวางในประเทศไทยนั้น ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อตัวสัตว์ค่อนข้างสูงโดยพบว่าสุกรที่ได้รับสารกลุ่มดังกล่าวจะทำให้เกิดอาการตัวเกร็งสั่น สุขภาพอ่อนแอ เกิดความเครียดง่าย และมีการช็อคตายมากกว่าปกติซึ่งจัดว่าเป็นการขัดกับมาตรฐานสากลในเรื่องของสวัสดิภาพสัตว์(animal welfare)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 อิทธิพลอื่น ๆ ที่มีต่อคุณภาพเนื้อ

2.8.1 สายพันธุ์ (breed)

สายพันธุ์เป็นปัจจัยสำคัญทางด้านการผลิตสัตว์จากฟาร์มที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ ซึ่งสายพันธุ์สุกรที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ในปัจจุบัน เน้นถึงคุณภาพด้านปริมาณ (meat quantity) คือ ต้องการซากที่มีสัดส่วนเนื้อแดงต่อไขมันสูง เนื่องจากเป็นที่ต้องการของตลาด สุกรสายพันธุ์ที่ดี ให้ผลตอบแทนทางการผลิตสูง จึงเป็นสิ่งสำคัญและเป็นที่ต้องการของผู้ประกอบการ แต่การพัฒนาสายพันธุ์สุกรที่มีการสร้างเนื้อแดงสูงมีผลเสียตามมา คือ จะเป็นสุกรที่ไม่ทนต่อความเครียด และต้องใช้ระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ยาวนาน ผู้เลี้ยงส่วนมากจึงหันมาใช้สารเร่งเนื้อแดงเติมลงไปในสูตรอาหารสุกรเพื่อเป็นวิธีการแก้ไขที่รวดเร็วและให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

Hansen *et al.* (1994) รายงานว่า การใช้สารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล มีผลในการตอบสนองทางด้านสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ ในสุกรแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน โดยที่สุกรสายพันธุ์ผสม D x Wc(ดูร็อค x พันธุ์ผสมสายไวท์) จะมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารที่ดีที่สุดคือ ดีกว่าสุกรสายพันธุ์ผสม M x Wc (เหมยซาน x พันธุ์ผสมสายไวท์) และสายพันธุ์แท้เหมยซาน (M) แต่จะเห็นได้ว่าการใช้สารซาลบูทามอลในสุกรจะมีผลตอบสนองทางด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการสร้างกล้ามเนื้อได้ชัดเจนกว่าทางด้านสมรรถภาพการผลิต แต่ถ้าพิจารณาทางด้านประสิทธิภาพการใช้สารซาลบูทามอลในการปรับปรุงทั้งทางด้านการผลิตและคุณภาพซากของสุกรแล้ว สายพันธุ์ที่มีการสร้างเนื้อแดงต่ำกับสายพันธุ์ที่มีการสร้างเนื้อแดงสูงจะเห็นได้ว่า สุกรสายพันธุ์ที่มีการสร้างเนื้อแดงต่ำไม่สามารถที่จะตอบสนองต่อการปรับปรุงด้านดังกล่าวให้ดีเท่ากับสุกรสายพันธุ์ที่มีการสร้างเนื้อแดงสูงได้ การใช้สารซาลบูทามอลสามารถที่จะช่วยปรับปรุงปริมาณการสร้างเนื้อแดงในซากสุกรสายพันธุ์ที่มีการสร้างเนื้อแดงให้สูงมากยิ่งขึ้นได้ แต่ทั้งนี้ยังต้องขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนในสูตรอาหารที่จะได้รับอีกด้วย

2.8.2 เพศ และน้ำหนักตัว (sex and weight)

เพศมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต ขนาดของตัวสัตว์ และจะมีผลต่อไปจนถึงการสะสมของเนื้อเยื่อต่างๆ ได้แก่ กล้ามเนื้อ ไขมัน เป็นต้น โดยทั่วไปพบว่าเพศผู้ มักมีขนาดใหญ่กว่าเพศเมีย เพราะเพศผู้จะมีน้ำหนักแรกเกิดสูงกว่า สัตว์ที่มีขนาดใหญ่มักจะโตเร็วกว่า และมีช่วงการเจริญเติบโตที่ยาวนานกว่า ในการใช้ฮอร์โมนเพื่อเร่งการเจริญเติบโตหรือการใช้สารเร่งการสร้างกล้ามเนื้อ (repartitioning agents)ในสุกรนั้น พบว่าเพศมีอิทธิพลต่อการตอบสนองทางด้านการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยฮอร์โมนที่ใช้เร่งการเจริญเติบโตจะส่งผลทำให้อัตราการเติบโตสูงขึ้น ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น ส่วนการใช้สารเร่งการสร้างกล้ามเนื้อจะช่วยในการปรับปรุงคุณภาพซากหรือเพิ่มปริมาณการสร้างเนื้อแดงให้สูงขึ้น จะเห็นได้ว่าสุกรเพศผู้มีฮอร์โมนแอนโดรเจน(androgen) ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกสร้างขึ้นจากอะดรีนอล คอร์เทกซ์ (adrenal cortex) ในระยะที่สัตว์ถึงวัยเจริญพันธุ์เป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ ดังนั้นสัตว์เพศผู้จึงโตเร็วกว่าสัตว์เพศเมีย

ชัยณรงค์ คันธพนิต(2529) กล่าวว่าปกติสุกรเพศผู้ไม่ตอนจะมีอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการสะสมเนื้อแดงมากกว่าสุกรเพศเมียและสุกรเพศผู้ตอน ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของฮอร์โมนแอนโดรเจน ซึ่งมีผลกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อควบคู่กับการลดไขมัน จากการศึกษาในตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าอิทธิพลของเพศกับการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ชนิดต่างๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพซากนั้นพบว่า สุกรเพศผู้ตอนที่ได้รับสารไคเมเทอรอลที่ ระดับ 1 พีพีเอ็ม จะมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงกว่าสุกรเพศเมีย ส่วนสารเคลนบูเทอรอลและสารแรคโตพามีนจะไม่พบความแตกต่างทั้งในเพศผู้ตอนและเพศเมีย สำหรับสุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลที่ระดับ 2 พีพีเอ็มจะทำให้สุกรเพศเมีย มีไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงกว่าในสุกรเพศผู้ตอน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าสารซาลบูทามอล มีผลตอบสนองในแง่บวกต่อสัตว์เพศเมียมากกว่าเพศผู้ตอนในช่วงน้ำหนักตัวที่สูงถึง 160 กิโลกรัม ทำให้สุกรเพศผู้ตอนมีการสะสมไขมันมากกว่าสุกรเพศเมีย และเมื่อเปรียบเทียบสารในกลุ่มเบต้า – อะโกนิสต์ ที่มีผลตอบสนองต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงก็จะเห็นได้ว่าการใช้สารซาลบูทามอลมีแนวโน้มของการสะสมเนื้อแดงที่ดีกว่า โดยพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและความหนาของไขมันสันหลัง

ส่วนการพิจารณาถึงน้ำหนักตัวต่อการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ พบว่า สุกรแต่ละสายพันธุ์ที่ได้รับสารซาลบูทามอล จะมีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตต่อวันและเปอร์เซ็นต์ซากเพิ่มสูงขึ้น และน้ำหนักตัวช่วงที่มีการใช้สารซาลบูทามอลที่สุกรตอบสนองต่อสารดังกล่าวได้ดี มักอยู่ในช่วงสุดท้ายของการเจริญเติบโตหรือช่วงที่สุกรมีอายุมากขึ้น ซึ่งน้ำหนักตัวก็จะเพิ่มขึ้นด้วย แสดงได้ดังตารางที่ 2.13 ทั้งนี้เนื่องจากน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นจะมีการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ ซึ่งจำนวนของเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีการเจริญเติบโตจะถูกกำหนดมาแล้วตั้งแต่ปฏิสนธิ การเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังสัตว์เกิดจึงเป็นการเพิ่มขนาดของเซลล์ทั้งแนวยาวและแนวกว้างของเส้นใยกล้ามเนื้อ การเจริญเติบโตของสัตว์ในช่วงหลังเกิดจึงเป็นช่วงที่มีการสะสมกล้ามเนื้อจะไม่มีการสะสมไขมัน เมื่อพ้นจากวัยโตเต็มที่แล้วการสะสมกล้ามเนื้อจะอยู่ในอัตราที่ลดลง ในช่วงแรกเกิดจนถึงอายุประมาณ 2 เดือน การเพิ่มจำนวนไขมันจะเป็นการเพิ่มขนาดในช่วงอายุ 5 เดือนขึ้นไปการเพิ่มขนาดจะรวดเร็ว และการเพิ่มไขมันจะไม่มีขีดจำกัดซึ่งจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตราบที่ร่างกายมีพลังงานเหลือใช้ (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) การที่ผู้เลี้ยงสุกรนิยมใช้สารซาลบูทามอลในช่วงสุดท้ายของการเจริญเติบโตอาจมีผลจากการที่สารซาลบูทามอลมีการตอบสนองต่อคุณภาพซากของสุกรค่อนข้างสูง เนื่องจากสารซาลบูทามอลมีคุณสมบัติในการลดการสร้างเนื้อเยื่อไขมัน เมื่อสุกรได้รับสารซาลบูทามอลในช่วงที่มีการสะสมไขมันนั้นสารซาลบูทามอลจะทำให้ไขมันที่สะสมในเนื้อเยื่อถูกนำไปใช้ซึ่งจะมีการเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงาน พลังงานดังกล่าวพร้อมที่จะไปเป็นองค์ประกอบจำเป็นในการเพิ่มการสังเคราะห์ของโปรตีนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 ระดับโภชนะในอาหาร (nutrient)

พลังงานและโปรตีนเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต ระดับพลังงานและโปรตีนในสูตรอาหารที่เหมาะสมตามความต้องการของร่างกายในแต่ละระยะการเจริญเติบโต จะทำให้สัตว์สามารถสร้างกล้ามเนื้อได้สูงสุดตามศักยภาพที่ถูกกำหนดด้วยพันธุกรรม (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539) จากการทดลองของ Oksbjerg *et al.*(1994) เกี่ยวกับผลของสารซาลบูทามอล ต่อการเจริญเติบโตของมัดกล้ามเนื้อที่มีการให้อาหารโปรตีนในระดับที่แตกต่างกัน โดยใช้สุกรสายพันธุ์ผสม L x Y (แลนด์เรช x ยอร์คเชียร์) เพศเมีย ที่น้ำหนักตัว 25 – 90 กิโลกรัม ระดับอาหารที่ให้แบ่งเป็น 2 ช่วงการเจริญเติบโต แต่ละช่วงจะมีอาหาร 2 สูตร และระดับโปรตีนในอาหารแต่ละสูตรจะแตกต่างกัน คือ สูตรอาหารที่ระดับโปรตีนปกติ (NP) ให้สุกรในช่วงการเจริญเติบโตและ ช่วงขุน เท่ากับ 19.9 และ 17.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สูตรอาหารที่ระดับโปรตีนสูง (HP) ให้สุกรในช่วงการเจริญเติบโตและช่วงขุนเท่ากับ 22.1 และ 20.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีการผสมสารซาลบูทามอลระดับ 3 มิลลิกรัม / กิโลกรัม ลงไปในสูตรอาหารแต่ละสูตร ผลการทดลองที่ได้พบว่าในช่วงของการเจริญเติบโตนั้นการเสริมสารซาลบูทามอล 3 พีพีเอ็ม ในอาหารสุกรที่มีระดับโปรตีนปกติแก่สุกรการตอบสนองของสุกรกับสูตรอาหารดังกล่าว ไม่มีผลต่อการสะสมโปรตีนในกล้ามเนื้อ แต่การเสริมสารซาลบูทามอล 3 พีพีเอ็ม ในอาหารสุกรที่มีระดับโปรตีนสูงจะทำให้กล้ามเนื้อสุกรมีการสะสมโปรตีนเพิ่มขึ้นถึง 14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในช่วงขุนการเสริมสาร ซาลบูทามอล 3 พีพีเอ็มในอาหารสุกรที่มีระดับโปรตีนสูง ทำให้มีการสะสมของโปรตีนเพิ่มสูงขึ้นอีก 7 เปอร์เซ็นต์ และได้รายงานว่าการใช้สารซาลบูทามอลต่อคุณสมบัติของเส้นใยกล้ามเนื้อนั้น อัตราการเพิ่มขึ้นของโปรตีนในกล้ามเนื้อที่ใช้สารซาลบูทามอลจะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของเส้นใยกล้ามเนื้อ Type II A ลดลง แต่เส้นใยกล้ามเนื้อ Type II B เพิ่มขึ้น Oksbjerg *et al.*(1996) รายงานว่า การตอบสนองของโปรตีนในกล้ามเนื้อต่อสารซาลบูทามอลนั้นขึ้นอยู่กับระดับโปรตีนในอาหาร ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของโปรตีนในมัดกล้ามเนื้อจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อมีการเสริมสารซาลบูทามอลเข้าไป และจะมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้นเมื่ออาหารที่ได้รับมีระดับโปรตีนสูง อุทัย คันโธ และคณะ (2538) กล่าวว่าอาหารเป็นปัจจัยที่สำคัญมากต่อคุณภาพซาก ซึ่งสุกรจะให้คุณภาพซากที่ดีได้ก็ต่อเมื่อได้รับอาหารที่มีคุณภาพดี มีปริมาณและสัดส่วนของสารอาหารครบตามความต้องการของร่างกายแต่ละระยะสุกรสายพันธุ์ที่มีการสร้างเนื้อแดงได้สูงจะมีความต้องการและให้ผลตอบสนองต่อสารอาหารโดยเฉพาะกรดอะมิโนไลซีนสูงกว่าสายพันธุ์ที่มีการสร้างเนื้อแดงได้ต่ำ สุกรสายพันธุ์ที่มีการสร้างเนื้อแดงได้สูงเมื่อได้รับอาหารที่มีระดับไลซีนสูงขึ้นก็ยิ่งมีอัตราการเจริญเติบโต อัตราการแลกน้ำหนัก อัตราการเพิ่มกล้ามเนื้อมากขึ้น และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันใหญ่กว่าสุกรสายพันธุ์ที่มีเนื้อแดงปานกลางที่ได้รับไลซีนในระดับเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 เปรียบเทียบการใช้สารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล ในอาหารสุกรที่น้ำหนักตัวช่วงต่าง ๆ ต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพซาก

สายพันธุ์	ซาลบูทามอล (พีพีเอ็ม)	น้ำหนัก (กิโลกรัม)						อัตราการเจริญเติบโต/วัน(กรัม/ วัน)		เปอร์เซ็นต์การตัดแต่ง (เปอร์เซ็นต์)		เอกสารอ้างอิง ดัดแปลงจาก
		ช่วงเริ่มต้น		ช่วงเจริญเติบโต		ช่วงสุดท้าย						
		ควบคุม	ซาลบูทามอล	ควบคุม	ซาลบูทามอล	ควบคุม	ซาลบูทามอล	ควบคุม	ซาลบูทามอล	ควบคุม	ซาลบูทามอล	
D x Y x Cw x H	2.75	-	-	62.8	62.8	95.8	100.8	1148	1306	74.8	75.3	Hansen *et al.* (1994)
D x Wc	2.75	-	-	62	63	86	90	835	973	65.1	65.4	Hansen *et al.* (1997)
M	2.75	-	-	49	50	64	64	545	520	51.3	52.9	Hansen *et al.* (1997)
M x Wc	2.75	-	-	65	63	85	89	705	915	62.8	63.4	Hansen *et al.* (1997)
NM	8	28.63	29.13	-	-	60.08	67.38	450	560	-	-	สมโภชน์ ทับเจริญ และคณะ (2538ข)
		-	-	-	-	62.08	69.83	-	-	66.91	70.66	สมโภชน์ ทับเจริญ และคณะ (2538ข)
L	4	-	-	50.67	50.17	87.29	89.25	650	690	-	-	สมโภชน์ ทับเจริญ และคณะ (2538ก)
		-	-	-	-	87.07	89.25	-	-	71.32	72.62	สมโภชน์ ทับเจริญ และคณะ (2538ข)

D x Wc = ดูร็อค x พันธุ์ผสมสายไวท์

M = เหมยซาน

M x Wc = เหมยซาน x พันธุ์ผสมสายไวท์

D x Y x Cw x H = ดูร็อค x ยอร์คเชียร์ x เชสเตอร์ ไวท์ x แฮมเชียร์

L = ลาร์จไวท์

NM = พันธุ์ผสมพื้นเมืองเหมยซาน

2.9 ผลกระทบของการใช้สารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์

การใช้สารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ นอกจากสามารถช่วยเพิ่มผลกำไรให้กับผู้ประกอบการในธุรกิจทางด้านคุณภาพซาก ซึ่งทำให้ปริมาณเนื้อแดงเพิ่มขึ้นและเนื้อมีคุณภาพดีไม่เยิ้มแฉะเป็นน้ำ และสามารถทำตลาดง่ายแล้ว การใช้สารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ยังมีผลกระทบที่เกิดขึ้นทั้งในตัวสัตว์ที่ได้รับสารโดยตรงและผู้บริโภคเนื้อสัตว์ที่ใช้สารดังกล่าวด้วย ดังนี้

2.9.1 ผลกระทบต่อตัวสัตว์

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ (2537) รายงานว่า สัตว์ที่ได้รับสารกลุ่มเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ จะส่งผลให้หัวใจสัตว์เต้นเร็วขึ้น สัตว์บางชนิดอาจพบการตายของกล้ามเนื้อหัวใจ นอกจากนี้การสร้างความร้อนภายในตัวสัตว์ที่เพิ่มขึ้น อาจมีผลทำให้สัตว์ทนความร้อนได้ลดลง และอาจเกิดภาวะความเครียดจากความร้อนได้ นิรนาม (2542) รายงานว่า สัตว์ที่ได้รับสารกลุ่มเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ จะมีผลให้สภาพร่างกายของสัตว์อ่อนแอไวต่อความเครียด การสูญเสียจะมีมาก กีบเท้าเสีย ร่างกายชักเกร็ง การเจริญเติบโตจะช้ากว่าปกติประมาณ 1 – 2 สัปดาห์ เพราะสารดังกล่าวไปกระตุ้นและเร่งการทำงานของร่างกายในกระบวนการสร้างเนื้อแดง ซึ่งเป็นไปอย่างผิดธรรมชาติ ถือเป็นการทรมานสัตว์

2.9.2 ผลกระทบต่อผู้บริโภค

การใช้สารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ นอกจากส่งผลกระทบต่อตัวสัตว์โดยตรงแล้ว ยังสามารถส่งผลข้างเคียงมาสู่ผู้บริโภคได้อีกด้วยแม้จะได้รับในปริมาณน้อย ๆ ก็มีผลต่อขบวนการเมตาบอลิสมในร่างกายมนุษย์ได้ หากบริโภคเนื้อสุกรที่มีสารตกค้างดังกล่าว โดยเป็นสารก่อให้เกิดมะเร็ง มีผลต่อผู้ป่วยโรคหัวใจ จะทำให้หัวใจเต้นเร็วขึ้น ใจสั่น ซึ่งเสี่ยงต่ออาการของหัวใจล้มเหลว ผู้ที่ความดันโลหิตสูงอยู่แล้วก็จะสูงยิ่งขึ้นเสี่ยงต่อการช็อค ผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับโรคของต่อมไทรอยด์จะเสี่ยงต่อการประสาทหลอน มือสั่น ชีพจรเต้นเร็ว กล้ามเนื้อเป็นตะคริว หรือเกิดอาการเกร็ง กล้ามเนื้อกระเพาะปัสสาวะหย่อน ทำให้ปัสสาวะคั่งค้าง การคลอดบุตรจะใช้เวลานานขึ้น เพราะกล้ามเนื้อหย่อนยานไม่มีแรงเบ่ง (สมาน พิพิธกุล. 2545)

Malucelli *et al.* (1994) รายงานว่า การหยุดการให้สารเคลนบูเทอรอล สารซาลบูทามอล และสารแรคโตพามีนในไก่กระทงที่ทำการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนฆ่า พบว่ายังมีการตกค้างของสารดังกล่าวภายในเนื้อเยื่อ และที่อวัยวะภายในต่าง ๆ ซึ่งระยะเวลาหยุดการให้ยา 1 สัปดาห์ไม่เพียงพอที่จะยอมรับได้ว่าไม่มีการตกค้างของสารดังกล่าว ทำให้ผู้บริโภคเสี่ยงต่อการได้รับสารตกค้างที่หลงเหลืออยู่ในซากสัตว์ที่ได้รับสารกลุ่มเบต้า – อะโกนิสต์ ไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุพล เลื่องยศลือชากุล และธงชัย เฉลิมชัยกิจ (2538) รายงานว่า การได้รับสารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอลที่ระดับ 2 มิลลิกรัม/เม็ด โดยให้เพียงครั้งละ1 –2 เม็ด จะมีผลกระทบในคนเกิดขึ้นเมื่อได้รับยาเกินขนาด ซึ่งจะมีอาการแพ้ เกิดการสั่นพริ้วของกล้ามเนื้อลาย โดยเฉพาะบริเวณปลายระยางค์ ใบหู มือ ขา กล้ามเนื้อ หลอดลมมีการขยายตัวมากขึ้น หัวใจเต้นถี่ หรือเต้นไม่เป็นจังหวะอย่างรวดเร็ว หลอดเลือดฝอยส่วนปลายขยายตัว ปรียพันธ์ อุดมประเสริฐ (2542) กล่าวว่า สารซาลบูทามอลมีชื่อทางการค้าคือ เวนโทลิน (ventolin) มีความปลอดภัยในการใช้สูง ระดับการใช้ในผู้ใหญ่อยู่ระหว่าง 6 – 12 มิลลิกรัมต่อวัน และมีขนาดลดลงประมาณครึ่งหนึ่งในเด็ก ดังนั้นการที่จะได้รับอันตรายจากสารดังกล่าวอย่างร้ายแรงนั้น ผู้บริโภคอาจต้องบริโภคเนื้อสุกรมากถึง 100 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน เป็นอย่างต่ำถึงจะได้รับสารซาลบูทามอลเท่ากับระยะที่แพทย์ใช้รักษา Kuiper *et al.* (1998) รายงานว่า ผู้ที่บริโภคตับโคซึ่งมีสารเคลนบูเทอรอลตกค้างอยู่ที่ระดับ 160 – 500 ไมโครกรัม/กิโลกรัมของตับ ในปริมาณ 100 กรัม จะได้รับสารดังกล่าวสูงถึง 5 ไมโครกรัม/คน ซึ่งนับว่าเป็นอันตราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.14 แสดงรายงานผลกระทบของการใช้สารเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ในประเทศต่าง ๆ

ประเทศ	ชนิดสารเบต้า -อะโกนิสต์	รายงานผลกระทบที่เกิดขึ้น	แก้ไข
ฝรั่งเศส[2/]	เคลนบูเทอรอล	พ.ศ.2533 ประชาชน 22 คนจาก 8 ครอบครัว ได้บริโภคตับวัวที่มีสารดังกล่าวตกค้างโดยแสดงอาการให้เห็นที่ระยะเวลา 1-3 ชั่วโมงหลังจากได้บริโภคตับและมีอาการป่วยเป็นระยะ 1-3 วัน โดยตรวจพบ ความเข้มข้นของสารเคลนบูเทอรอล มีปริมาณ 375 และ 500 ไมโครกรัม/กิโลกรัมของตับ	ห้ามใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ กับสัตว์ที่เลี้ยงไว้เพื่อเป็นอาหาร
อิตาลี[1/]	เคลนบูเทอรอล	พ.ศ. 2539 ประชาชน 62 คน รับประทานเนื้อวัวแล้วมีอาการหัวใจเต้นเร็ว ใจสั่น กล้ามเนื้อสั่น มีอาการทาง ประสาทและคลื่นไส้ จากการวิเคราะห์ เนื้อวัวพบว่า มีสารเคลนบูเทอรอล ตกค้างอยู่ 0.8-7.4 มิลลิกรัม./กิโลกรัมของเนื้อวัว	ห้ามใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ กับสัตว์ที่เลี้ยงไว้เพื่อเป็นอาหาร
เบลเยี่ยม[2/]	เบต้า-อะโกนิสต์	พ.ศ.2536 มีรายงานการใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ในสัตว์จากการสำรวจที่ฟาร์มและโรงฆ่าสัตว์พบว่ามีปริมาณการใช้ลดลงจาก 17.5 เปอร์เซ็นต์ เป็น10 เปอร์เซ็นต์	ห้ามใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ กับสัตว์ที่ใช้เลี้ยงเพื่อรับประทานเนื้อตั้งแต่เดือนมีนาคมพ.ศ. 2544
เยอรมัน[2/]	เคลนบูเทอรอล ซาลบูทามอล เทอบูทาลีน	พ.ศ. 2537-2538 ตรวจพบการตกค้างของสารดังกล่าวในเนื้อเยื่อ และอวัยวะภายในของไก่กระทง วัว แกะ และสุกรที่ฟาร์มและโรงฆ่า พบว่ามีสารเคลนบูเทอรอลตกค้างในลูกโคสูงที่สุด	ห้ามใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ กับสัตว์ที่ใช้เลี้ยงเพื่อรับประทานเนื้อ
ออสเตรเลีย[2/]	เบต้า-อะโกนิสต์	มีการกำหนดให้ใช้ยาที่มีฤทธิ์ขยายหลอดลมแก่ผู้ป่วยในปริมาณ 0.02 – 0.03 มิลลิกรัม(0.3-0.5 ไมโครกรัม/กิโลกรัม น้ำหนักตัว) 2 ครั้งใน 1 วัน	ห้ามใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ กับสัตว์ที่ใช้เลี้ยงเพื่อรับประทานเนื้อ
เนเธอแลนด์[2/]	เบต้า-อะโกนิสต์	พ.ศ.2533 รัฐบาลสุ่มตรวจตับ และปัสสาวะโค พบสารเคลนบูเทอรอล มากกว่า 1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม พ.ศ.2536 และ พ.ศ.2538 ทำการสุ่มตรวจสารดังกล่าวพบว่าในโคมีสารเคลนบูเทอรอลลดลงจาก 30 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบในหมูแกะและม้า ที่ระดับมากกว่า 1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม	ห้ามใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ กับสัตว์ที่เลี้ยงไว้เพื่อเป็นอาหาร
อังกฤษ[2/]	เคลนบูเทอรอล ซาลบูทามอล	พ.ศ.2537-2538มีการสุ่มตรวจสารดังกล่าวในปัสสาวะโค แกะและในตับหมูพบว่าระดับความเข้มข้นของสารดังกล่าวอยู่ที่ระดับ 0.5 ไมโครกรัม/กิโลกรัม	ห้ามใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ กับสัตว์ที่เลี้ยงไว้เพื่อเป็นอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.14 (ต่อ)

ประเทศ	ชนิดสารเบต้า -อะโกนิสต์	รายงานผลกระทบที่เกิดขึ้น	แก้ไข
ไอร์แลนด์เหนือ[2/]	เคลนบูเทอรอล	พ.ศ.2532-2537 สุ่มตรวจการใช้สารเคลนบูเทอรอลในโค สุกร และแกะ พบว่ามีสารดังกล่าวตกค้างในซากโค	ห้ามใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ กับสัตว์ที่เลี้ยงไว้เพื่อเป็นอาหาร
เดนมาร์ค[2/]	เบต้า-อะโกนิสต์	ตรวจพบสารดังกล่าวในเนื้อเยื่อตับโคที่ระดับ 0.1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม	ห้ามใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ กับสัตว์ที่เลี้ยงไว้เพื่อเป็นอาหาร
สเปน[2/]	เคลนบูเทอรอล	พ.ศ.2532-2533 พบผู้ที่บริโภคตับโคและเกิดพิษ 135 ราย โดยมีอาการหัวใจเต้นเร็วผิดปกติ ประสาทหลอน สั่น กระตุก และปวดศีรษะโดยแสดงอาการภายใน 30 นาทีถึง 6 ชั่วโมงและอาจจะนานถึง 40 ชั่วโมง โดยผู้ที่บริโภคตับโค 43 ครอบครัวพบว่าแสดงอาการถึง 97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตรวจพบสารตกค้างปริมาณ 160-291 ไมโครกรัม/กิโลกรัมของตับ พ.ศ.2535 พบผู้ที่บริโภคตับโคจนเกิดพิษ 232 ราย โดยมีอาการทางประสาท กล้ามเนื้อสั่นกระตุก หัวใจเต้นผิดปกติ ซึ่งจะแสดงอาการภายใน 15 นาทีถึง 6 ชั่วโมงหรือในช่วง 90 นาทีถึง 6 วันจากการตรวจปัสสาวะในผู้ป่วย 47 รายพบการตกค้างของสารดังกล่าวมีความเข้มข้น 11-486 ไมโครกรัม/ลิตร	ห้ามใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ กับสัตว์ที่เลี้ยงไว้เพื่อเป็นอาหาร
สหรัฐอเมริกา[1/]	เคลนบูเทอรอล ซาลบูทามอล	ไม่มีรายงาน	ห้ามใช้ในสัตว์ที่ใช้บริโภคผู้ที่ละเมิดจะมีการจำคุกและปรับ
สิงคโปร์[1/]	เบต้า-อะโกนิสต์	ไม่มีรายงาน	ตรวจสอบฟาร์มของประเทศที่ส่งออกไปยังสิงคโปร์ หากตรวจพบจะระงับการนำเข้า
ฮ่องกง[1/]	ซาลบูทามอล	ตรวจพบสารซาลบูทามอลตกค้างในเนื้อสุกรนำเข้าจากประเทศไทย	ห้ามใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ กับสัตว์ที่เลี้ยงไว้เพื่อเป็นอาหาร และระงับการนำเข้าเนื้อสุกรที่เลี้ยงด้วยสารเบต้า-อะโกนิสต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.14 (ต่อ)

ประเทศ	ชนิดสารเบต้า -อะโกนิสต์	รายงานผลกระทบที่เกิดขึ้น	แก้ไข
ไทย[1/]	เบต้า-อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล	ระงับการส่งออกเนื้อสุกรไปยังฮ่องกง	พ.ศ. 2522 กำหนดให้สารเคลนบูเทอรอลเป็นสินค้าที่ต้องขออนุญาตการนำเข้ามาในราชอาณาจักรและพิจารณาอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2535 ห้ามมิให้มีการนำเข้าอาหารสัตว์ทุกประเภท ที่มีสารเบต้า-อะโกนิสต์ เป็นส่วนผสม และ ห้ามเติมในอาหารสัตว์เพื่อผลิตขาย พ.ศ. 2542 สภาออก พ.ร.บ. ควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์(ฉบับที่ 2) บังคับฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ผู้ผลิต ผู้ค้า และผู้นำเข้าอาหารสัตว์ห้ามใช้สารดังกล่าว

ที่มา : [1/] ดัดแปลงจาก สมชาย วงศ์สมุทร (2545)

[2/] ดัดแปลงจาก Kuiper *et al.*(1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 ความจำเป็นที่ต้องมีการยับยั้งการใช้สารกลุ่มเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์

จากรายงานของสำนักงานปศุสัตว์เขต 2 (2544) สรุปได้ดังนี้

1)ไม่มีเอกสารทางวิชาการแสดงความปลอดภัยหรือยอมรับการใช้สารดังกล่าว

2)การใช้สารดังกล่าวเป็นการทรมานสัตว์ เนื่องจากสัตว์ที่ได้รับสารดังกล่าวจะตื่นตัวตลอดเวลา ตกใจง่ายและช็อคตายเนื่องจากความเครียดและขัดกับมาตรฐานสากลในเรื่องของสวัสดิภาพสัตว์

3) เป็นการเพิ่มต้นทุน เนื่องจากการปรับปรุงคุณภาพซากดำเนินการได้โดยการเลือกใช้อาหารสัตว์ ที่มีส่วนประกอบที่เหมาะสม การคัดเลือกพันธุ์สัตว์หรือใช้วัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ได้รับการยอมรับว่าปลอดภัย

4) การพัฒนาสายพันธุ์หยุดชะงัก เนื่องจากการแสวงหาสายพันธุ์จากต่างประเทศมาปรับปรุงเป็นพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ ต้องใช้เงินทุนสูงและกินเวลานาน อีกทั้งยังให้ผลไม่ทันเหมือนการใช้สารเร่ง

5) เป็นอุปสรรคต่อการส่งออกทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นสุกรมีชีวิต สุกรชำแหละ แช่เย็นหรือผลิตภัณฑ์แปรรูป เนื่องจากประเทศผู้นำเข้าส่วนมากจะห้ามนำเนื้อสุกรที่ไม่ปลอดสารเข้าประเทศ ทำให้เป็นตัวบั่นทอนการพัฒนาอุตสาหกรรมสุกรที่สำคัญ

6) อัตราการสูญเสียในขั้นตอนการเลี้ยงสุกรจะสูงขึ้น เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีผลต่อสุขภาพของสัตว์ จะทำให้สุกรตัวสั่น เดินตัวแข็ง เครียดง่าย สุขภาพอ่อนแอ และมีการช็อคตายมากกว่าปกติ

7) ผู้บริโภคมีความเสี่ยงต่อปัญหาด้านสุขภาพ ทำให้การบริโภคเนื้อสุกรมีน้อยและตลาดสุกรมีจำกัด ไม่สามารถรองรับผลผลิตได้หมด นำมาซึ่งปัญหาด้านราคาเมื่อมีการเลี้ยงเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล ต่อคุณภาพเนื้อสุกร โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 สัตว์ทดลอง

สุกรที่ใช้ในการทดลองเป็นสุกรขุนเพศผู้ตอนลูกผสม 3 สายพันธุ์ (พันธุ์ดูร็อค x พันธุ์แลนด์เรซ x พันธุ์ลาร์จไวท์) ที่น้ำหนักมีชีวิตประมาณ 70 กิโลกรัม ทำการเลี้ยงด้วยอาหารทดลองจนถึงน้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัม จำนวน 200 ตัว แบ่งสุกรออกเป็น 2 กลุ่มตามอาหารทดลองที่ได้รับ กลุ่มละ 100 ตัว โดย สุกรกลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม สุกรกลุ่มที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมที่มีการผสมสารซาลบูทามอล ในระดับ 15 พีพีเอ็ม

3.2 อาหารสัตว์ทดลอง

ในการทดลองจะทำการศึกษาในระยะขุนของสุกรที่น้ำหนักประมาณ 70 – 100 กิโลกรัม โดยให้สัตว์ได้รับอาหารอย่างเต็มที่ (ad libitum)ให้น้ำกินตลอดเวลา โดยใช้จุ๊บน้ำอัตโนมัติ อาหารที่ใช้ทดลองเป็นอาหารผงมีส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ดังแสดง ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรทดลอง

ส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์)	สูตรควบคุม	สูตรผสมสารซาลบูทามอล
มันสำปะหลัง	47.29	47.29
กากถั่วเหลือง	24.82	24.82
รำละเอียด	20.87	20.87
ขนไก่ป่น	3.00	3.00
ไดแคลเซียม - ฟอสเฟต	2.09	2.09
หินฝุ่น	0.98	0.98
พรีมิกซ์	0.25	0.25
ดีแอล - เมทไธโอนีน	0.13	0.13
แอล - ทรีโอนีน	0.05	0.05
รวม	**100**	**100**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ส่วนผสม (เปอร์เซ็นต์)	สูตรควบคุม	สูตรผสมสารซาลบูทามอล
สารเร่งการเจริญเติบโต (กรัม / ตัน)	135.00	135.00
สารซาลบูทามอล (กรัม / ตัน)	-	15.00
ราคาอาหาร (บาท / กิโลกรัม)	5.27	5.39
ส่วนประกอบทางเคมีที่ได้จากการคำนวณ		
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	17.02	17.02
แคลเซียม (เปอร์เซ็นต์)	1.05	1.05
ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	0.50	0.50
พลังงานใช้ประโยชน์ (กิโลแคลอรี่ / กิโลกรัม)	2949.66	2949.66
ไลซีน (เปอร์เซ็นต์)	1.08	1.08
เมทไธโอนีน + ซีสทีน (เปอร์เซ็นต์)	0.65	0.65
ทริปโตเฟน (เปอร์เซ็นต์)	0.21	0.21
ทรีโอนีน (เปอร์เซ็นต์)	0.69	0.69

3.3 ตัวอย่างเนื้อทดลอง

ใช้ตัวอย่างเนื้อจากสุกรที่น้ำหนักซากระหว่าง 80 – 90 กิโลกรัม โดยแบ่งซากสุกรออกเป็น 2 กลุ่มตามอาหารทดลอง คือ สุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอล และสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลในระดับ 15 พีพีเอ็ม กลุ่มละ 100 ซีก ตัวอย่างกล้ามเนื้อที่นำมาทดลอง คือกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ช่วงบริเวณกระดูกซี่โครงซี่ที่ 13 ถึง 16 จากซากสุกรซีกซ้าย

3.4 อุปกรณ์

3.4.1 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอิเลคโทรนิค (Sekunden – Thermometer 1103)

3.4.2 เครื่องมือวัดสีของเนื้อ (Minolta Chromameter CR – 300)

3.4.3 เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด – ด่างในเนื้อ (Knick Model 651 – 2)

3.4.4 เครื่องมือวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Instron Model 1011)

3.4.5 เครื่องชั่งอิเลคโทรนิค (Soehnle – 9VEIE - 6LR61)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.6 เครื่องบรรจุสุญญากาศ (Vacuum Package, VAMA)

3.4.7 ถุงสุญญากาศ ชนิด Polyvinyl chloride , PVC

3.4.8 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer,CECIL CE 2010)

3.4.9 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

3.4.10 ตู้อบแห้ง (Hot air oven)

3.4.11 ตู้ดูดควัน (Fume hood)

3.4.12 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง ได้แก่ ภาชนะที่ใช้ต้มตัวอย่างเนื้อ เทอร์โมมิเตอร์ คีมคีบ และเตาให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า(Hot plate)

3.4.13 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ ได้แก่ ขวดเก็บตัวอย่างเนื้อ กล้องจุลทรรศน์ (Compound microscope) กระจกสไลด์ เครื่องปั่น เครื่องแก้ว คีมคีบ และมีดผ่าตัด

3.4.14 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนในเนื้อ ได้แก่ เครื่องปั่น เครื่องแก้ว คีมคีบ และมีดผ่าตัด

3.4.15 ถังบรรจุไนโตรเจนเหลว

3.4.16 อุปกรณ์ที่ใช้ในการชำแหละและตัดแต่งซาก

3.5 สารเคมี

3.5.1 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0.9 %

3.5.2 สารละลายฟอร์มาลีน (Formaline) ความเข้มข้น 4 %

3.5.3 ไนโตรเจนเหลว

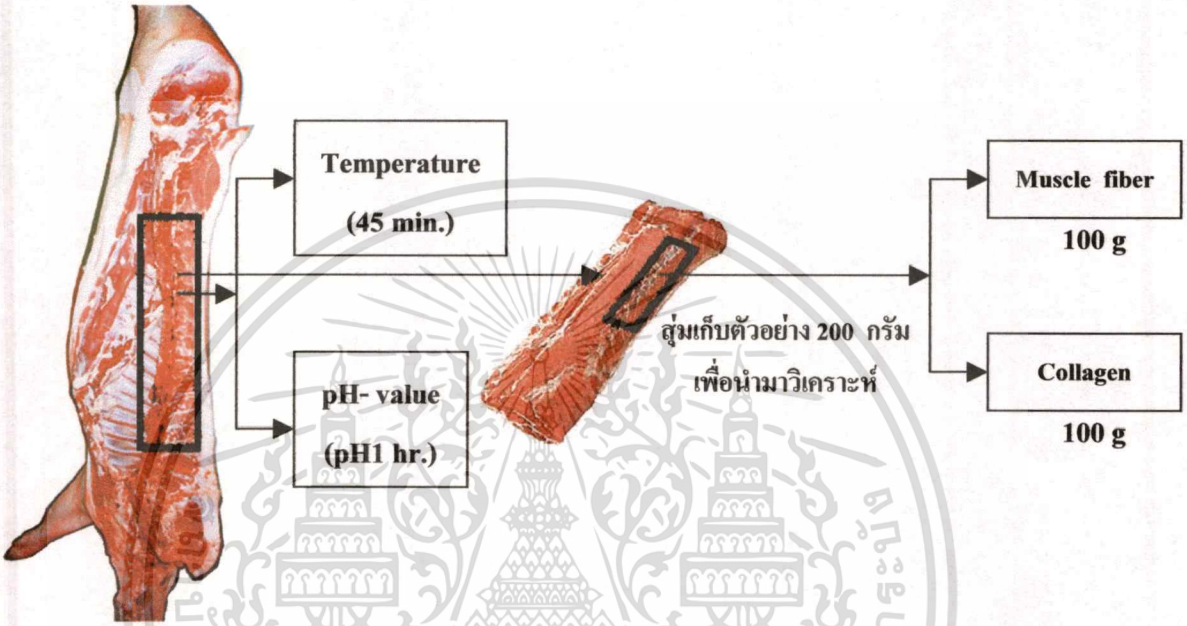
3.5.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนในเนื้อ ตามคำแนะนำของ AOAC. (1995)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วิธีการ

ขั้นตอนในการดำเนินงาน แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยทำการศึกษาจากซากสุกรซีกซ้าย ดังนี้

(ก) ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาคุณภาพเนื้อ และสุ่มเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ ที่ช่วงเวลา 45 นาทีถึง 1 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย สามารถแสดงวิธีการดำเนินงานได้ดังนี้



ภาพที่ 3.1 แสดงการศึกษาคุณภาพเนื้อของขั้นตอนที่ 1

1. การวัดอุณหภูมิ (temperature)

วัดอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อจากซากสุกรขณะแขวนซากโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอิเลคโทรนิค ทำการวัดที่ใจกลางกล้ามเนื้อสันนอก ซึ่งแทงลึกลงไปประมาณ 2 - 3 เซ็นติเมตร ระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 13 และ 14 ของสุกรกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีการผสมสารซาลบูทามอลในระดับสูงและสุกรกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ไม่มีการผสมสารซาลบูทามอล กลุ่มละ 100 ตัว

2. การวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH value)

วัดค่าความเป็นกรด – ด่างของกล้ามเนื้อสันนอกที่ 45 นาที ภายหลังสัตว์ตาย (pH1) จากซากสุกรขณะแขวนซาก โดยใช้เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด – ด่างในเนื้อ ทำการวัดที่ใจกลางกล้ามเนื้อสันนอก ซึ่งจะใช้แท่ง electrode แทงลึกลงไปประมาณ 1.5 เซ็นติเมตร ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระดูกซี่โครงซี่ที่ 13 และ 14 จากสุกรกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีการผสมสารซาลบูทามอลในระดับสูง และสุกรกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ไม่มีการผสมสารซาลบูทามอล กลุ่มละ 100 ตัว

3. เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก ขณะแขวนซาก ที่ 45 นาทีถึง 1 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย โดยใช้คีมคีบดึงเอาส่วนของกล้ามเนื้อสันนอกไว้ แล้วใช้มีดผ่าตัด ตัดกล้ามเนื้อดังกล่าวให้ได้ประมาณ 200 กรัม ใส่ลงในถุงพลาสติก จากสุกรกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีการผสมสารซาลบูทามอลในระดับสูง และสุกรกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ไม่มีการผสมสารซาลบูทามอล กลุ่มละ 30 ตัวอย่าง เพื่อนำมาทำการตรวจคุณภาพเนื้อเกี่ยวกับ การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ และหาปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ ดังนี้

3.1 การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber)

การหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อกระทำตามวิธีการของ Tuma *et al.* (1962) ซึ่งการวัดขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อทำได้โดยการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อด้วยการใช้ Ocular micrometer มีวิธีการดังนี้

3.1.1 นำตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกออกจากซากที่ระยะเวลา 45 - 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย แช่ไว้ในสารละลายฟอร์มาลีนความเข้มข้น 4 % นานอย่างน้อย 48 ชั่วโมง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส

3.1.2 หั่นตัวอย่างเนื้อให้หนาประมาณ 1/8 นิ้ว ใส่ตัวอย่างลงในเครื่องปั่น เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.9 % ปริมาณ 50 มิลลิลิตรลงไป จากนั้นปั่นตัวอย่างด้วยความเร็วต่ำเป็นเวลา 30 วินาที

3.1.3 ใช้หลอดหยดดูดตัวอย่างที่ปั่นแล้วหยดลงบนแผ่นสไลด์ ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์แล้วนำไปวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่ติดด้วย ocular micrometer กำลังขยาย 10X x 15X

3.1.4 วัดความกว้างของเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมด 50 เส้นต่อหนึ่งตัวอย่าง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

3.1.5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อคำนวณได้จากสูตร

D = CF x ความยาว 1 ช่องของ stage micrometer x 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ , ไมครอน

CF = conversion factor

$$= \frac{\text{จำนวนช่องของ Stage micrometer}}{\text{จำนวนช่องของ Ocular micrometer}}$$

3.2 การหาปริมาณคอลลาเจน (collagen)

สุ่มเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกจากซากซีกซ้ายของสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลผสมในอาหารและจากซากสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอลผสมในอาหาร กลุ่มละ 30 ตัวอย่าง ที่ระยะเวลา 45 นาทีถึง 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย โดยใช้คีมคีบและมีดผ่าตัดตัดตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกประมาณ 100 กรัมใส่ในถุงพลาสติก จากนั้นนำมาห่อด้วยถุงบรรจุสุญญากาศใช้ด้ายมัดให้แน่นแล้วนำไปเก็บไว้ในถังบรรจุไนโตรเจนเหลว เมื่อเริ่มทำการทดลองนำเนื้อดังกล่าวมาละลายน้ำแข็งโดยวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นแล้วจึงนำมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณคอลลาเจนด้วยวิธีการของ AOAC. (1995) ดังนี้

3.2.1 นำตัวอย่างเนื้อมาวางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็น จนน้ำแข็งละลาย จากนั้นใช้มีดเลาะเอาพังผืด เอ็น และไขมันออก แล้วหั่นตัวอย่างเนื้อดังกล่าวให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 3 มิลลิเมตร นำไปบดและผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องปั่น

3.2.2 ชั่งตัวอย่างเนื้อที่บดแล้วประมาณ 4 กรัมใส่ลงใน erlenmeyer flask

3.2.3 เติม H_2SO_4 ความเข้มข้น 7 N ปริมาณ 30 มิลลิลิตรใส่ลงไปให้ท่วมตัวอย่างเนื้อ ปิดด้วยกระจกนาฬิกา แล้วนำเข้าเตาอบเพื่อทำการไฮโดรไลส์ที่อุณหภูมิ 105 $\pm$ 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง

3.2.4 ถ่ายสารละลายที่ไฮโดรไลส์ลงใน volumetric flaskขนาด 500 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำกลั่นช่วย จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 500 มิลลิลิตร

3.2.5 กรองสารละลายผ่านกระดาษกรองลงใน erlenmeyer flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.2.6 ปิเปตสารละลายจากข้อ(3.2.5) มา 5 มิลลิลิตรใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร

3.2.7 ปิเปตสารละลายจากข้อ (3.2.6) มา 2 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง ส่วนของ blank ใช้น้ำกลั่น 2 มิลลิลิตรแทน

3.2.8 เติม oxidant solution คือ chloramine – T ลงไป 1 มิลลิลิตร เขย่าหลอดทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 20 $\pm$ 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.9 เติม color reagent คือ 4 – dimethylaminobenzaldehyde ลงไป หลอดละ 1 มิลลิลิตร เขย่าหลอด แล้วปิดฝาด้วย aluminum foil

3.2.10 นำไปอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 60 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปทำให้เย็นโดยให้น้ำไหลผ่านหลอดนานอย่างน้อย 3 นาที

3.2.11 นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 558 ± 2 นาโนเมตร

3.2.12 วิเคราะห์หาปริมาณไฮดรอกซีโปรลีน (hydroxyproline)

ได้จากสูตร $H = (h \times 2.5)/(m \times V)$

เมื่อ H = ปริมาณไฮดรอกซีโปรลีน , (กรัม / 100 กรัม)

h = ความเข้มข้นของไฮดรอกซีโปรลีน,(ไมโครกรัม/ 2 มิลลิลิตร) ที่อ่านจาก calibration curve

m = น้ำหนักตัวอย่างเนื้อ

V = ปริมาตรของสารละลายที่ใช้เจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร จากข้อ (3.2.6) (ในที่นี้เท่ากับ 5 มิลลิลิตร)

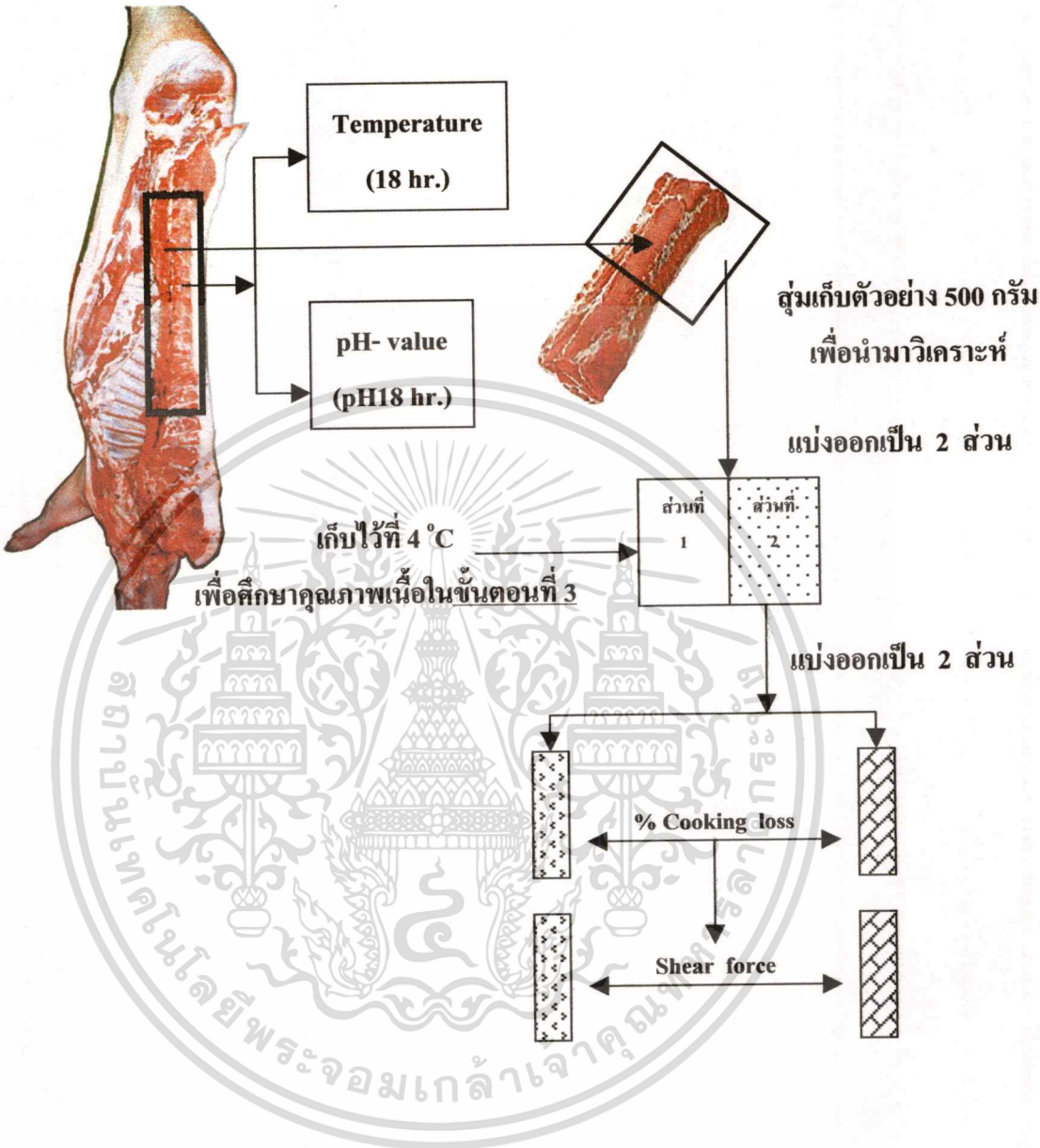
3.2.13 ปริมาณคอลลาเจน (collagen content, C)

$C = H \times 8$

เมื่อ C = ปริมาณคอลลาเจน , กรัม / 100 กรัม ซึ่งเป็นค่าคำนวณที่ได้จากปริมาณไฮดรอกซี่โพรลีน 12.5 กรัมที่พบในเส้นใยคอลลาเจน 100 กรัม

(ข) ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาคุณภาพเนื้อ และสุ่มเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ ที่ช่วงเวลา 18 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย สามารถแสดงวิธีการดำเนินงานได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 แสดงการศึกษาคุณภาพเนื้อของขั้นตอนที่ 2

1. การวัดอุณหภูมิ

ทำการวัดอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อจากซากขณะแขวนหลังจากเก็บซากไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย โดยวิธีการวัดและตำแหน่งของการวัดเช่นเดียวกันกับ ข้อ(1) ในขั้นตอนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง

ทำการวัดค่าความเป็นกรด – ด่างจากซากขณะแขวน หลังจากเก็บซากไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย โดยวิธีการวัดและตำแหน่งของการวัดเช่นเดียวกันกับ ข้อ(2) ในขั้นตอนที่ 1

3. เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อ

เก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก หลังจากทำการตัดแต่งซากแยกชิ้นส่วนแล้ว โดยตัดชิ้นเนื้อให้ได้ประมาณ 500 กรัม แล้วแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ใส่ถุงเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปศึกษาเกี่ยวกับค่า pH ที่ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย และทำการวัดสีของเนื้อต่อไป ส่วนที่ 2 ตัดให้มีขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 10 x 5 เซ็นติเมตร และหนาประมาณ 2 เซ็นติเมตร จำนวน 2 ชิ้น เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง และวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ดังนี้

3.1 การหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (cooking loss)

ตัดชิ้นส่วนกล้ามเนื้อสันนอกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดประมาณ 10 x 5 เซ็นติเมตร หนาประมาณ 2 เซ็นติเมตร ชั่งน้ำหนักกล้ามเนื้อแต่ละชิ้นบันทึกค่าน้ำหนักเริ่มต้นเป็น W_1 นำชิ้นเนื้อใส่ลงในถุงสุญญากาศแล้วเข้าเครื่องบรรจุสุญญากาศ เพื่อดูดอากาศออก จากนั้นนำไปต้มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ(water bath) โดยเริ่มจับเวลาที่อุณหภูมิน้ำ 75 °C จนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางชิ้นเนื้อ ประมาณ 70°C ซึ่งใช้เวลานานประมาณ 50 นาที จากนั้นนำถุงบรรจุเนื้อที่ผ่านการทำให้สุกแล้วไปทำให้เย็น โดยแช่น้ำให้น้ำไหลผ่านประมาณ 20 - 40 นาที แล้วนำเนื้อออกจากถุง ชั่งน้ำหนักชิ้นเนื้อที่ผ่านการทำให้สุกแล้วเป็นค่า W_2 แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง ตามวิธีการของ Berge *et al.* (1993)

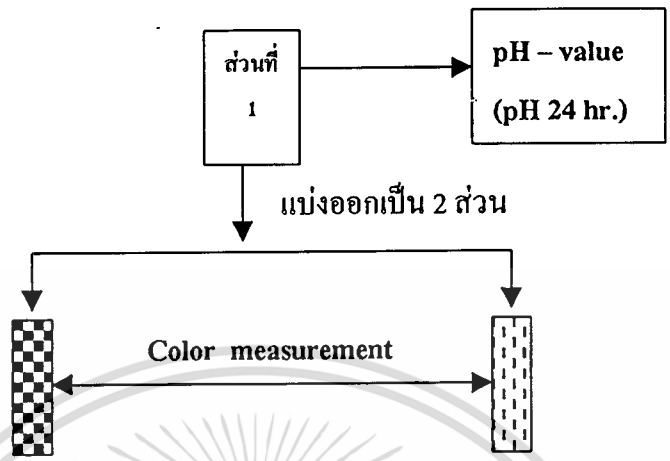
$$\text{สูตร การหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

3.2 การหาค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force)

นำตัวอย่างชิ้นเนื้อที่ผ่านขั้นตอนการหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (จากข้อ3.1) มาตัดเป็นแท่งยาวรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยใช้มีดตัดตามแนวยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีขนาดยาวประมาณ 3 เซ็นติเมตรและมีพื้นที่หน้าตัดของขนาดชิ้นเนื้อประมาณ 1.25 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร จากนั้นนำชิ้นเนื้อไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่องมือวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ(Instron Model 1011)โดยตัดตามขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อตามวิธีการของ Van Oeckel *et al.* (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาคุณภาพเนื้อ ที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย โดยนำชิ้นเนื้อส่วนที่ 1 จากขั้นตอนที่ 2 มาทำการศึกษา ซึ่งสามารถแสดงวิธีการดำเนินงานได้ดังนี้



ภาพที่ 3.3 แสดงการศึกษาคุณภาพเนื้อของขั้นตอนที่ 3

1. การวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง

ทำการวัดค่าความเป็นกรด – ด่างของกล้ามเนื้อสันนอก ที่ทำการตัดแต่งซากแยกชิ้นส่วนแล้ว และนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย โดยจะทำการวัดชิ้นส่วนที่ 1 ของกล้ามเนื้อที่แยกออกจากซากดังภาพที่ 3.3 วิธีการวัดและตำแหน่งของการวัดเช่นเดียวกันกับ ข้อ(2) ในขั้นตอนที่ 1

2. การวัดสีของเนื้อ (color measurement)

นำตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก ที่ทำการตัดแต่งซากแยกชิ้นส่วนแล้ว และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย มาทำการวัดสี ซึ่งเป็นชิ้นเนื้อส่วนที่ 1 ในขั้นตอนที่ 2 โดยตัดแบ่งชิ้นเนื้อออกเป็น 2 ชิ้นให้มีขนาดกว้าง x ยาว ประมาณ 5 x 10 เซ็นติเมตร และหนาประมาณ 3 เซ็นติเมตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (18 °C) นานประมาณ 30 นาที เพื่อให้ออกซิเจนในอากาศได้แทรกเข้าไปในผิวหน้าตัดชิ้นเนื้อ จากนั้นนำไปวัดสีด้วยเครื่องมือวัดสีของเนื้อ (Minolta Chromameter CR – 300) ซึ่งจะแสดงผลในรูปของ L*(lightness) a*(redness) และ b*(yellowness) แต่ในการศึกษาจะพิจารณาจากค่า L* และค่า a* โดยจะศึกษาจากกล้ามเนื้อสันนอก ของสุกรกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีการผสมสารซาลบูทามอลในระดับสูง และสุกรกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ไม่มีการผสมสารซาลบูทามอลกลุ่มละ 100 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลจากซากสุกรซีกซ้ายของสุกรกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่ไม่มีการผสมสารซาลบูทามอลและสุกรกลุ่มที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรที่มีการผสมสารซาลบูทามอลในระดับสูงดังนี้

3.7.1 บันทึกอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอกในช่วง 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมง และ 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

3.7.2 บันทึกค่าความเป็นกรด – ด่างบริเวณกล้ามเนื้อสันนอกในช่วง 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ที่ 18 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

3.7.3 บันทึกน้ำหนักชิ้นเนื้อเพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง ของกล้ามเนื้อสันนอก ในช่วง 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

3.7.4 บันทึกค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอก ที่ผ่านการปรุงแล้วที่ระยะเวลา 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

3.7.5 บันทึกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อสันนอก

3.7.6บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงspectrophotometer ในการหาปริมาณคอลลาเจนของกล้ามเนื้อสันนอก ในช่วง 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย

3.7.7 บันทึกค่าการวัดสีของเนื้อ ที่ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ของกล้ามเนื้อสันนอก โดยบันทึกค่า L* และค่า a*

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกคือ ค่าอุณหภูมิภายในเนื้อ ความเป็นกรด – ด่าง แรงตัดผ่านเนื้อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ และค่าที่ได้จากการคำนวณแล้วคือ ค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง และปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี T-test โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SAS (1985)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล ต่อคุณภาพเนื้อสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอลและที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมที่มีการผสมสารซาลบูทามอลในระดับ 15 พีพีเอ็ม โดยทำการศึกษาคุณภาพเนื้อเกี่ยวกับ อุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อ ค่าความเป็นกรด – ด่าง(pH) ภายในกล้ามเนื้อ สีของเนื้อ ปริมาณคอลลาเจนภายในกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ โดยทำการศึกษาจากกล้ามเนื้อสันนอก (*M. longissimus dorsi*) ช่วงบริเวณกระดูกซี่โครงซี่ที่ 13 ถึง 16 จากซากสุกรซีกซ้ายจากการศึกษาตามขั้นตอนการดำเนินงานได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 การศึกษาผลของสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล ที่มีต่อค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) และอุณหภูมิภายในใจกลางของกล้ามเนื้อ

จากการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรด - ด่างของกล้ามเนื้อสันนอกที่ 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย(pH1) ระหว่างสุกรกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับสารซาลบูทามอล พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.39 และ 6.37 ตามลำดับ ทั้งนี้ในสุกรทดลองทั้งสองกลุ่มไม่พบว่า มีค่า pH1 ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5.8 แต่ที่ 18 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P < 0.01$) โดยมีค่าเท่ากับ 5.89 และ 5.76 และเท่ากับ 5.80 และ 5.64 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอล มีค่าความเป็นกรด - ด่าง ที่ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย(pH24) ที่มากกว่า 6.0 มีจำนวน 14 ตัว ขณะที่กลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอลมีจำนวนเท่ากับ 1 ตัว ดังแสดงในตารางที่ 4.1

อุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอก ที่ 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมง และที่ 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) คือ สุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอล มีอุณหภูมิที่ใจกลางกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าสุกรที่ไม่ได้รับสาร ซึ่งมีค่าอุณหภูมิที่ 45 นาทีถึง 1 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย เท่ากับ 40.76 และ 39.35 องศาเซลเซียส และที่ 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย เท่ากับ 6.86 และ 4.25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) และอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอกในสุกรขุนที่ไม่ได้รับและที่ได้รับสารซาลบูทามอล (n = 100)

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มที่ไม่ได้รับสาร	กลุ่มที่ได้รับสาร
pH 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	6.37 ± 0.26	6.39 ± 0.25
pH 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ≤ 5.8 (ตัว)	0	0
pH 18 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	5.76 ± 0.02[ก]	5.89 ± 0.18[ข]
pH 24 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	5.64 ± 0.01[ก]	5.80 ± 0.01[ข]
pH 24 ชั่วโมง > 6.0 (ตัว)	1	14
อุณหภูมิ(°C) 45 นาทีถึง 1 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	39.35 ± 0.07[ก]	40.76 ± 0.08[ข]
อุณหภูมิ (°C) 18 ชั่วโมง (ภายหลังสัตว์ตาย)	4.25 ± 0.08[ก]	6.86 ± 0.12[ข]

[ก ข] อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P < 0.01)

4.2 ผลของสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ซาลบูทามอล ที่มีต่อคุณภาพเนื้อ

ผลของสารซาลบูทามอลที่มีต่อคุณภาพเนื้อ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ ปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ สีของเนื้อ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง และค่าแรงตัดผ่านเนื้อ ระหว่างสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารและได้รับสารซาลบูทามอลแสดงผลในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบคุณภาพเนื้อสุกรที่ไม่ได้รับและที่ได้รับสารซาลบูทามอล (n = 100)

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มที่ไม่ได้รับสาร	กลุ่มที่ได้รับสาร
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ(ไมครอน)	104.02 ± 1.57[ก]	127.72 ± 1.61[ข]
คอลลาเจน (กรัม / 100 กรัม)	2.58 ± 0.11	2.45 ± 0.11
ค่าสีของเนื้อ		
L*(lightness)	53.09 ± 0.34[ก]	50.80 ± 0.38[ข]
a* (redness)	4.76 ± 0.08[ก]	3.13 ± 0.07[ข]
การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (เปอร์เซ็นต์)	33.29 ± 0.46[ก]	30.22 ± 0.30[ข]
ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร)	5.80 ± 0.08[ก]	6.33 ± 0.08[ข]

[ก ข] อักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P < 0.01)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 ผลที่มีต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ

การใช้สารซาลบูทามอลมีผลทำให้ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P<0.01$) โดยพบว่ากลุ่มที่ได้รับสารมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อ เท่ากับ 127.72 ในขณะที่กลุ่มที่ไม่ได้รับสารมีค่าเท่ากับ 104.02 ไมครอน

4.2.2 ผลที่มีต่อปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ

ปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อสันนอกระหว่างสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารและได้รับสารซาลบูทามอล ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ สุกรที่ได้รับอาหารสูตรผสมสารซาลบูทามอลมีแนวโน้มว่าปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อ มีปริมาณน้อยกว่าสุกรที่ไม่ได้รับสาร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.45 และ 2.58 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ

4.2.3 ผลที่มีต่อสีของเนื้อ

สุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอลมีค่าความสว่างของสีเนื้อ (lightness,L*) และค่าสีแดงของเนื้อ (redness, a*) สูงกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอล โดยพบว่า ค่า L* เท่ากับ 53.09 และ 50.80 และค่า a* เท่ากับ 4.76 และ 3.13 ตามลำดับ ซึ่งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

4.2.4 ผลที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง

การใช้สารซาลบูทามอลมีผลทำให้การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P<0.01$)โดยพบว่ากลุ่มที่ได้รับสารและกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอลมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง เท่ากับ 30.22 และ 33.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.2.5 ผลที่มีต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

สุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอก สูงกว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติโดยมีค่าเท่ากับ 6.33 และ 5.80 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ($P<0.01$) แสดงให้เห็นว่าการใช้สารซาลบูทามอลมีผลทำให้ความนุ่มของเนื้อลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในกล้ามเนื้อ

จากการทดลองพบว่าการใช้สารซาลบูทามอลมีผลทำให้ค่า pH ในกล้ามเนื้อสันนอกลดลงช้ากว่าการไม่ใช้สารซาลบูทามอล โดยพบว่า ค่า pH ที่ 45 นาทีภายหลังสัตว์ตายในกลุ่มที่ใช้สารและไม่ใช้สารซาลบูทามอล มีค่าเท่ากับ 6.39 และ 6.37 ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่า pH ที่ 18 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 5.89 และ 5.76 ($P<0.01$) และค่า pH ที่ 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 5.80 และ 5.64 ($P<0.01$) ตามลำดับ จากรายงานของ Cheah *et al.* (1998) กล่าวว่า ถ้าค่า pH ที่ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย (pHu) ที่มากกว่า 6.0 จะแสดงถึงโอกาสที่เนื้อจะมีลักษณะเนื้อ DFD ทั้งนี้ในสุกรทดลองจำนวน 100 ตัว พบว่า มีจำนวนสุกรถึง 14 ตัวในกลุ่มที่ใช้สาร และกลุ่มที่ไม่ใช้สาร มีเพียง 1 ตัว แสดงว่าการใช้สารซาลบูทามอล มีโอกาสที่เนื้อจะเป็น DFD สูงกว่า ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Warriss *et al.*(1990a) ที่ได้ทดลองเปรียบเทียบกลุ่มที่ใช้สารซาลบูทามอลที่ระดับ 3 พีพีเอ็ม และกลุ่มที่ไม่ใช้สาร พบว่า ไม่มีความแตกต่างระหว่างค่า pH ที่ 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย แต่พบความแตกต่างที่ pHu ค่า pH ที่ 24 ชั่วโมงของกล้ามเนื้อ Longissimus dorsi กล้ามเนื้อ Semitendinosus และกล้ามเนื้อ Adductor ของสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเฉพาะในกล้ามเนื้อ Adductor ซึ่งพบว่า 40 เปอร์เซ็นต์ของสุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอล มีค่า ultimate pH มากกว่า 6.0 เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรกลุ่มควบคุม ซึ่งมีเพียง 15 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะเนื้อสัมผัสมีลักษณะแน่น แห้ง และมีสีคล้ำ(DFD)มากขึ้น

การที่ ค่า ultimate pH ในกล้ามเนื้อสุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีแนวโน้มสูงกว่าสุกรกลุ่มควบคุม เนื่องจากสารดังกล่าวจะไปเร่งการทำงานของกล้ามเนื้อโดยสารจะไปเร่งการสลายไขมันในกล้ามเนื้อให้เปลี่ยนไปเป็นการสร้างโปรตีนให้มากที่สุด ในขณะที่สัตว์มีชีวิตอยู่ ทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้ออยู่ตลอดเวลา ทำให้ขณะมีชีวิตปริมาณไกลโคเจนที่สะสมในกล้ามเนื้อและตับจึงถูกใช้ไปเกือบหมด ดังนั้นการให้ได้มาซึ่งพลังงานจากการย่อยสลายไกลโคเจนภายหลังสัตว์ตาย จึงต้องอาศัยขบวนการ anaerobic metabolism (ไม่ใช้ออกซิเจน) ก็อาจจะไม่เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นน้อยมาก ทำให้ไกลโคเจนในตับและกล้ามเนื้อซึ่งถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไพรูวิคและต่อจากนั้นจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติค และได้พลังงานในรูป ATP เกิดขึ้นน้อยด้วย จึงส่งผลต่อระดับกรดในเนื้อทำให้ ปริมาณกรดแลคติคในเนื้อเพิ่มขึ้นช้าและเกิดขึ้นน้อย ดังนั้น ค่า pHu ลดลงเพียงเล็กน้อยจากค่า pH1 ค่า pH ที่ได้จึงยังสูงอยู่มีผลทำให้โอกาสที่จะเกิดลักษณะเนื้อ DFD ได้สูง (Hansen *et al.*1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อ (temperature)

สุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีผลทำให้อุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 40.76 และ 39.35 องศาเซลเซียส ที่ 45 นาทีภายหลังสัตว์ตาย ตามลำดับ เช่นเดียวกับที่ช่วงเวลา 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.86 และ 4.25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก สารเบต้า - อะโกนิสต์ ก่อให้เกิดการทำงานของกล้ามเนื้อขณะที่สุกรมีชีวิตอยู่สูง เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ (2537) รายงานว่า สุกรที่ได้รับสารเบต้า - อะโกนิสต์ มีโอกาสที่จะเกิดการไหลเวียนเลือดไปบริเวณขาหลังและกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น ทำให้ขณะสัตว์มีชีวิตมีการสร้างความร้อนเพิ่มขึ้น โดยการใช้พลังงานจากไขมันที่สะสมอยู่ เมื่อสัตว์ตายความร้อนที่เกิดขึ้นภายในกล้ามเนื้อไม่สามารถถ่ายเทออกสู่ภายนอกหรือมีการถ่ายเทออกมาเพียงระดับหนึ่ง ทำให้อุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อของสุกรกลุ่มที่ได้รับสารมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร เหตุผลดังกล่าวมีความเป็นไปได้มาก สอดคล้องกับ สายชล เลิศสุวรรณ (2544) ซึ่งได้ทำการทดลองใช้สุกรขุนทดลองเช่นเดียวกับการทดลองนี้ พบว่าปริมาณแคลเซี่ยมในกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรขุนที่ใช้สารเร่งเนื้อแดงมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ซึ่ง Ca^{++} มีความสำคัญในการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อแสดงว่ากล้ามเนื้อของสุกรที่มีการใช้สารมีการทำงานสูง นอกจากนี้ Geesink *et al.* (1993) พบว่า ระยะเวลา 30 นาทีภายหลังสัตว์ตายแม้ไม่พบความแตกต่างของค่าอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอกของเนื้อลูกโคที่ได้รับและไม่ได้รับสารเคลนบูเทอรอล แต่มีแนวโน้มว่าเนื้อโคที่ได้รับสารมีอุณหภูมิสูงกว่าเนื้อโคที่ไม่ได้รับสาร

5.3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber)

ผลการศึกษาสารซาลบูทามอลต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ พบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีผลทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอกมีขนาดใหญ่กว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P<0.01$) มีค่าเท่ากับ 127.72 และ 104.02 ไมครอน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารซาลบูทามอลมีผลทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีผลต่อการเพิ่มขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อ(hypertrophy)

ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ Oksbjerg *et al.*(1994) ที่พบว่าการใช้สารซาลบูทามอลในอาหารสุกรที่ระดับ 3 พีพีเอ็ม มีผลเพิ่มการสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อ เนื่องมาจากสารเบต้า – อะโกนิสต์ มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ Type A ซึ่งมีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อเล็กกว่าไปเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อ Type B ที่มีขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่กว่า จากเหตุผลนี้จึงสอดคล้องกับผลการทดลองที่พบว่า กลุ่มที่มีการใช้สารซาลบูทามอลขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อจะมากกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้สารซาลบูทามอล และผลการทดลองของ สายชล เลิศสุวรรณ (2544) พบว่า ขนาดพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตัดเนื้อสันนอกของสุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลใหญ่กว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสารอย่างนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ซึ่งอาจจะเป็นผลเนื่องมาจากการขยายขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ

5.4 ปริมาณคอลลาเจน (collagen)

ผลการศึกษาสารซาลบูทามอลต่อปริมาณคอลลาเจน พบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับสารซาลบูทามอลมีปริมาณคอลลาเจนภายในกล้ามเนื้อสันนอก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลปริมาณคอลลาเจนมีน้อยกว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอล กล่าวคือ กลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับสารมีปริมาณคอลลาเจน เท่ากับ 2.45 และ 2.58 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับการทดลองของ Baland and Monin (1987) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อองค์ประกอบของคอลลาเจนที่มีอยู่ในคอลลาเจนของสุกรแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกัน และแนวโน้มของปริมาณไฮดรอกซีโพรลีนในกล้ามเนื้อแต่ละชนิดก็แตกต่างกัน โดยพบว่าปริมาณไฮดรอกซีโพรลีนในกล้ามเนื้อสะโพกบริเวณพับนอก(*M.biceps femoris*) และกล้ามเนื้อสันนอก(*M. longissimus dorsi*) ของสุกรสายพันธุ์เพียร์เทรนจะต่ำกว่าในสุกรสายพันธุ์ลาร์จไวท์ ซึ่งพบว่าขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อของสุกรเพียร์เทรนจะน้อยกว่า การที่กล้ามเนื้อมีขนาดเซลล์ใหญ่จะพบว่าปริมาณคอลลาเจนจะมีแนวโน้มลดลง นอกจากนี้มีรายงานของ Dawson *et al.* (1990) พบว่าการใช้สารเคลนบูเทอรอลในการขุนโคจะลดปริมาณคอลลาเจนในกล้ามเนื้อที่ได้ทำการศึกษาทั้ง 2 ชนิด คือ กล้ามเนื้อสันนอก กล้ามเนื้อสะโพกบริเวณพับนอก (*M. semitendinosus*) และกล้ามเนื้อบริเวณหัวเข่า (*M.vastus lateralis*)

5.5 สีของเนื้อ (meat color)

ผลการศึกษาสารซาลบูทามอลต่อสีของเนื้อ พบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีผลทำให้สีของกล้ามเนื้อสันนอกเข้มกว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสาร ($P<0.01$) กล่าวคือ มีค่า L* (lightness) ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสารโดยมีค่าเท่ากับ 50.80 และ 53.09 ตามลำดับ การที่กลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีสีของเนื้อเข้มกว่า กล่าวคือ มีค่า L* น้อยกว่า หรือมีความสว่างสดใสของเนื้อน้อยกว่าเนื่องมาจากการที่ค่า pH ในกล้ามเนื้อของสุกรที่ได้รับสารสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร ซึ่งในเรื่องนี้ Geesink *et al.*(1993) ได้อธิบายว่า ถ้าเนื้อมีค่า pH สูง ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อจะสูง ดังนั้นโปรตีนในเนื้อจะอุ้มน้ำไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำจะไม่ซึมออกมาที่ผิวเนื้อทำให้การสะท้อนกลับของแสงน้อย ค่า L* จะต่ำ นอกจากนี้การใช้สาะซาลบูทามอลทำให้ ค่า pHu สูง ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้ออยู่อย่างเบียดชิดกันเพราะการมีคุณสมบัติที่ดีของการจับกันระหว่างโมเลกุลของน้ำและโปรตีน น้ำจึงไม่ซึมออกจากเนื้อโอกาสที่ออกซิเจนจะแทรกตัวเข้าไปอยู่ระหว่างเส้นใยกล้ามเนื้อก็มีน้อย และการสะท้อนแสงบนพื้นผิวบังเกิดขึ้นน้อยมาก จึงทำให้เนื้อแน่น มีสีคล้ำและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างแห้ง มีแนวโน้มของการเกิดลักษณะเนื้อ DFD นอกจากนี้ Cheah *et al.* (1998) รายงานว่า ค่า pHu ที่มากกว่า 6.0 และค่า L* น้อยกว่า 50 มีโอกาสที่เนื้อจะเป็น DFD ได้มาก

กลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอล พบว่า ค่า a* (redness) น้อยกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร (3.13 และ 4.76) Uttaro *et al.* (1993) รายงานว่า ค่า a* เป็นค่าที่แสดงถึงความเป็นสีแดงของเนื้อ โดยที่ค่า a* ใช้เป็นตัววัดจำนวน oxymyoglobin ในชิ้นเนื้อ ซึ่งเม็ดสีที่อยู่ในรูป oxymyoglobin จะเป็นสีแดงสด และมักจะมีมากในบริเวณผิวนอกของเนื้อสัตว์ จากการวัดสีของกล้ามเนื้อสะโพก(ham) และกล้ามเนื้อสันหลัง(loin) ของสุกรที่ได้รับสารแรคโตพามีน พบว่าการใช้สารดังกล่าวทำให้จำนวนของ oxymyoglobin ในชิ้นเนื้อมีปริมาณลดลง แต่ไม่มีผลต่อการเกิดลักษณะเนื้อ DFD หรือลักษณะเนื้อ PSE Anderson *et al.* (1991) รายงานว่าความแตกต่างของค่า a* ในสัตว์ที่ได้รับสารแรคโตพามีนบางการทดลองมีค่าต่ำ เนื่องจากสารแรคโตพามีนมีผลทำให้จำนวนของเส้นใยสีแดง (red fiber) มีค่าคงที่ ขณะที่ intermediate fibers มีการเปลี่ยนไปเป็นเส้นใยสีขาว(white fiber) หรือ เส้นใยชนิด Type II นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Moser *et al.*(1986) ที่พบว่า สุกรที่ได้รับสารเบต้า - อะโกนิสต์ จะทำให้ความเข้มข้นของ heme pigment ลดลง

จากรายงานของ Oksbjerg *et al.*(1994) พบว่า การใช้สารซาลบูทามอลในอาหารสุกรระดับ 3 พีพีเอ็ม มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนของเส้นใยกล้ามเนื้อ Type A เป็นชนิด Type B เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่การทดลองนี้กลุ่มสุกรที่มีการใช้สารซาลบูทามอล จะมีชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ Type B จะเพิ่มขึ้นและชนิด Type A ลดลงในกลุ่มที่ได้รับสาร จึงมีผลทำให้สีของเนื้อมีสีแดง (ค่า a*) น้อยกว่า ทั้งนี้เพราะค่า a* มีความสัมพันธ์กับปริมาณเม็ดสีในเนื้อ (Warriss *et al.* 1990a; Uttaro *et al.* 1993 and Berge *et al.* 1993) ดังนั้นเมื่อเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type A ลดลงจึงเป็นไปได้ที่สีแดงของเนื้อ (a*) จะลดลงทั้งนี้เพราะเส้นใยกล้ามเนื้อชนิด Type A จัดเป็นพวก oxidative fibers ที่มีปริมาณไมโอโกลบินสูง ส่วนชนิด Type B เป็นชนิดที่มีไมโอโกลบินต่ำ (Pearson and Young. 1989)

5.6 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (cooking loss)

ผลการศึกษาสารซาลบูทามอลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง พบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของกล้ามเนื้อสันนอก น้อยกว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P<0.01$) (30.22 และ 33.29 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Berge *et al.*(1993) ทั้งนี้เนื่องมาจากค่า pH ในเนื้อกลุ่มที่ได้รับสารมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร ซึ่งมีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อสูงกว่า ดังนั้นการสูญเสียน้ำในระหว่างการปรุงก็จะลดน้อยลงตามไปด้วย การที่เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิตินั้น เนื่องมาจาก สุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีแนวโน้มว่าเกิดลักษณะเนื้อ DFD สูง ซึ่งมีค่าความเป็น

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรด – ด่าง (pH) ในเนื้อสูง ดังนั้นการเกาะกันระหว่างน้ำและโปรตีนในเนื้อสูง จึงทำให้เนื้อมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดีด้วย นั่นคือเนื้อลักษณะนี้จะมีโอกาสที่น้ำของเนื้อไหลซึมออกไปน้อยมาก นอกจากนี้อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณไขมันแทรกในเนื้อกลุ่มที่ได้รับสารต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับสาร ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.76 และ 1.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สายชล เลิศสุวรรณ. 2544) ปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อจะช่วยลดการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539)

Uttaro *et al.*(1993) รายงานว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารแรคโตพามีน มีผลทำให้การสูญเสียน้ำออกจากกล้ามเนื้อมากกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับสารแรคโตพามีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากรายงานของ Hansen *et al.*(1994) พบว่า สุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลที่ระดับ 2.75 พีพีเอ็มนั้นไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง เช่นเดียวกับ Yen *et al.*(1991) พบว่าการใช้สารไดเมเทอรอล หรือสารแรคโตพามีนไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงของกล้ามเนื้อ แต่การทดลองครั้งนี้ใช้ปริมาณสารซาลบูทามอลที่ระดับสูงถึง 15 พีพีเอ็ม จากค่า pHu (ultimate pH)ในกล้ามเนื้อของกลุ่มสุกรที่ได้รับสารสูงกว่ากลุ่มสุกรที่ไม่ได้รับสารอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังนั้นโอกาสที่กลุ่มที่ได้รับสารจะมีปริมาณการสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงน้อยกว่าจะมีสูงมาก

5.7 ค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (shear force)

ผลการศึกษาสารซาลบูทามอลต่อค่าแรงตัดผ่านเนื้อ พบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับสารซาลบูทามอลมีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอกสูงกว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารซาลบูทามอลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ($P<0.01$) เท่ากับ 6.33 และ 5.80 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารซาลบูทามอลมีผลต่อความนุ่มของเนื้อ ทั้งนี้มีรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ calpain และเอนไซม์ calpastatin ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในการทำให้เนื้อนุ่มโดยจะทำงานควบคู่ไปกับการทำงานของ Ca^{++} ในกล้ามเนื้อโดยเอนไซม์ calpainจะทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ย่อยโปรตีนและเอนไซม์ calpastatin จะทำหน้าที่เป็น protinase inhibitor ซึ่ง Luno *et al.* (1999) พบว่า การใช้สารเคลนบูเทอรอลมีผลต่อปริมาณเอนไซม์ที่อยู่ในรูป μ- calpain ในกล้ามเนื้อสันนอกที่ช่วงเวลา 3 ชั่วโมงและ 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย โดยโคที่ได้รับสารเคลนบูเทอรอลทำให้มีเอนไซม์ μ-calpain ปริมาณน้อยกว่าในกล้ามเนื้อของโคกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างในส่วนของเอนไซม์ที่อยู่ในรูป m – calpain ซึ่งในการผสมสารเคลนบูเทอรอลลงไปในอาหารโคทำให้การทำงานของเอนไซม์ μ- calpain ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ถึง 31 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การทำงานของเอนไซม์ calpastatin เพิ่มขึ้น 49 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนของเอนไซม์ μ- calpain/calpastatin ก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติถึง 53 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการใช้สารเบต้า–อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ มีผลโดยตรงต่อการลดลงของปริมาณเอนไซม์ย่อยโปรตีนในเนื้อสัตว์ในช่วงภายหลังสัตว์ตายตลอดจนระยะการบ่มซาก ซึ่งการลดลงของเอนไซม์ย่อยโปรตีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้น มีผลต่อความนุ่มของเนื้อ ทำให้เนื้อมีความนุ่มลดลง แต่จากการทดลองของ Bergen *et al.*(1989) รายงานว่าไม่พบความแตกต่างของเอนไซม์ (calcium – dependent proteases) ในสุกรกลุ่มที่ได้รับสารแรคโตพามีนและสุกรกลุ่มควบคุม

Geesink *et al.* (1993) กล่าวว่า การใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ โดยทั่วไปแล้วสารดังกล่าวจะเป็นตัวที่ไปลดการทำงานของเอนไซม์ μ-calpain ในกล้ามเนื้อสัตว์ลง ขณะที่ Koohmaraie *et al.* (1991) พบว่าสารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ทำให้การทำงานของเอนไซม์ m–calpain เพิ่มสูงขึ้นและพบว่าสารดังกล่าวจะไปมีส่วนในการเพิ่มเอนไซม์ calpastatin ซึ่งทำหน้าที่ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ calpain Hansen *et al.*(1994) รายงานว่า สุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลที่ระดับ 2.75 พีพีเอ็มนั้น มีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของกล้ามเนื้อสันนอก ซึ่งเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตายนั้นมีค่าสูงขึ้นกว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ได้รับสารดังกล่าว โดยมีค่าเพิ่มขึ้นถึง 0.7 กิโลกรัม / ลูกบาศก์เซ็นติเมตร แต่ Walker *et al.*(1989) พบว่า สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ จะมีผลทำให้ค่าแรงตัดผ่านเนื้อสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย

ปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อความนุ่มของเนื้อคือ ขนาดเส้นใยของกล้ามเนื้อ การที่กลุ่มที่ไม่ใช้สารมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อน้อยกว่า เป็นผลเนื่องมาจากเส้นใยกล้ามเนื้อมีขนาดเล็กกว่าทั้งนี้สอดคล้องกับ Dawson *et al.* (1990) ซึ่งรายงานว่าจากการทดสอบค่าแรงตัดผ่านเนื้อของโคที่ได้รับสารเคลนบูเทอรอลนั้น ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของโคกลุ่มที่ได้รับสารดังกล่าวมีค่าสูงกว่ากล้ามเนื้อของโคกลุ่มควบคุมซึ่งทำให้เนื้อมีความนุ่มลดลง และพบว่า เนื้อที่มีความนุ่ม ไม่เหนียว ลักษณะของเส้นใยกล้ามเนื้อจะต้องเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อที่ค่อนข้างละเอียด ไม่เป็นเส้นหยาบ นอกจากนี้ในรายงานของ Warriss *et al.* (1990a) ยังพบว่า คุณภาพเนื้อของสุกรที่ได้รับสารซาลบูทามอลจะส่งผลให้ส่วนของเนื้อแดง มีความแน่นขึ้น ไขมันแทรกระหว่างกล้ามเนื้อมีน้อย ทำให้เนื้อมีความนุ่มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองครั้งนี้ที่พบว่าปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสุกรทดลอง มีค่าเท่ากับ 1.24 และ 1.76 เปอร์เซ็นต์ ในกลุ่มที่ใช้สารและไม่ใช้สารซาลบูทามอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

ผลจากการทดลองครั้งนี้ สอดคล้องกับรายงานการวิจัยในต่างประเทศที่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับผลของการใช้สารในกลุ่มเบต้า - อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ที่มีต่อคุณภาพเนื้อซึ่งพบว่าการใช้สารซาลบูทามอล มีผลทำให้เนื้อมีคุณภาพด้อยลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับทางการบริโภค (eating quality) กล่าวคือความนุ่มของเนื้อลดลง เนื่องจากขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อขยายมากขึ้น ปริมาณไขมันแทรกในเนื้อลดลง สีของเนื้อเข้มมากมีโอกาสที่เนื้อจะเป็น DFD สูง ซึ่งเกิดจากค่า pH ในเนื้อสูงและมีผลทำให้อายุการเก็บรักษาน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามการที่เนื้อมีค่า pH สูงนี้เอง มีผลทำให้ความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนในเนื้อสูง ซึ่งจะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุงต่ำ จึงนับว่าเป็นข้อได้เปรียบของเนื้อที่ใช้สารเร่งเนื้อแดง

6.2 ข้อเสนอแนะ

เป้าหมายสำคัญในการรณรงค์เลิกใช้สารเร่งเนื้อแดงในการปรับปรุงคุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อสุกรนั้นเกี่ยวข้องกับผลกระทบทางด้านความปลอดภัยอาหารที่มีต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการมีมนุษยธรรมต่อสัตว์ (animal welfare) และสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือ การพัฒนาคุณภาพเนื้อสุกรให้ได้มาตรฐานสากล ซึ่งถ้าหากยังมีการใช้สารเร่งเนื้อแดงในสุกรกันอย่างแพร่หลาย โดยที่ยังไม่ยอมปรับตัวให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากลแล้ว โอกาสที่จะผลักดันให้เนื้อสุกรสามารถส่งออกได้มากขึ้นย่อมเป็นไปได้ยาก เพราะไม่มีประเทศใดยอมรับเนื้อสุกรที่ใช้สารเร่งเนื้อแดง ซึ่งมีผลตกค้างและเกิดอันตรายต่อผู้บริโภค และนอกจากนี้ประเทศไทยกำลังเข้าสู่ยุคการค้าเสรีและต้องยอมรับกับกฎของ WTO (World Trade Organization) โอกาสที่จะมีเนื้อสุกรคุณภาพสูงเข้ามาแย่งตลาดภายในประเทศของไทยจึงมีสูง

ดังนั้นแนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารดังกล่าวในการพัฒนาคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อสุกรนั้น สามารถกระทำได้โดยการคัดเลือกและปรับปรุงสายพันธุ์สุกร ซึ่งปัจจุบันเทคโนโลยีในด้านนี้มีการพัฒนาและปรับปรุงไปมาก ประเทศไทยได้มีการนำสุกรพันธุ์ดีจากต่างประเทศเข้ามาปรับปรุงพันธุ์อย่างต่อเนื่อง สามารถที่จะคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยได้ การจัดการทางด้านอาหารก็เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้ในการปรับปรุงคุณภาพซากและคุณภาพเนื้อได้ เพราะระดับและสัดส่วนของโปรตีนต่อพลังงานในสูตรอาหารที่เหมาะสมสามารถทำให้ปริมาณเนื้อแดงในซากเพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้วิธีการแก้ปัญหาการใช้สารเร่งเนื้อแดงหรือปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้นอีกวิธีการหนึ่งคือ การ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จับสุกรส่งตลาดที่น้ำหนักตัวไม่เกิน 100 กิโลกรัม เพราะคุณภาพซากของสุกรจะลดลงตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ปัจจุบันสุกรมีชีวิตที่ส่งเข้าโรงฆ่าอยู่ที่น้ำหนักประมาณ 110 – 130 กิโลกรัม ซึ่งเป็นช่วงที่ร่างกายโตเต็มที่ มีการสะสมไขมันสูงจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกษตรกรหลายรายจำเป็นต้องใช้สารดังกล่าวเพื่อลดการสะสมไขมัน เพิ่มการสะสมเนื้อแดง นอกจากนี้การนำเอาระบบการจัดระดับชั้นคุณภาพซากสุกรเพื่อใช้ในการกำหนดราคาซื้อขาย นับเป็นวิธีการที่น่าจะได้นำมาใช้เพราะจะเป็นการรับรองหรือรับประกันคุณภาพซากสุกรได้อย่างยุติธรรม

อย่างไรก็ตามผู้วิจัย ไม่แนะนำให้มีการใช้สารซาลบูทามอลในการปรับปรุงคุณภาพซาก เพราะนอกจากจะไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภคหากมีการบริโภคเนื้อที่มีการตกค้างของสารดังกล่าวแล้ว ที่สำคัญคือ คุณภาพเนื้อสุกรที่ได้ยังด้อยลงอย่างมาก โดยเฉพาะคุณภาพทางด้านการบริโภค และยังเป็นการเลี้ยงสัตว์ที่ไม่คำนึงถึงสวัสดิภาพสัตว์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2539. **เอกสารประกอบการสอนวิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์ขั้นสูง.** ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2540. **การจัดการโรงฆ่าสัตว์.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์.** กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2544. "ตลาดเนื้อโค – กระบือ : เนื้อคุณภาพ." **สัตว์บก.** 9(103) : 136 – 140.

นิรนาม. 2542. กปศ. "เอาจริงกับปัญหาเบต้า ฯ พ้นเดือน พ.ค. ค้นถึงฟาร์ม." **สัตว์เศรษฐกิจ.** 12(368) : 12 – 16.

ปรียพันธ์ อุดมประเสริฐ. 2542. "อันตรายจากสารเร่งเนื้อแดงมากเกินไปหรือเปล่า." **สัตว์เศรษฐกิจ.** 12(368):42– 43.

ปิยะดา ทวิชศรี. 2544. "อิทธิพลของชนิดสัตว์เคี้ยวเอื้องและอัตราการเจริญเติบโตต่อคุณภาพเนื้อ." วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เปรมใจ อารีจิตรานุสรณ์ และคณะ. 2529. **ตำราชีวเคมี เล่ม 2.** ขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มาลัยวรรณ อารยะสกุล และวรรณวิบูลย์ กาญจนกุญชร. 2543. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และ สาโรช ค้าเจริญ. 2537. "ผลของการใช้สารเบต้า – อะดรีเนอจิก อะโกนิสต์ ต่อคุณภาพของเนื้อสุกร." **สุกรสาส์น.** 21(81) : 5 – 15.

เรืองยุทธ ชัยวรพร. 2536. "เลนดอล (เคลนบูเทอรอลกับการใช้เพิ่มคุณภาพซากสุกร)." **สุกรสาส์น.** 19(76) : 9 – 11.

สมชาย วงศ์สมุทร. 2545. "สารตกค้างเบต้า – อะโกนิสต์ ในเนื้อสัตว์" กรุงเทพฯ : กองสัตวแพทย์สาธารณสุข กรมปศุสัตว์. เอกสารอัดสำเนา.

สมาน พิพิธกุล. 2545. "มาดูปัญหาการใช้สารเร่งเนื้อแดงอีกครั้ง." **สัตว์บก.** 9(105) : 46 – 49.

สมโภชน์ ทับเจริญ และคณะ. 2538ก. " ผลการใช้สารBeta – Adrenergic Agonist (Salbutamol) ต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซากของสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์." หน้า 168 – 175. ใน **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมโภชน์ ทับเจริญ และคณะ. 2538ข. " ผลการใช้สาร Beta – Adrenergic Agonist (Salbutamol) ต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซากของสุกรลูกผสมระหว่างพันธุ์พื้นเมืองและเหมยซาน." หน้า 176 – 182.ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 33 กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์.** เชียงใหม่ : ธนบรรณการพิมพ์.

สายชล เลิศสุวรรณ. 2544. **"อิทธิพลของสารซัลบูตามอลต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกรขุน."** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักงานปศุสัตว์เขต 2. 2544. "พิธีเปิดโรงงานแปรรูปสุกร และประกวดซากสุกร." ฉะเชิงเทรา : กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุพล เลื่องยศลือชากุล และธงชัย เฉลิมชัยกิจ. 2538. "การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารซาลบูทามอลในปัสสาวะสุกรโดยใช้เครื่อง HPLC." หน้า116-124. ใน ประมวลเรื่องการประชุมทางวิชาการทางสัตวแพทย์ ครั้งที่ 22 . กรุงเทพฯ : คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวรรณ ช่างกลึงดี และคณะ. 2542. "บทบาทของฮาโลเธนยีนและการผลิตสุกร." สุกรสาส์น. 24(100) : 21 – 27.

เสกสม อาตมางกูร. 2544. "ผลของการปรับปรุงทางด้านพันธุกรรมและใช้สารควบคุมขบวนการเมตาบอลิสมที่มีต่อการจัดการฟาร์มและโภชนาการของสุกร." สุกรสาส์น. 27 (108) : 18-23.

อดิลักษ์ เล็บนาค และ คนึงกิจ ก่อธรรมฤทธิ์. 2540. "การศึกษาผลของ Salbutamol ในสุกรขุน." ธุรกิจอาหารสัตว์. 14(55) : 5 – 11.

อุทัย คันโธ และคณะ. 2538. "ผลของสัดส่วนไลซีน/พลังงานในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรรุ่น-ขุน ที่เลี้ยงในสภาพอากาศร้อน." สุกรสาส์น. 21 (84) : 27 – 34.

Anonymous. 2001. **Summaries how activation of a beta$_2$ receptor leads to abiologic effect.** [Online]. Available : http://www.chemsoc.org/.../2001/mohataren/Files/biomech.htm.

Anonymous. 2003. **Skeletal Muscle.** [Online]. Available : http://www.Medsch.wisc.edu/path703/slide/lecslides/skeletal.htm.

Anderson, D.B. *et al.* 1991. Fat and Cholesterol Reduced Foods : Technologies and Strategies. Volume12. p 43. Cited by Uttaro, B.E. *et al.*1993. "Effect of Ractopamine and Sex on Growth, Carcass Characteristics, Processing Yeaild, and Meat Quality Characteristics of Crossbred Swine." **J. Anim. Sci.** 71 : 2439 – 2449.

AOAC. 1995. **Office Methods of Analysis of Association of Official Analysis Chemists.** 16th ed. Washington D.C. Association of Official Analysis Chemists.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Baland, A. and G. Monin. 1987. "Relation Between Muscle Development and Muscle Collagen Content in Pigs." **Meat Sci.** 21 : 295 – 299.

Berge, J. *et al.* 1993. "Performance, Muscle Composition and Meat Texture in Veal Calves Administered a β - Agonist (Clenbuterol)." **Meat Sci.** 33 : 191-206.

Bergen,W.G. *et al.* 1989. "Muscle Protein Metabalism in Finishing Pigs Fed Ractopamine." **J.Anim. Sci.** 67:2255- 2262.

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.

Cook, S. 1997. **Question About Liver Transplantation.** [Online]. Available : http://www.transweb. org/qa_txp/liver.jpg.

Dawson, J. M. *et al.* 1990. "Muscle Composition of Steers Treated with the β - Agonist, Cimeterol." **Meat Sci.** 28 : 289 – 297.

De Vol, D.L. *et al.* 1988. "Variation in Composition and Palatability Traits and Relationships Between Muscle Characteristics and Palatability in a Random Sample of Pork Carcasses." **J. Anim. Sci.** 66 : 385 – 395.

Geesink, G. H. *et al.* 1993. "Effects on Meat Quality of the Use of Clenbuterol in Veal Calves." **J. Anim. Sci.** 71 : 1161 – 1170.

George, M.B. and S.S. Bernard. 1990. "An Overview of Meat in the Diet." 1 – 20. In Pearson A.M. and T.R. Dutson. **Meat and Health Advances in Meat Research - volume 6.** London and New York : Elsevier Applied Science.

Hanrahan, J.D. *et al.* 1986. Recent advance in animal nutrition. 125. Cited by Kretchmar, D.H. *et al.* 1990. "Alterations in Postmortem Degradation of Myofibrillar Proteins in Muscle of Lambs Fed a β – Adrenergic Agonist." **J. Anim. Sci.** 68 : 1760 – 1772.

Hansen, J.A. *et al* . 1994. "Interactive Effects Among Porcine Somatotropin, the Beta – Adrenergic Agonist Salbutamol, and Dietary Lysine on Growth Performance and Nitrogen Balance of Finishing Swine." **J. Anim. Sci.** 72 : 1540 – 1547.

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 β – adrenergic agonist $L_{644,969}$ on muscle growth, endogenous proteinase activities and postmortem proteolysis in wether lambs."

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J. Anim. Sci. 69 : 4823 – 4835. Cited by Luno, M. *et al.* 1999. " Textural Assessment of Clenbuterol Treatment in Beef." **Meat Sci.** 51 : 297 – 303.

Kretchmar, D.H. *et al.* 1990. "Alterations in Postmortem Degradation of Myofibrillar Proteins in Muscle of Lambs Fed a β – Adrenergic Agonist." **J. Anim. Sci.** 68 : 1760 – 1772.

Kuiper, H.A. 1998. "Illegal Use of β – Adrenergic Agonist : European Community." **J. Anim. Sci.** 76 : 195 – 207.

Lefaucheur, L. *et al* . 1992. "Performance, Plasma Hormones, Histochemical and Biochemical Muscle Traits, and Meat Quality of Pigs Administered Exogenous Somatotropin Between 30 or 60 kilograms and 100 kilograms Body Weight." **J. Anim. Sci.** 70 : 3401 – 3411.

Liu, C.Y. *et al.* 1989. "Acute Effect of Beta – Adrenergic Agonist on Porcine Adipocyte Metabolism *In vitro* ." **J. Anim. Sci.** 67 : 2930 – 2936.

Liu, C.Y. and S.E. Mills. 1989. "Determination of the Affinity of Ractopamine and Clenbuterol for the Beta – Adenoceptor of the Porcine Adipocyte." **J. Anim. Sci.** 67 : 2937-2942.

Luno, M. *et al.* 1999. " Textural Assessment of Clenbuterol Treatment in Beef." **Meat Sci.** 51 : 297 – 303.

Malucelli, A. *et al.* 1994. "Tissue Distribution and Residues of Clenbuterol, Salbutamol and Terbutaline in Tissues of Treated Broiler Chickens." **J. Anim. Sci.** 72 : 1555 – 1560.

Mersmann, 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.

Mitchell, G.A. *et al.* 1991. "Influence of Level of Dietary Protien or Energy on Effects of Ractopamine in Finishing Swine." **J. Anim. Sci.** 69 : 4487 – 4495.

Mitchell, G.A. and G. Dunnavan. 1998. "Illegal Use of β – Adrenergic Agonists in the United States." **J. Anim. Sci.** 76 : 208 – 211.

Moser, R. L. *et al.* 1986. "Effect of Cimaterol (C1 263,780) as a Repartitioning Agent in the Diet for Finishing Pigs." **J. Anim. Sci.** 62 : 21-26.

Newsholme, E. A. and A. R. Leech. 1983. Biochemistry for the Medical Sciences. Chichester : John Wiley. Cited by Warriss, P.D. *et. al.* 1990a. "The Effects of the Beta – Adrenergic Agonist Salbutamol on Meat Quality in Pigs." **J. Anim. Sci.** 68 : 128-136.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.).

Oksbjerg, N. *et al.* 1996. "Effect of Salbutamol on Protein and Fat Deposition in Pigs Fed two Levels of Protein." **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** 75:1, 1-12; 34 (Abstr.).

Pearson, A.M. and R.B.Yong. 1989. **Muscle and Meat Biochemistry.** London :Academic Press.

Richard, M. 2000. "Beta-Agonist Debate in Thailand." **Pig International** 30(5) : 23-24.

SAS. 1985. **SAS/STAT Guide for Personal Computers, Version 6 Edition.** North Carolina, USA : SAS Institute Inc.

Sensky, P.L. *et al.* 1996. "The Relationship Between Plasma Epinephrine Concentration and the activity of the Calpain Enzyme System in Porcine Longissimus Muscle." **J. Anim. Sci.** 74 : 380 – 387.

Smith, S. *et al.* 1989. "Elevation of a Specific mRNA in Longissimus Muscle of Steers Fed Ractopamine." **J. Anim. Sci.** 67 : 3495 – 3502.

Smith, D.J. 1998. "The Phamacokinatics, Metabolism and Tissue Residues of β - Adrenergic Agonists in Livestock." **J. Anim. Sci.** 76 : 173 – 194.

Solomon, M.B. *et al.* 1991. "Effects of Exogenous Porcine Somatotropin Administration Between 30 and 60 kilograms on Longissimus Muscle Fiber Morphology and Meat Tenderness of Pigs Grown to 90 kilograms." **J. Anim. Sci.** 69 : 641 - 645.

Spurlock, M.E. *et al.* 1993. "The Affinity of Ractopamine, Clenbuterol, and L – 644,969 for the β - Adrenergic Receptor Population in Porcine Adipose Tissue and Skeletal Muscle Membrane." **J. Anim. Sci.** 71 : 2061 – 2065.

Tuma, H.J. *et al.* 1962. "Relationship of fiber diameter to tenderness and meatiness as influenced by bovine age." อ้างโดย จันทร์พร เจ้าทรัพย์. 2538. **การศึกษาเปรียบเทียบสมบัติบางประการของกล้ามเนื้อและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อระหว่างกระบือและโคขุนอายุน้อย.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวบาล บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Uttaro, B.E. *et al.* 1993. "Effect of Ractopamine and Sex on Growth, Carcass Characteristics, Processing Yeaild, 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.

Walker, W.R. *et al.* 1989. "Evaluation of Cimaterol for Finishing Swine Including a Drug Wihdrawal Period." **J. Anim. Sci.** 67 : 168 – 176.

Warriss, P.D. and S.N. Brown. 1987. "The Relationship Between Initial pH , Reflectance and Exudation in Pig Muscle." **Meat Sci.** 20 : 65-75. Cited by Warriss, P.D. *et. al.* 1990a. "The Effects of the Beta – Adrenergic Agonist Salbutamol on Meat Quality in Pigs." **J. Anim. Sci.** 68 : 128-136.

Warriss, P.D. *et. al.* 1990a. "The Effects of the Beta – Adrenergic Agonist Salbutamol on Meat Quality in Pigs." **J. Anim. Sci.** 68 : 128-136.

Warriss, P.D. *et. al.* 1990b. "Interactions Between the Beta – Adrenergic Agonist Salbutamol and Genotype on Meat Quality in Pigs." **J. Anim. Sci.** 68 : 3669 – 3676.

Yen, J.T. *et al.* 1991. "Effect of Ractopamine on Growth , Carcass Traits and Fasting Heat Production of U.S. Contemporary Crossbred and Chinese Meishan Pure and Crossbred Pigs." **J. Anim. Sci.** 69 : 4810 - 4819. Cite by 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.1 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าความเป็นกรด - ด่าง(pH1) ที่ช่วงเวลา 45 นาที 1 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Control	100	6.37450000	0.26993218	0.02699322	0.5686^{NS}
Salbutamol	100	6.39560000	0.25231982	0.02523198	

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 7.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าความเป็นกรด - ด่าง(pH18) ที่ช่วงเวลา 18 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Control	100	5.76840000	0.28559603	0.02855960	0.0002**
Salbutamol	100	5.89730000	0.18415439	0.01841544	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ 7.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าความเป็นกรด - ด่าง(pH24) ที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Control	100	5.64170000	0.13442023	0.01344202	0.0000**
Salbutamol	100	5.80640000	0.18555143	0.01855514	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ 7.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่ช่วงเวลา 45 นาที ถึง 1 ชั่วโมง ภายหลังสัตว์ตาย ของสุกรขุน

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Control	100	39.35500000	0.75161442	0.07516144	0.0000**
Salbutamol	100	40.76000000	0.88054161	0.08805416	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าอุณหภูมิภายในใจกลางกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ที่ช่วงเวลา 18 ชั่วโมงภายหลังสัตว์ตาย ของสุกรขุน

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Control	100	4.25400000	0.81938878	0.08193888	0.0001**
Salbutamol	100	6.86500000	1.27781181	0.12778118	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ 7.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเส้นใยกล้ามเนื้อ(muscle fiber) ในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Control	30	104.02233333	8.61252083	1.57242398	0.0000**
Salbutamol	30	127.72166667	8.86741112	1.61896036	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ 7.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณคอลลาเจน(collagen)ในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Control	30	2.58426667	0.65509315	0.11960310	0.4241^{NS}
Salbutamol	30	2.45180000	0.61888110	0.11299171	

NS = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 7.8 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าการวัดสีในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*)โดยพิจารณาค่าความสว่างของสี (L*) ของสุกรขุน

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Control	100	53.09340000	3.42530636	0.34253064	0.0000**
Salbutamol	100	50.80480000	3.81649728	0.38164973	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าการวัดสีในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) โดยพิจารณาค่าความสว่างของสี (a*)ของสุกรขุน

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Control	100	4.76510000	0.89640640	0.08964064	0.0000**
Salbutamol	100	3.13250000	0.79655492	0.07965549	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ 7.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการปรุง (cooking loss) ในกล้ามเนื้อสันนอก(*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Control	100	33.29430000	4.68684000	0.46868400	0.0000**
Salbutamol	100	30.22390000	3.08718298	0.30871830	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ 7.11 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าแรงตัดผ่านเนื้อ(shear force)ในกล้ามเนื้อสันนอก (*M.longissimus dorsi*) ของสุกรขุน

Variation	No. of pair	Mean	Std Dev	Std Error	Prob > |T|
Control	100	5.80490000	0.87923807	0.08792381	0.0000**
Salbutamol	100	6.33970000	0.81329788	0.08132979	

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกิตติมา เมืองมุสิทธิ์ เกิดเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน พ.ศ.2519 จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนกัลยาณีศรีธรรมราช และสำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้