ผลการเสริมสารซัลบูทามอลและสารแรคโตพามีนในอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อสุกรขุน

EFFECTS OF SALBUTAMAL AND RACTOPAMINE SUPPLEMENTATION DIETS ON PRODUCTIVE PERFORMANCE, CARCASS AND MEAT QUALITY OF FINISHING PIGS

สุขุมาลย์ สุพันธนา

SUKUMARN SUPHUNTHANA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-AG-M-031-187

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหาร ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อสุกรขุน

EFFECTS OF SALBUTAMAL AND RACTOPAMINE SUPPLEMENTATION DIETS ON PRODUCTIVE PERFORMANCE, CARCASS AND MEAT QUALITY OF FINISHING PIGS

สุขุมาลย์ สุพันธนา

SUKUMARN SUPHUNTHANA

สขหม.
เลขทะเบียน 148470
วัน.เดือน.ปี 30 มิ.ย. 2560

b 12869806
i

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2015-AG-M-031-187

EFFECTS OF SALBUTAMAL AND RACTOPAMINE SUPPLEMENTATION DIETS ON PRODUCTIVE PERFORMANCE, CARCASS AND MEAT QUALITY OF FINISHING PIGS

SUKUMARN SUPHUNTHANA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN ANIMAL SCIENCE

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2015

KMITL-2015-AG-M-031-187

COPYRIGHT 2015

FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อสุกรขุน

Effects of Salbutamol and Ractopamine Supplementation Diets on Productive Performance, Carcass and Meat Quality of Finishing Pigs

นักศึกษา นางสุขุมาลย์ สุพันธนา

รหัสประจำตัว 53640402

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สัตวศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.กานต์	สุขสุแพทย์	
ผศ.น.สพ.ดร.จำลอง	มิตรชาวไทย	
รศ.วิชัย	ศุภลักษณ์	
ผศ.ดร.กนกรัตน์	ศรีกิจเกษมวัฒน์	
รศ.ดร.รณชัย	สิทธิไกรพงษ์	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 6 กรกฎาคม 2558

สถานที่สอบ ห้องประชุมคณะเทคโนโลยีการเกษตร (ชั้น 1 ตึกบุนนาค L)

คณบดีรับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล แก่นมณี)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่ 17 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2558

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อสุกรขุน
นักศึกษา	นางสุขุมาลย์ สุพันธนา
รหัสประจำตัว	53640402
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สัตวศาสตร์
พ.ศ.	2558
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อสุกรขุน ใช้สุกรขุนลูกผสมทางการค้า (ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และเบ 91) เพศผู้ตอน 12 ตัว และเพศเมีย 12 ตัว รวม 24 ตัว น้ำหนักสุกรเริ่มต้นเฉลี่ย 80 กิโลกรัม ได้รับอาหารทดลอง 3 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม กลุ่มได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอล 10 ppm และกลุ่มได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีน 10 ppm เลี้ยงจนกระทั่งน้ำหนัก 110 กิโลกรัม ทำการฆ่าเพื่อศึกษาสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ผลการทดลองพบว่าสุกรที่ได้รับอาหารทดลองทุกกลุ่ม มีน้ำหนักเริ่มต้น น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการเลี้ยง อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีค่าความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่สุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลจะมีน้ำหนักสิ้นสุดต่ำกว่าสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สำหรับน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า ความหนาไขมันสันหลังขณะมีชีวิต น้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกและค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ) ของสุกรที่ได้รับอาหารทดลองทุกกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลจะมีค่า LSQ ต่ำที่สุด (0.24) ในขณะที่สุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมมีค่า LSQ สูงที่สุด (0.27) สุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอล มีปริมาณไขมันรวมต่ำกว่า แต่มีปริมาณเนื้อแดงรวมสูงกว่าสุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนคุณภาพเนื้อพบว่า ทุกลักษณะที่ศึกษาเช่น ลักษณะความเป็นกรด-ด่างที่ 24 ชั่วโมง ค่าสีของเนื้อ การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา ค่าแรงตัดผ่าน มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นลักษณะความเป็นกรด-ด่างที่ 2 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย (pH 2) โดย

เนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลจะมีค่า pH 2 ต่ำกว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) การวิเคราะห์ทางเคมีเนื้อสันนอกพบว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่มจะมีปริมาณความชื้น ไขมันและโปรตีนในเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เนื้อสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมมีแนวโน้ม ($p=0.0620$) มีไขมันสูงกว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีน ดังนั้นสุกรที่ได้รับอาหารเสริมด้วยสารซัลบูตามอลจะมีปริมาณเนื้อแดงรวมมากกว่า และมีปริมาณไขมันรวมในซากน้อยกว่า แต่มีคุณภาพเนื้อไม่แตกต่างทางสถิติจากสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนและอาหารควบคุม

Thesis	Effects of Salbutamol and Ractopamine Supplementation Diets on Productive Performance, Carcass and Meat Quality of Finishing Pigs
Student	Mrs.Sukumarn Suphunthana
Student ID	53640402
Degree	Master of Science
Program	Animal Science
Year	2015
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr.Ronachai Sitthigripong

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects of salbutamol and ractopamine supplementation diets on productive performance, carcass and meat quality of finishing pigs. 24 cross-bred pigs (Landrace x Large white x Be 91, 12 barrows and 12 gilts) averaging 80 kg. initial weight were randomly divided into 3 groups: 1) control, 2) 10 ppm salbutamol and 3) 10 ppm ractopamine supplementation diets. All pigs were slaughtered at average 110 kg. live weight for evaluating productive performance, carcass and meat quality. According to a completely randomized design (CRD), the results of productive performance in terms of initial weight, weight gain, feeding period, average daily gain, feed conversion ratio, and feed-cost/gain were not significantly difference ($p>0.05$). Salbutamol supplementation diet pigs had the lowest of final weight than those control and ractopamine supplementation groups ($p<0.05$).The result showed that slaughter weight, back fat thickness, chilled left side carcass weight, loin eye area, and lenden-speck quotient (LSQ) were not significantly difference ($p>0.05$). The lowest LSQ (0.24) was from salbutamol supplementation diet pigs but the highest LSQ (0.27) was from a control group pigs. In addition, salbutamol supplementation diet pigs had significantly decreased total fat percentage but significantly increased total lean cut percentage than those from control and ractopamine supplementation diets ($p<0.05$). Most of meat quality criteria were not significantly effected ($p>0.05$) by the dietary treatments, except pH 2 of longissimus dorsi (LD)

muscle. The pH 2 of salbutamol supplementation diet meat had lower than those from control and ractopamine supplementation diets ($p<0.05$). Salbutamol and ractopamine in diets did not significantly effect on moisture, ether extract, and crude protein contents in the LD muscles ($p>0.05$). However, meat from control group tend to have higher ether extract than those from salbutamol and ractopamine supplementation groups ($p=0.0620$). Therefore, salbutamol supplementation diet pigs had higher total lean cut and lower total fat contents in carcass ($p<0.05$), but they were not significantly different in meat quality from ractopamine supplementation and control diets pigs.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดีด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.รณชัย สิทธิไกรพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนแก้ไขวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้งานวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.กานต์ สุขสุแพทย์ รองศาสตราจารย์วิชัย ศุภลักษณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกรัตน์ ศรีกิจเกษมวัฒน์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ น.สพ.ดร.จำลอง มิตรชาวไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ร่วมพิจารณาวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ ขอขอบคุณ คุณอำพล กล่อมปัญญา และเจ้าหน้าที่ประจำฟาร์มเลี้ยงสุกร ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ที่คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือในฟาร์มและในห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณบริษัท แกรนด์สยาม จำกัด ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณน้องๆนักศึกษาปริญญาโทและปริญญาตรี หลักสูตรสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการเลี้ยงสุกรและการเก็บข้อมูล จนงานวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณผู้บริหารจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาและวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลพบุรีที่ให้โอกาสในการศึกษาต่อและบุคคลอันเป็นที่รักทุกคน ที่คอยให้กำลังใจสนับสนุนการศึกษาและช่วยเหลือมาโดยตลอด ข้าพเจ้าขออุทิศบุญและส่วนกุศลให้แก่สุกรทดลองทุกตัวที่ใช้ในการวิจัย จนทำให้งานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี วิทยานิพนธ์นี้คงมีคุณค่าและมีประโยชน์แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เกษตรกรและผู้สนใจ เพื่อใช้เป็นแนวทางในงานวิจัยการเลี้ยงสุกรต่อไป

สุขุมาลย์ สุพันธนา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ III

กิตติกรรมประกาศ V

สารบัญ VI

สารบัญตาราง IX

สารบัญภาพ X

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 สถานที่ดำเนินงาน 2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2

1.5 ระยะเวลาการศึกษา 3

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 ความสำคัญของสารเร่งเนื้อแดง 4

2.2 อันตรายของสารเร่งเนื้อแดงต่อสัตว์ 16

2.3 ผลของสารเร่งเนื้อแดงต่อสุกรมีชีวิต 16

2.4 ผลของสารเร่งเนื้อแดงต่อซากสุกร 17

2.5 อันตรายของสารเร่งเนื้อแดงต่อผู้บริโภค 18

2.6 การแก้ไขปัญหาการใช้สารเร่งเนื้อแดงหรือสารกลุ่มเบต้าอะโกนิสท์ในประเทศไทย 24

2.7 การตรวจสอบสารเร่งเนื้อแดงในปัสสาวะสุกร 24

2.8 คุณภาพซากสุกร 26

2.9 ส่วนประกอบทางเคมีของร่างกายสุกร 30

2.10 ความหมายของคุณภาพเนื้อ 31

2.11 คุณภาพของเนื้อ 31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.12 คุณภาพของเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูป 35
2.13 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์หลังการฆ่า 39

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 43
3.1 สัตว์ทดลอง 43
3.2 อาหารสัตว์ทดลอง 43
3.3 วัสดุและอุปกรณ์ 44
3.4 แผนการทดลอง 45
3.5 วิธีการทดลอง 45
3.6 การบันทึกข้อมูล 46
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล 49

บทที่ 4 ผลการทดลอง 50
4.1 การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหาร
ต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรขุน 50
4.1.1 อัตราการเจริญเติบโต 50
4.1.2 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักและต้นทุนค่าอาหาร
ในการเพิ่มน้ำหนัก 50
4.1.3 ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก 51
4.2 การศึกษาผลการเสริมซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนต่อลักษณะคุณภาพซากของ
สุกรขุน 52
4.2.1 ลักษณะของซากของสุกรขุน 52
4.2.2 ปริมาณชิ้นส่วนย่อยจากการตัดแต่งซากสุกร 53
4.3 การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนต่อลักษณะ
คุณภาพเนื้อสุกรขุน 54
4.3.1 ลักษณะความเป็นกรด-ด่าง 54
4.3.2 ค่าการวัดสีบริเวณกล้ามเนื้อสันนอก 55
4.3.3 การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาและค่าแรงตัดผ่าน 55

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.4 องค์ประกอบทางเคมี 55

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 57

5.1 การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตสุกรขุน 57

5.2 การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีนต่อลักษณะคุณภาพซากของสุกรขุน 58

5.3 การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีนต่อลักษณะคุณภาพเนื้อสุกรขุน 60

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 62

6.1 สรุปผลการทดลอง 62

6.2 ข้อเสนอแนะ 63

บรรณานุกรม 64

ภาคผนวก 70

ประวัติผู้เขียน 73

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงการเปรียบเทียบผลของการกระตุ้นของ epinephrine ต่อ alpha receptor และ beta 7

2.2 แสดงหน้าที่ในการทำงานของตัวรับเบต้าต่างๆ 8

2.3 ผลของสารซัลบูทามอลต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก 14

2.4 ผลของแรคโตพามีนและระดับโปรตีนต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกรขุนเพศเมียที่ได้รับอาหารแบบจำกัด 15

2.5 ส่วนประกอบทางเคมีของสุกรที่น้ำหนักตัวต่างกัน (เปอร์เซ็นต์) 30

3.1 แสดงส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสุกรทดลอง 43

4.1 แสดงผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรขุน (ค่าเฉลี่ย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) 51

4.2 ลักษณะคุณภาพซากสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนเฉลี่ยต่อตัว(ค่าเฉลี่ย+ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรมาตรฐาน 52

4.3 ปริมาณชิ้นส่วนย่อยจากการตัดแต่งซากสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนเฉลี่ยต่อตัว (% น.น.ซากเย็นซีกซ้าย) (ค่าเฉลี่ย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) 54

4.4 คุณภาพเนื้อของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีน (ค่าเฉลี่ย+ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) 56

ภาคผนวก 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสุกรทดลอง 71

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของสารในกลุ่ม Adrenaline Drug 5

2.2 กลไกการทำงานของ β-adrenergic receptor 6

2.3 แสดงกระบวนการเมทานิซึม ของสารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ในกล้ามเนื้อและตับ 10

2.4 แสดง site of regulation of fatty acid metabolism 11

2.5 แสดงคุณภาพซากสุกร 27

2.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์หลังถูกฆ่า 40

2.7 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเนื้อสัตว์ 41

ภาคผนวกที่ 1 แสดงตำแหน่งการวัดค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลัง
ต่อความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอก 72

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ในการผลิตสุกรขุน เกษตรกรมักมุ่งเน้นให้สุกรที่เลี้ยงมีการเจริญเติบโตเร็ว ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงน้อย ใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ ต้นทุนต่ำสุดและมีคุณภาพซากสูง คือมีปริมาณเนื้อแดงสูง และไขมันต่ำ ในปัจจุบันอุตสาหกรรมทางด้านการเลี้ยงสุกรของไทย จึงมีการพัฒนาหลายด้าน เช่น การคัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้มีสมรรถภาพการผลิตสูง การจัดการฟาร์มที่มีประสิทธิภาพดี และที่สำคัญคือ การพัฒนาทางด้านโภชนศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสุกร แต่ขั้นตอนต่างๆใช้เวลานาน จุดมุ่งหวังสูงสุดของเกษตรกร ผู้เลี้ยงสุกร ในเชิงธุรกิจ คือ การจัดการสุกร เพื่อให้สุกรสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้สูงสุดตามศักยภาพของสายพันธุ์ หรือลักษณะทางพันธุกรรม (genetic) และเพื่อให้ได้ผลกำไรสูงสุด ดังนั้นจึงไม่อาจปฏิเสธได้ว่า สารกระตุ้นประสิทธิภาพการผลิต (production performance stimulants) กำลังเป็นที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ในปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้สารเร่งเนื้อแดงในการเลี้ยงปศุสัตว์โดยเฉพาะสุกร (รวมทั้งโคขุน สัตว์ปีก) โดยเกษตรกรใช้เพื่อทำให้สัตว์เจริญเติบโตดี เนื้อแดงมาก ขายได้ราคาสูง พ่อค้าและผู้บริโภคชอบ เพราะเห็นว่าเนื้อมีสีแดง มันน้อย เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรในเมืองไทยเริ่มใช้สารเบต้าอะโกนิสท์ (beta-adrenergic agonist) เลี้ยงสุกรโดยผสมในอาหาร น้ำดื่มหรืออื่นๆ ซึ่งสารนี้จะเปลี่ยนแปลงชั้นไขมัน ให้เป็นกล้ามเนื้อ ทำให้มีชั้นไขมันลดลง การใช้สารเร่งเนื้อแดงในอาหารสุกรในปริมาณที่สูงจะเป็นอันตรายต่อตัวสุกรที่เลี้ยงมีการสะสมตกค้างในเนื้อ และอาจส่งผลต่อผู้บริโภค การเลี้ยงสุกรในต่างประเทศ มีการใช้สารกลุ่มนี้ในระดับที่เหมาะสมกันมาก และเป็นที่ยอมรับให้ใช้ได้ แต่ต้องมีการหยุดใช้ (withdraw) ก่อนส่งสุกรเข้าโรงฆ่าอย่างน้อย 7 วัน

จากผลการประชุมคณะกรรมาธิการคณะกรรมการพิจารณามาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ หรือ Codex (Codex Alimentarius Commission) มีมติเห็นชอบให้กำหนดค่าค่าสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ (Maximum Residues Limitation: MRLs) ของสาร Ractopamine ในเนื้อสัตว์ ทำให้เกษตรกรเกิดความสับสนและคิดว่าสามารถใช้ได้ อีกทั้งประเทศสหรัฐอเมริกามีความต้องการให้ประเทศไทยมีการนำเข้าเนื้อสุกรที่เลี้ยงโดยใช้สารแรคโตพามีนผสมในอาหารจากประเทศสหรัฐอเมริกา แต่เนื่องจากกฎหมายของประเทศไทยห้ามใช้สารแรคโตพามีน และกรมปศุสัตว์มีความเข้มงวดเรื่องการใช้สารกลุ่มเบต้าอะโกรนิสต์และไม่อนุญาตให้ใช้สารดังกล่าวเลี้ยงสุกร แต่ยังมีผู้ลักลอบใช้ผสมอาหารในระยะขุนที่ใกล้จะส่งตลาดตั้งแต่ระดับ 10 ppm จนกระทั่งสูงถึงระดับ

30 ppm และเมื่อตรวจหาการตกค้างของสารแรคโตพามีนพบว่ามีปริมาณที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค น้อยกว่าค่า MRLs ที่กำหนดมาก

จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการใช้สารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในระดับ 10 ppm เสริมลงในอาหารสำหรับเลี้ยงสุกรในระยะสุกรขุนน้ำหนัก 80 กิโลกรัม ว่ามีผลต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อ สุกรขุนอย่างไร เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับเกษตรกรและแนวทางในการเลี้ยงสุกรขุนต่อไปในประเทศไทยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนที่ระดับ 10 ppm ในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อสุกรขุน

1.3 สถานที่ดำเนินงาน

1. ฟาร์มเลี้ยงสุกร ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

3. ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

4. โรงฆ่าและชำแหละสุกร บริษัทสยามอินเตอร์พอร์ค จำกัด กรุงเทพฯ

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาผลของการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต (productive performance) ของสุกรขุน

2. ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาผลของการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อคุณภาพซาก (carcass quality) ของสุกรขุน

3. ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาผลของการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อคุณภาพเนื้อ (meat quality) ของสุกรขุน

1.5 ระยะเวลาการศึกษา

1. ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงและทำการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการ เป็นเวลา 6 เดือน
2. ใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์และหาข้อมูลและสรุปผลเป็นเวลา 3 เดือน

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นของการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อลักษณะสมรรถภาพการผลิตของสุกรขุน
2. ทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นของการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อลักษณะ คุณภาพซากของสุกรขุน
3. ทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นของการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อลักษณะคุณภาพเนื้อของสุกรขุน

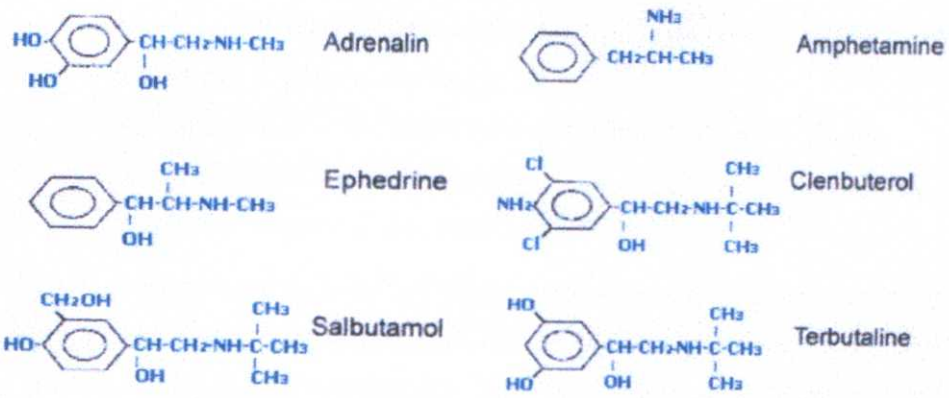
บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญของสารเร่งเนื้อแดง

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2555) รายงานว่า สารเร่งเนื้อแดงเป็นชื่อที่ใช้เรียกกันทั่วๆไปของสารในกลุ่มเบต้าอะโกนิสท์ (β-agonists) ได้แก่ ซัลบูตามอล (Salbutamol) ซิมบูเทอรอล (Cimbuterol) เคลนบูเทอรอล (Clenbuterol) มาเพนเทอรอล (Mapenterol) แรคโตพามีน (Ractopamine) เคลนเพนเทอรอล (Clenpenterol) ไซมาเทอรอล (Cimaterol) คาบูเทอรอล (Cabuterol) มาบิลเทอรอล (Mabuterol) ทูโลบูเทอรอล (Tulobuterol) โบรโมบูเทอรอล (Bromobuterol) และเทอบูตาลีน (Terbutaline)

มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2550) รายงานว่าสารในกลุ่มเบต้าอะโกนิสต์สามารถออกฤทธิ์ต่อระบบของร่างกายกระตุ้นการทำงานของหัวใจและระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) สามารถทำให้เส้นเลือดที่ไปยังผิวหนังและ mucous membrane เกิดการหดตัวทำให้หลอดลมใหญ่และเส้นเลือดที่ไปยังกล้ามเนื้อลายเกิดการขยายตัว และส่งผลให้เมทาบอลิซึมของร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยการนำเลือดจากอวัยวะที่ไม่จำเป็นและไม่มีหน้าที่ในการใช้งานขณะนั้นมาเพื่อใช้เป็นพลังงาน

สุพัตรา ศรีไชยรัตน์ (2549) กล่าวว่า สารกลุ่มเบต้าอะโกนิสท์ เป็นสารเคมีที่มีโครงสร้างคล้ายสารสื่อประสาท (Neurotransmitters) จัดอยู่ในกลุ่มของ Adrenaline Drug เช่นเดียวกับ Adrenaline, Amphetamine (ยาบ้า) และ Ephedrine (ยาอี) ซึ่งสารทั้งหมดมีโครงสร้างหลักทางเคมีที่เหมือนกันแต่ต่างกันในส่วนที่เป็น Side-Chain ดังภาพที่ 1 โดยมีฤทธิ์คล้ายการกระตุ้นของสารสื่อประสาทในระบบประสาทอัตโนมัติส่วน sympathetic ที่ตัวรับเบต้า (β-receptors)



ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างทางเคมีของสารในกลุ่ม Adrenaline Drug (ยุพดี จาวรุ่งฤทธิ์, 2541)

สาร β-adrenergic agonist

Molony et al. (1990) กล่าวว่า สาร β-adrenergic agonist เป็นสารที่มีโครงสร้างคล้ายสารในกลุ่ม catecholamine ซึ่งสาร catecholamine สังเคราะห์มาจากกรดอะมิโน phenylalanine มีหน้าที่เกี่ยวกับการส่งสารสื่อสัญญาณประสาทในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สามารถจำแนกสารในกลุ่มนี้ออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1. epinephrine เป็นสารที่หลั่งจาก adrenal medulla ซึ่งจะหลั่งเมื่อได้รับการกระตุ้นจาก preganglionic impulse ใน splanchiomic nerves

2. norepinephrine เป็นสารสื่อประสาทที่หลั่งหลังจากได้รับการกระตุ้นจาก post- anglionic sympathetic nerves

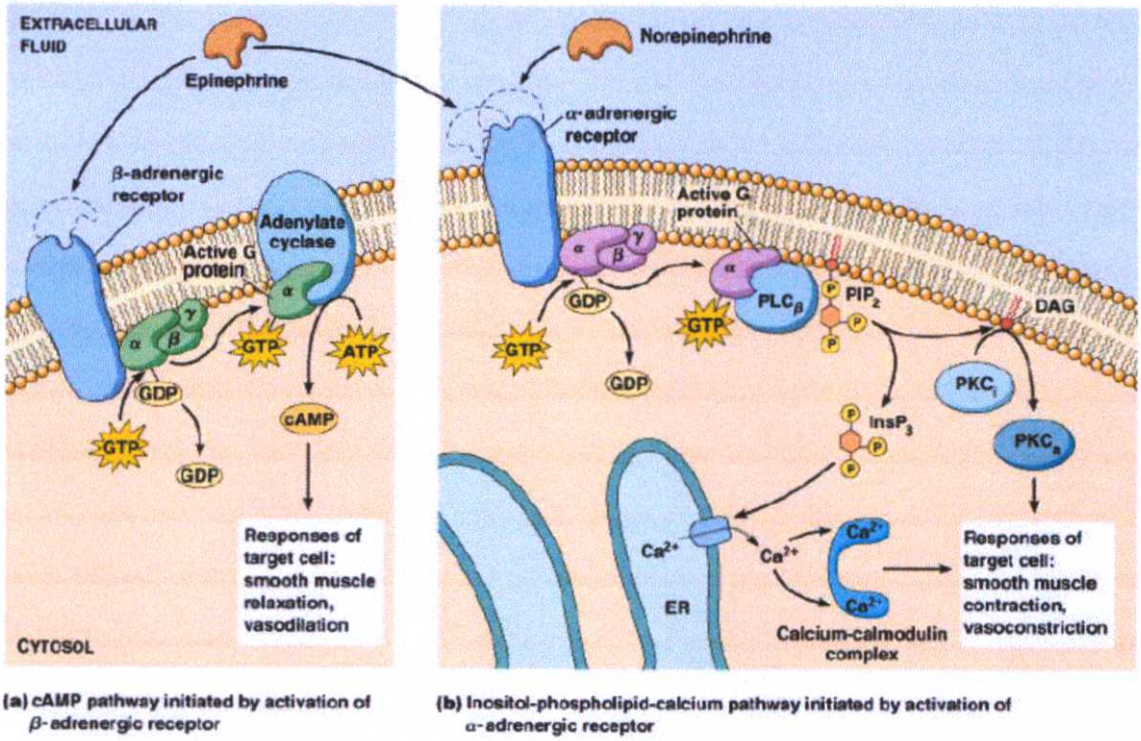
3. dopamine เป็นสารสื่อสัญญาณประสาทในสมอง

สารเบต้าอะโกนิสท์ จัดอยู่ในกลุ่มสารที่ออกฤทธิ์เลียนแบบสารกระตุ้นระบบประสาทซิมพาเธติค เกี่ยวข้องกับการทำงานของร่างกายทั้งระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย ได้แก่ อัตราการเต้นและความแรงในการบีบตัวของหัวใจ ความดันโลหิต กล้ามเนื้อหลอดลม กระบวนการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรทและการสลายไขมัน

กรณีมีความเครียดจะมีการกระตุ้น adrenal medulla เป็นผลให้มีการหลั่ง epinephrine และ norepinephrine เข้าสู่กระแสโลหิต สารทั้ง 2 ตัว ทำงานคล้ายกันจะมีฤทธิ์กระตุ้นต่อกล้ามเนื้อหัวใจ โดย epinephrine จะทำให้หลอดเลือดที่เลี้ยงกล้ามเนื้อลายคลายตัว ส่วน norepinephrine จะทำให้หลอดเลือดส่วนนี้หดตัวเล็กน้อย epinephrine และ norepinephrine เป็น catecholamines ที่มีผลกระทบต่อระบบหมุนเวียนเลือด ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกล้ามเนื้อผนังหลอดเลือด การหดและการขยายตัวของหลอดเลือดขึ้นอยู่กับการกระตุ้นตัวรับที่ผนังหลอดเลือด ตัวรับที่ตอบสนองต่อ epinephrine และ norepinephrine เรียกว่า adrenergic receptor ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ตัวรับอัลฟ่า (alpha receptor) และ ตัวรับเบต้า (beta receptor) การตอบสนองของหลอดเลือดต่อ

epinephrine ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนการกระตุ้นของฮอร์โมนนี้ต่อตัวรับเบต้าทั้งสอง ถ้าการกระตุ้นกระทำต่อตัวรับอัลฟ่ามากกว่าตัวรับเบต้า กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือดจะหดตัว ทำให้หลอดเลือดตีบ แต่ถ้าตัวรับเบต้าตอบสนองมากกว่าหลอดเลือดจะขยาย ดังตารางที่ 2.1

สำหรับกล้ามเนื้อเรียบที่ผนังลำไส้จะขยายตัวเมื่อให้ epinephrine การฉีด norepinephrine เข้าสู่ร่างกายจะทำให้หลอดเลือดหดตัว เนื่องจากไปกระตุ้นตัวรับอัลฟ่ามากกว่าดังภาพที่ 2.2 แต่มีบางส่วนไปกระตุ้นตัวรับเบต้า เช่นที่ coronary artery เล็กๆทำให้หลอดเลือดที่หัวใจขยายตัวเมื่อใช้ norepinephrine ที่ความเข้มข้นต่ำๆ



ภาพที่ 2.2 กลไกการทำงานของ β-adrenergic receptor (Benjamin, 2003)

(a) cAMP pathway initiated by activation of β-adrenergic receptor

(b) Inositol-phospholipid-calcium pathway initiated by activation of α-adrenergic receptor

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบผลของการกระตุ้นของ epinephrine ต่อตัวรับอัลฟ่า และตัวรับเบต้า

กระตุ้นต่อตัวรับอัลฟ่า	กระตุ้นต่อตัวรับเบต้า
1. มีการกระตุ้นให้กล้ามเนื้อเรียบตื่นตัว	1. ลักษณะเป็นการระงับ กดให้น้อยลง
2. ม่านตาขยาย	2. กล้ามเนื้อหลอดลมคลายตัว
3. หลอดเลือดบีบตัว	3. หลอดเลือดขยาย
4. มดลูกบีบตัว	4. มดลูกคลายตัว
5. มีการสลายตัวของไกลโคเจนในตับ	5. ลำไส้คลายตัวเพิ่มมากขึ้น
6. ม้ามบีบตัวปล่อยเลือดเข้าสู่กระแสเลือด	6. เร่งการเต้นของหัวใจ
7. กล้ามเนื้อเส้นขนหดตัวทำให้ขนลุก	7. หัวใจบีบเป็นจังหวะแรงขึ้น

ที่มา : พิลาสลักษณ์ ปานประเสริฐ (2549)

ส่วน norepinephrine จะกระตุ้นเฉพาะตัวรับอัลฟ่า จึงไม่มีผลต่อการขยายหลอดลม

การจำแนกตัวรับของสารในกลุ่ม adrenergic agonist

Molony et al. (1990) ได้จำแนกตัวรับของสารในกลุ่ม adrenergic agonist ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ตัวรับอัลฟ่า และ ตัวรับเบต้า โดยสาร α- adrenergic agonist ซึ่งจับอย่างจำเพาะกับตัวรับอัลฟ่า มีผลต่อการบีบตัวของกล้ามเนื้อหูรูดของลำไส้ กระเพาะปัสสาวะ และกล้ามเนื้อเรียบของระบบหายใจ สารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์เป็นสารที่ออกฤทธิ์ต่อตัวรับเบต้า มีผลกระตุ้นอัตราการเต้นของหัวใจให้เร็วขึ้น กระตุ้นการสลายไขมันในเซลล์ไขมันและกระตุ้นการขยายตัวของหลอดลม ตัวรับเบต้าจะพบอยู่ทั่วร่างกาย (ดังตารางที่ 2.2) สามารถจำแนกได้ 3 กลุ่มคือ

1. ตัวรับเบต้าวัน (Beta 1 agonist receptor) จะพบได้มากที่หัวใจ ไต ลำไส้เล็กและกล้ามเนื้อเรียบของหัวใจ

2. ตัวรับเบต้าทู (Beta 2 agonist receptor) จะพบได้ที่กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด หลอดลม ทางเดินปัสสาวะ ระบบสืบพันธุ์ ทางเดินอาหาร ตับและกล้ามเนื้อลาย

3. ตัวรับเบต้าทรี (Beta 3 agonist receptor) ส่วนใหญ่จะพบที่เนื้อเยื่อไขมัน

ตารางที่ 2.2 แสดงหน้าที่ในการทำงานของตัวรับเบต้าต่างๆ

เนื้อเยื่อที่ออกฤทธิ์	ชนิดของตัวรับเบต้า	หน้าที่ในการทำงาน
หัวใจ	β_1	เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ
หลอดเลือด	β_2	คลายตัว
ระบบทางเดินอาหาร	β_2	คลายตัว
กล้ามเนื้อเรียบ	β_1	คลายตัว
กล้ามเนื้อหูรูด	β_2	คลายตัว
ปอด	β_2	คลายตัว
ไต	β_1	หลั่ง rennin
เนื้อเยื่อไขมัน	β_2, β_3	กระตุ้นการสลายไขมัน
กล้ามเนื้อลาย	β_2	กระตุ้นการสลายไกลโคเจน
เซลล์ตับ	β_2	กระตุ้นการสลายไกลโคเจน

ที่มา: Molony et al. (1990)

สุพัตรา ศรีไชยรัตน์ (2549) กล่าวว่า ตัวรับเบต้า เป็นโปรตีนซึ่งอยู่ที่ cytoplasmic membrane ของเซลล์ประสาทเป้าหมาย ตัวรับเบต้าแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ เบต้าวัน เบต้าทู และ เบต้าทรี ตัวรับเบต้าทำหน้าที่รวมตัวกับสารสื่อประสาท (อะดรีนาลีน นอร์อะดรีนาลีน และโดปามีน) ที่มีอยู่ในร่างกายแล้วทำให้เกิดการทำงานของร่างกายตามปกติ โดยเมื่อรวมตัวกับสารที่มากระตุ้นแล้วจะเกิดผลเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาแบบเดียวกับสารสื่อประสาท และเมื่อรวมตัวกับสารที่มายับยั้ง อาจมีผลแบบเดียวกับสารสื่อประสาทหรือตรงกันข้าม ผลที่เกิดจากการกระตุ้นตัวรับเบต้าที่อวัยวะต่างๆ มีดังนี้

1. บริเวณหัวใจและหลอดเลือด จะเกิดอาการหัวใจเต้นเร็วและแรงขึ้น (เบต้าวัน) เพิ่มความต้องการออกซิเจน ทำให้หลอดเลือดขยาย (เบต้าทู) ลดแรงต้านทานของหลอดเลือด

2. ปอดและทางเดินหายใจ (ทางเดินหายใจ มีตัวรับเบต้าทู) หลอดลมขยาย (เบต้าทู) กล้ามเนื้อเรียบคลายตัว

3. ตับ ทำให้ตับมีการสลายไกลโคเจน (เบต้าทู) ทำให้ไกลโคเจนในเลือดสูง

4. ตับอ่อน เพิ่มการหลั่งอินซูลิน (เบต้าทู)

5. กล้ามเนื้อลาย (เบต้าทู) สลายไกลโคเจน เพิ่มปริมาณโปแตสเซียม ทำให้ตัวสั่น

6. เนื้อเยื่อไขมัน สลายไขมันมากขึ้น (เบต้าทู)

7. กระเพาะปัสสาวะ ลดการหดรัดตัว

พิลาสลักษณ์ ปานประเสริฐ (2549) รายงานว่า สารกลุ่มเบต้าอะโกนิสท์จะทำงานเฉพาะบนตัวรับสัญญาณชนิดตัวรับเบต้าเท่านั้น โดยจะไปมีผลในการกระตุ้นการสร้างกล้ามเนื้อ ลดเนื้อเยื่อไขมัน แต่ไม่มีผลต่อโครงสร้างของกระดูกและอวัยวะภายใน ผลของการสร้างกล้ามเนื้อจะไปเน้นในเรื่องการเพิ่มขนาดของเซลล์กล้ามเนื้อ (hypertrophy) มากกว่าการเพิ่มจำนวนเซลล์กล้ามเนื้อ (hyperplasia) โดยการเพิ่มการสังเคราะห์และลดการสลายของโปรตีนในเซลล์กล้ามเนื้อ สำหรับการลดเนื่อเยื่อไขมันเกิดจากการกระตุ้นขบวนการสลายของไขมัน(lipolysis) พร้อมๆกับการลดการนำเข้าของกลูโคสสู่เซลล์ไขมันทำให้มีการสังเคราะห์ไขมัน(lipogenesis) ลดลง

กลไกการทำงานของสารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์

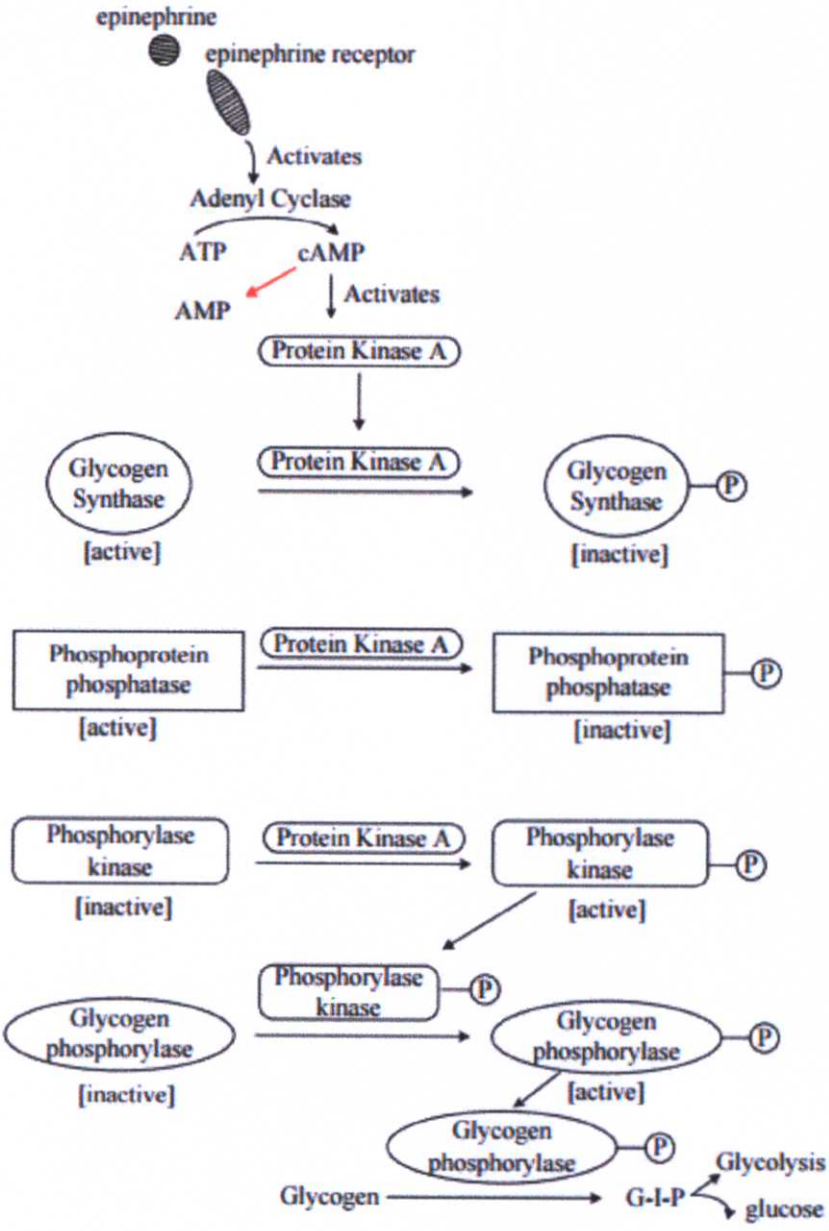
หน้าที่ของ endogenous catecholamine มีหลายอย่าง เช่น ยับยั้งการหลั่งอินซูลิน (insulin) กระตุ้นกระบวนการสลายไขมัน (lipolysis) กระตุ้นกระบวนการสลายไกลโคเจนในตับไปเป็นกลูโคส (glycogenolysis) การสร้างกลูโคสโดยตับ จากวัตถุดิบที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรท (gloconeogenesis) และการหลั่งกลูคากอน (glucagon) (Harper, 1975) สารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์มีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีอิทธิพลต่อเนื้อเยื่อแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังนั้นกลไกการตอบสนองของเนื้อเยื่อเป้าหมายแต่ละชนิดต่อ สารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์ สามารถช่วยอธิบายผลของการใช้สารดังกล่าวในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ได้

ผลของสารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์ ต่อเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue)

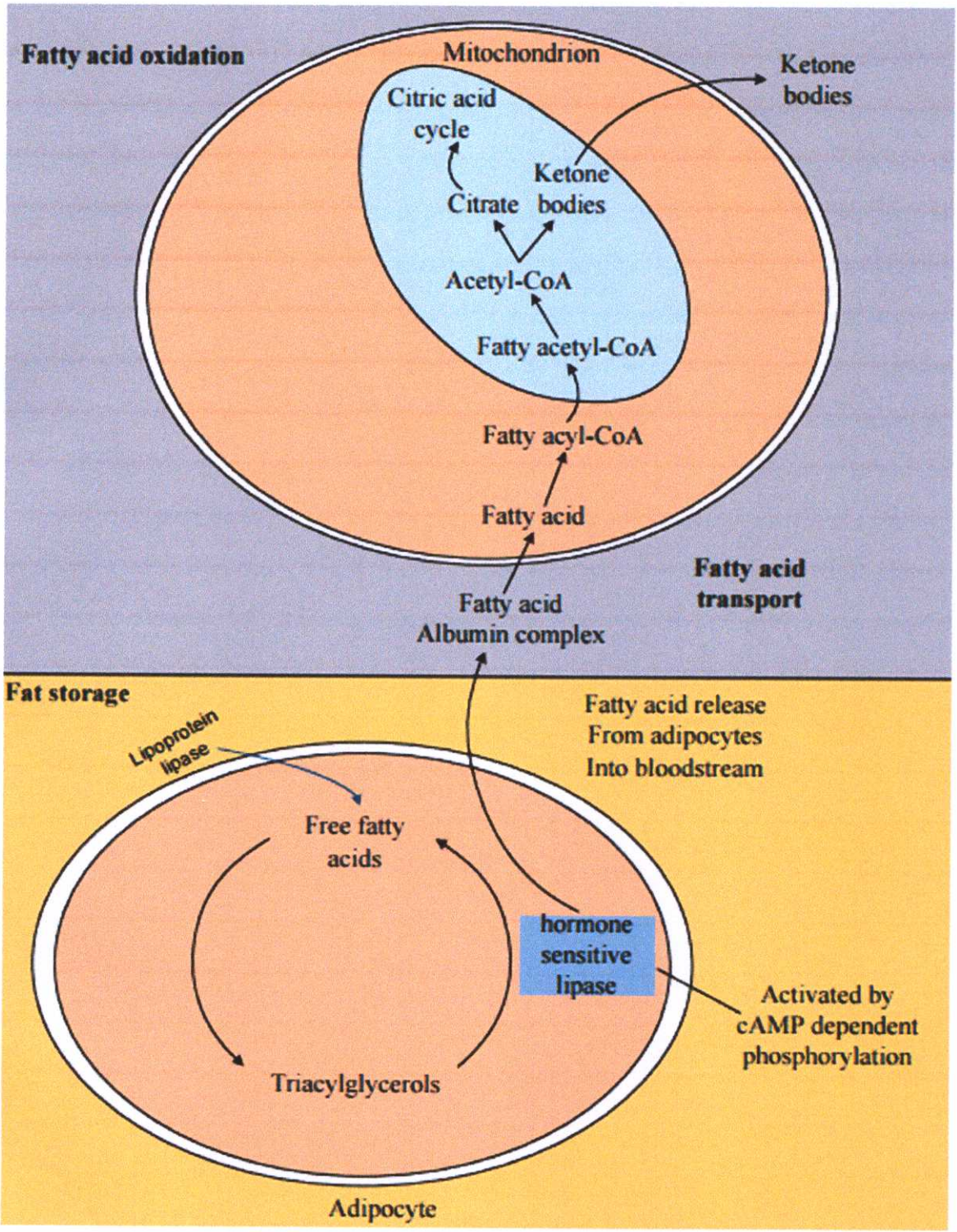
มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2550) กล่าวว่า การสะสมไขมันในร่างกาย (fat deposition) แต่ละขณะขึ้นอยู่กับดุลยภาพระหว่างกระบวนการสลายโมเลกุลของไขมัน (lipolysis) และกระบวนการสังเคราะห์ไขมัน กระบวนการสังเคราะห์ไขมันจะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอินซูลิน ในขณะที่กระบวนการสลายไขมันถูกควบคุมโดยฮอร์โมนในกลุ่ม catecholamine (สารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์ เป็นสารที่มีโครงสร้างคล้ายฮอร์โมนในกลุ่ม catecholamine ซึ่งสามารถเข้าจับโดยตรงกับตัวรับเบต้าของเซลล์ไขมัน) โดยมีผลไปกระตุ้นกลไกการทำงานของเอนไซม์ adrenyl cyclase ไปทำปฏิกิริยาผ่าน cAMP ทำให้เอนไซม์ phosphorylase เปลี่ยนรูปจาก inactive form เป็น active form และphosphorylase ที่ได้จะทำให้กระบวนการสลายไขมันเกิดขึ้นในเซลล์ไขมัน

จากภาพที่ 2.3 ฮอร์โมน epinephrine จะเข้าจับกับตัวรับบนเซลล์เนื้อเยื่อไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ adrenyl cyclase เพื่อเปลี่ยนพลังงาน ATP ให้เป็น cAMP การเพิ่มขึ้นของ cAMP ในเซลล์เนื้อเยื่อ และเซลล์ตับ จะไปกระตุ้นให้ protein kinase A ทำงาน และจะไปยับยั้งการสังเคราะห์ glycogen ซึ่งผลผลิตสุดท้ายจะได้กลูโคสเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการ glycolysis ให้ได้พลังงานออกมาใช้ต่อไป นอกจากนี้ cAMP ยังไปกระตุ้นให้เกิดกระบวนการ fatty acid oxidation

ในเซลล์ตับ และยังไปกระตุ้นให้มีการปลดปล่อยกรดไขมันในเนื้อเยื่อไขมันเข้าสู่กระแสเลือด ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.3 แสดงกระบวนการเมทานิซึม ของ สารกลุ่มเบต้า- อะโกรนิสต์ ในกล้ามเนื้อและตับ (พิลาสลักษณ์ ปานประเสริฐ, 2549)



ภาพที่ 2.4 แสดง site of regulation of fatty acid metabolism (พิลาสลักษณ์ ปานประเสริฐ, 2549)

Liu et al. (1987) รายงานว่าเมตาบอลิซึมของเนื้อเยื่อไขมันสุกรจะถูกควบคุมโดยจำเพาะจากสารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์และอินซูลิน โดยอินซูลินจะไปยับยั้งกระบวนการสลายไขมัน ในขณะเดียวกันสารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์ จะส่งเสริมกระบวนการขนส่งกลูโคสเข้าสู่เซลล์ไขมัน ซึ่งจะนำไปสู่การกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสลายไขมัน ส่วนสารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์ จะมีผลทำให้การจับกันของอินซูลินกับตัวรับลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ หากมี theophylline อยู่ด้วย สารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์จะลดการจับของอินซูลินกับตัวรับลดลง 40 เปอร์เซ็นต์

สารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์ จะไปยับยั้งการทำงานของอินซูลิน โดยกระตุ้นการสังเคราะห์ cyclic AMP (cAMP) ซึ่งยังผลให้อินซูลินเข้าจับกับตัวรับที่เซลล์ไขมันของสุกรลดลง 20-40 เปอร์เซ็นต์ (Liu and Mills, 1989 และ Liu and Mills, 1990) รายงานเพิ่มเติมว่า ractopamine และ clenbutarol ลดการจับของอินซูลินกับตัวรับโดยตรง หากมีอินซูลินอยู่ในระดับต่ำ แต่เมื่อระดับอินซูลินสูงขึ้น ractopamine และ clenbutarol จะไม่สามารถลดการจับของอินซูลินกับตัวรับได้ หากไม่มีเอนไซม์ adrenosine deaminase อยู่ด้วย การทำงานของอินซูลินในการสร้างไขมันจะถูกยับยั้งโดย db cAMP (dibutyryl cAMP) หน้าที่หลักของ cAMP คือยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันส่วนหน้าที่รองคือกระตุ้นการสลายไขมัน

ผลของสารกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์ ต่อกระบวนการเมตาบอลิสมของกล้ามเนื้อ

มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2550) กล่าวว่า เนื่องจากกระบวนการต่างๆในร่างกายไม่ใช่กระบวนการที่ดำเนินไปในทิศทางเดียว แต่เป็นกระบวนการที่มีการเคลื่อนไหวปรับเปลี่ยน กระบวนการสะสมโปรตีนในกล้ามเนื้อเป็นเช่นเดียวกัน ดุลยภาพจะขึ้นอยู่กับการสังเคราะห์โปรตีน (protein synthesis) และกระบวนการสลายโปรตีน (protein degradation) ซึ่งแล้วแต่ว่ากระบวนการใดจะเกิดขึ้นมากกว่ากัน โดยทั้งสองกระบวนการนี้ถูกควบคุมโดยระบบฮอร์โมนและสภาวะทางโภชนาการของสัตว์

สารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสท์ เป็นสารเคมีที่นำมาใช้ในการผลิตยารักษาโรคของคนมีสรรพคุณในการขยายหลอดลม รักษาโรคหอบหืด ช่วยให้กล้ามเนื้อมดลูกคลายตัวและช่วยให้กล้ามเนื้อขยายตัว เพิ่มการสลายตัวของไขมันที่สะสมในร่างกาย แต่อาจมีผลข้างเคียง เช่น ทำให้มีอาการกล้ามเนื้อสั่น หัวใจเต้นเร็วกว่าปกติ กระวนกระวาย วิงเวียน ปวดศีรษะ เป็นต้น

การลักลอบนำสารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสท์มาผสมในอาหารสัตว์ หรือน้ำดื่มในการเลี้ยงสัตว์เป็นการใช้ผิดวัตถุประสงค์ โดยสารกลุ่มนี้จะเร่งกระบวนการเผาผลาญสารอาหารในเซลล์ ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเซลล์โดยเฉพาะเซลล์กล้ามเนื้อ ลดช่องว่างของเซลล์ให้ติดกันมากขึ้น ช่วยเปลี่ยนไขมันให้เป็นกล้ามเนื้อ ดังนั้นสัตว์ที่ได้รับสารเร่งเนื้อแดงจึงมีชั้นไขมันลดลง มีการเจริญเติบโตดี และกระตุ้นให้มีเนื้อแดงเพิ่มมากขึ้น

การใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ผสมในอาหารสุกร เพื่อเป็นการปรับซากมีผลทำให้สุกรและเนื้อสุกรมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1. มีการสะสมไขมันลดลง โดยกระตุ้นการผลิต cyclic 3', 5'adenosine monophosphate (cAMP) เกิดการสลายไขมัน

2. มีการกระตุ้นเนื้อแดงให้เพิ่มมากขึ้น โดยขบวนการของ cAMP ไปสลายไกลโคเจน เพิ่มกลูโคสในกระแสเลือดเพื่อให้พลังงานรวมกับพลังงานจากการสลายไขมันได้พลังงานจำนวนหนึ่ง ร่างกายสามารถนำพลังงานเหล่านี้มาใช้ในการสังเคราะห์โปรตีน

3. มีการเจริญเติบโตดีขึ้น

สารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสท์ ที่พบว่ามีการลักลอบใช้เพื่อเป็นสารปรับซากหรือเร่งเนื้อแดงที่สำคัญมีอยู่ 3 ชนิด คือ เคลนบูเทรอล ซาลบูตามอล และแรคโตพามีน สารเคลนบูทารอลมีฤทธิ์สูงกว่าซาลบูทามอล 20 เท่า

เคลนบูทารอล (Clenbuterol)

ยุพดี จาวรุงฤทธิ์ (2541) สารเคลนบูทารอล เป็นสารตัวแรกที่ถูกนำเข้ามาใช้อย่างแพร่หลายในฟาร์มสุกร โดยมีชื่อการค้าว่า LENDOL ถูกลักลอบใช้ผสมอาหารโดยระบุว่าเป็นกากถั่ว กากงา จนกระทั่งกระทรวงพาณิชย์เห็นว่า การนำสารเคลนบูทารอลมาใช้เลี้ยงสุกรอาจเกิดอันตรายขึ้นแก่สัตว์รวมถึงผู้บริโภค จึงได้ออกมาตรการในการควบคุมการนำสารเคลนบูทารอลเข้าประเทศ โดยต้องขออนุญาตและต้องมีหนังสือรับรองโดยเฉพาะจากคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) เท่านั้น จากนั้นได้ถูกสั่งยกเลิกการจำหน่าย จากมาตรการข้างต้น ทำให้เจ้าของฟาร์มหันมาใช้สารซัลบูทามอล มาใช้เป็นตัวเร่งเนื้อแดงแทน

ซัลบูทามอล (Salbutamol)

ยุพดี จาวรุงฤทธิ์ (2541) กล่าวว่าสารซัลบูทามอล เป็นสารเบต้า-อะโกรนิสต์ในกลุ่ม sympathomimetic ที่ออกฤทธิ์เป็น bronchodilator สารซัลบูทามอล มีฤทธิ์ในการขยายหลอดลม ถูกนำมาใช้ในการรักษาผู้ป่วยในโรคหอบหืดโดยใช้ในกรณี acute severse astima และกรณี chronic astima ชื่อการค้าว่า VENTOLIN ใช้ในปริมาณ 8-10 มิลลิกรัมต่อวัน วันละ 2 ครั้ง นอกจากนี้ยังพบว่ามีการใช้ในการป้องกันการคลอดก่อนกำหนด มีการลักลอบใช้สารซัลบูตามอลในอาหารเลี้ยงสุกร โดยสุกรที่ได้รับสารซัลบูตามอลจะมีรูปร่างค่อนข้างกำยำล่ำสัน กล้ามเนื้อเป็นมัด อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น เพิ่มเปอร์เซ็นต์ซากและลดความหนาไขมันสันหลัง การที่สารซัลบูทามอลหาซื้อได้ง่าย และเป็นเคมีภัณฑ์ที่ใช้ประกอบการผลิตยาแผนปัจจุบัน ซึ่งมีการขึ้นทะเบียนไว้แล้ว จึงทำให้มีการใช้ อย่างแพร่หลายและทำให้การใช้สารเร่งเนื้อแดงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

การวิจัยสารซัลบูทามอล ขนาด 3 และ 6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสุกรน้ำหนัก 68–95 กิโลกรัม เทียบกับกลุ่มไม่ให้สารพบว่าสุกรที่ได้รับสารซัลบูทามอลมีรูปร่างค่อนข้างกำยำล่ำสัน

กล้ามเนื้อเป็นมัด อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารดีกว่า ในระหว่างช่วงท้ายของการขุนสุกรกลุ่มที่ใช้สารซัลบูทามอลมีอาการทางประสาทคือ ตัวสั่นเป็นพักๆ ตื่นตกใจง่าย และกระวนกระวายมากกว่าสุกรกลุ่มที่ไม่ให้สาร สุกรมีความเครียดปรากฏให้เห็นตลอดเวลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงก่อนนำเข้าโรงงานฆ่าสัตว์ หลังจากชำแหละพบว่าซากของสุกรเต็มไปด้วยเนื้อแดง ความหนาของไขมันสันหลังบาง มีชั้นไขมันหุ้มซากค่อนข้างบางผิดปกติ สีของเนื้อแดงค่อนข้างเข้มกว่าปกติ มัดกล้ามเนื้อที่บริเวณรอยผ่าระหว่างขาหลังทั้งสองข้างมีขนาดใหญ่ ปริมาณเนื้อแดงบริเวณสันหลัง ขา สะโพก และหัวไหล่สูง สีของเนื้อที่ได้ค่อนข้างแดงจัด ผิวหน้าของก้อนเนื้อแห้งกว่าปกติ หากใช้นิ้วแตะดูพบว่าไม่มีความชื้นของน้ำเนื้อตามปกติ ชั้นของไขมันโดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนเนื้อสามชั้น มีชั้นของไขมันบางมาก เพียง 0.5 เซนติเมตรหรือต่ำกว่า ผลเหล่านี้เกิดจากสารเร่งเนื้อแดงทำให้กระบวนการภายในร่างกายของสุกรทำงานผิดปกติ มีการจัดสรรให้สารอาหารที่สุกรกินเข้าไปเกือบทั้งหมดแปลงไปเป็นโปรตีนสะสมอยู่ในรูปของเนื้อแดงสูงกว่าที่ถูกจัดสรรไปสร้างเป็นชั้นไขมันตามปกติทั่วไป จึงเกิดผลข้างเคียงคือสารเหล่านี้เข้าไปทำงานที่ส่วนตัวรับเบต้าของระบบประสาท ทำให้สุกรมีอาการเครียด ตื่นตกใจง่าย บางตัวอาจช็อกตายระหว่างการขนส่ง ขณะที่กลุ่มที่ไม่ให้สารได้ซากปกติคือ เนื้อมีสีชมพูอมเทา กล้ามเนื้ออยู่ในระดับปกติไม่เป็นมัด มีชั้นของไขมันหุ้มซากหนาประมาณ 2.5 เซนติเมตรขึ้นไป

Cole et al. (1987) มีการวิจัยสารซัลบูทามอล ในสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมีย จำนวน 96 ตัว น้ำหนัก 25-27 กิโลกรัม พบว่าการใช้สารเร่งเนื้อแดงกลุ่มซัลบูทามอล มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารดีขึ้น หากใช้ที่ระดับ 2-8 พีพีเอ็ม จะทำให้ไขมันสันหลังสุกรบางลง คุณภาพซากดีขึ้น ช่วยลดปัญหาการเกิดเนื้อซีดฉ่ำน้ำ แต่มีข้อเสียคือก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อตัวสัตว์ ทำให้หัวใจเต้นเร็ว ความร้อนในตัวสัตว์เพิ่มขึ้นสัตว์จะเกิดภาวะเครียดจากความร้อน ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ผลของสารซัลบูทามอลต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก

ลักษณะ	สารซัลบูทามอล (มิลลิกรัม/กิโลกรัมอาหาร)			
	0	2	4	8
อัตราการเจริญเติบโต(กิโลกรัม/วัน)	0.70	0.75	0.76	0.77
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	2.66	2.52	2.48	2.43
เปอร์เซ็นต์ซาก (เปอร์เซ็นต์)	74.20	75.40	75.60	76.40
ความหนาไขมันสันหลังที่ตำแหน่งกระดูกซี่โครงคู่ที่ 10 (เซนติเมตร)	1.39	1.21	1.16	1.07

ที่มา: Cole et al. (1987)

แรคโตพามีน (Ractopamine)

สุพัตรา ศรีไชยรัตน์ (2549) กล่าวว่าสารแรคโตพามีนเป็นสารเบต้า-อะโกนิสท์ (ออกฤทธิ์ทั้งกับ เบต้าวัน และ เบต้าทูตัวรับ) ที่ได้รับการจดทะเบียนให้ใช้เป็นสารปรับซากในอเมริกา สารแรคโตพามีนช่วยเพิ่มปริมาณเนื้อแดง ลดการสะสมของไขมันที่ซาก เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร จึงมีการพยายามขอจดทะเบียนในประเทศไทย และมีรายงานการใช้ยานี้ในเมืองไทย ซึ่งการตกค้างของสารแรคโตพามีนส่งผลกระทบต่อการส่งออกเนื้อสัตว์ ยานี้ได้ผลต่อสัตว์ประเภทโคมากกว่าสุกร มากกว่าไก่ตามลำดับ ปัญหาจากการตกค้างของสารเบต้า-อะโกนิสท์ในสุกร สุกรที่ได้รับสารเบต้า-อะโกนิสท์ จะตรวจพบการตกค้างของสารเร่งเนื้อแดงในปริมาณตั้งแต่เล็กน้อยไปจนถึงปานกลาง โดยสารเร่งเนื้อแดงสามารถตกค้างที่ส่วนต่าง ๆของสุกร ได้แก่ เครื่องใน ตับ ไต เนื้อ และไขมัน นอกจากนี้สามารถพบได้ในปัสสาวะ

จากการศึกษาการใช้สารแรคโตพามีนในสุกรขุนเพศเมียที่ได้รับอาหารแบบจำกัดที่ระดับ 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร และระดับโปรตีนต่างๆกัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเพิ่มขึ้นเมื่อระดับโปรตีนในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น การสะสมเนื้อแดงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับโปรตีนในสูตรอาหารต่ำกว่า 14.2 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีความสัมพันธ์กันที่ระดับโปรตีนสูงกว่า 14.2 เปอร์เซ็นต์ การสะสมไขมันลดลงมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับโปรตีนสูงขึ้นแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโดยการเสริมแรคโตพามีน ดังนั้นการเสริมแรคโตพามีนควรเพิ่มระดับโปรตีนในสูตรอาหารให้สูงขึ้นเพื่อเพิ่มการสะสมเนื้อแดงสูงสุด ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ผลของแรคโตพามีนและระดับโปรตีนต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกรขุนเพศเมียที่ได้รับอาหารแบบจำกัด

ลักษณะ	แรคโตพามีน	ระดับโปรตีนในสูตรอาหาร(%)						นัยสำคัญ1/		
	มก./กก.	8.3	11.2	14.2	17.1	20.1	23.0	R	DP	RxDP
อัตราการเจริญเติบโต	0	474	569	590	621	639	659	ns	**	ns
(กรัม/วัน)	20	479	553	624	654	694	678			
ประสิทธิภาพการใช้	0	4.19	3.51	3.41	3.23	3.14	3.09	ns	**	ns
อาหาร	20	4.27	3.64	3.24	3.03	2.90	2.95			
การสะสมเนื้อแดงในซาก	0	61	82	90	99	87	89	**	**	ns
(กรัม/วัน)	20	61	89	96	111	111	115			
การสะสมไขมันในซาก	0	189	176	147	149	169	131	ns	*	ns
(กรัม/วัน)	20	182	161	148	154	74	150			

1/ ^{ns} $p>0.05$, * $p<0.05$, ** $p<0.01$ R = Ractopamine, DP = diataly protein ns = not significant difference in statistical

ที่มา: มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2550)

ภัทรพล สำเร็จดี (2553)ได้กล่าวว่าในประเทศไทยมีการใช้สารเร่งเนื้อแดงในการเลี้ยงปศุสัตว์มานานโดยเฉพาะสุกร (รวมทั้งโคขุน สัตว์ปีก) โดยเกษตรกรใช้เพื่อทำให้สัตว์เจริญเติบโตดี เนื้อแดงมาก ขายได้ราคาสูง พ่อค้า และผู้บริโภคชอบ เพราะว่าเนื้อมีสีแดง มันน้อย เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรในเมืองไทย เริ่มใช้สารเบต้าอะโกนิสท์โดยเฉพาะสารเคลนบิวเตอรอล (Clenbuterol) มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 โดยในปี พ.ศ. 2544 กรมปศุสัตว์และสมาคมผู้เลี้ยงสุกรแห่งประเทศไทย รายงานว่าฟาร์มสุกรร้อยละ 90 ของฟาร์มสุกร ทั่วประเทศมีการนำสารเร่งเนื้อแดง หรือสารเคมีในกลุ่มเบต้า-อะโกนิสท์ มาใช้ในการเลี้ยงสุกรโดยผสมในอาหาร น้ำดื่มหรืออื่นๆ ซึ่งสารนี้จะเปลี่ยนแปลงชั้นไขมันให้เป็นกล้ามเนื้อ ทำให้มีชั้นไขมันลดลง อย่างไรก็ตามสารเร่งเนื้อแดงมีอันตรายต่อผู้บริโภค เนื่องจากเป็นสารก่อให้เกิดโรคมะเร็งชนิดหนึ่ง รวมทั้งก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคอีกมากมาย ดังนั้นจึงมีการตระหนักถึงอันตรายจากการบริโภคเนื้อสุกรที่ได้รับสารเร่งเนื้อแดงรวมทั้งการรณรงค์จากภาครัฐในการป้องกันแก้ไข ปัญหาการใช้สารเร่งเนื้อแดงในการเลี้ยงสัตว์

Vestergaard et al. (1994) สารเร่งเนื้อแดงพวกซัลบูทามอล แรคโตพามีน และเคลนบูทารอล เป็นสารที่ผู้เลี้ยงสุกรนิยมใช้ผสมอาหารในการเลี้ยงสุกรเพื่อปรับปรุงคุณภาพซาก หรือเพื่อช่วยในการขุน โดยจะช่วยในการใช้พลังงานจากไขมัน และสะสมโปรตีนในกล้ามเนื้อ ส่งผลให้มีเนื้อแดงมาก ไขมันน้อย เนื่องจากยาไปลดการสะสมของไขมัน

2.2 อันตรายของสารเร่งเนื้อแดงต่อสัตว์

การใช้สารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสท์ในการเลี้ยงสัตว์ ถือเป็นการทรมานสัตว์ เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีผลต่อการทำงานของระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบของ หลอดเลือด หลอดลม กระเพาะปัสสาวะ ทำให้สัตว์ช็อกและตายได้

2.3 ผลของสารเร่งเนื้อแดงต่อสุกรมีชีวิต

มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2550) สารเร่งเนื้อแดงก่อให้เกิดผลข้างเคียงต่อตัวสัตว์ โดยทำให้หัวใจ เต้นเร็วขึ้น ในสัตว์บางชนิดอาจพบการตายของกล้ามเนื้อหัวใจ การสร้างความร้อนในตัวสัตว์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้สัตว์ทนต่อ ความร้อนได้ลดน้อยลงและอาจเกิดภาวะเครียดจากความร้อนได้ (heat stress) ในระหว่างช่วงท้ายของ การขุนสุกรกลุ่มที่ใช้สารเร่งเนื้อแดง (ซัลบูตามอล) จะพบอาการทางประสาท คือ ตัวสั่นเป็นพักๆ ตื่นตกใจง่าย และกระวนกระวาย สุกรจะมีความเครียดโดยเฉพาะช่วงก่อนนำเข้าโรงฆ่าสัตว์ ซึ่งอาจทำให้สัตว์ช็อกและตายได้ สุกรที่ยังมีชีวิตอยู่สามารถสังเกตได้จากลักษณะภายนอก คือ มีลักษณะมัดกล้ามเนื้อนูนเด่นกว่าปกติ โดยเฉพาะบริเวณสะโพก สันหลังหรือบริเวณหัวไหล่ ถ้าได้รับสารเร่งเนื้อแดงในปริมาณสูงมากๆ สุกรจะมีอาการสั่นอยู่ตลอดเวลา

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4 ผลของสารเร่งเนื้อแดงต่อซากสุกร

Mill and Liu (1990) กล่าวว่า สารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ ทำให้เกิดคุณภาพซากสุกรดีขึ้น มีเนื้อแดงเพิ่มมากขึ้น ไขมันน้อยลง ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค โดยการเร่งการสร้างเนื้อแดง มีผลต่อตัวรับเบต้าทูที่อยู่บนผิวเซลล์ของกล้ามเนื้อโครงร่างและเซลล์ไขมัน โดยจะลดการสังเคราะห์ของไขมัน ทำให้มีการสร้างโปรตีนมากกว่า มีผลทำให้กล้ามเนื้อใหญ่ขึ้น

Fiems (1987) รายงานว่า สารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณภาพซากของสัตว์ปีก หมู วัว และแกะ ทำให้ปริมาณไขมันลดลง เปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้อมากขึ้น คุณภาพซากเพิ่มขึ้นและกับกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น มีสำหรับอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการเปลี่ยนอาหารในสัตว์ปีกและสัตว์เคี้ยวเอื้องดีขึ้น ในสุกรทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารดี สารเบต้า-อะโกรนิสต์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการเมททาบอลิซึมระดับอินซูลินลดลงและ adipocytes ไวต่ออินซูลิน สารเบต้า-อะโกรนิสต์ ทำให้การใช้พลังงานเพิ่มขึ้นส่วนหนึ่งมาจากการผลิตความร้อนเป็นพิเศษ โดยทั่วไปสีเนื้อไม่ได้รับผลกระทบจากสารเบต้า-อะโกรนิสต์ อย่างไรก็ตามการเผาผลาญที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า pH ของกล้ามเนื้อสูงขึ้น ความนุ่มของเนื้อส่วนใหญ่ไม่เปลี่ยนแปลง องค์ประกอบทางเคมีของซากหรือกล้ามเนื้อจะมีไขมันน้อยและโปรตีนมากขึ้นทำให้ความชื้นสูงขึ้น

สัญชัย จตุรสิทธา (2543) รายงานว่า สารเบต้า-อะโกนิสต์สามารถเพิ่มกล้ามเนื้อและลดไขมันในซาก โดยมีผลต่อการทำงานของเอ็นไซม์ไลเปสที่ย่อยเซลล์ไขมัน ปลดปล่อยกรดไขมันอิสระสำหรับใช้ในการเมททาบอลิซึมของกล้ามเนื้อลักษณะหนึ่งที่มีผลทั้งต่อการย่อยไขมัน (lipolysis) และการสังเคราะห์ไขมัน (fat synthesis) ได้มีการทดลองโดยใช้เทคนิคการรวมตัวกันด้วยรังสีในผนังเยื่อไขมันในแกะ ซึ่งพบว่าสารเบต้า-อะโกนิสต์ จะทำการรวมตัวของเบต้ารีเซพเตอร์ ในเซลล์ไขมันโดยตรง ผลของการย่อยไขมันพบว่าเบต้า-อะโกนิสต์ มีผลต่อ cyclic AMP: cAMP การลดการทำงานของไลโปจีนิค เอ็นไซม์ (lipogenic enzyme) อย่างต่อเนื่องอาจตอบสนองต่อผลในการลดการสะสมไขมันในสัตว์ สำหรับในสุกร การลดปริมาณไขมันในซากแปรปรวนตั้งแต่ 6 ถึง 17 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับสารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ที่ผสมอาหารและตำแหน่งของการสะสมไขมันในตัวสุกร

รณชัย สิทธิไกรพงษ์ และคณะ (2545) ได้ศึกษาผลของสารซัลบูตามอลต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากสุกรขุน โดยใช้สุกรขุนลูกผสมสามสายพันธุ์ เพศผู้ตอน น้ำหนักประมาณ 70 กิโลกรัม จำนวน 210 ตัว แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ตามอาหารทดลอง คือกลุ่มที่ 1 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุม และกลุ่มที่ 2 เลี้ยงด้วยอาหารสูตรควบคุมผสมสารซัลบูตามอล ระดับ 15 ppm จากการทดลองพบว่าการใช้สารซัลบูตามอลไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสุกร แต่มีผลทำให้สุกรกินอาหารลดลง ($p<0.05$) ช่วยปรับปรุงอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักของสุกร ($p<0.01$) และเมื่อสุกรมีน้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัม ทำการฆ่าและชำแหละศึกษาคุณภาพซาก พบว่าการใช้

148470

สารซัลบูตามอลมีผลทำให้ความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง ค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ) และพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลังลดลง ($p<0.01$) เท่ากับ 3.45, 10.00, 27.27 และ 16.08 เปอร์เซ็นต์ของสุกรที่ไม่ได้รับสารซัลบูตามอลตามลำดับ แต่มีพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอก และสัดส่วนของพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกต่อพื้นที่หน้าตัดไขมันสันหลังเพิ่มขึ้น ($p<0.01$) 15.23 และ 38.09 เปอร์เซ็นต์ของสุกรที่ไม่ได้รับสารซัลบูตามอลตามลำดับ นอกจากนั้นยังทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมและกระดูกรวมในซากลดลง ($p<0.01$) 20.39 และ 4.88 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงรวมในซากเพิ่มขึ้น ($p<0.01$) 10.74 เปอร์เซ็นต์ของสุกรที่ไม่ได้รับสารซัลบูตามอล

2.5 อันตรายของสารเร่งเนื้อแดงต่อผู้บริโภค

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2555) รายงานว่า การบริโภคเนื้อสุกรหรือส่วนของสุกรที่มีสารเร่งเนื้อแดงตกค้างนั้นส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค เนื่องจากสารเร่งเนื้อแดงจะมีผลต่อการทำงานของระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด หลอดลม กระเพาะปัสสาวะ เป็นต้น โดยอาจทำให้มีอาการมือสั่น กล้ามเนื้อกระตุก ปวดศีรษะ หัวใจเต้นเร็วผิดปกติ กระวนกระวาย วิงเวียนศีรษะ บางรายมีอาการ เป็นลม นอนไม่หลับ คลื่นไส้ อาเจียน มีอาการทางจิตประสาท ดังนั้นจึงเป็นอันตรายมากสำหรับหญิงมีครรภ์และผู้ที่เป็นโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง เบาหวาน ผู้สูงอายุ และโรคไฮเปอร์ไธรอยด์ หากได้รับสารกลุ่มนี้ในปริมาณมากๆ อาจทำให้เสียชีวิตทันที เนื่องจากการเต้นของหัวใจผิดปกติ /หัวใจวาย นอกจากนี้การบริโภคเนื้อสุกรที่มีสารเร่งเนื้อแดงกลุ่มเบต้า-อะโกรนิสต์ตกค้าง เช่น ชิ้นเนื้อ ตับ ไต และไขมัน จะส่งผลเสียอื่นๆ ได้แก่ ก่อให้เกิดการแพ้ยา ก่อการกลายพันธุ์ การตอบสนองของตัวรับในระบบประสาทซิมพาเธติคเปลี่ยนไป และเป็นตัวก่อมะเร็งได้เมื่อได้รับเป็นระยะเวลานานๆ การสังเกตุว่าเนื้อสุกรมีสารเร่งเนื้อแดงปนเปื้อน การปนเปื้อนสารเร่งเนื้อแดงในเนื้อสุกร สามารถสังเกตได้ดังนี้ สุกรที่ยังมีชีวิตอยู่สามารถสังเกตเห็นได้ว่ามีลักษณะคล้ายนักเพาะกาย คือเห็นมัดกล้ามเนื้อนูนเด่นกว่าปกติ โดยเฉพาะบริเวณสะโพก สันหลังหรือบริเวณหัวไหล่ ถ้าได้รับสูงมากๆ สุกรจะมีอาการสั่นตลอดเวลา

บ้านเมือง (2556) จากข้อมูลของกรมปศุสัตว์ เปิดเผยว่า อันตรายจากสารเร่งเนื้อแดงกลุ่มเบต้า-อะโกนิสท์ โดยสารเบต้า-อะโกนิสท์นั้นเป็นสารต้องห้ามใช้ผสมในอาหารสัตว์ตาม พ.ร.บ. ควบคุมอาหารสัตว์ ผู้ฝ่าฝืนมีความผิดและต้องโทษจำคุก 1 ปี หรือปรับไม่เกิน 10,000 บาท เนื่องจากเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค มีผลกับหญิงมีครรภ์เพราะจะกระตุ้นให้เกิดเนื้องอกในระบบอวัยวะสืบพันธุ์สตรีอีกด้วย โดยในประเทศฝรั่งเศส มีคนตายจากการบริโภคตับโคที่ปนเปื้อนสารเบต้า-อะโกนิสท์ ชนิดบิวเทอรอล 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าสารในกลุ่มนี้บางชนิดเป็นสารก่อให้เกิดเนื้องอกและมะเร็งด้วย

ในปัจจุบันยังมีการลักลอบใช้สารนี้ในอาหารหรือน้ำให้สุกรและโคเนื้อ เพื่อเพิ่มปริมาณเนื้อแดงและลดชั้นไขมันให้บางลง จึงเป็นที่สนใจของผู้บริโภคที่ไม่ทราบถึงอันตรายจากสารที่ตกค้างอยู่ในเนื้อที่ซื้อไปบริโภค เพราะถึงแม้จะทำให้สุกแล้วก็ไม่สามารถกำจัดสารให้หมดไปได้ นอกจากนี้ สารกลุ่มเบต้าอะโกนิสท์ ยังเป็นสารต้องห้ามของประเทศคู่ค้ารายใหญ่ของไทย คือ ประเทศสหภาพยุโรป (อียู) และประเทศอื่นๆ หากพบในผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกจะถูกระงับการนำเข้า สร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจและเสียชื่อเสียงของประเทศเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องขอความร่วมมือจากฟาร์ม ผู้จำหน่ายสารดังกล่าว ตลอดจนผู้บริโภค ช่วยหาทางหยุดยั้งการจำหน่ายหรือใช้สารดังกล่าวในการเลี้ยงสัตว์และหน่วยงานของภาครัฐจะต้องดำเนินการในทุกด้านอย่างจริงจัง เข้มงวด และต่อเนื่อง เพื่อหยุดยั้งการใช้สารนี้ให้ผู้บริโภคปลอดภัยต่อไป

สารกลุ่มนี้ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ ซัลบูตามอล และ แรคโตพามีน โดยเฉพาะอย่างยิ่งชนิดหลังมีแนวโน้มว่าจะมีการใช้กันมากขึ้น ลักษณะการนิยมใช้ผสมในอาหารสุกร ประมาณ 3-8 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร ส่วนในโคจะมีการใช้ในระดับปริมาณที่สูงถึง 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร นอกจากนี้ยังพบว่ามีการผสมในน้ำให้สัตว์กินอีกด้วย และจากการที่ตรวจตัวอย่างอาหารสัตว์และน้ำที่ให้สัตว์กิน พบว่าการใช้ในสุกรได้ลดลงมาก ส่วนในโคยังคงมีการใช้สารเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

จากความเข้มงวดในการปฏิบัติงานของพนักงานเจ้าหน้าที่ของกรมปศุสัตว์ ทำให้มีการใช้สารเร่งเนื้อแดงของผู้เลี้ยงสุกรลดลง อย่างไรก็ตามการแก้ไขปัญหาการใช้สารเร่งเนื้อแดงจะต้องอาศัยความร่วมมือของเกษตรกรที่ต้องมีจิตสำนึกที่ดีต่อผู้บริโภค ไม่ใช้ยา หรือสารที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และผู้บริโภคต้องรู้จักเลือกซื้อเนื้อสุกรที่สะอาดปลอดภัย โดยให้เลือกซื้อเนื้อสุกรที่มีลักษณะซากและเนื้อสุกรดังนี้

1. เนื้อสุกรมีมันหนาบริเวณสันหลัง เมื่ออยู่ในลักษณะตัดขวาง จะมีมันแทรกระหว่างกล้ามเนื้อเห็นได้ชัดเจน

2. เนื้อสุกรจะมีสีแดงคล้ำกว่าปกติ

3. เนื้อสุกรที่หั่นทิ้งไว้จะมีลักษณะเนื้อค่อนข้างแห้ง แต่เนื้อสุกรปกติเมื่อหั่นทิ้งไว้จะพบน้ำซึมออกมาบริเวณผิว

4. ส่วนของเนื้อสามชั้น ในสุกรปกติจะมีเนื้อแดง 2 ส่วน ต่อมัน 1 ส่วน (33เปอร์เซ็นต์) สำหรับสุกรใช้เร่งเนื้อแดงจะมีปริมาณเนื้อสูงถึง 3 ส่วนต่อมัน 1 ส่วน (25เปอร์เซ็นต์) นั่นคือ มีเนื้อแดงมากกว่าไขมัน

เทคนิคง่ายๆสำหรับผู้บริโภคในการเลือกซื้อเนื้อสุกรที่ปลอดภัยในระดับหนึ่งคือ เลือกเนื้อสุกรที่มีมันติด หากไม่ต้องการมันหมูก็สามารถตัดไปเจียวเป็นน้ำมันได้ นอกจากนี้ ควรเลือกซื้อเนื้อจากแหล่งที่เชื่อถือได้ เช่น มาจากฟาร์มมาตรฐาน หรือได้รับการรับรองฟาร์มสุกรปลอดการใช้

สารเร่งเนื้อแดงจากกรมปศุสัตว์ หรือมีป้ายรับรองจากหน่วยราชการ เช่น ป้ายทองอาหารปลอดภัย หรือตรารับรองของกรมปศุสัตว์

กาญจนา อิ่มศิลป์ (2555) กล่าวว่า สารแรคโตพามีน ได้รับอนุญาตขึ้นทะเบียนในประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับใช้ในสุกร โค และไก่งวง

ขนาดที่แนะนำให้ใช้ในสุกร 5–10 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

ขนาดที่แนะนำให้ใช้ในโค 10–30 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

ขนาดที่แนะนำให้ใช้ในไก่งวง 5–9 มิลลิกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม

และถูกห้ามใช้ในกว่า 160 ประเทศทั่วโลกรวมถึงกลุ่มสหภาพยุโรป จีนแผ่นดินใหญ่ รัสเซีย รวมถึงประเทศไทย แต่มี 27 ประเทศ ตัวอย่างเช่น ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ เม็กซิโก ไต้หวัน แคนาดา และสหรัฐอเมริกา ที่ระบุว่าเนื้อจากสัตว์ที่ได้รับสารแรคโตพามีน ปลอดภัยสำหรับการบริโภค

EFSA (2009) กล่าวว่า ความปลอดภัยของการใช้เร่งเนื้อแดงในสุกรในการศึกษาการตกค้างของการใช้สารเร่งเนื้อแดงในสุกรหลังจากให้ยา 20 มิลลิกรัม ผสมในอาหารเป็นเวลา 28 วัน ในการตรวจ 24 ชั่วโมง หลังจากการให้ยาครั้งสุดท้ายไม่พบการตกค้างในกล้ามเนื้อและไขมัน แต่มีการตกค้างในไตและตับ ซึ่งในไตมีปริมาณมากกว่า หลังระยะเวลาหยุดยาความเข้มข้นของสารเร่งเนื้อแดงในตับ ไต กล้ามเนื้อและไขมันของหมูในช่วงระหว่างการหยุดยามีการลดลงน้อยกว่าค่า MRLs ที่ FDA กำหนด

สมาคมธุรกิจเวชภัณฑ์สัตว์ (2555) รายงานว่าจากการประชุมของคณะกรรมการมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ ของ "โคเดกซ์ (CODEX)" ในเดือนกรกฎาคม 2555 ที่ผ่านมา มีมติที่ประชุม 69 : 67 เห็นชอบให้มีการกำหนดค่าสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ หรือ Maximum Residues Limitation :MRLs ของแรคโตพามีน (Ractopamine) ซึ่งเป็นสารกลุ่มของสารเร่งเนื้อแดง โดยมติดังกล่าวหมายถึง การอนุญาตให้ใช้ แรคโตพามีนในการเลี้ยงสัตว์ได้กระทบต่อธุรกิจสุกรในประเทศไทย ที่ห้ามใช้สารในกลุ่มเร่งเนื้อแดงทั้งหมด แต่ขณะเดียวกันก็อ้างอิงมาตรฐานจากโคเดกซ์มาตลอด สหรัฐอเมริกากดดันไทยให้ยอมเปิดตลาดเนื้อสุกร ชิ้นส่วน และเครื่องใน แรคโตพามีนเกิดจากการค้นคว้าวิจัยเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ รองรับการบริโภคที่ขยายตัวตามจำนวนประชากรโลก จัดอยู่ในกลุ่มเบต้าอะโกนิสต์ ซึ่งใช้เป็นสารกลุ่มที่ใช้เป็นยารักษาโรคหอบหืดในมนุษย์มากว่า 30 ปี ถือเป็นสารฟีเนททาโนลามีน (Phenethanolamine) มีองค์ประกอบหลัก คือ ฟีนิว และเมททาโนลามีน โดยมีฤทธิ์ไปสนับสนุนการทำงานของเบต้ารีเซพเตอร์ (beta-receptor) ที่มีอยู่ทั้งในคนและสุกร ซึ่งแบ่งเป็น เบต้าวัน และ เบต้าทู โดยเบต้าวัน ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสลายไขมัน และเพิ่มการสร้างโปรตีน ขณะที่เบต้าทู เกี่ยวข้องกับระบบหลอดเลือด และระบบทางเดินหายใจ เมื่อสารเบต้าอะโกนิสต์ไปจับตัวรับเบต้าที่ต่างกัน จะกระตุ้นการทำงานที่แตกต่างกัน คือ หากไปจับกับเบต้าวัน จะทำหน้าที่สลายไขมันได้ดีขึ้น และกระตุ้นการสร้างโปรตีนได้มากขึ้น

สมาคมธุรกิจเวชภัณฑ์สัตว์ (2555) รายงานว่าสารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ออกฤทธิ์ ทำงานและมีความปลอดภัยแตกต่างกัน เป็นผลจากโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน ส่งผลให้กระบวนการทำงาน ความไวต่อรีเซพเตอร์ และการออกฤทธิ์ต่างกันตามไปด้วย จึงใช้ค่าครึ่งชีวิต (Half-life) ที่บ่งบอกให้รู้ว่าสารแต่ละชนิดอยู่ในร่างกายได้นานเพียงใด โดยแรคโตพามีนมีค่าครึ่งชีวิต 4 ชั่วโมง แสดงว่าสลายตัวได้เร็ว มีการสะสมในร่างกายต่ำมาก ต่างจากเคลนบูเทอรอลที่มีค่าครึ่งชีวิต 30 ชั่วโมง แสดงว่าสะสมในร่างกายได้นานกว่า มีโอกาสสะสมในร่างกายสูง ค่าครึ่งชีวิตนี้จึงทำให้ความปลอดภัยของสารเบต้า-อะโกนิสต์แต่ละตัวแตกต่างกันอย่างชัดเจน

สมาคมธุรกิจเวชภัณฑ์สัตว์ (2555) รายงานว่า แรคโตพามีนเป็นสารตัวเดียวในกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ที่ออกฤทธิ์กับเบต้าวัน ที่เกี่ยวข้องกับการสลายไขมันและสร้างโปรตีนเท่านั้น จึงมีความปลอดภัยสูง ต่างจากสารที่ออกฤทธิ์กับเบต้าทูที่เกี่ยวข้องกับระบบหลอดเลือดและทางเดินหายใจที่มีอยู่ทั่วไปในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยเฉพาะกล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งมีอันตรายกว่า การศึกษาวิจัยพบว่า แรคโตพามีนหากจะเกิดอันตรายต้องได้รับมากกว่า 10,000 ไมโครกรัมต่อวัน แตกต่างจากเคลนบูเทอรอล (สารอีกชนิดในกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์) จะมีอันตรายถ้าได้รับเกิน 10 ไมโครกรัมต่อวัน หรือหากนำเคลนบูเทอรอลมาผสมอาหารสัตว์ในอัตราส่วน 1 พีพีเอ็ม จะตรวจพบเคลนบูเทอรอลในเนื้อประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของระดับที่ปลอดภัย หรือตกค้างไปแล้ว 8 ไมโครกรัม จึงมีความเสี่ยงสูงต่างจากแรคโตพามีน ที่จากการศึกษาพบว่าใช้ผสมอาหารสัตว์ในระดับ 30 พีพีเอ็ม ซึ่งสูงกว่าระดับที่แนะนำให้ใช้ถึง 3 เท่า (แนะนำให้ใช้ที่ 10 พีพีเอ็ม) จะมีแรคโตพามีนตกค้างในเนื้อเพียง 0.1 เปอร์เซ็นต์ ของระดับที่ปลอดภัย เป็นที่มาของการกำหนดค่าสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ หรือ MRLs : Maximum Residues Limitation ของแรคโตพามีน ที่โคเดกซ์เพิ่งรับรองแรคโตพามีนเป็นสารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ ที่อนุญาตให้ใช้ในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกรหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกาที่อนุญาตให้ใช้มากว่า 10 ปีแล้ว โดยบริษัทผู้ค้นพบในปี 2522 ใช้ระยะเวลาศึกษาวิจัยอีกกว่า 20 ปี กว่า USDA จะอนุญาตให้ใช้ในปี 2542 ซึ่งประโยชน์ของแรคโตพามีนเมื่อใช้ผสมอาหารเลี้ยงสุกรในจำนวนวันเท่ากันจะได้เนื้อแดงเพิ่มขึ้น 5 กิโลกรัม ไขมันลดลง 3 กิโลกรัม หรือหากจับสุกรที่น้ำหนักเดียวกันจะใช้อาหารน้อยลง 18.5 กิโลกรัม ระยะเวลาเลี้ยงสั้นลง 4 วัน ช่วยลดของเสียจากการเลี้ยงสุกรได้ประมาณ 18 กิโลกรัม โดยแรคโตพามีนไม่ใช่ยาลดไขมัน เนื่องจากสุกรที่กินแรคโตพามีนยังมีไขมันอยู่ แต่เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงจะเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เนื้อสันนอกใหญ่ขึ้น โดยกระบวนการทำงานของแรคโตพามีนจะเข้าไปจับกับเบต้าวัน ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนและช่วยสลายไขมัน ทำให้ปริมาณเนื้อแดงเพิ่มขึ้นไขมันลดลง แต่ไม่ได้หมายความว่าหากใช้แรคโตพามีนแล้วไม่ต้องมีการปรับปรุงพัฒนาพันธุ์ เนื่องจากศักยภาพของพันธุกรรมมีผลต่อประสิทธิภาพการผลิต การเสริมแรคโตพามีนจึงเป็นการต่อยอดประสิทธิภาพการผลิตจากพันธุกรรมเท่านั้น

สำหรับความปลอดภัยของแรคโตพามีนที่ผ่านมาสหภาพยุโรปไม่อนุญาตให้ใช้ เพราะพิสูจน์ความปลอดภัยไม่ได้ แต่ต่อมาเมื่อมีผลการศึกษาวิจัยมากพอ มีการให้ข้อมูลกับคณะกรรมการพิจารณาของโคเดกซ์นำไปสู่การกำหนดค่า MRLs ที่หมายความว่า เนื้อสุกรที่บริโภคมีสารดังกล่าวได้ในระดับที่กำหนด แต่ไม่ได้หมายความว่า อนุญาตให้ใช้แรคโตพามีน ดังนั้น ประเทศที่ยอมรับและอ้างอิงมาตรฐานต่างๆ จากโคเดกซ์ ต้องยอมรับให้มีแรคโตพามีนในเนื้อได้แต่ต้องไม่เกินระดับที่กำหนด โดยโคเดกซ์ คำนวณจากเนื้อ ไขมัน ตับ และไต พบว่า คนกินเนื้อ 300 กรัมต่อวัน ไขมัน 50 กรัมต่อวัน ไต 50 กรัมต่อวัน และตับ 100 กรัมต่อวัน

ได้ค่า MRLs ของสารแรคโตพามีน เท่ากับ 0.25 พีพีเอ็ม ในเนื้อสุกร

1.5 พีพีเอ็ม ในไขมัน

0.75 พีพีเอ็ม ในตับ

1.5 พีพีเอ็ม ในไต

หมายความว่า หากเนื้อ ไขมัน ตับ และไต มีสารแรคโตพามีนไม่เกินระดับที่กำหนดนี้ อนุญาตให้บริโภคได้ พร้อมกันนี้จากการศึกษาการตกค้างของสารแรคโตพามีนในการเลี้ยงสุกร พบว่า หากใช้ในระดับ 30 พีพีเอ็ม ผสมอาหารให้กินเป็นเวลา 28 วัน จนกระทั่งส่งชำแหละ ตรวจหาการตกค้างพบว่า มีสารตกค้างในกล้ามเนื้อเพียง 0.01-0.02 พีพีเอ็ม ส่วนในตับพบสูงสุด 0.42 พีพีเอ็ม ซึ่งต่ำกว่าค่า MRLs ที่กำหนดมาก ถ้าหากจะเกิดอันตรายจากการได้รับแรคโตพามีนตกค้างต้องบริโภคเนื้อสุกร 350 กิโลกรัมต่อวัน หรือกินตับประมาณ 15 กิโลกรัมต่อวัน

การใช้แรคโตพามีน ต้องไม่มีระยะหยุดก่อนจับขาย เพราะจะไม่เห็นถึงความแตกต่างของการใช้ โดยแนะนำให้ใช้ในช่วง 28 วัน วันก่อนจับ และหากใช้ก่อนหน้านี้จะไม่เห็นผล เนื่องจากเป็นระยะที่สุกรยังไม่สะสมไขมัน ดังนั้นหากจะใช้ต้องยอมรับหลักการดังกล่าว นอกจากนั้นยังมีรายงานว่า แรคโตพามีนมีความปลอดภัยต่อการผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งปัจจุบันประเทศที่อนุญาตให้ใช้ คือ สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฮ่องกง นิวซีแลนด์ ฟิลิปปินส์ ส่วนสหภาพยุโรปที่อ้างอิงจากมาตรฐานของโคเดกซ์ ขณะนี้ยอมให้เนื้อสุกรนำเข้ามีสารแรคโตพามีนได้ในระดับที่ไม่เกินค่า MRLs แต่ยังไม่อนุญาตให้ใช้ในการเลี้ยงสัตว์ ขณะที่ญี่ปุ่นกำลังศึกษาพัฒนาค่า MRLs ของตนเองขึ้นมาใช้ ที่สำคัญแรคโตพามีนสามารถตรวจสอบย้อนกลับและแยกจากสารเบต้า-อะโกนิสต์ตัวอื่นๆ ได้อย่างชัดเจน

แม้โคเดกซ์จะมีมติอนุญาตให้มีค่า MRLs ของแรคโตพามีนได้ แต่โคเดกซ์ได้กำหนดไว้ใน Code of Practice on Good Animal Feed (CAC/RCP 54-2004) ในด้านสารตกค้างจากการเลี้ยงสัตว์ที่ตกค้างถึงเนื้อและผลิตภัณฑ์ เป็นสิ่งที่ไทยในฐานะผู้ส่งออกเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ต้องปฏิบัติตามโดยตามแผนการตรวจสอบสารตกค้างในสหภาพยุโรป Council Directive 96/23/EC of 29 April 1996 ที่ต้องตรวจสารตกค้างในกลุ่ม A ที่พบไม่ได้ในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ คือ ฮอร์โมน แอนติไทรอยด์ สเตอรอยด์ ยารักษาโรคเรื้อน สารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์และอนุพันธ์ต่างๆ ที่ต้องตรวจสอบ

เป็นประจำ และกลุ่ม B คือ สารที่พบได้ แต่ไม่เกินค่า MRLs เช่น ยาถ่ายพยาธิ ยาซึม ยาสลบ หรือยาแก้ปวด

ขณะที่สารเคมีและวัตถุที่เติมในอาหารสัตว์ ที่ห้ามเลี้ยงสัตว์ คือ อะโวมาซิน เบต้า-อะโกนิสต์ คลอแรมฟีนาคอล คาร์บาด็อกซ์ ไนโตรฟูแรนส์ ไดเอทธิวสติบาซอล เมลามีนและอนุพันธ์ ซึ่งหากพบตามพรบ.อาหารสัตว์ ผู้เลี้ยงและผู้จำหน่ายจะมีโทษ จำคุก 1 ปี ปรับ 10,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ โดยสารที่ห้ามใช้แบ่งเป็น กลุ่มที่ก่อให้เกิดมะเร็ง เช่น ไนโตรฟูแรนส์ ไนโตรอิมิดาโซล คลอแรมแฟนนิคอล คาร์บาด็อก และฮอร์โมน กลุ่มที่มีผลต่อการดื้อยา คือ อะโวมาซิน กลุ่มที่มีผลต่อกล้ามเนื้อหัวใจและหลอดเลือด คือ เบต้า-อะโกนิสต์ เช่น ซัลบูทามอล เป็นยามีทะเบียนในคน แต่ไม่มีทะเบียนในสัตว์ เคลนบูเทอรอล เป็นยาที่มีทะเบียนในสัตว์ ใช้รักษาโรคหอบหืดในสัตว์ แต่ไม่มีทะเบียนในคน แรคโตพามีน มีทะเบียนในสัตว์ (ออกโดย อย.) แต่ไม่มีทะเบียนในคน และยังมีสารในกลุ่มนี้อีกหลายชนิดที่พัฒนาให้นำมาใช้ในการผลิตสัตว์ โดยเฉพาะโคเนื้อ เช่น ซิลบาเทอรอล ที่อนุญาตให้ใช้ในสหรัฐอเมริกาแล้ว

จากรายงานของ กรมปศุสัตว์ที่ดำเนินการตรวจสอบสารต้องห้ามในฟาร์มเป็นประจำ โดยปี 2551 ดำเนินคดี 45 ราย ปี 2552 ดำเนินคดี 77 ราย ปี 2553 ดำเนินคดี 47 ราย ปี 2554 ดำเนินคดี 50 ราย และปี 55 ถึงเดือนกันยายนดำเนินคดี 35 ราย โดยเป็นสารในกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ ในปี 2553 พบว่า เป็นซัลบูทามอล 26 ราย แรคโตพามีน 7 ราย ปี 2554 เป็นซัลบูทามอล 21 ราย แรคโตพามีน 5 ราย และปี 2555 เป็นซัลบูทามอล 15 ราย แรคโตพามีน 1 ราย และพบทั้ง 2 ชนิดอีก 1 ราย ซึ่งปัจจุบันซัลบูทามอล ผู้เลี้ยงจะลักลอบใช้มากกว่าเพราะเป็นยาในคน ส่วนระดับการใช้ก็แล้วแต่ผู้แนะนำ การตรวจสอบทำโดยสุ่มกับตัวอย่างปัสสาวะ และอาหาร หากผลการตรวจปัสสาวะด้วยวิธีอีไลซ่าเป็นบวก จะสั่งกักสุกรในฟาร์มนั้นทันที ขณะเดียวกันก็จะตรวจอาหารที่เก็บมาด้วยวิธีอีไลซ่า และยืนยันด้วยวิธีการจีซีเอ็มเอสเอ็มเอส เพื่อดำเนินคดีต่อไป

ถาวร วงศ์สันติธรรมนุกูล (2553) กล่าวว่าผู้เลี้ยงสุกรมักผสมอาหารเลี้ยงสุกรในระยะขุนที่ใกล้จะส่งขาย ทำให้มีสารเร่งเนื้อแดงสะสมตกค้างในอวัยวะภายในต่างๆของสุกรในปริมาณสูง ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคเนื่องจากอันตรายและผลข้างเคียงของสารกลุ่มนี้ กล่าวคือสารเร่งเนื้อแดงจะกระตุ้นการทำงานของหัวใจ กระตุ้นการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางทำให้เส้นเลือดที่ผิวหนัง และเยื่อเมือกเกิดการหดตัว หลอดลมใหญ่และเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อเกิดการขยายตัว นอกจากนี้อาจทำให้ความดันต่ำ เวียนศีรษะ หากได้รับสารนี้ในปริมาณมากอาจทำให้เสียชีวิตได้ ปริมาณที่พบในเนื้อสัตว์ที่สามารถทำอันตรายแก่คนได้ คือ ปริมาณ 0.80–7.40 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักเนื้อ 1 กิโลกรัม ส่วนในตับพบว่าปริมาณระหว่าง 0.16–0.30 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักตับ 1 กิโลกรัม สามารถทำให้เกิดอาการดังกล่าวได้

2.6 การแก้ไขปัญหาการใช้สารเร่งเนื้อแดงหรือสารกลุ่มเบต้าอะโกนิสท์ในประเทศไทย

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2555) ประเทศไทยและต่างประเทศได้ห้ามใช้สารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสท์ในการผลิตอาหารสัตว์โดยเด็ดขาด เนื่องจากถือเป็นอันตรายในอาหาร (food hazard) ประเภทอันตรายทางเคมี (chemical hazard) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 269) พ.ศ. 2546 เรื่อง มาตรฐานอาหารที่มีการปนเปื้อนสารเคมีกลุ่มเบต้า-อะโกนิสท์ ซึ่งกำหนดให้อาหารทุกชนิดตรวจไม่พบการปนเปื้อนสารเคมีกลุ่มเบต้า-อะโกนิสท์ และเกลือของสารกลุ่มนี้ รวมถึงสารในกระบวนการสร้างและสลาย (metabolites) ของสารดังกล่าวด้วย

ในประเทศไทยมีประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เกี่ยวกับการนำเข้าของสารเบต้า-อะโกนิสท์มาผสมในอาหารสัตว์และห้ามใช้เป็นวัตถุที่เติมลงในอาหารสัตว์ออกมาหลายฉบับ นับตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2525 จนถึงปัจจุบัน คือ ฉบับวันที่ 16 มิถุนายน 2542 โดยการใช้สารเร่งเนื้อแดงในอาหารสัตว์ มีความผิดตาม พ.ร.บ.ควบคุมคุณภาพอาหาร สัตว์ พ.ศ.2525 มีโทษจำคุกไม่เกิน 1 ปี ปรับไม่เกิน 10,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ อย่างไรก็ตามยังพบว่ามีการลักลอบนำเข้าและนำสารเบต้า-อะโกนิสท์ เพื่อใช้ เร่งเนื้อแดง ลดไขมันในสุกร โดยพบมีลักลอบนำเข้ามาหรือสั่งเข้าประเทศในลักษณะของยาที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วย

กรมปศุสัตว์ ซึ่งเป็นหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรง ได้ดำเนินโครงการการแก้ไขปัญหาการใช้สารเร่งเนื้อแดงหรือสารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสท์ โดยมีการควบคุมและตรวจสอบสุกรที่ส่งเข้าฆ่า ณ โรงฆ่าสัตว์ รวมทั้งตรวจสอบในฟาร์มเลี้ยงสุกรต่างๆ เพื่อเป็นมาตรการกดดันมิให้ฟาร์มต่างๆ ใช้สารเร่งเนื้อแดงอันจะส่งผลให้ผู้บริโภคมีความปลอดภัยจากการบริโภคเนื้อสุกรได้ ในที่สุดในการดำเนินการดังกล่าวนั้นได้มีการสุ่มตรวจสอบหาสารเร่งเนื้อแดงในตัวอย่างอาหารสัตว์ ปัสสาวะ และเนื้อสัตว์ เพื่อเฝ้าระวังและป้องปรามการลักลอบใช้สารเร่งเนื้อแดงในสุกร นอกจากนี้ การรับรองฟาร์มสุกรปลอดการใช้สารเร่งเนื้อแดง ยังเป็นอีกโครงการหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนให้เกษตรกรเลิกใช้สารเร่งเนื้อแดง รวมทั้งสร้างความมั่นใจให้ผู้บริโภคในการเลือกซื้อเนื้อสุกรที่ปลอดภัย

2.7 การตรวจสอบสารเร่งเนื้อแดงในปัสสาวะสุกร

กรมปศุสัตว์ (2547) การตรวจวิเคราะห์สารเร่งเนื้อแดงในปัสสาวะสุกรถือเป็นมาตรการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ ในการเฝ้าระวังการใช้สารเร่งเนื้อแดงในการเลี้ยงสุกร โดยหากตรวจพบสารเร่งเนื้อแดงในปริมาณมากกว่าปริมาณที่กรมปศุสัตว์กำหนด ถือว่าเป็นบวก คือ มากกว่า 2 พีพีบี สำหรับสารซัลบูตามอล และเคลนบูทามอล และมากกว่า 4 พีพีบี สำหรับสารแรคโตพามีน โดยหากตรวจพบผลบวกในปัสสาวะสุกรจะมีการดำเนินการสอบสวนหาสาเหตุ เก็บตัวอย่างปัสสาวะและอาหารสัตว์เพื่อตรวจยืนยันผล สั่งกักสุกร โดยห้ามมิให้เคลื่อนย้ายจนกว่าผลตรวจปัสสาวะซ้ำเพื่อ

ยืนยันผลจะเป็นลบ และหากผลการตรวจอาหารสัตว์พบว่ามีสารเร่งเนื้อแดงจะมีการดำเนินคดีตามกฎหมาย

สมบูรณ์ เลิศปัญญาวีรพล และคณะ (2540) จากการใช้สารเร่งเนื้อแดงในสัตว์ที่มีผลทำให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค กรมปศุสัตว์จึงกำหนดมาตรการ การควบคุมสารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ โดยมีการสุ่มตรวจปัสสาวะ เก็บตัวอย่างปัสสาวะก่อนมีการเคลื่อนย้ายและก่อนเข้าโรงฆ่าเมื่อมีการตรวจพบสารเบต้า-อะโกนิสต์ที่เกินกำหนด จะดำเนินการขอความร่วมมือกับผู้ประกอบการในการสั่งกักสุกรเพื่อดำเนินการตรวจซ้ำจนกว่าผลการตรวจจะเป็นผล ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้ประกอบการที่จะต้องเพิ่มต้นทุนในการเลี้ยงสุกร และสร้างความขัดแย้งกับเจ้าหน้าที่รัฐ การตรวจปัสสาวะใช้วิธี ELISA จากการทดสอบใน 20 ฟาร์ม จำนวนสุกร 100 ตัว พบสารซัลบูทามอลระดับต่ำสุดที่ 11,520 พีพีบี

ชัยนาท แสนยศ และคณะ (2554) มีการทดลองการตรวจสอบหาสารเร่งเนื้อแดงในตัวอย่างน้ำ อาหาร และปัสสาวะสุกร โดยใช้วิธี ELISA เป็นตัวตัดสิน ตรวจวิเคราะห์โดยใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูป ซึ่งใช้เทคนิค Competitive enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) อันมีหลักการทำงานคืออาศัยความจำเพาะระหว่างสารที่เป็นแอนติเจนกับแอนติบอดีเฉพาะสารชนิดนั้น ทั้งนี้ปริมาณสารเบต้า-อะโกนิสต์ในรูปของ enzyme conjugate จะแย่งกันจับกับแอนติบอดีเฉพาะที่ตรึงบนผิวของ micro titreplate จากนั้นตรวจหาปริมาณโดยการเติม substrate chromogen (tetramethylbenzidine, TMB) ทำให้สารละลายเกิดสีในลักษณะผกผันกับปริมาณของสารเบต้า-อะโกนิสต์ตัวอย่าง แล้วคำนวณปริมาณโดยการเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่ทราบค่าแน่นอน สำหรับผลการตรวจวิเคราะห์สารกลุ่มเบต้าอะโกนิสต์ในปัสสาวะมากกว่า ระดับ 2 พีพีบี ขึ้นไป ถือว่าผลเป็นบวก

Ming et al. (2010) ศึกษาการตกค้างของสารซัลบูทามอล ในเนื้อเยื่อและของเหลวที่เก็บจากสุกร โดยเนื้อเยื่อ ซีรั่ม และน้ำปัสสาวะถูกเก็บจากสุกร 33 ตัวหลังจากได้รับสารซัลบูทามอลปริมาณ 3 พีพีเอ็มโดยการผสมในอาหารให้กิน 14 วัน ทำการตรวจหาความเข้มข้นของสารด้วยวิธี Enzyme linked immunosorbent assay และตรวจซ้ำด้วยวิธี Capillary electrophoresis ผลพบว่าสารซัลบูทามอล เข้มข้นมากที่สุดในตัวอย่างน้ำปัสสาวะ มีค่าเท่ากับ 145.12 ng/ml หลังจากได้รับสารซัลบูทามอล 18 ชั่วโมง และยังสามารถตรวจพบหลังจากระยะเวลาผ่านไปแล้ว 30 วัน สารซัลบูทามอลตรวจพบและเข้มข้นมากที่สุดในตับ ไต ปอด หัวใจ สมอง และกล้ามเนื้อ พบในปริมาณเท่ากับ 70.42 ng/g , 31.88 ng/g, 26.06 ng/g , 6.76 ng/g ,3.41 ng/g และ2.97 ng/g ตามลำดับ ตกค้างใน กระเพาะ ลำไส้ใหญ่ เป็นเวลา 11 วัน ซึ่งนานกว่าในตับ ปอด และสมอง (ตกค้าง 4 วัน) และเนื้อเยื่อส่วนอื่นๆ ตกค้าง 2 วัน ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเป็นประโยชน์ต่อการตรวจสอบสารตกค้างของสารซัลบูทามอลและควบคุมการใช้สารซัลบูทามอลอย่างผิดกฎหมาย

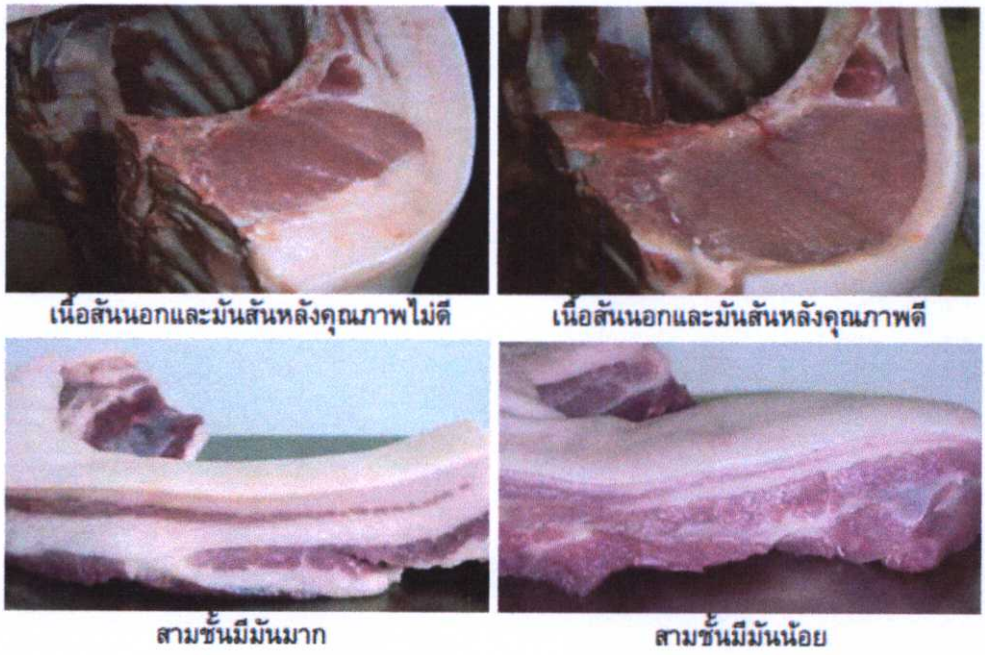
นันทศักดิ์ มุสิกศิลป์ และคณะ (2555) จากการศึกษาส่วนประกอบของสารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของสุกร โดยทดลองให้สุกรกินสารซัลบูตามอลขนาด 250 µg/kg. เป็นเวลา 14 วัน จากนั้นนำเนื้อเยื่อส่วนต่างๆมาวิเคราะห์ พบว่ามีการสะสมของสารซัลบูตามอลในเนื้อเยื่อตับและไตมากที่สุด และเมื่อนำปัสสาวะสุกรในกลุ่มทดลองดังกล่าวมาตรวจวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) พบซัลบูตามอลมีความเข้มข้นสูงกว่าที่ตรวจพบในเลือด 52-158 เท่า (Chalermchaikit et al., 1994) ดังนั้นการเก็บตัวอย่างปัสสาวะจากสุกรที่มีการใช้สารเร่งเนื้อแดงในกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ มาตรวจวิเคราะห์ จึงเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วเหมาะสมในการศึกษาทดลองในระดับพื้นที่

2.8 คุณภาพซากสุกร

สุวรรณา พรหมทอง (2550) กล่าวว่า เนื้อสุกรคุณภาพดีต้องได้มาจากสุกรที่มีคุณภาพดี มีการเจริญเติบโตตามปกติ การเลี้ยงดูดีและไม่มีโรค ถ้าเนื้อได้มาจากสุกรที่แคระแกรนหรือผอมจะมีคุณภาพเลว ส่งผลให้เนื้อไม่มีความอร่อยและเหนียว เพราะมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อน้อย นอกจากนี้ไม่ควรทำให้สุกรตกใจหรือเครียดก่อนหรือขณะฆ่า เพราะจะทำให้เนื้อมีสีซีด นิ่มและแฉะ หรือถ้ามีเลือดตกค้างในกล้ามเนื้อมากกว่าปกติ เนื้อนั้นจะเป็นอาหารของจุลินทรีย์จะทำให้เนื้อเน่าเสียง่าย ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการทำให้สุกรเครียดหรือได้รับบาดเจ็บก่อนนำมาฆ่า และควรปฏิบัติต่อสุกรอย่างนุ่มนวล

สุวรรณา พรหมทอง (2550) กล่าวว่า ซากสุกรหมายถึง ร่างกายสุกรภายหลังจากถูกฆ่าซากประกอบด้วยส่วนประกอบของร่างกายที่สำคัญ 3 ส่วน คือ กระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน

วันดี ทาตระกูล (2546) กล่าวว่า ความหนาไขมันสันหลัง (Backfat Thickness: BF) การวัดความหนาไขมันสันหลัง เป็นปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพซากของสุกร ถ้าสุกรตัวใดมีไขมันสันหลังหนา สุกรตัวนั้นมีแนวโน้มที่จะให้เนื้อแดงน้อยลงและไขมันสะสมในร่างกายสูงขึ้น ดังภาพที่ 2.5 การวัดความหนาไขมันสันหลังสามารถนำมาใช้ในการจัดเกรดสุกรได้ การวัดความหนาไขมันสันหลังมีความจำเป็นมากในกิจการการเลี้ยงสุกรทั้งในฟาร์มผลิตสุกรพันธุ์เพื่อจำหน่ายและผลิตสุกรขุนส่งตลาด ในฟาร์มผลิตสุกรพันธุ์จะต้องทำการวัดเพื่อประกอบการพิจารณาคัดเลือกสุกรไว้ทำพันธุ์ ส่วนในฟาร์มสุกรขุนทำการวัดเพื่อประเมินคุณภาพซาก การวัดความหนาไขมันสันหลังสามารถกระทำได้ทั้งในขณะสุกรมีชีวิตและไม่มีชีวิต การวัดในขณะตายแล้วจะแม่นยำและไม่ยุ่งยากนัก สำหรับการวัดในขณะที่สุกรมีชีวิตอยู่ทำให้ยุ่งยากมากขึ้น และค่าที่ได้จะแม่นยำหรือไม่ขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้วัดและประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้วัด



ภาพที่ 2.5 แสดงคุณภาพซากสุกร (สุวรรณา พรหมทอง, 2550)

พงษ์ชาญ ณ ลำปาง (2556) กล่าวว่า คุณภาพซากของสุกรถูกกระทบโดยความเครียดที่เกิดจากการขนส่งเป็นอย่างมาก Moss (1981) รายงานว่า 59 เปอร์เซ็นต์ของสุกรขุนเพศเมียที่ถูกขนส่งจากฟาร์มสู่โรงชำแหละเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะมีซากที่มีลักษณะสีซีด นิ่ม และน้ำเยิ้ม (Pale Soft Exudative ;PSE) และระดับของ plasma cortisol เท่ากับ 6.4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร แต่หากสุกรได้พักหลังจากการเดินทางถึงโรงชำแหละเป็นเวลานานถึง 24 ชั่วโมง ก่อนถูกชำแหละอัตราการเกิด PSE ในสุกรขุนเพศเมียลดลงเหลือ 25 เปอร์เซ็นต์ แต่อัตราการเกิดเนื้อสีคล้ำ แน่น แห้ง (Dark Firm Dry ;DFD) ในสุกรขุนเพศผู้ตอนกลับสูงถึง 81 เปอร์เซ็นต์

Geer et al. (1994 อ้างโดย พงษ์ชาญ ณ ลำปาง, 2556) กล่าวว่า ทดลองขนส่งสุกรเป็นเวลา 4 ชั่วโมงพบว่า อุณหภูมิของร่างกาย อัตราการเต้นของหัวใจระดับ cortisol และ beta-endophin แตกต่างกันระหว่างก่อนการขนส่ง และหลังการขนส่ง

มนฤดี สหกิจภิญโญ (2555) กล่าวว่า จากรายงานการทดลองระดับโปรตีนต่อคุณภาพซากในสุกรของ Le Bellego et al. (2002) พบว่าเมื่อให้สุกรขุนได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 17.5 และ 13.7 เปอร์เซ็นต์ สุกรที่ได้รับอาหารทั้ง 2 กลุ่มการทดลองมีคุณภาพซากและความหนาไขมันสันหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้มีการศึกษาในสุกรที่ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีน 21 และ17.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองสุกรมีน้ำหนัก สัดส่วนของเนื้อแดง และไขมัน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ในพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เมื่อให้

อาหารที่มีระดับโปรตีน 17.5 เปอร์เซ็นต์ (Kerr et al. 2003) จะมีแนวโน้มความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p=0.08)

ส่วนประกอบของซากสุกร

สุวรรณา พรหมทอง (2550) กล่าวว่า สุกรที่ถูกฆ่าเมื่อนำเลือด ขน อวัยวะภายใน และส่วนที่อยู่ในทางเดินอาหารออกแล้วจะได้ซาก 75 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักมีชีวิต ซึ่งประกอบด้วย เนื้อ 57 กิโลกรัม กระดูก 7 กิโลกรัม หนัง 3 กิโลกรัม และหัว กีบ 8 กิโลกรัม ส่วนของเนื้อแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนเนื้อเยื่อไขมัน (fatty tissue) 15 กิโลกรัม และส่วนเนื้อเยื่อเนื้อแดง (lean tissue) 42 กิโลกรัม ส่วนเนื้อเยื่อไขมันเป็นไขมันแทรกอยู่ในส่วนของกล้ามเนื้อและส่วนของไขมัน ส่วนเนื้อเยื่อเนื้อแดงเป็นเนื้อเยื่อเนื้อแดงที่อยู่ในส่วนของกล้ามเนื้อและแทรกอยู่ในไขมัน ถ้านำเอาส่วนของหัว หนัง และกีบออก ดังนั้นซากสุกรประกอบด้วย กระดูก 10 เปอร์เซ็นต์ เนื้อเยื่อไขมัน 23 เปอร์เซ็นต์ และเนื้อเยื่อเนื้อแดง 66 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดจะแตกต่างกันเนื่องจากเพศ พันธุกรรม อาหารที่ให้ และน้ำหนักก่อนฆ่า

การพิจารณาคุณภาพซากสุกร

สุวรรณา พรหมทอง (2550) กล่าวว่า คุณภาพซาก (Carcass quality) ดีหรือไม่พิจารณาจากคุณสมบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. สัดส่วนของปริมาณเนื้อแดงและไขมันในซาก ซากคุณภาพดีมีอัตราส่วนของกล้ามเนื้อต่อไขมันสูง หรือมีเนื้อแดงในซากสูง

2. คุณภาพของเนื้อ เนื้อคุณภาพดีต้องประกอบด้วยคุณสมบัติดังต่อไปนี้

2.1 ตัวบ่งชี้ลักษณะน่ารับประทานของเนื้อ (eating quality) ได้แก่

2.1.1 สีของเนื้อ ควรมีสีชมพู

2.1.2 ลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อ (texture) มีเส้นใยของกล้ามเนื้อที่ละเอียดและมีความแน่น ไม่อ่อนเหลว

2.1.3 ความนุ่มของเนื้อดี

2.1.4 กลิ่นและรสชาติดี

2.1.5 ความชุ่มของเนื้อ (juiciness) ไม่แห้งแข็งหรือฉ่ำเกินไป

2.2 คุณค่าทางสารอาหารของเนื้อ ขึ้นอยู่กับปริมาณของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน เกลือแร่ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงส่วนประกอบและสัดส่วนของกรดอะมิโนโปรตีนของเนื้อสุกรว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากหรือน้อย

2.3 เนื้อต้องมีคุณสมบัติดังนี้

2.3.1 สะอาดไม่มีเชื้อโรคและพยาธิ

2.3.2 ไม่มีสารพิษตกค้างในเนื้อ (residues) สารตกค้างในเนื้อ ได้แก่ ยาฆ่าแมลง ยากำจัดวัชพืช ยาปฏิชีวนะ ฮอร์โมน เป็นต้น นอกจากนี้ก๊าซพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ใกล้โรงฆ่าสัตว์อาจจะซึมเข้าทางผิวหนังได้

2.4 เนื้อที่ดีต้องมีคุณสมบัติทางการอุ้มน้ำสูง เนื้อที่ขาดคุณสมบัติดังกล่าวมีผลเสียดังนี้

2.4.1 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำในเนื้อระหว่างการเก็บสูง

2.4.2 ก่อให้เกิดผลเสียหายและปัญหาในการแปรรูปทำผลิตภัณฑ์เนื้อ

2.4.3 เปอร์เซ็นต์สูญเสียของการปรุงสุกสูง (cooking loss)

3. คุณภาพไขมัน คุณสมบัติในการพิจารณาคุณภาพไขมัน ได้แก่ สี กลิ่น และความหนาแน่น ไขมันที่มีคุณภาพดีต้องไม่มีสีผิดปกติ ถ้าเป็นไขมันสุกรต้องมีสีขาว

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพซากสุกร

สุวรรณา พรหมทอง (2550) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพซากสุกรมีดังนี้

1. พันธุ์หรือพันธุกรรมของสุกรมีผลต่อคุณภาพซากของสุกร สุกรที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มีผลให้เพิ่มขีดความสามารถในการสะสมโปรตีน ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตสูง ประสิทธิภาพการใช้อาหารดี สะสมโปรตีนได้มาก และสะสมไขมันน้อย เช่น สุกรยุโรป เมื่อได้รับอาหารอย่างเพียงพอสุกรจะมีการเจริญเติบโตไม่มากไปกว่าศักยภาพทางพันธุกรรมที่มีอยู่ การให้โปรตีนและกรดอะมิโนในปริมาณมากกว่าการสะสมโปรตีนสูงสุด ส่วนที่เหลือเปลี่ยนไปเป็นพลังงานสำหรับใช้ในการสังเคราะห์ไขมัน สุกรเพียวเตรียนและเบลเยี่ยมแลนด์เรซ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้คุณภาพซากด้านปริมาณดีเลิศ เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงในซากสูง แต่เนื้อมีโอกาสเป็น PSE

2. อายุและน้ำหนักตัวของสุกร มีความสัมพันธ์กับซาก สุกรที่มีอายุน้อยหรือน้ำหนักตัวน้อย มีปริมาณเนื้อแดงสูง ปริมาณไขมันน้อย เนื้อนุ่ม และสีของเนื้อซีดกว่าสัตว์ที่มีอายุมาก

3. เพศ มีผลต่อส่วนประกอบภายในซาก เพศผู้มีปริมาณเนื้อแดงสูงกว่าเพศเมียที่มีน้ำหนักเท่ากัน สุกรเพศผู้ให้ซากที่มีปริมาณเนื้อแดงสูง เป็นผลมาจากฮอร์โมนเทสโตสเตอโรนซึ่งกระตุ้นการสะสมโปรตีนในร่างกาย ทำให้ซากมีเนื้อแดงสูงและเนื้อมีกลิ่นเหม็นซึ่งเพศเมียไม่มี ส่วนเพศเมียผลิตฮอร์โมนเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรนซึ่งทำให้กระตุ้นความอยากกินอาหาร ทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่ม

4. อาหารและการให้อาหาร การจำกัดอาหารที่สุกรได้รับแต่ละวันทำให้คุณภาพซากดีขึ้น การลดปริมาณพลังงานที่สุกรได้รับจากอาหารทำให้มีเนื้อแดงมากกว่าสุกรที่ได้รับอาหารอย่างเต็มที่

5. การจัดการเลี้ยงดูและสภาพโรงเรือน คอกต้องมีความสะอาดเพราะมูลมีเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุให้คุณภาพซากด้อยลง

6. ปริมาณน้ำที่ให้สุกร การให้สุกรกินน้ำอย่างจำกัด คือ ให้เพียง 2 กิโลกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม จะทำให้สุกรให้ซากที่มีโปรตีนสูงและไขมันต่ำ

2.9 ส่วนประกอบทางเคมีของร่างกายสุกร

สุวรรณา พรหมทอง (2550) กล่าวว่า ส่วนประกอบทางเคมีของร่างกายสุกรระยะเจริญเติบโตมีอัตราส่วนของเนื้อแดง:ไขมัน:กระดูก แตกต่างกัน แต่ประมาณได้ว่ามีน้ำ 64 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 16 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 16 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 3 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรตเล็กน้อยในตับจากตารางที่ 2.5 จะเห็นได้ว่าขณะแรกเกิดสุกรมีไขมันต่ำ เมื่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นและระดับปริมาณอาหารที่ให้สูงขึ้น ทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำลดลง และอัตราส่วนของน้ำต่อโปรตีนลดลง ส่วนประกอบของร่างกายเปลี่ยนแปลงไปตามน้ำหนักตัวและเวลา จากตารางที่ 2.5 จะเห็นว่าไขมันและโปรตีนในส่วนประกอบของร่างกายมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มน้ำหนักตัวและเวลาในระยะเล็กอายุไม่เกิน 150 วัน ปริมาณไขมันในร่างกายน้อยกว่าโปรตีน จนเมื่ออายุ 130 - 170 วันหรือน้ำหนัก 80-110 กิโลกรัม จะมีปริมาณไขมันต่อโปรตีนเท่ากับ 1:1 ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมสำหรับฆ่า แต่ถ้าน้ำหนักมากขึ้นปริมาณไขมันต่อโปรตีนจะสูงขึ้น จนกระทั่งเมื่อถึงวัยโตเต็มที่จะมีปริมาณไขมันต่อโปรตีน 2:1 ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณไขมันและเนื้อแดงของร่างกายสุกร

ตารางที่ 2.5 ส่วนประกอบทางเคมีของสุกรที่น้ำหนักตัวต่างกัน (เปอร์เซ็นต์)

เปอร์เซ็นต์	แรกเกิด	28 วัน	100 กิโลกรัม		150 กิโลกรัม
			ให้อาหารเต็มที่	ให้อาหารอย่างจำกัด	
น้ำ	77	66	60	68	63
โปรตีน	18	16	15	17	16
ไขมัน	2	15	22	12	18
เถ้า1/	3	3	3	3	3

ที่มา: สุวรรณา พรหมทอง (2550)

หมายเหตุ : 1/ ส่วนประกอบของแร่ธาตุที่ปราศจากไขมันของสุกร (กรัม แร่ธาตุต่อกิโลกรัมเนื้อเยื่อร่างที่ปราศจากไขมัน) ประกอบด้วย แคลเซียม 12.0 ฟอสฟอรัส 7.9 โปแตสเซียม 2.8 โซเดียม 1.5 แมกนีเซียม 0.45 เหล็ก 0.09 สังกะสี 0.03 ทองแดง 0.003

2.10 ความหมายของคุณภาพเนื้อ (Definitions of meat quality)

สัญชัย จตุรสิทธา (2543) กล่าวว่า ความคาดหวังที่สำคัญที่สุดของคุณภาพเนื้อคือ คุณภาพการบริโภค ดังนั้นระดับความพึงพอใจทั้งหมดของการบริโภค ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยร่วมของผลรวมต่อความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำและกลิ่นของเนื้อ แม้ว่าลักษณะที่ปรากฏต่อสายตานั้นจะมีผลไม่มากแต่ก็ได้รับความสนใจไม่ยิ่งหย่อน เนื่องจากผู้บริโภคและผู้ขายใช้เป็นคุณลักษณะในการตัดสินใจซื้อขาย คุณสมบัติของเนื้อเหล่านี้สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือต่างๆ เช่นวัดความเหนียว สี และความแข็งของไขมัน แต่ก็ยังคงต้องการความแม่นยำยิ่งขึ้นสำหรับการวัดด้วยสายตา

สุจิตรา เลิศพฤกษ์ (2535) กล่าวว่า คุณภาพเนื้อสัตว์ หมายถึงลักษณะที่ผู้บริโภคต้องการในเนื้อสัตว์ ซึ่งประกอบด้วยลักษณะต่างๆ หลายประเภทที่ผู้บริโภคต้องการ ซึ่งขึ้นอยู่ปัจจัยต่างๆ มากมาย ซึ่งนอกจากเรื่องคุณภาพแล้วการเลือกซื้อเนื้อสัตว์ยังเกี่ยวข้องกับราคาของเนื้อสัตว์ ทัศนคติของผู้บริโภคฐานะทางเศรษฐกิจ นิสัยการบริโภค และความเชื่อทางศาสนา ฯลฯ

คุณลักษณะสำคัญที่กำหนดคุณภาพของเนื้อได้แก่

1. คุณค่าทางโภชนาการ (Nutritional Factors) เป็นลักษณะที่บ่งบอกว่าหากบริโภคแล้วผู้บริโภคได้สารอาหารอะไรบ้าง ได้แก่ โปรตีน ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ ตลอดจนประสิทธิภาพการย่อยของอาหารนั้น ๆ

2. คุณค่าด้านการนำไปแปรรูป (Processing Factors) ได้แก่ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อชนิดนั้นๆ ปริมาณ และสถานภาพของโปรตีนและไขมัน ปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ลักษณะเนื้อสัมผัส

3. คุณค่าทางสุขศาสตร์ (Hygienic Factors) ได้แก่ ลักษณะความปลอดภัยในการบริโภค ซึ่งเกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออายุการเก็บ เช่น ค่า pH, สารตกค้างต่าง ๆ เช่น ยาปฏิชีวนะ ยารักษาสัตว์ ฮอร์โมน สารเร่งเนื้อ เป็นต้น

4. คุณค่าทางประสาทสัมผัส (Sensory factors) เป็นลักษณะสำคัญที่เป็นความคาดหวังของผู้บริโภคมากที่สุด ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยร่วมของสี ไขมันแทรกในเนื้อ กลิ่น รส ความนุ่ม ความชุ่มน้ำ ฯลฯ

2.11 คุณภาพของเนื้อ (Quality of meat)

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล (2528) กล่าวว่า ปัจจุบันการผลิตเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีนับเป็นสิ่งสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากลักษณะการบริโภคและความเป็นอยู่ในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต การซื้ออาหารนิยมซื้อเพื่อเก็บไปประกอบอาหารภายหลัง จึงทำให้ต้องการเนื้อที่มีคุณภาพสูงเพื่อให้เก็บรักษาไว้ได้นาน การนำเนื้อไปแปรรูปก็ต้องการเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพสูง

เพื่อง่ายและสะดวกในการผลิต และควบคุมคุณภาพเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดีและมีมาตรฐาน

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ (2549) กล่าวถึง คุณภาพของเนื้อ (Quality of meat) ว่าคุณสมบัติต่างๆที่เป็นส่วนประกอบให้เนื้อมีคุณภาพที่พึงประสงค์ มีดังนี้

1. สี (color)

สีของเนื้อสัตว์มีตั้งแต่สีชมพูอมเทาจนถึงสีแดงเข้มออกม่วง สีของเนื้อจะแตกต่างไปตามชนิดของสัตว์ อายุ เพศ ปริมาณรงควัตถุ ไมโอโกลบิน (myoglobin pigments) เนื้อสุกรมีปริมาณไมโอโกลบิน 0.02 เปอร์เซ็นต์ เนื้อโคมีปริมาณไมโอโกลบิน 0.60 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เนื้อโคมีสีเข้มกว่า

Dryden and Birdsall (1980) อ้างโดย เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ (2549) กล่าวว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมากมีปริมาณไมโอโกลบินมาก ทำให้สีเนื้อเข้มกว่าสัตว์ที่มีอายุน้อย เนื้อสัตว์ชนิดเดียวกันตัวผู้มีปริมาณไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อมากกว่าตัวเมีย และกล้ามเนื้อของสัตว์บริเวณที่ต้องออกกำลังกายมากๆจะมีปริมาณไมโอโกลบินมากกว่าทั้งนี้เพราะไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อทำหน้าที่เก็บสะสมออกซิเจนไว้เพื่อให้กล้ามเนื้อนำออกมาใช้ในปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆเพื่อสร้างพลังงาน ทำให้บริเวณขาหน้า ขาหลัง และเนื้อบริเวณไหล่ จะมีสีเข้มมากกว่าเนื้อส่วนสันหลังและเนื้อพื้นท้อง สีของเนื้อสดเกิดขึ้นจากปริมาณไมโอโกลบินและออกซิเจนในอากาศ ปกติกล้ามเนื้อจะมีสีแดงอมชมพู (purplish - red) เมื่อถูกตัดเนื้อส่วนที่สัมผัสอากาศจะเกิดเป็นสีแดงสด เนื่องจากมีการเติมออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยา (oxygenation) กับไมโอโกลบิน เกิดเป็นสารออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ขึ้น

2. ความสามารถของการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

เนื้อสัตว์มีความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกันเห็นได้จากการตัดเส้นใยเนื้อตามยาวจะพบว่าเนื้อบางชนิดจะมีน้ำคงอยู่ เนื้อบางชนิดแห้งมีน้ำน้อย สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสามารถของการอุ้มน้ำของเนื้อ คือสภาพความเป็น กรด-ด่าง (pH) ของเนื้อ เนื้อในสภาพปกติจะมีค่า pH ประมาณ 6.8-7.0 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อภายหลังจากสัตว์ตายเกิดกรดแลคติดขึ้นในขบวนการไกลโคไลซิล มีผลโดยตรงต่อการลดกลุ่มประจุต่างๆ ที่อยู่ในโมเลกุลของโปรตีนทำให้การจับน้ำที่มีอยู่ในเซลล์ของเนื้อลดลง นอกจากนั้นยังทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติและสูญเสียความสามารถในการละลายของโปรตีน

ในเนื้อที่มีคุณภาพปกติ พบว่ามีการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อประมาณหนึ่งในสามส่วน มีผลมาจากการลดลงของค่า pH ในเนื้อ ส่วนที่เหลืออีกหนึ่งในสามส่วนเป็นผลมาจากการเกิดการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะมีค่าไม่เท่ากันในระหว่างมัดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันหรือในสัตว์ต่างชนิดกัน นักวิจัยยุโรปเชื่อว่า เนื้อสุกรมีความสามารถอุ้มน้ำได้สูงที่สุด รองลงมาคือเนื้อโค และเนื้อไก่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำสุด

คำจำกัดความต่างๆที่เกี่ยวข้องกับน้ำที่อยู่ในเนื้อ

1) Drip loss: น้ำที่ซึมออกมาจากชิ้นเนื้อ หรือระบบของเนื้อโดยไม่มีการใช้แรงกระทำจากภายนอก

2) Thawing loss: น้ำที่ไหล/ซึม ออกมาจากชิ้นเนื้อที่ผ่านการแช่แข็ง ในขณะทำการละลายน้ำแข็ง โดยไม่มีการใช้แรงกระทำจากภายนอก

3) Cooking loss: การที่มีของเหลว/น้ำไหลออกมาจากเนื้อภายหลังการให้ความร้อน ทั้งที่มีการใช้แรงจากภายนอกหรือไม่ก็ตาม แรงที่ใช้ เช่น การบีบหรือการหมุนเหวี่ยง (pressing centrifugation)

4) Expressible juice: การที่มีของเหลว/น้ำไหลออกมาจากเนื้อสด หรือระบบเนื้อในระหว่างการให้แรงกระทำจากภายนอก เช่น การบีบ การหมุนเหวี่ยง หรือการดูดอย่างแรง

3. ความแน่นเนื้อ (firmness)

เนื้อที่มีคุณภาพสูงจะมีลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่ค่อนข้างแน่นและคงรูปได้ดี ความแน่นของเนื้อไม่มีผลต่อความน่ารับประทานของเนื้อ แต่จะมีความสำคัญต่อการตัด การหั่น การวางจำหน่ายแบบขายปลีก

ปัจจัยที่มีผลต่อความแน่นของเนื้อ

1) สภาวะการหดตัวเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ

2) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ไขมันแทรก

3) ขนาดของมัดกล้ามเนื้อ

4) ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ

การวัดค่าความแน่นของเนื้อโดยปกติผู้บริโภคสามารถกระทำได้โดยใช้สายตาคาดคะเนจากความชำนาญ

ความแน่นเนื้อ มีความสำคัญมากในเนื้อสามชั้นของสุกร (pork bellie) ซึ่งเป็นส่วนที่นำไปใช้แปรรูป ทำเบคอน ถ้าเนื้อนิ่มจะทำให้การปฏิบัติงานยุ่งยาก เช่นการฉีดน้ำหมักและการหั่นชิ้นบาง

4. การกระจายของไขมันในเนื้อ (marbling fat)

เนื้อที่มีคุณภาพดี ควรมีไขมันแทรกในเนื้ออย่างสม่ำเสมอ ไขมันที่กระจายอยู่ในเนื้อเกิดจากการสะสมของไขมันที่แทรกอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นใน (perimysium) ที่อยู่ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ และห่อหุ้มมัดกล้ามเนื้อแต่ละมัด สัตว์ที่ได้รับอาหารดีและออกแรงน้อยจะทำให้กล้ามเนื้อมีปริมาณไขมันกระจายเพิ่มมากในเซลล์ไขมัน และเซลล์ไขมันจะสะสมเพิ่มขึ้นเมื่อสัตว์อายุมากขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อโตขึ้นเพราะมีไขมันแทรกอยู่มาก ปริมาณไขมันที่กระจายแทรกในเนื้อทำให้เนื้อมีรสชาติดี กลิ่นรสดีเมื่อนำไปทำให้สุก

Wood et al. (1995) กล่าวถึง บทบาทที่สำคัญของไขมันแทรกต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์ คือ

1. ไขมันแทรก ทำให้เนื้อมีความนุ่มมากขึ้น เพราะไขมันแทรกที่กระจายอยู่ในชิ้นเนื้อจะเป็นผลให้ส่วนของเซลล์เส้นใยกล้ามเนื้อมีปริมาณลดลง มีผลในเนื้อมีความนุ่มมากขึ้นหรือถ้าวัดด้วยแรงตัดเฉือน (shear force) จะมีค่าน้อยลง ไขมันแทรกทำให้ความแข็งของโครงสร้างกล้ามเนื้อ (rigidity) ลดลงและทำให้มัดเส้นใยของกล้ามเนื้อถูกแยกออกมาจากส่วนอื่นๆได้ง่ายขึ้น

2. ไขมันแทรก ทำให้เนื้อมีความชุ่มน้ำมากขึ้น

5. ความชุ่มน้ำ (juiciness)

ความชุ่มน้ำของเนื้อสัตว์ที่ความสำคัญต่อความน่ารับประทานของเนื้อ โดยความชุ่มน้ำจะเป็นความรู้สึกที่ประสาทสัมผัสภายในปากได้รับจากการที่ของเหลวถูกบีบและกดดันออกมาจากก้อนเนื้อที่กำลังบดอยู่ในปาก ส่วนของเหลวที่ออกมาเป็นซีรัม (serum) และไขมัน เนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อยจะมีความชุ่มน้ำสูงกว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมาก

6. ลักษณะเนื้อและขนาดของเส้นใย (texture and fiber size)

ลักษณะเนื้อจะเกี่ยวข้องกับขนาดของมัดเส้นใยกล้ามเนื้อ (size of muscle fiber bundles) และความหนาของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นกลาง (epimisium) ที่อยู่ระหว่างมัดกล้ามเนื้อ ซึ่งลักษณะเนื้อเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของเส้นใยในเนื้อ เนื้อสัตว์ที่มีอายุมากจะมีลักษณะหยาบ (coarsness) เนื้อที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะเนื้อละเอียด (fine) เช่นส่วนของเนื้อสัน

7. ความนุ่ม (tenderness) หรือความเหนียว (toughness)

มีผลต่อความน่ารับประทาน การเลี้ยงสัตว์โดยทำการจัดการที่ดีและให้อาหารสัตว์อย่างถูกต้องเหมาะสมกับชนิดของสัตว์ สามารถควบคุมความนุ่มของเนื้อ และความนุ่มของเนื้ออาจถ่ายทอดสู่ลูกหลานได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ และสาเหตุที่ทำให้เนื้อสัตว์มีความนุ่มลดลงคือเกิดการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ความนุ่มและความเหนียวของเนื้อ มีผลโดยตรงมาจากอายุของสัตว์ สัตว์ที่มีอายุน้อยจะมีความนุ่มมากกว่าสัตว์ที่มีอายุมาก

8. กลิ่น (odours) และรสชาติ (taste)

เนื้อสัตว์แต่ละชนิดมีกลิ่นและรสชาติที่เป็นลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันไป เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีต้องไม่มีกลิ่นผิดปกติในเนื้ออยู่ ได้แก่ กลิ่นของเพศ กลิ่นอาหาร กลิ่นอาซีโตนที่เกิดจากปฏิกิริยาการทำลายของไขมันสะสมในร่างกายที่มากเกินไป และกลิ่นที่เนื้อดูดกลิ่นมาจากสภาวะแวดล้อมภายนอก

2.12 คุณภาพของเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูป

สุจิตรา เลิศพฤกษ์ (2535) กล่าวว่าคุณภาพของเนื้อบางประการมีความสำคัญต่อการแปรรูป เนื้อที่เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปมีผลต่อคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่จะได้จากการแปรรูปนั้น ถ้าเนื้อมีคุณภาพที่ดีจะได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีแต่หากเนื้อมีคุณภาพไม่ดีอาจส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ดีด้วย คุณภาพเนื้อสัตว์ที่ได้ก่อนการนำไปแปรรูปจึงมีความสำคัญมาก คุณภาพที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปมีดังต่อไปนี้

1. สี สีของเนื้อสัตว์เป็นความรู้สึกอย่างแรกที่ผู้บริโภคสัมผัสได้และเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจในการซื้อหรือไม่ซื้อ

2. ความนุ่ม เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความรู้สึกว่าเนื้ออร่อยหรือไม่ เนื้อที่มีความนุ่มย่อมง่ายต่อการกัดหรือเคี้ยว วิธีการเลี้ยงดู กรรมวิธีการปฏิบัติที่ได้รับก่อนฆ่า ระหว่างฆ่าและหลังฆ่า วิธีเตรียมเพื่อบริโภค ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน อายุและการดูแล ไม่ให้สัตว์ได้รับความเครียดก่อนการฆ่า รวมถึงการบ่มจะช่วยทำให้เนื้อมีความนุ่มขึ้น

3. ความฉ่ำน้ำ ความรู้สึกว่าเนื้อมีความอร่อยมีความชุ่มฉ่ำ และน้ำที่ออกมาจากเนื้อยังทำให้รสชาติดี สิ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกฉ่ำน้ำหลังจากการเคี้ยวเนื้อคือ ปริมาณน้ำที่ยังเหลืออยู่ในเนื้อซึ่งเป็นผลมาจากความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์และปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อจะช่วยกระตุ้นการหลั่งของน้ำลายทำให้เกิดความชุ่มฉ่ำภายในปาก ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อสัตว์เกิดจากโปรตีนในกล้ามเนื้อมีความเป็นประจุสูงจึงสามารถจับโมเลกุลของน้ำไว้ได้ดี ขณะที่เมื่อกล้ามเนื้อเกิดการเกร็งตัวเนื้อจะมีความเป็นกรดสูงขึ้นซึ่งเป็นการเพิ่มประจุขั้วลบให้สูงขึ้น ประจุขั้วลบเหล่านี้จะไปทำให้ประจุในเนื้อมีค่าเป็นกลาง(neutralization) จึงทำให้โมเลกุลของน้ำที่ถูกจับไว้หลุดออกไปเรียกจุดที่ประจุขั้วบวกเท่ากับขั้วลบว่า จุดไอโซอิเลคตริก (isoelectric point) ซึ่งจะทำให้โมเลกุลน้ำหลุดเป็นอิสระ เนื้อที่มีความสามารถในการจับน้ำต่ำมีค่า pH ประมาณ 5.0

4. กลิ่นและรส เนื้อที่มีกลิ่นและรสผิดปกติถือว่าเนื้อมีคุณภาพต่ำ กลิ่นผิดปกติอาจเกิดได้หลายสาเหตุดังต่อไปนี้

4.1 กลิ่นของเพศ สัตว์เพศผู้มักมีกลิ่นรุนแรง กลิ่นนี้จะสะสมอยู่ในไขมันและเนื้อของสัตว์ กลิ่นเพศที่มีความรุนแรงมาก เนื่องจากมีสารสเตียรอยด์ของฮอร์โมนเพศผู้จึงทำให้เกิดกลิ่นนี้ขึ้น จึงต้องทำการตอนสุกรพ่อพันธุ์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วก่อนจะส่งโรงฆ่านานประมาณ 6 สัปดาห์ เพื่อให้กลิ่นเพศในไขมันและในเนื้อหมดไป วิธีทดสอบว่าเนื้อมีกลิ่นเพศหรือไม่สามารถทำได้โดยการนำเนื้อไปต้มซึ่งกลิ่นเพศจะระเหยออกมาคล้ายกับกลิ่นของปัสสาวะของสัตว์

4.2 กลิ่นของอาหาร ในเนื้อและไขมันที่เห็นได้ชัด ได้แก่ อาหารที่มีปลาป่นในระดับสูงหรือเศษอาหารที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์ ในอาหารสัตว์ห้ามใช้ปลาป่นที่มีไขมันเกิน 0.3 เปอร์เซ็นต์ ผสมในอาหารเพื่อเลี้ยงสัตว์ในระยะขุน ทั้งนี้พบว่าเนื้อจะมีกลิ่นเหม็นเหมือนน้ำมันปลา

การที่เนื้อมีกลิ่นเนื่องมาจากการหืนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง (polyunsaturated fatty acid) ที่มีอยู่ในไขมันปลา

4.3 กลิ่นที่เกิดจากปฏิกิริยาการทำลายไขมันในร่างกาย ปฏิกิริยาการทำลายไขมันที่สะสมมากไปในร่างกายจะทำให้กระบวนการสร้างและสลายของคาร์โบไฮเดรททำหน้าที่ผิดปกติ ซึ่งพบในสัตว์ที่คลอดลูกออกใหม่หรือสัตว์ที่อดอาหารเป็นเวลานาน ร่างกายจะดึงไขมันที่สะสมอยู่ในร่างกายมาใช้ทำให้เกิดการสร้างอะซิโตนขึ้นและสะสมอยู่ตามเนื้อเยื่อในร่างกายเมื่อไขมันถูกทำลายก็จะเกิดกลิ่นตามมา

4.4 กลิ่นจากสารรอบข้าง เนื้อเยื่อของสัตว์มีความสามารถในการดูดกลิ่นที่อยู่รอบข้าง กลิ่นนี้อาจเป็นกลิ่นมาจากยาฆ่าแมลง ยาถ่ายพยาธิภายนอก กลิ่นน้ำยาทำความสะอาดที่ใช้ล้างรถยนต์บรรทุกเนื้อหรือในห้องเย็นเก็บซาก หรืออาจมาจากการดูดกลิ่นซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากโรงงานอุตสาหกรรมใกล้เคียง

คุณภาพด้านความสะอาดและปลอดภัย

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ (2536) กล่าวว่า คุณภาพในด้านความสะอาดและความปลอดภัย หมายถึง ความบริสุทธิ์ของเนื้อสัตว์ที่ต้องไม่มีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ พยาธิและสารพิษตกค้างในเนื้อซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายจากการบริโภคได้

1. การปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ โดยทั่วไปเนื้อสัตว์มักมีการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ธรรมชาติ แต่ในเนื้อสัตว์ต้องมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าระดับที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคตามมาตรฐานสากล เชื้อจุลินทรีย์จะทำให้การเก็บรักษาเนื้อสัตว์ได้ไม่นานเท่าที่ควร และอาจผลิตสารที่เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษได้ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในเนื้อตามมาตรฐานกำหนดต้องมีน้อยกว่า $1x10^5$ เซลต่อกรัม โดยต้องไม่พบเชื้อสแตบไฟโลคอกคัสและซัลโมแนลล่า สำหรับจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคกำหนดให้มีได้ในปริมาณต่ำกว่า 100 เซลต่อกรัม

2. สารพิษตกค้างในเนื้อ สารพิษตกค้างในเนื้อสัตว์ สามารถแบ่งได้ดังนี้

2.1 ยาปฏิชีวนะและสารเร่งการเจริญเติบโต

2.2 ฮอร์โมนและฮอร์โมนสังเคราะห์ ซึ่งมีสูตรทางเคมีคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรน ฝังใต้ผิวหนังเพื่อช่วยกระตุ้นความอยากอาหารในสัตว์ปีก และทำให้มีอัตราการเพิ่มน้ำหนักเร็วขึ้น ฮอร์โมนจะตกค้างอยู่ในเนื้อเยื่อสัตว์และเมื่อคนบริโภคเข้าไปจะมีคุณสมบัติเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง

2.3 โลหะหนัก (heavy metals) ที่มักตกค้างในเนื้อที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษ ได้แก่ สารปรอท (Hg) สารตะกั่ว (Pb) และแคดเมี่ยม (Cd) โลหะหนักดังกล่าวจะสะสมอยู่ในดินหรือน้ำใกล้กับเขตอุตสาหกรรม เมื่อนำน้ำที่ปนเปื้อนโลหะเหล่านี้มาใช้จะทำให้เกิดปัญหาการตกค้างในเนื้อได้ เมื่อร่างกายบริโภคโลหะหนักที่มีพิษ เข้าไปเกินระดับจะก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกายได้

2.4 ยาฆ่าวัชพืช ยาฆ่าเชื้อรา และยาฆ่าแมลง (herbicides, fungicides and insecticides) ยาเหล่านี้อาจตกค้างอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ เมื่อสัตว์ได้รับยาดังกล่าวเข้าไปอาจเก็บสะสมไว้ตามเนื้อเยื่อต่างๆของร่างกาย

2.5 สารเจือปนในอาหาร (food additives) สารเจือปนในอาหารบางชนิดที่อนุญาตให้ใช้ในเนื้อสัตว์อาจมีอันตรายและมีผลตกค้างในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ได้ เช่น เกลือโซเดียมไนเตรต และเกลือโซเดียมไนไตรต์ ซึ่งนิยมเติมเพื่อให้เกิดสีแดงในเนื้อและผลิตภัณฑ์ แต่จะต้องใช้ตามประมาณที่กำหนดอย่างเคร่งครัด การใช้ปริมาณสูงเกินไปจะมีผลต่อการเกิดสารประกอบพวกไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งได้

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อ

สุจิตรา เลิศพฤกษ์ (2535) กล่าวว่า เนื้อสัตว์จะมีคุณภาพดีตามคุณสมบัติหรือไม่ เกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ นับตั้งแต่ปัจจัยภายในที่เกี่ยวข้องกับตัวสัตว์เองและปัจจัยภายนอกต่างๆ สรุปได้ดังนี้

1. การผลิตจากฟาร์ม

ขั้นตอนการผลิตจากฟาร์มมีส่วนเกี่ยวข้องกับคุณภาพเนื้อ ตั้งแต่การคัดเลือกพันธุ์สัตว์ อาหารและการให้อาหาร การจัดการเลี้ยงดู ซึ่งมีความสำคัญในระดับเบื้องต้นของการจัดการเนื้อให้มีคุณภาพที่ดีดังนี้

1.1 การคัดเลือกพันธุ์สัตว์ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ โดยเฉพาะปริมาณไขมัน พบว่าปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอิทธิพลทางพันธุกรรมของสัตว์ เช่น ซากสุกรพันธุ์เบลเยี่ยมแลนด์เรซมีสัดส่วนของปริมาณเนื้อแดงต่อไขมันสูงกว่าสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ แต่พันธุ์เบลเยี่ยมแลนด์เรซมีโอกาสเกิดเนื้อพีเอสอี ได้สูงกว่าพันธุ์ลาร์จไวท์

1.2 อาหารสัตว์ การใช้ปลาป่นที่มีเปอร์เซนต์ไขมันสูงหรือมีไขมันพืชหรือสัตว์ผสมในสูตรอาหารจะมีผลโดยตรงต่อคุณภาพเนื้อสุกร สูตรอาหารที่ขาดความสมดุลทางโภชนาการก็อาจทำให้เป็นเนื้อพีเอสอี ได้ นอกจากนี้การใช้ยาปฏิชีวนะ สารเร่งการเจริญเติบโต ฮอร์โมนสังเคราะห์ และวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีการปนเปื้อนสารเคมีหรือยาฆ่าแมลงก็มีผลต่อการตกค้างของสารดังกล่าวในเนื้อสัตว์

1.3 การจัดการเลี้ยงดู และสภาพโรงเรือน คอกหรือโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ต้องสะอาด ไม่มีการหมักหมมของมูลสัตว์ เพราะในมูลสัตว์มีเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุทำให้เนื้อด้อยลงได้จากการติดเชื้อจุลินทรีย์พวกซัลโมแนลล่า และครอสทริเดียม จุลินทรีย์จะติดไปกับมูลและผิวหนังของสัตว์ การดูแลสัตว์ไม่ดีปล่อยให้แมลงเจาะดูดเลือดทะลุผ่านผิวหนังเข้าสู่เนื้อทำให้สัตว์มีแผลติดเชื้อ หรือการตอนสัตว์

1.4 การให้ยาสัตว์ สัตว์ต้องได้รับการฉีดวัคซีนที่จำเป็นเพื่อป้องกันโรคระบาดที่อาจเกิดขึ้น เพื่อให้สัตว์มีสุขภาพดีซึ่งจะส่งผลต่อเนื้อ การให้กินยาหรือฉีดยาต้องคำนึงถึงพิษตกค้างของยาที่ยังเหลืออยู่ในเนื้อเยื่อต่างๆ การให้ยาสัตว์ในระยะก่อนกำหนดส่งฆ่าต้องระมัดระวัง การใช้เข็มฉีดยาสัตว์ในระหว่างการรักษาต้องใช้เข็มที่สะอาดเพราะเข็มฉีดยาที่ไม่สะอาดจะเป็นสาเหตุทำให้เนื้อบริเวณที่เข็มฉีดลงไปแข็งเป็นไตหรืออาจติดเชื้อ เช่น วัณโรค ได้

2. การขนส่งสัตว์ไปยังโรงฆ่า

การขนส่งสัตว์ไปยังโรงฆ่านับเป็นขั้นตอนที่สำคัญต่อคุณภาพเนื้อเป็นอย่างมาก เพราะอาจทำให้สัตว์บาดเจ็บ มีรอยช้ำ จุดเลือด หรือสัตว์ตายได้ ปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องได้แก่ พาหนะที่ใช้บรรทุก ระยะทางในการขนส่ง สภาพภูมิอากาศ ความแออัด อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนย้าย เป็นต้น การดำเนินการในขั้นตอนขนส่งสัตว์ จะต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง

3. การปฏิบัติต่อสัตว์ในคอกพักสัตว์

การปฏิบัติต่อสัตว์ในคอกพักสัตว์ ตั้งแต่ระยะเวลาการพักสัตว์ การให้สัตว์ได้ดื่มน้ำอย่างเต็มที่ หรือการให้อาหารเมื่อจำเป็นและการอาบน้ำสัตว์ภายในคอกพักสัตว์ มีผลทำให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพดีทั้งสิ้น

4. การดำเนินการภายในโรงฆ่าสัตว์

การดำเนินการภายในโรงฆ่าสัตว์ มีผลต่อคุณภาพเนื้อสัตว์ ซึ่งมีกรรมวิธี ขั้นตอน และเทคนิคในการปฏิบัติในขบวนการฆ่าและชำแหละซากดังนี้

4.1 วิธีการทำให้สัตว์สลบ มีผลต่อความเครียดของสัตว์ การตอบสนองของร่างกายต่อความเครียดที่ได้รับขณะถูกทำให้สลบจะมีผลต่อคุณภาพเนื้อ ดังนั้นจึงควรเลือกวิธีการที่ทำให้สัตว์สลบโดยได้รับความเครียดน้อยที่สุด

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการฆ่าและเทคนิคที่ใช้ในการปฏิบัติ เทคนิคในการดำเนินการฆ่าและชำแหละซาก เช่น การแขวนซากบนรางแขวน การล้างซากโดยใช้น้ำจากหัวฉีดที่มีแรงดันสูง ตลอดจนการนำอุปกรณ์ทันสมัยมาใช้เพื่อช่วยในการปฏิบัติงานของคน เป็นวิธีการที่ช่วยลดปริมาณการติดเชื้อจุลินทรีย์ในซาก

5. การเก็บรักษาซาก

ควรเก็บรักษาซากไว้ในห้องเย็นที่มีอุณหภูมิ 1-4 องศาเซลเซียล การลดอุณหภูมิซากจัดเป็นวิธีการรักษาคุณภาพเนื้อที่ดี เนื่องจากความเย็นจะช่วยลดปริมาณการกระจายและการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

6. การปฏิบัติในระหว่างขบวนการตัดแต่งซาก

การปฏิบัติในระหว่างขบวนการตัดแต่งซาก ได้แก่ เทคนิคในการตัดแต่ง ความพร้อมและความสะอาดของห้องตัดแต่งและอุปกรณ์ อุณหภูมิและความชื้นในห้องตัดแต่ง ทักษะและความชำนาญของผู้ตัดแต่งเนื้อตลอดจนสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน

7. การบรรจุและการจำหน่าย

การบรรจุเพื่อรอจำหน่ายและวิธีการจัดวางจำหน่าย เช่น การบรรจุลงในถาดโฟมที่สะอาดและมีแผ่นฟิล์มปิดเพื่อป้องกันการติดเชื้อจุลินทรีย์จากอากาศหรือการบรรจุในถุงสุญญากาศ หรือเก็บรักษาเนื้อที่อุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียล เพื่อให้เก็บไว้ได้นานหลายเดือน

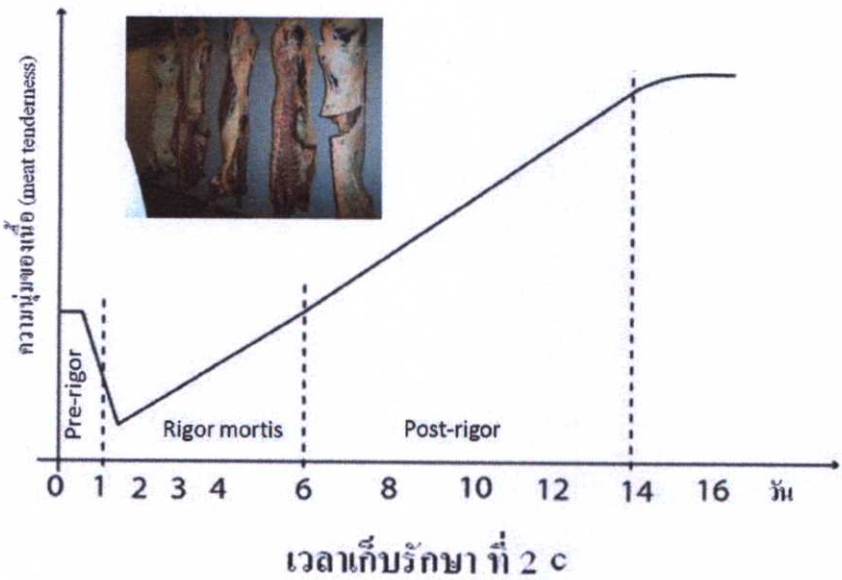
2.13 การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์หลังการฆ่า

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ (2556) กล่าวว่าสัตว์หลังการฆ่ามีปริมาณออกซิเจนที่หล่อเลี้ยงเซลล์เนื้อเยื่อจะค่อยๆลดลงจนหมดไปในที่สุด แต่เซลล์ยังคงมีชีวิตและพยายามที่จะคงความมีชีวิตไว้ด้วยกระบวนการเมทาบอลิซึมแบบไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้เนื้อสัตว์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องทั้งจากกระบวนการทางชีวเคมีของสัตว์เองและจากจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญของเนื้อสัตว์หลังจากการฆ่า มีดังนี้

1. การเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (rigor mortis) กล้ามเนื้อของสัตว์ขณะที่มีชีวิตจะนุ่ม ยืดหยุ่น เคลื่อนไหวได้ แต่เมื่อสัตว์ตายแล้วระยะหนึ่งกล้ามเนื้อจะเกร็ง แข็งและเหนียว เรียกว่า ระยะเกร็ง หรือ ริกอร์มอร์ติส (rigor mortis) เกิดจากการหดตัวในระดับโมเลกุลของโปรตีนเส้นใยกล้ามเนื้อ (myofibril) เนื่องจากการเคลื่อนที่เข้ามาจับตัวกันของโปรตีนแอกติน (actin) และไมโอซิน (myosin) เป็นแอกโตไมโอซิน ขณะที่สัตว์มีชีวิตอยู่การจับตัวกันของแอกตินและไมโอซินจะคลายตัวได้ เนื่องจากมีพลังงาน ATP จากการหายใจทำให้กล้ามเนื้อยืดหดและเคลื่อนไหวได้ เมื่อสัตว์ตายเซลล์กล้ามเนื้อขาดพลังงานจากการหายใจ แอกตินกับไมโอซินที่เลื่อนเข้ามาหากันจะจับกันล็อคแน่น ทำให้กล้ามเนื้อหดตัวแต่คลายตัวไม่ได้ เนื่องจากขาด ATP ทำให้ซากสัตว์เกร็ง แข็งทื่อ อาการนี้จะเป็นอยู่ระยะหนึ่งหลังจากที่สัตว์ตาย สัตว์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น วัว ควาย หมู จะมีระยะ rigor mortis นานกว่าสัตว์เล็ก เช่น ซากโค มีระยะเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ซากหมูมีระยะเวลาประมาณ 10 ชั่วโมง ซากแกะประมาณ 7-8 ชั่วโมง และซากไก่ใช้เวลาเพียง ประมาณ 2-4 ชั่วโมง เป็นต้น

ระยะ Rigor motis เป็นระยะที่เนื้อแน่น เหนียวโดยเฉพาะสัตว์ใหญ่เช่น โค ไม่เหมาะกับนำเนื้อสัตว์ไปปรุงอาหาร ควรรอให้พ้นระยะนี้ไปแล้ว ให้เข้าสู่หลังระยะเกร็งตัว (post-rigor) ความนุ่มของเนื้อสัตว์ (meat tenderness) เพิ่มขึ้น เนื่องจากเอนไซม์โปรตีเอส (protease) ที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ย่อย เส้นใยโปรตีนกล้ายเนื้อที่เกร็งตัว รวมทั้ง โปรตีนที่เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน เช่น คอลลาเจนมีผลให้เนื้อมีความนุ่มเพิ่มขึ้น ตามระยะเวลาที่การเก็บรักษา ซากสัตว์ขนาดใหญ่ เช่น ซากโค จึงมีการบ่ม (meat aging) โดยการเก็บซาก หรือก้อนเนื้อไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิประมาณ 1-4 องศาเซลเซียส และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ เพื่อป้องกันการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุการเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์ การบ่มเนื้อจะใช้เวลา 2-4 สัปดาห์เนื้อสัตว์ที่ผ่าน

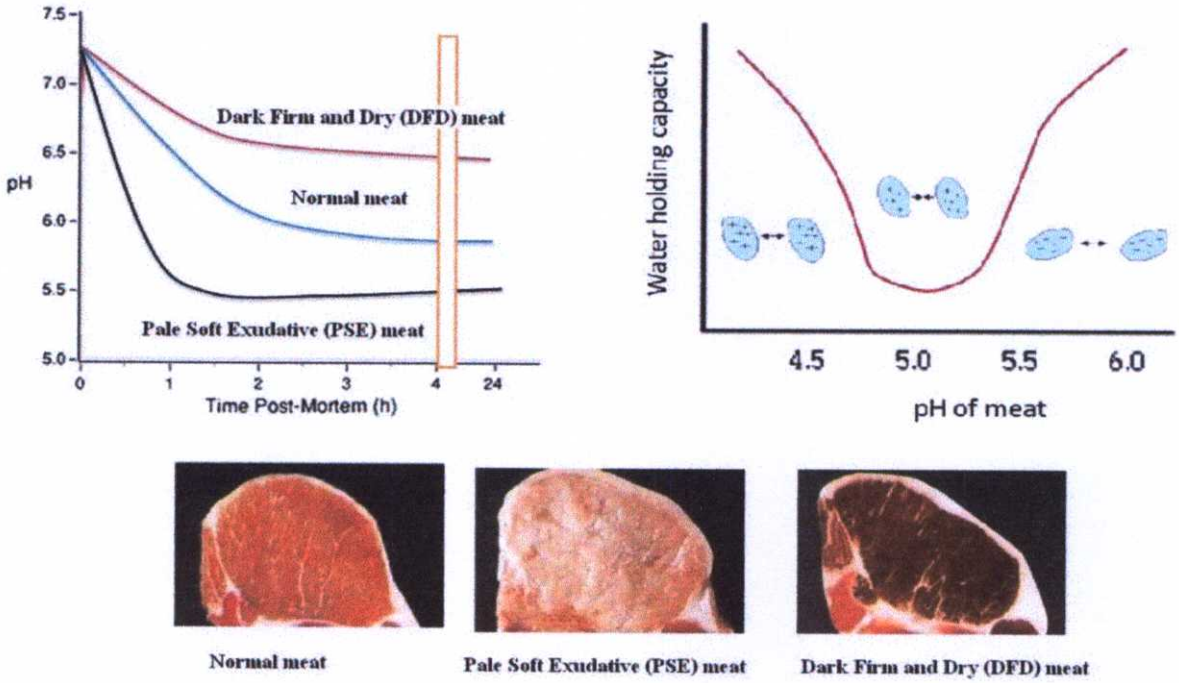
การบ่มจะนุ่ม มีรสชาติดี เหมาะกับการบริโภค การบ่มซากโค จึงมีผลต่อความนุ่มและรสชาติของเนื้อวัว ซึ่งเป็นสัตว์ใหญ่มากกว่าเนื้อสัตว์อื่น



ภาพที่ 2.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์หลังถูกฆ่า (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ, 2556)

2. การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสัตว์หลังการฆ่า มีผลต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์ ทั้งด้านสี รสชาติ และลักษณะเนื้อสัมผัส คุณภาพผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเนื้อสัตว์ และยังมีผลต่อการเสื่อมเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเนื้อสัตว์มีสาเหตุหลักมาจากไกลโคเจน ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่เป็นแหล่งพลังงานในกล้ามเนื้อของสัตว์ ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกัน มีโครงสร้างคล้าย อะไมโลเพกทิน (amylopecitn) ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อจะถูกใช้ในกิจกรรมการเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อของสัตว์ เช่น การเดิน การวิ่ง โดยอาศัยปฏิกิริยาที่เรียกว่า ไกลโคไลซิส (glycolysis) เพื่อเป็นแหล่งพลังงานโดยไม่ต้องใช้ออกซิเจน และจะได้กรดแล็กติค ซึ่งทำให้เกิดการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อขณะที่สัตว์มีชีวิต กรดแล็กติค จะสลายไปด้วยการหายใจแบบใช้ออกซิเจน เพื่อรักษาระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง ของกล้ามเนื้อให้เป็นปกติ สัตว์ที่ได้รับการเลี้ยงดูที่ดี มีการพักผ่อนเพียงพอไม่บาดเจ็บ ไม่มีโรคภัยจะมีปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อสูง สัตว์ที่มีขนาดใหญ่จะมีปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อมากกว่าสัตว์ที่มีขนาดเล็ก หลังจากที่สัตว์ถูกฆ่า เซลล์สัตว์ยังคงมีชีวิต และพยายามรักษาความมีชีวิตไว้ ในภาวะที่เซลล์ขาดออกซิเจนด้วยการสลายไกลโคเจนที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อเกิดเป็นกรดแล็กติค สัตว์ที่ถูกเลี้ยงดูดี ได้รับอาหารดี มีสุขภาพดี ไม่เจ็บป่วยหรือบาดเจ็บ ไม่มีความเครียด มีการฆ่าแบบไม่ทรมาน เช่น ทำให้สัตว์สลบ (stunning) ก่อนการฆ่า เนื้อสัตว์ที่ได้จะมีคุณภาพดี ค่าความเป็นกรด-ด่างของเนื้อสัตว์ลดลง จากระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง

ของกล้ามเนื้อขณะมีชีวิต ซึ่งมีค่าประมาณ 7.4 ถึงประมาณ 6.2 หรือ ต่ำกว่านี้เล็กน้อยในเวลา 24 ชั่วโมง เนื้อสัตว์จะมีคุณภาพดี มีกลิ่น สีปกติ รสชาติดี และมีการอุ้มน้ำที่ดีเหมาะสมกับการบริโภค และนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ นอกจากนี้กรดแล็กติคที่เกิดขึ้นจะช่วยป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์



ภาพที่ 2.7 ภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของเนื้อสัตว์ (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และคณะ, 2556)

ผลของอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่อคุณภาพเนื้อสัตว์

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเนื้อสัตว์หลังการฆ่าสัตว์ มีผลมากต่อคุณภาพของซากสัตว์และเนื้อสัตว์ อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่เกิดขึ้นช้าหรือเร็วเกินไป ทำให้เกิดลักษณะที่ไม่ต้องการในเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะเนื้อจากสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น เนื้อวัว เนื้อหมู แพะ แกะ ดังนี้

1. Dark Firm Dry (DFD) เป็นลักษณะที่ไม่ต้องการของเนื้อสัตว์คือ มีสีเข้ม (dark) เนื้อแน่น (firm) เหนียวผิดปกติ และผิวหน้าแห้ง ไม่ชุ่มชื้น (dry) มีสาเหตุมาจากกล้ามเนื้อสัตว์ ขณะที่มีปริมาณไกลโคเจนเริ่มต้นในกล้ามเนื้อน้อย เนื่องจากการเลี้ยงดูที่ไม่ดี สัตว์มีสภาวะเครียด อดอยาก ขาดอาหาร บาดเจ็บหรือมีโรค เมื่อสัตว์ตายค่า pH ของเนื้อสัตว์จึงสูงผิดปกติ เพราะเกิดกรดแล็กติคจากการสลายตัวของไกลโคเจนปริมาณน้อยรสชาติไม่ดี เนื้อสัมผัสแข็งเหนียว ไม่ยืดหยุ่น

นอกจากนี้เนื้อสัตว์ลักษณะ DFD ยังเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ง่าย เพราะค่าความเป็นกรด-ด่าง สูง ไม่มีกรดแล็กติค ซึ่งช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

2. Pale Soft Exudative (PSE) เป็นลักษณะของเนื้อสัตว์ที่ไม่ต้องการเช่นกัน ลักษณะคือ มีสีซีด (pale) เนื้อนิ่ม (soft) มีน้ำเยิ้ม (exudative) เกิดกับสัตว์ที่ได้รับการเลี้ยงดูปกติ มีระดับไกลโคเจนในกล้ามเนื้อปกติ แต่สัตว์ที่มีความเครียดระยะสั้นๆ ก่อนถูกฆ่า เช่น ระหว่างการขนส่งไปโรงฆ่าสัตว์ สัตว์ดิ้นรนต่อสู้ ด้วยความตกใจ หวาดกลัว การฆ่าด้วยความรุนแรง ทารุณ ซึ่งทำให้สัตว์ใช้ไกลโคเจน ที่สะสมอยู่ในกล้ามเนื้อเพื่อเป็นพลังงาน และได้กรดแล็กติคปริมาณมาก หลังจากสัตว์ถูกฆ่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของเนื้อลงอย่างรวดเร็วจากประมาณ 7.4 เหลือ ประมาณ 5.4-5.6 ใช้เวลาเพียง 1 ชั่วโมง เป็นค่าความเป็นกรด-ด่าง ที่อยู่ในช่วง Isoelectric point มีประจุบวกและประจุลบพอๆกัน เกิดการดึงดูดกันของโปรตีนกับโปรตีน (protein-protein interaction) มากกว่าโปรตีนกับน้ำ ทำให้เนื้อสัตว์อุ้มน้ำได้ลดลง ส่งผลให้เนื้อสูญเสียน้ำที่อยู่ภายในเนื้อ ทำให้เนื้อมีคุณภาพต่ำ กลิ่นรส เนื้อสัมผัสไม่ดีและมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เนื้อสัตว์ที่นำไปแช่เยือกแข็งจะเกิดการสูญเสียน้ำ (drip loss) มากภายหลังการหลอมละลาย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรขุน มีรายละเอียดและขั้นตอนของการดำเนินงานดังต่อไปนี้

3.1 สัตว์ทดลอง

สัตว์ทดลองที่ใช้ในการทดลอง คือสุกรขุนลูกผสมทางการค้า (ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และเบ 91) เพศผู้ตอน 12 ตัว และเพศเมีย 12 ตัว รวม 24 ตัว น้ำหนักสุกรเริ่มต้นประมาณ 80 กิโลกรัม

3.2 อาหารสัตว์ทดลอง

อาหารที่ใช้สำหรับสุกรที่เลี้ยงในการทดลอง แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 ใช้อาหารสูตรควบคุม

กลุ่มการทดลองที่ 2 ใช้อาหารสูตรควบคุมเสริมสารซัลบูตามอล 10 ppm

กลุ่มการทดลองที่ 3 ใช้อาหารสูตรควบคุมเสริมสารแรคโตพามีน 10 ppm

อาหารที่ใช้ในการทดลองมีส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสุกรทดลอง

วัตถุดิบ(กก.)	กลุ่มการทดลองที่ 1	กลุ่มการทดลองที่ 2	กลุ่มการทดลองที่ 3
มันเส้น	16.85	16.85	16.85
รำละเอียด	20.00	20.00	20.00
รำสกัดน้ำมัน	28.81	28.81	28.81
รำข้าวสาลี	3.42	3.42	3.42
ข้าวสาลี	3.23	3.23	3.23
น้ำมันพืช	17.52	17.52	17.52
กากถั่วเหลือง	1.75	1.75	1.75
แคลเซียมคาร์บอเนต	0.71	0.71	0.71
เกลือ	0.50	0.50	0.50
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.04	0.04	0.04
แอล-ไลซีน	0.12	0.12	0.12
พรีมิกซ์	0.94	0.94	0.94

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสุกรทดลอง(ต่อ)

วัตถุดิบ(กก.)	กลุ่มการทดลองที่ 1	กลุ่มการทดลองที่ 2	กลุ่มการทดลองที่ 3
ซัลบูตามอล	-	0.1	-
แรคโตพามีน	-	-	0.1
ส่วนประกอบอื่นๆ	6.11	6.11	6.11
รวม	100.00	100.1	100.1
ราคา (บาท/กก.)	13.71	13.74	13.76

หมายเหตุ * ราคาสารซัลบูตามอล 300 บาท/กิโลกรัม แรคโตพามีน 450 บาท/กิโลกรัม
แนะนำให้ใช้สารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในระดับ 10 ppm (ใช้สารซัลบูตามอลหรือสารแรคโตพามีนอย่างละ 1 กิโลกรัม/อาหารสุกร 1000 กิโลกรัม)

3.3 วัสดุและอุปกรณ์

3.3.1 วัสดุอุปกรณ์ในการเลี้ยงสุกร

1) ผลิตภัณฑ์ซัลบูทามอล ผลิตภัณฑ์แรคโตพามีน
2) คอกขังเดี่ยวสุกรทดลองขนาด 0.65 x 2.10 ตารางเมตร จำนวน 24 คอก
3) ที่ให้น้ำและรางอาหาร
4) ยาและวัคซีน
5) อาหารสุกร
6) อุปกรณ์ตักอาหาร
7) เครื่องชั่งน้ำหนักสุกร
8) เครื่องผสมอาหาร
9) อุปกรณ์ทำความสะอาดและน้ำยาฆ่าเชื้อ

3.3.2 อุปกรณ์ในการศึกษาลักษณะซาก

1) เครื่องวัดความหนาไขมันสันหลังสุกรมีชีวิต (Renco Lean Meter)
2) เวอร์เนียร์ แคลลิปเปอร์
3) เครื่องวัดพื้นที่ใบไม้ (Leaf Area Meter)
4) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอิเลคโทรนิค (Sekunden- Thermometer 1103)
5) เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อ (Wiss.Techn - Werstatten)
6) อุปกรณ์ที่ใช้ในการชำแหละและตัดแต่งซากสุกร

3.3.3 อุปกรณ์ในการศึกษาคุณภาพเนื้อ

1) เครื่องบรรจุสุญญากาศ (Vacuum Packge, VAMA)

2) ถุงพลาสติกชนิดสุญญากาศ (Polyvinyl chloride : PVC)

3) เครื่องชั่งอิเลคโทรนิค (Soehnle-9VEIE-6LR61)

4) เครื่องมือวัดสีของเนื้อ (Minolta Chromameter CR-300)

5) เครื่องมือวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Instron Model 1011)

6) อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ คีมหนีบ พลาสติกสำหรับห่อตัวอย่าง ถาดโฟม

3.3.4 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในอาหารทดลองและตัวอย่างเนื้อสุกร

3.4 แผนการทดลอง

วางแผน การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ใช้สุกรขุนลูกผสมทางการค้า (ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และ เบ 91) น้ำหนักประมาณ 80 กิโลกรัม จำนวน 24 ตัว (ตัวผู้ตอน 12 ตัว ตัวเมีย 12 ตัว) ใช้สุกรกลุ่มละ 8 ตัว แบ่งเป็น 3 กลุ่มทดลองๆ ละ 8 ซ้ำๆ ละ 1 ตัว (เพศผู้ตอน 4 ตัว และเพศเมีย 4 ตัว) เลี้ยงสุกรแบบขังเดี่ยวในโรงเรือนระบบเปิดดังนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 ใช้อาหารสูตรควบคุม

กลุ่มการทดลองที่ 2 ใช้อาหารสูตรควบคุมเสริมสารซัลบูตามอล 10 ppm

กลุ่มการทดลองที่ 3 ใช้อาหารสูตรควบคุมเสริมสารแรคโตพามีน 10 ppm

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 คัดเลือกสุกรน้ำหนักประมาณ 80 กิโลกรัม จำนวน 24 ตัว (สุกรเพศผู้ตอน 12 ตัว สุกรเพศเมีย 12 ตัว)

3.5.2 แบ่งสุกรออกเป็น 3 กลุ่มตามอาหารทดลอง กลุ่มละ 8 ตัว (เพศผู้ตอน 4 ตัว เพศเมีย 4 ตัว)

3.5.3 สุ่มสุกรที่ได้รับการสุ่มตามอาหารทดลองลงในคอกสุกรขังเดี่ยวที่ 1 - 24 คอกละ 1 ตัว

3.5.4 ให้อาหารสุกรทดลองในแต่ละคอกโดย ให้อาหารสุกรขุนวันละ 2 ครั้ง พร้อมจดบันทึกอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือทุกสัปดาห์

3.5.5 การทำความสะอาด ทำความสะอาดคอกวันละ 2 ครั้ง ในตอนเช้า- ตอนเย็น และมีการตรวจเช็คสุขภาพของสุกร

3.5.6 ชั่งน้ำหนักสุกรรายตัวจำนวน 24 ตัว ทุก 2 สัปดาห์

3.5.7 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการสรุปข้อมูลเพื่อหาปริมาณอาหารที่กินได้เฉลี่ยต่อตัว (ADFI) อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (FCR) และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว ทำการฆ่าสุกรเมื่อสุกรมีน้ำหนักประมาณ 110 กิโลกรัมทุกตัวทำการชำแหละและตัดแต่งเพื่อศึกษาคุณภาพซากโดยใช้เฉพาะซากซีกซ้ายของสุกร การศึกษาคุณภาพเนื้อสุกร โดยนำตัวอย่างเนื้อสันนอกสุกรทดลองที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม ทำการวัดหาค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ สีเนื้อ การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา การวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ และส่วนประกอบทางเคมีบางประการ

3.6 การบันทึกข้อมูล

3.6.1 บันทึกน้ำหนักสุกรเริ่มต้น บันทึกน้ำหนักสุกรทุกๆ 2 สัปดาห์และบันทึกน้ำหนักสุกรเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

3.6.2 บันทึกปริมาณอาหารที่กินของสุกร

3.6.3 บันทึกระยะเวลาที่เลี้ยง

3.6.4 บันทึกน้ำหนักซากเย็น

3.6.5 บันทึกความหนาไขมันสันหลังขณะมีชีวิต

3.6.6 บันทึกน้ำหนักชิ้นส่วนต่างๆจากการตัดแต่งซากสุกร ข้อมูลที่ทำการเก็บได้แก่ น้ำหนักเนื้อสันใน (filet) เนื้อสันนอก (loin) เนื้อสะโพก (ham) เนื้อสันคอ (boston) เนื้อไหล่ (picnic shoulder) สามชั้น (belly) ซี่โครง (spareribs) ขาหมู (leg) คางหมู (jowl) กระดูกรวม (total bone) ไขมันรวม (total fat) เนื้อแดงรวม (total lean cuts) เนื้อติดกระดูก (total bone in meat cuts)

3.6.7 บันทึกขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก

3.6.8 ค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก (lenden-speck quotient : LSQ)

3.6.9 บันทึกคุณภาพเนื้อสุกรทดลอง

3.6.10 บันทึกส่วนประกอบทางเคมีบางประกอบของเนื้อสันนอก

ข้อมูลที่บันทึกทั้งหมดนำมาศึกษาด้านต่างๆดังนี้

ด้านที่ 1 การศึกษาด้านสมรรถภาพการผลิตของสุกรขุน นำข้อมูลที่บันทึกน้ำหนักสุกร ระยะเวลาที่เลี้ยง ปริมาณอาหารที่กินของสุกร มาทำการคำนวณเพื่อหาค่าสมรรถภาพการผลิต (สุกัญญา วงษ์วัฒนา, 2539) ดังต่อไปนี้

1. อัตราการเจริญเติบโต (Growth rate) โดยประเมินค่าของอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเฉลี่ย (Average daily gain; ADG) (กก. / วัน) ซึ่งได้จากการจดบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของสุกรในช่วงของอายุและระยะเวลาต่าง ๆ แล้วนำมาคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน

$$\text{อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน} = \frac{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

2. ปริมาณอาหารที่กิน (Feed Intake) (กก. /วัน)

$$= \frac{\text{อาหารที่สุกรกินทั้งหมด}}{\text{จำนวนวันที่เลี้ยง}}$$

3. อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก (Feed conversion ratio; FCR) ซึ่งได้จากการจดบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและปริมาณ อาหารที่สุกรกินเข้าไปในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่ต้องการประเมินค่า แล้วนำมาคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก

$$\text{อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักสุดท้าย} - \text{น้ำหนักเริ่มต้น}}$$

4. ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัว

= อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก x ต้นทุนค่าอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกร

ด้านที่ 2 การศึกษาด้านคุณภาพซากของสุกรขุน นำข้อมูลที่บันทึกได้แก่ น้ำหนักสุกรมีชีวิต ความหนาไขมันสันหลังขณะมีชีวิต น้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย น้ำหนักชิ้นส่วนต่างๆจากการตัดแต่งซากสุกร พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก ค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก มาทำการคำนวณเพื่อหาคุณภาพซาก

ด้านที่ 3 การศึกษาด้านคุณภาพเนื้อของสุกรขุน

จากซากสุกรซีกซ้ายของสุกรขุนทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง หลังจากทำการตัดแต่งซากแยกชิ้นส่วนแล้ว โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอก (*longissimus dorsi* : LD) ระหว่างซี่โครงซี่ที่ 10-13 น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ใส่ถุงเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียล เพื่อนำไปศึกษาส่วนประกอบทางเคมี

ส่วนที่ 2 ใส่ถุงเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล เพื่อทำการหาค่าแรงตัดผ่านเนื้อ

ส่วนที่ 3 ตัดเนื้อให้มีขนาด กว้าง x ยาว เท่ากับ 5 x 10 เซนติเมตร และหนาประมาณ 3 เซนติเมตร เพื่อทำการวัดสีของเนื้อต่อไป

ส่วนที่ 4 ตัดเนื้อให้มีน้ำหนักประมาณ 50 – 60 กรัม ตัดแต่งเอาไขมันออก จำนวนตัวอย่างละ 2 ซ้ำ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

จากการเตรียมชิ้นส่วนกล้ามเนื้อสันนอก สามารถดำเนินการได้ดังต่อไปนี้

1. การวัดอุณหภูมิ (Temperature) วัดอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอกจากซากสุกรซีกซ้ายภายหลังการฆ่า 2 ชั่วโมง และวัดอุณหภูมิภายในกล้ามเนื้อสันนอกที่ทำการตัดแยกชิ้นส่วนแล้ว และนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายหลังสุกรตาย ซึ่งแทงลึกลงไปประมาณ 3 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอิเลคโทรนิค

2. การวัดความเป็นกรด–ด่าง (pH Value) วัดความเป็นกรด–ด่าง ภายในกล้ามเนื้อสันนอกภายหลังการฆ่า 2 ชั่วโมง และวัดความเป็นกรด– ด่าง หลังจากการนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายหลังสุกรตาย โดยวัดที่ใจกลางกล้ามเนื้อสันนอก ซึ่งแทงลึกลงไปประมาณ 3 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่างในเนื้อ (Wiss.Techn - Werstatten)

3. การวัดสีของเนื้อ (Color measurement) นำตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกที่ทำการตัดแต่งชิ้นส่วนแล้ว และนำมาเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายหลังสุกรตาย มาทำการวัดสี โดยตัดแบ่งแต่ละตัวอย่างๆละ 2 ชิ้น ขนาดกว้าง x ยาว เท่ากับ 5 x 10 เซนติเมตร และหนาประมาณ 3 เซนติเมตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (18 องศาเซลเซียล) นานประมาณ 30 นาที เพื่อให้ออกซิเจนในอากาศเข้าไปแทรกในผิวหน้าตัดของชิ้นเนื้อ จากนั้นวัดสีด้วยเครื่องมือวัดสีของเนื้อ (Minolta Chromameter CR-300) จะแสดงผลในรูปของ L* (lightness), a* (redness) และ b* (yellowness) โดยทำการวัดตัวอย่างละ 2 ซ้ำ

4. การหาค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Shear force) นำตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกภายหลังสุกรตายแล้ว 24 ชั่วโมง มาตัดชิ้นเนื้อเป็นแท่งยาวรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดประมาณ 2 x 3 นิ้ว หนาประมาณ 1.5 นิ้ว ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ บรรจุชิ้นเนื้อลงในถุงสุญญากาศนำไปเข้าเครื่องบรรจุสุญญากาศ จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียล นาน 45-50 นาที หรือจนกระทั่งอุณหภูมิใจกลางเนื้อประมาณ 70 องศาเซลเซียล เสร็จแล้วนำถุงที่บรรจุเนื้อที่ผ่านการทำให้สุกแล้วไปทำให้เย็น โดยแช่ในน้ำไหลผ่านประมาณ 25-30 นาที นำเนื้อออกจากถุงใช้มีดตัดตามแนวยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อให้มีขนาด

3 เซนติเมตร และมีพื้นที่หน้าตัดของขนาดชิ้นเนื้อประมาณ 1.25 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำชิ้นเนื้อไปวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อด้วยเครื่องมือวัดค่าแรงตัดผ่านเนื้อ (Instron Model 1011) โดยตัดตามขวางของเส้นใยกล้ามเนื้อตามวิธีการของ Van Oeckel et al. (1999)

5. การหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา (Drip loss) ตามวิธีการของ Devine et al. (1999) นำตัวอย่างกล้ามเนื้อสันนอกภายหลังสุกรตายแล้ว 24 ชั่วโมง มาตัดเป็นชิ้นรูปสี่เหลี่ยม น้ำหนักประมาณ 50 – 60 กรัม จำนวนตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นเนื้อแล้วบันทึกน้ำหนักเริ่มต้น เป็นค่า D1 เสร็จแล้วนำชิ้นเนื้อดังกล่าวลงในถุงพลาสติกแล้วมัดปากถุง จากนั้นใช้ตะขอแขวนซากเกี่ยวชิ้นเนื้อที่บรรจุอยู่ในถุงไปแขวนไว้ที่อุณหภูมิ 0–4 องศาเซลเซียส เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำเนื้อออกจากถุงพลาสติกมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกน้ำหนักครั้งสุดท้าย เป็นค่า D2 เพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา ที่ 1 วัน โดยมีสูตรคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักระหว่างการเก็บรักษา} = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100$$

6. การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีในเนื้อ โดยใช้วิธี proximate analysis เพื่อหา ความชื้น (moisture) โปรตีน (crude protein) และไขมัน (crude fat) (AOAC., 1995)

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป (SAS)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อของสุกรขุน โดยมีกลุ่มการทดลอง 3 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มการทดลองที่ 1 ใช้อาหารสูตรควบคุม กลุ่มการทดลองที่ 2 ใช้อาหารสูตรควบคุมเสริมสารซัลบูตามอล 10 ppm กลุ่มการทดลองที่ 3 ใช้อาหารสูตรควบคุมเสริมสารแรคโตพามีน 10 ppm ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.1 การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตสุกรขุน

4.1.1 อัตราการเจริญเติบโต

ผลการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของสุกรทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง พบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย เท่ากับ 0.92, 0.91 และ 0.98 กิโลกรัม/ วัน ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักของสุกรเมื่อเริ่มทำการทดลองทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 80.88, 80.38 และ 80.46 กิโลกรัม/ตัว ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงจนสิ้นสุดการทดลองพบว่าน้ำหนักสิ้นสุดการทดลองของสุกรแต่ละกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมมีน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองสูงกว่ากลุ่มสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูทามอล ($p<0.05$) แต่จะไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีน ส่วนกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูทามอล น้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองจะไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริมสารแรคโตพามีน โดยน้ำหนักเมื่อสิ้นสุดการทดลองของทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 110.94, 109.42 และ 110.42 กิโลกรัม/ตัว ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาที่ทำการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) พบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนมีระยะเวลาในการเลี้ยงน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้ รับอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูทามอล โดยมีค่าเท่ากับ 32.75, 32.75, และ 30.87 วัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.1.2 อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักและต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดของกลุ่มการทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าเท่ากับ 82.73, 79.10 และ 77.05 กิโลกรัม ตามลำดับ พบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนกินอาหารน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบ

กับกลุ่มการทดลองอื่นๆ ในขณะที่สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมกินอาหารมากที่สุด ส่วนอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนดีกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูทามอล โดยทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) มีค่าเท่ากับ 2.75, 2.72 และ 2.57 ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4.1

4.1.3 ต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนัก

ผลการศึกษาพบว่า สำหรับต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักต่อ 1 กิโลกรัม มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูทามอล มีต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักต่อ 1 กิโลกรัมสูงกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีน มีค่าเท่ากับ 37.76, 38.14 และ 36.44 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกรขุนเฉลี่ยต่อตัว (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ลักษณะที่ศึกษา	ควบคุม	ซัลบูตามอล	แรคโตพามีน	ระดับความเชื่อมั่น
จำนวนสุกร (ตัว)	8	8	8	-
น้ำหนักเริ่มต้น (กก.)	80.88±0.72	80.38±0.52	80.46±0.89	0.3583
น้ำหนักสิ้นสุด (กก.)	110.94±1.14[a]	109.42±0.70[b]	110.42±1.04[ab]	0.0173
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (กก.)	30.06±1.15	29.05±1.02	29.96±1.14	0.1548
ระยะเวลาที่ทำการทดลอง (วัน)	32.75±2.49	32.75±5.95	30.87±3.00	0.5815
อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (กก./ วัน)	0.92±0.08	0.91±0.16	0.98±0.09	0.4877
อาหารที่กินทั้งหมด (กก.)	82.73±5.23	79.10±9.68	77.05±3.37	0.2464
อาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (กก.)	2.53±0.07	2.44±0.17	2.51±0.17	0.4465
อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก	2.75±0.19	2.72±0.31	2.57±0.12	0.2470
ต้นทุนในการเพิ่มน้ำหนักต่อ 1 กก.(บาท/กก)	37.76±2.58	38.14±4.42	36.44±1.75	0.5334

[a, b] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.2 การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อลักษณะคุณภาพซากของสุกรขุน

4.2.1 ลักษณะของซากของสุกรขุน

ผลการศึกษาพบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า ความหนาไขมันสันหลังขณะมีชีวิต น้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย และพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมจะมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกค่อนข้างเล็กกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูทามอล และกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีน โดยมีค่าเท่ากับ 46.32, 50.68 และ 51.97 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ) ของสุกรที่ได้รับอาหารทดลองทุกกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสุกรที่ได้รับอาหารเสริมซัลบูตามอลจะมีค่า LSQ ต่ำที่สุด (0.24) ในขณะที่สุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมมีค่า LSQ สูงที่สุด (0.27) แต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.27, 0.24 และ 0.25 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะคุณภาพซากสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนเฉลี่ยต่อตัว (ค่าเฉลี่ย± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ลักษณะที่ศึกษา	ควบคุม	ซัลบูตามอล	แรคโตพามีน	ระดับความเชื่อมั่น
จำนวนสุกร (ตัว)	8	8	8	-
น้ำหนักมีชีวิตเฉลี่ยต่อตัว (กก.)	114.03±4.48	112.99±3.94	115.05±4.26	0.6283
ไขมันสันหลังมีชีวิต (มม.)	11.54±0.40	11.08±0.85	11.42±0.95	0.4838
น้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย (กก.)	43.21±1.61	43.84±2.17	44.43±2.03	0.4706
ดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ)	0.27±0.03	0.24±0.03	0.25±0.05	0.4092
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.)	46.32±2.47	50.68±4.38	51.97±6.31	0.2512

4.2.2 ปริมาณชิ้นส่วนย่อยจากการตัดแต่งซากสุกร

ปริมาณชิ้นส่วนย่อยจากการตัดแต่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย จะเห็นว่าปริมาณเปอร์เซ็นต์สันใน สันนอก สะโพก สันคอ และไหล่ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมซัลบูตามอลมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเนื้อแดงสะโพกสูงกว่าสุกรที่ได้รับอาหารควบคุม ($p=0.0619$) โดยมีค่าเท่ากับ 17.66 และ 19.48 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สุกรที่ได้รับอาหารเสริมแรคโตพามีน มีแนวโน้มที่จะมีปริมาณสามชั้นสูงกว่าสุกรที่ได้รับอาหารควบคุม ($p=0.0872$) โดยมีค่าเท่ากับ 8.49 และ 10.77 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับสุกรที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่มมีปริมาณซี่โครง ขา กระดูกรวม และเนื้อติดกระดูกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมมีปริมาณคางสูงกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูทามอล และกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 4.67, 3.88 และ 3.91 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

สุกรที่ได้รับอาหารเสริมด้วยสารซัลบูตามอลจะมีปริมาณไขมันรวมต่ำกว่า แต่มีปริมาณเนื้อแดงรวมสูงกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งปริมาณไขมันรวมของสุกรแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 17.12, 13.75 และ15.68 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณเนื้อแดงรวมมีค่าเท่ากับ 47.79, 51.90 และ 48.63 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณชิ้นส่วนย่อยจากการตัดแต่งซากสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนเฉลี่ยต่อตัว (% น.น.ซากเย็นซีกซ้าย) (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ลักษณะที่ศึกษา	ควบคุม	ซัลบูตามอล	แรคโตพามีน	ระดับความเชื่อมั่น
จำนวนสุกร (ตัว)	8	8	8	-
สันใน	1.13±0.10	1.22±0.19	1.10±0.13	0.2664
สันนอก	7.03±0.81	7.47±0.73	6.99±0.88	0.4291
สะโพก	17.66±1.17	19.48±2.03	18.65±0.89	0.0619
สันคอ	5.61±0.47	5.47±0.80	5.25±0.73	0.5868
ไหล่	10.32±0.61	11.58±1.36	11.35±1.43	0.1038
สามชั้น	8.49±1.29	8.71±2.12	10.77±2.77	0.0872
ซี่โครง	4.74±0.92	4.55±1.04	4.34±0.95	0.7183
ขา	9.61±0.87	8.94±0.67	9.19±0.79	0.2412
คาง	4.67±0.61^{a}	3.88±0.79^{b}	3.91±0.59^{b}	0.0462
กระดูกรวม	11.10±1.58	10.77±2.34	10.22±2.54	0.7239
ไขมันรวม	17.12±1.71^{a}	13.75±1.11^{b}	15.68±1.93^{a}	0.0018
เนื้อแดงรวม	47.79±0.79^{b}	51.90±1.43^{a}	48.63±1.77^{b}	0.0001
เนื้อติดกระดูก	14.35±1,25	13.49±1.35	13.53±0.98	0.2908

^{a,b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

4.3 การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อลักษณะคุณภาพเนื้อสุกรขุน

4.3.1 ลักษณะความเป็นกรด-ด่าง

ผลการศึกษาการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนต่อลักษณะคุณภาพเนื้อของสุกรขุน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า เนื้อสุกรที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีคุณภาพเนื้อทุกลักษณะที่ศึกษาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นลักษณะความเป็นกรด-ด่างที่ 2 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย (pH 2) ที่เนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลจะมีค่าต่ำกว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 6.91, 6.26 และ 6.84 ตามลำดับ ส่วนลักษณะความเป็นกรด-ด่างที่ 24 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย (pH 24) คุณภาพเนื้อของสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนมีค่าต่ำกว่า ขณะที่กลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูทามอล มีค่าเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเท่ากับ 5.80, 5.80 และ 5.68 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

4.3.2 ค่าการวัดสีบริเวณกล้ามเนื้อสันนอก

ค่าการวัดสีที่บริเวณกล้ามเนื้อสันนอก พบว่า ค่า L* ค่า a* และ ค่า b* ทั้ง 3 กลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ในคุณภาพเนื้อของสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูทามอลจะมีค่า L* สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยทุกกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 48.63, 52.46 (อาจเกิดจากการที่สุกรตายขณะขนส่งไปถึงโรงฆ่าสัตว์) และ 49.39 ตามลำดับ ในขณะที่ ค่า a* คุณภาพเนื้อของสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนจะมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 4.27, 3.26 และ 4.99 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

4.3.3 การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาและค่าแรงตัดผ่าน

ผลจากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาพบว่า เนื้อของสุกรทั้ง 3 กลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เนื้อสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูทามอลและกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุม มีค่าเท่ากับ 3.33, 3.40 และ 3.92 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของสุกรทั้ง 3 กลุ่มการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ค่าแรงตัดผ่านเนื้อของเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมจะมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมซัลบูตามอลและแรคโตพามีนโดยมีค่าเท่ากับ 4.87, 5.49 และ 5.49 กิโลกรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

4.3.4 องค์ประกอบทางเคมี

เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีบางประการของเนื้อสุกรพบว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.4 จะมีปริมาณความชื้น ไขมันและโปรตีนในเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เนื้อสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมมีแนวโน้ม ($p=0.0620$) มีไขมันสูงกว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีน โดยมีค่าเท่ากับ 2.57, 1.68 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 คุณภาพเนื้อของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีน (ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ลักษณะที่ศึกษา	ควบคุม	ซัลบูตามอล	แรคโตพามีน	ระดับความเชื่อมั่น
จำนวนสุกร (ตัว)	8	8	8	-
อุณหภูมิที่ 2 ชม.(^{0}C)	23.71±3.37	26.34±6.14	24.27±4.40	0.5224
pH ที่ 2 ชม.	6.91±0.29^a	6.26±0.33^b	6.84±0.26^a	0.0004
อุณหภูมิที่ 24ชม.(^{0}C)	15.77±3.13	17.18±3.15	16.31±2.09	0.6278
pH ที่ 24 ชม.	5.80±0.33	5.80±0.48	5.68±0.38	0.7809
สีของเนื้อ				
ค่า L* (lightness)	48.63±3.20	52.46±3.87	49.39±4.74	0.1670
ค่า a* (redness)	4.27±1.30	3.26±1.13	4.99±2.91	0.2374
ค่า b* (yellowness)	11.74±0.44	11.14±1.42	11.78±0.80	0.3854
การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษา (%)	3.92±0.81	3.40±1.63	3.33±1.63	0.8065
ค่าแรงตัดผ่าน (Kg.)	4.878±0.19	5.493±0.88	5.497±0.50	0.4092
ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อ				
ความชื้น (%)	72.90±1.28	73.76±0.77	73.99±0.95	0.1286
ไขมัน (%)	2.57±1.01	1.68±0.74	1.50±0.78	0.0620
โปรตีน (%)	22.13±1.78	23.25±0.97	23.52±0.77	0.6169

^{a,b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวแนวนอนเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตสุกรขุน

จากการทดลองสุกรที่ใช้ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีน้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 80 กิโลกรัม และน้ำหนักสิ้นสุดการทดลองประมาณ 110 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาเลี้ยงประมาณ 32 วัน โดยสุกรทุกตัวได้รับอาหารเต็มที่ ผลการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของสุกรที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมมีปริมาณการกินอาหารทั้งหมดและปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันสูงกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีน แต่สุกรกลุ่มควบคุมจะมีน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นและอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอล สอดคล้องกับการทดลองของรณชัย สิทธิไกรพงษ์ และคณะ (2545) และสมโภชน์ ทับเจริญ และคณะ (2538) ค่าสมรรถภาพการผลิตส่วนใหญ่จะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่าสารเบต้า-อะโกนิสต์ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตสุกรขุน สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลกินอาหารเฉลี่ยต่อวันน้อยกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ รณชัย สิทธิไกรพงษ์ และคณะ (2545) และสมโภชน์ ทับเจริญและคณะ (2538) และงานทดลองของ Warriss et al. (1990) ที่พบว่าการเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีนในอาหารไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของสุกร ($p>0.05$) เช่นเดียวกับรายงานของ Fremaut and Broeck (1991) ซึ่งใช้ clenbuterol ที่ระดับ 1.0 ppm ในอาหารสุกรขุนพบว่าอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเพิ่มขึ้นเป็น 795 กรัม เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม 703 กรัม และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มควบคุม 3.13 และ 3.48 ตามลำดับ ($p>0.05$) สอดคล้องกับ Adeola et al. (1990)ใช้ แรคโตพามีนระดับ 20 ppm พบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มควบคุม คือมีค่าเท่ากับ 2.56 และ 3.2 ตามลำดับ ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่า สารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ มีผลทำให้การกินอาหารน้อยลง

จากงานทดลองสุกรกลุ่มได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันและปริมาณอาหารที่กินลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ พิลาสลักษณ์ ปานประเสริฐ (2549) ที่พบว่าการเสริมสารซัลบูตามอลในอาหารที่ระดับ 4 ppm พบว่าสุกรมีอัตราการเจริญเติบโตและการกินได้ลดลง 4.71 เปอร์เซ็นต์ และ 12.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และสอดคล้องกับงานทดลองของ Chizzoline et al. (1989) ที่พบว่า การใช้สารซัลบูตามอลที่ระดับ 3 ppm ทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยลดลง 6 เปอร์เซ็นต์ แต่มีข้อสังเกตว่าสุกรมีอัตราการกินได้ลดลง 13 เปอร์เซ็นต์ และมี

ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น 11 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการที่สารซัลบูตามอลมีฤทธิ์ในการทำงานคล้ายฮอร์โมนในกลุ่ม catecholamine เช่น ยับยั้งการหลั่งของอินซูลิน กระตุ้นกระบวนการสลายไขมัน กระตุ้นกระบวนการสลายไกลโคเจนในตับไปเป็นกลูโคส ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนี้เป็นการแบ่งพลังงานในส่วนที่สัตว์จะนำไปสะสมไว้ออกมาใช้เป็นพลังงานสำหรับการดำรงชีพ และกระตุ้นอัตราการเจริญเติบโต (Ricks et al., 1984; Beermann et al., 1986) Muir (1988) รายงานว่าในไก่เนื้อที่ใช้สารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ ในอาหารที่ระดับ 0.2-2 ppm ช่วยปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้สาร และสุกรเป็นสัตว์ที่ตอบสนองต่อสารในกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์มากที่สุด ซึ่งได้มีการเสริมสารกลุ่มนี้ที่ระดับ 0.2-4 ppm ในอาหารพบว่าสามารถปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารไปในทางที่ดีแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สำหรับต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักตัวจะเห็นว่าสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนมีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุดในขณะเดียวกันอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักดีกว่ากลุ่มการทดลองอื่นๆ

5.2 การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีนต่อลักษณะคุณภาพซากของสุกรขุน

ผลการศึกษาพบว่า สุกรที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีน้ำหนักมีชีวิตก่อนฆ่า ความหนาไขมันสันหลังขณะมีชีวิต น้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย และพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอกแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมจะมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกค่อนข้างเล็กกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของพิลาสลักษณ์ ปานประเสริฐ (2549) และ ชูพงษ์ อรัญชิต (2539) และงานทดลองของ Warriss et al. (1990) ที่กล่าวว่า พื้นที่หน้าตัดเนื้อของกลุ่มที่ไม่เสริมสารซัลบูตามอลในอาหารมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมสารแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ) ของสุกรที่ได้รับอาหารทดลองทุกกลุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลจะมีค่า LSQ ต่ำที่สุด (0.24) ในขณะที่สุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมมีค่า LSQ สูงที่สุด (0.27) สอดคล้องกับรายงานของสายชล เลิศสุวรรณ (2544) ที่กล่าวว่าสุกรขุนที่ได้รับอาหารเสริมซัลบูตามอล 15 ppm จะมีค่าดัชนี LSQ ต่ำกว่า (-0.09:$p<0.05$) และมีขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกใหญ่กว่า (+15 เปอร์เซ็นต์: $p<0.05$) สุกรที่ได้รับอาหารควบคุม จากเกณฑ์การแบ่งระดับชั้นดัชนี LSQ ที่รายงานโดยจุฑารัตน์ เศรษฐกุล และคณะ (2544) สุกรที่มีค่า LSQ ระหว่าง 0.21-0.26 จัดอยู่ในระดับเกรดสูงมาก ในขณะที่สุกรที่มีค่า LSQ ระหว่าง 0.27-0.32 จัดอยู่ในระดับเกรดสูง

ปริมาณชิ้นส่วนย่อยจากการตัดแต่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเย็นซีกซ้าย จะเห็นว่าปริมาณเปอร์เซ็นต์สันใน สันนอก สะโพก สันคอ และไหล่ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเนื้อแดงสะโพกสูงกว่าสุกรที่ได้รับอาหารควบคุม ($p=0.0619$) สุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณสามชั้นสูงกว่าสุกรที่ได้รับอาหารควบคุม ($p=0.0872$) สุกรที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม มีปริมาณซี่โครง ขา กระดูกรวม และเนื้อติดกระดูก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สุกรที่ได้รับอาหารควบคุมมีปริมาณคางสูงกว่าสุกรที่ได้รับอาหารเสริมทั้ง 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และสุกรที่ได้รับอาหารเสริมด้วยสารซัลบูตามอลจะมีปริมาณไขมันรวมต่ำกว่า แต่มีปริมาณเนื้อแดงรวมสูงกว่าสุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) สอดคล้องกับรายงานของสายชล เลิศสุวรรณ (2544) ที่รายงานว่าสุกรขุนที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอล 15 ppm มีปริมาณเนื้อแดงรวมเพิ่มขึ้น (+ 4.77 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณไขมันรวมลดลง (-2.79 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับสุกรที่ได้รับอาหารควบคุม การเสริมสารแรคโตพามีนปริมาณ 15.3 ppmในอาหาร เพิ่มน้ำหนักซากอุ่น 4 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน 12 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเนื้อแดง 4 เปอร์เซ็นต์ แต่ต้องมีการจัดการสูตรอาหารให้เหมาะสม โดยเฉพาะปริมาณไลซีนในอาหาร (Adeola et al., 1990; Andretta et al., 2012) และสอดคล้องกับรายงานของ เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ (2537) ที่สรุปว่าสารซัลบูตามอล จะทำให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเพิ่มขึ้น 7 เปอร์เซ็นต์

Warriss et al. (1990) พบว่าเปอร์เซ็นต์ซากและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเพิ่มขึ้น 2.6 และ 11 เปอร์เซ็นต์ แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันรวมและกระดูกรวมในซากลดลงตามระดับของสารซัลบูตามอล การเสริมสารเบต้า-อะโกนิสต์ มีผลทำให้ความหนาไขมันสันหลังลดลง เนื่องมาจากการที่สารในกลุ่มสารเบต้า-อะโกนิสต์ มีฤทธิ์ในการกระตุ้นกระบวนการสลายไขมัน โดยจะกระตุ้นการทำงานของระบบ adenylate cyclase ทำให้เกิดการผลิต cAMP ซึ่ง cAMP เป็นตัวกลางในกระบวนการย่อยสลายไขมันภายในเซลล์ไขมันได้ (Mersmann, 1990) นอกจากนี้ยังไปมีผลต่อการยับยั้งการทำงานของอินซูลิน ซึ่งอินซูลินมีหน้าที่กระตุ้นกระบวนการขนส่งกลูโคสเข้าสู่เซลล์ไขมัน และนำไปสู่การกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ไขมัน โดยในส่วนของสารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ จะยับยั้งการทำงานของอินซูลิน โดยมีผลทำให้การจับกันของอินซูลินกับตัวรับลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ (Liu et al., 1994) อัตราการสังเคราะห์ไขมันเกิดจากการกระตุ้นของฮอร์โมนอินซูลิน ในขณะที่อัตราการสลายตัวของไขมันเกิดจากการกระตุ้นของฮอร์โมนอะดรีนาลีน และนอร์อะดรีนาลีนจากต่อมหมวกไต (คนึงนิจ ก่อธรรมฤทธิ์, 2542)

สารเบต้า-อะโกนิสต์ ทำให้เกิดการไหลเวียนเลือดไปยังบริเวณขาหลังและเนื้อเยื่อไขมันเพิ่มขึ้นมีการสร้างความร้อนเพิ่มขึ้นโดยใช้พลังงานจากไขมันที่สะสมอยู่ทำให้ปริมาณไขมัน

ลดน้อยลง (เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ, 2537) จากรายงานผลของการใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ต่างๆที่มีการตอบสนองด้านประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพซาก การทดลองส่วนใหญ่จะใช้สูตรอาหารเปรียบเทียบและสูตรที่ใช้สารเบต้าอะดรีเนอจิกอะโกนิสต์เป็นไปตามคำแนะนำของ NRC คือให้ระดับเปอร์เซ็นต์โปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็น โดยเฉพาะไลซีน เพราะสุกรที่มีอัตราการสะสมเนื้อแดงสูงจะมีความต้องการกรดอะมิโนมากตามไปด้วย และชนิด อายุและขนาดของสัตว์จะมีผลต่อคุณภาพซากภายหลังจากที่ใช้สารดังกล่าว (Buttery et al., 1987)

5.3 การศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีนต่อลักษณะคุณภาพเนื้อสุกรขุน

ผลการศึกษาการเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีนต่อลักษณะคุณภาพเนื้อของสุกรขุน เนื้อสุกรที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีคุณภาพเนื้อทุกลักษณะที่ศึกษาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ยกเว้นลักษณะความเป็นกรด-ด่างที่ 2 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย (pH 2) ที่เนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมซัลบูตามอลจะมีค่าต่ำกว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มได้รับอาหารเสริมแรคโตพามีนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ที่เป็นเช่นนี้เพราะอาจจะมีผลจากในขณะขนส่งสุกรไปโรงฆ่า สุกรที่กินอาหารเสริมซัลบูตามอลเกิดอาการช็อคตายระหว่างทาง 1 ตัว และระหว่างการพักสัตว์ 1 ตัว จึงต้องทำการแทงคอเพื่อเอาเลือดออกทันที ทำให้เนื้อสุกรที่กินอาหารเสริมซัลบูตามอลมีค่า pH ต่ำกว่าอีก 2 กลุ่มแต่เนื้อสุกรไม่เกิด PSE ทั้งนี้จากการรายงานของ Dazzi et al. (1991) กล่าวว่าสุกรที่กินสารเร่งเนื้อแดงจะทำให้เนื้อมีสีเข้มกว่าสุกรที่กินอาหารควบคุม เนื้อสุกรที่ได้รับอาหารทุกกลุ่มมีความเป็นกรด-ด่างที่ 2 ชั่วโมงหลังสัตว์ตายระหว่าง 6.26-6.91 ซึ่งสูงกว่า 5.8 แสดงให้เห็นว่าเนื้อสุกรทุกกลุ่มไม่แสดงลักษณะของเนื้อซีด นุ่ม และฉ่ำน้ำ (PSE) อันเป็นผลมาจากสายพันธุ์และความเครียดของสุกรก่อนฆ่า สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างกล้ามเนื้อสันนอกสุกรที่เป็น PSE เมื่อวัดภายหลังสัตว์ตาย 45 นาทีหรือ 1 ชั่วโมงจะมีค่าต่ำกว่า 5.8 (จุฑารัตน์ เศรษฐกุล, 2543)

จากการทดลองพบว่าเนื้อสุกรกลุ่มควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำระหว่างการเก็บรักษาสูงกว่าเนื้อสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอล และแรคโตพามีน ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของพิลาสลักษณ์ ปานประเสริฐ (2549) พบว่า เนื้อสุกรกลุ่มควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำขณะเก็บสูงกว่ากลุ่มที่เสริมสารซัลบูตามอลระดับ 4, 8 และ12 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกับการสูญเสียน้ำจากการทำละลายของทั้ง 5 กลุ่มการทดลอง กลุ่มควบคุมมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่เสริมสารซัลบูตามอล ระดับ 4 และ 8 ppm เนื่องจากขณะที่เนื้อถูกแช่แข็ง น้ำในเนื้อเกิดเป็นผลึกน้ำแข็ง โดยน้ำในเซลล์จะถูกดึงมารวมกันเป็นผลึกขนาดใหญ่ เป็นผลให้เซลล์กล้ามเนื้อมีขนาดลดลงและเป็นผลึกน้ำแข็งบางส่วน ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อฉีกขาด ส่งผลให้เมื่อทำการละลาย

น้ำแข็ง น้ำบางส่วนจะถูกดึงกลับเข้าเซลล์ และมีบางส่วนจะไหลออกมาจากเนื้อ จากการศึกษาของ Berge et al. (1993) รายงานว่า การสูญเสียน้ำของเนื้อมีความสัมพันธ์กับการลดลงของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) คือค่า pH ลดลง ทำให้ความสามารถในการจับตัวกันระหว่างโมเลกุลของโปรตีนกับน้ำในเนื้อลดลง ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อโดยปกติกล้ามเนื้อสัตว์ประกอบด้วยน้ำ 75 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ เริ่มจากการจัดการก่อนฆ่า เช่น การขนส่งสัตว์จากฟาร์มมายังโรงฆ่า ระยะทางในการขนส่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดความเครียด (สัญชัย จตุรสิทธา, 2543) กระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกายยังส่งผลต่อคุณภาพเนื้อในด้านต่างๆทำให้เกิดลักษณะเนื้อที่ไม่พึงประสงค์ เช่น เกิด pale of exudative (PSE) ในสุกร หรือ dark, firm และ dry (DFD) ในเนื้อโค สิ่งเหล่านี้ส่งผลต่อค่าความสามารถในการอุ้มน้ำ เช่น ค่าการสูญเสียน้ำขณะเก็บ (drip loss) ค่าการสูญเสียน้ำขณะทำละลาย (thawing loss) และค่าการสูญเสียน้ำขณะการประกอบอาหาร (cooking loss) ของเนื้อ ซึ่งการสูญเสียขณะทำละลายมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความชื้นในเนื้อ ส่วนการสูญเสียน้ำเนื่องจากการเก็บมีความสัมพันธ์ทางบวกกับไขมันในซาก (Bus, 1990) เพราะจะทำให้ไขมันในกล้ามเนื้อเกิดการเหม็นหืนได้ง่าย

เมื่อทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีเนื้อสุกรพบว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารทั้ง 3 กลุ่ม จะมีปริมาณความชื้น ไขมัน และโปรตีนในเนื้อแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมมีแนวโน้ม ($p=0.0620$) มีไขมันสูงกว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีน ซึ่งสอดคล้องกับค่าแรงตัดผ่านเนื้อที่เนื้อสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมจะมีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีน ซึ่งพบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารทั้ง 2 กลุ่ม เนื้อเหนียวขึ้น ค่าแรงตัดผ่านสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Koohmarie et al. (1991) Geesink et al. (1993) และLuno et al. (1994) ที่พบว่าการใช้สารเบต้า-อะโกนิสต์ มีผลทำให้เอ็นไซม์ μ-calpain ที่ทำหน้าที่ย่อยโปรตีนเพื่อทำให้เนื้อนุ่มภายหลังสัตว์ตายลดน้อยลง โดยมีปริมาณเอ็นไซม์ calpastatin ที่ทำหน้าที่ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ calpain ที่ย่อยโปรตีนเพิ่มขึ้นส่งผลให้เนื้อเหนียวขึ้น นอกจากนั้นความนุ่มของเนื้อยังขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันที่เป็นองค์ประกอบในกล้ามเนื้อด้วย โดยเนื้อที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบมากจะนุ่มกว่าเนื้อที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบน้อย

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลการเสริมสารซัลบูตามอลและสารแรคโตพามีนในอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อสุกรขุน โดยทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ใช้อาหารดังนี้ กลุ่มการทดลองที่ 1 ใช้อาหารสูตรควบคุม กลุ่มการทดลองที่ 2 เสริมสารซัลบูตามอลในอาหารควบคุมที่ระดับ 10 ppm และกลุ่มการทดลองที่ 3 เสริมสารแรคโตพามีนในอาหารควบคุมที่ระดับ 10 ppm โดยใช้สุกรขุนลูกผสมทางการค้า (ลาร์จไวท์-แลนเรซ-เบ91) น้ำหนักประมาณ 80 กิโลกรัม สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีนในอาหารไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตได้แก่ น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนัก และต้นทุนค่าอาหารในการเพิ่มน้ำหนักต่อ กก. มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การเสริมสารซัลบูตามอลและแรคโตพามีนในอาหารต่อคุณภาพซากสุกรขุน สุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอล 10 ppm มีความหนาไขมันสันหลัง ค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ) ต่ำกว่า และมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกมากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มเสริมสารแรคโตพามีนถึงแม้ว่าความแตกต่างจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม สุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลจะมีปริมาณเนื้อแดงรวมสูงกว่า และมีปริมาณไขมันรวมต่ำกว่าสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมอย่างชัดเจน ในขณะที่สุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีน 10 ppm มีลักษณะคุณภาพซากโดยทั่วไปเช่น ปริมาณเนื้อแดงรวมและปริมาณไขมันรวม ไม่แตกต่างจากสุกรที่ได้รับอาหารควบคุม

3. สุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลและอาหารเสริมแรคโตพามีนมีลักษณะคุณภาพเนื้อโดยทั่วไปไม่แตกต่างจากสุกรที่ได้รับอาหารควบคุม แต่เนื้อสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมมีปริมาณไขมันในเนื้อค่อนข้างสูงกว่า ส่งผลให้มีค่าแรงตัดผ่านเนื้อต่ำกว่าเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารเร่งเนื้อแดงทั้ง 2 กลุ่ม ลักษณะความเป็นกรด-ด่างที่ 2 ชั่วโมงหลังสัตว์ตาย (pH 2) โดยเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลจะมีค่า pH 2 ต่ำกว่า ($p<0.05$) เนื้อสุกรที่ได้รับอาหารควบคุมและกลุ่มได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีน ค่าการวัดสีเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารซัลบูตามอลจะมีค่าความสว่าง (L*) ค่อนข้างสูงกว่าและมีค่าสีแดง (a*) ค่อนข้างต่ำกว่ากลุ่มอื่นเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารเสริมสารแรคโตพามีนจะมีลักษณะคุณภาพเนื้อโดยทั่วไปไม่แตกต่างจากเนื้อสุกรที่ได้รับอาหารสูตรควบคุม และมีเปอร์เซ็นต์ไขมันน้อยที่สุด

6.2 ข้อเสนอแนะ

การทดลองครั้งนี้เป็นการแสดงให้เห็นว่าการใช้สารซัลบูตามอลและแรคโตพามีนเสริมลงในอาหารมีผลอย่างไรต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อสุกรขุน การทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองเพื่องานทางวิชาการ และเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาการใช้สารกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ในอาหารเพื่อปรับซากสุกรขุนเท่านั้น ผู้วิจัยไม่แนะนำให้มีการใช้สารเร่งเนื้อแดงกลุ่มเบต้า-อะโกนิสต์ในการผสมอาหารเลี้ยงสุกร เนื่องจากเป็นสารต้องห้ามและขัดต่อสวัสดิภาพสัตว์ ควรมีการวิจัยถึงผลตกค้างของสารกลุ่มนี้ในเนื้อสุกรและเครื่องในส่วนที่บริโภคได้ให้ชัดเจนก่อนว่ามีผลอย่างไรต่อผู้บริโภคหรือไม่ต่อไป

บรรณานุกรม

กรมปศุสัตว์. 2547. การตรวจสารเร่งเนื้อแดงในฟาร์มปศุสัตว์. [Online].Available: http://pvlo-ctr.dld.go.th/th/images/stories/Project/sinka8.pdf. [สืบค้นวันที่ 13 มิถุนายน 2557]

กาญจนา อิ่มศิลป์. 2555. สารเร่งเนื้อแดงจากอเมริกาที่เราต้องรู้. [Online].Available: http://tsva.or.th/th/wp-content/up/oads/2013/11/. [สืบค้นวันที่ 2 กรกฎาคม 2557]

คนึงนิจ ก่อธรรมฤทธิ์. 2542. **β-adrenergic agonist.** กรุงเทพฯ: กองควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2528. **การจัดการเนื้อสัตว์.** ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.

จุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2543. **การจัดการโรงฆ่า.** พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร.

ชัยนาท แสนยศ และสืบชาติ สัจจวาทิต. 2554. **การทดสอบยาในกลุ่ม Macrolide ที่ให้ผลบวก ลวงต่อการตรวจสารกลุ่มเบต้าอะโกนิสต์ในสุกรขุน.** พิษณุโลก: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ภาคเหนือตอนล่าง กรมปศุสัตว์

ชูพงษ์ อรัญชิต. 2539. "ผลการเสริม beta-adrenergic agonist (Salbutamal) ในอาหารสุกรขุนและระยะงดใช้ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก และระดับการตกค้างของสารในเนื้อเยื่อ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ถาวร วงศ์สันติธรรมนุกูล. 2553. สารเร่งเนื้อแดงในหมู. บทความวิชาการ สำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำกรมอนามัย. [Online].Available:http://www.203.157.64. 28.8/info.php. [สืบค้นวันที่ 10 มิถุนายน 2557]

นันทศักดิ์ มุสิกศิลป์ และ สืบชาติ สัจจวาทิต. 2555. **รายงานการตรวจพบสารกลุ่มเบต้าอะโกนิสต์จากตัวอย่างปัสสาวะสุกร ในพื้นที่จังหวัดกำแพงเพชร ตั้งแต่ ตุลาคม 2551 ถึง กันยายน 2554.** กำแพงเพชร: สำนักงานปศุสัตว์จังหวัด.

บ้านเมือง. 2556. อันตรายสารเร่งเนื้อแดง. หนังสือพิมพ์บ้านเมือง กรุงเทพมหานคร. [Online]. Available:http://www.manager.co.th/Home/ViewNews.aspx?NewsID=9560000150096. [สืบค้นวันที่ 7 มิถุนายน 2557]

พงษ์ชาญ ณ ลำปาง. 2556. "ผลของวิธีการขนส่งสุกรขุนในประเทศไทยที่มีผลต่อสวัสดิภาพและคุณภาพซาก." สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. นครราชสีมา.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2556. การเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัตว์หลังการฆ่า [Online].Available:http://www.foodnetwork solution.com/. [สืบค้นวันที่ 10 มิถุนายน 2557]

พิลาสลักษณ์ ปานประเสริฐ. 2549. "ผลของสารซาลบูทามอลในอาหารหมูขุนต่อคุณภาพซากและเนื้อและสารตกค้าง." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ภัทรพล สำเร็จดี. 2553. **สารเร่งเนื้อแดง.** พิจิตร: กลุ่มพัฒนาคุณภาพสินค้าปศุสัตว์ สำนักงานปศุสัตว์จังหวัดพิจิตร.

มลฤดี สหกิจภิญโญ. 2555. "ผลของการเสริมเอนไซม์โปรติเอสต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากในสุกรขุน." สาขาโภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2550. **สารเร่งเนื้อแดง.** เอกสารประกอบการเรียน. กรุงเทพมหานคร.

ยุพดี จาวรุ่งฤทธิ์. 2541. **การศึกษาสถานการณ์การใช้สาร Salbutamal ในการเลี้ยงสุกรของประเทศไทย**. องค์การอาหารและยา. นนทบุรี.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2536. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สหมิตรออฟเซต.

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. 2549. **เอกสารประกอบการบรรยาย วิชาเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์.** คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และสาโรช ค้าเจริญ. 2537. ผลของการใช้สารเบต้า-อะดรีเนอจิก อะโกรนิสต์ต่อคุณภาพเนื้อสุกร. เอกสารโรเนียว.

รณชัย สิทธิไกรพงษ์ สายชล เลิศสุวรรณ กันยา ตันติวิสุทธิกุล และจุฑารัตน์ เศรษฐกุล. 2545. "ผลของสารซัลบูตามอลต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากสุกรขุน." **การประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์เกษตร.** 33(6):358-362.

วันดี ทาตระกูล. 2546. **สุกรและการผลิตสุกร.** งานส่งเสริมการวิจัยและตำรา โครงการตำรา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

สายชล เลิศสุวรรณ. 2544. "อิทธิพลของสารซัลบูตามอลต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกรขุน." วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุกัญญา วงษ์วัฒนา. 2539. **เทคนิคการผลิตสุกร.** วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีราชบุรี. ราชบุรี.

สุจิตรา เลิศพฤกษ์. 2535. **เอกสารประกอบการบรรยาย วิชา เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์เนื้อ.** ภาควิชาอุตสาหกรรมการเกษตร คณะธุรกิจเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ เชียงใหม่.

สุพัตรา ศรีไชยรัตน์. 2549. **สารเบต้าอะโกรนิสต์คืออะไร.** บทความสารเร่งเนื้อแดงจากโครงการอบรมสารเร่งเนื้อแดงตกค้างในเนื้อสัตว์. กองสัตวแพทย์สาธารณสุข สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร. กรุงเทพฯ.

สุวรรณา พรหมทอง. 2550. **การทำฟาร์มสุกร.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สมบูรณ์ เลิศปัญญาวีรพล ไพรวัลย์ สีพั่ว วีระศักดิ์ อันโอชา และธงชัย เฉลิมกิจ. 2540. "การตรวจสอบการใช้สารเร่งเนื้อแดงชนิดซัลบูทามอลในสุกร โดยการตรวจสอบจากปัสสาวะ." เอกสารนิพนธ์นิสิต ชั้นปีที่ 6 คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมโภชน์ ทับเจริญ ชาญวิทย์ วัชรพุกก์ ณัฏยาพร สุมน และหลอด แปรงกระโทก. 2538. "ผลการใช้สาร Beta-adrenergic agonist (Salbutamol) ต่อสมรรถภาพการผลิตและลักษณะซากของสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์." **การประชุมทางวิชาการ สาขาสัตว์ สัตวแพทย์ศาสตร์.** 33:168-175

สมาคมธุรกิจเวชภัณฑ์สัตว์. 2555. แรคโตพามีน หายนะ ธุรกิจสุกรไทย. [Online]. Available:http://www.thaiahpa.com/article/55. [สืบค้นวันที่ 10 มิถุนายน 2557]

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: ธนบรรณการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2555. **สารเร่งเนื้อแดง.** ศูนย์วิทยบริการ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร.

Adeola, O., Darko, E.A., Henckel, P. and Young, E.A. 1990. " Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine." **J.Anim.Sci.** 68: 3633-3641.

Andretta, I., Kipper, M., Lennen, C.R., Demori, A.B., Remus, A. and Lovatto, P.A. 2012. " Meta-analysis of the relationship between ractopamine and dietary lysine levels on carcass characteristics in pigs." **Lives.Sci.** 143(1): 91-96.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. **Official Method of Analysis of Association of Official Analysis Chemists.16thed.** Washington D.C. USA.

Beermann, D. H., Hogue, D. E., Fishell, V. K., Dalrymple, R. H. and Ricks, C. A. 1986. "Effects of cimaterol and fishmeal on performance, carcass characteristics and skelelal muscle growth in lambs." **J. Anim. Sci.** 62: 370 .

Benjamin, C. 2003. β-adrenergic receptor. Pearson Education, Inc. Memorial University of Newfoundland. [Online]. Available:http:/www.mum.ca/biology/desmid/brian/ BIOL2060/. March 27, 2014

Buttery, P. J. and Dawson, J. M. 1987. The mode of action of betaagonists as manipulators of carcass composition. In: J. P. Hanrahan (Ed.) Beta-Agonists and Their Effects on Animal Growth and Carcass Quality. **Elsevier Applied Science,** New York. pp 29−43.

Chalermchaikit, T., Luengyosluechakul, S. and Saitanu, K. 1994. Pharmacokinetics and Deposition of Salbutamol in Swine Tissue. Thailand: Chulalongkorn University.

Cole, D.J.A., Wood, J.D. and Kilpatrick, M.J. 1987. " Effect of Beta-Agronist GAH 034 on growth, Carcass quality and quantity in pigs." **Elsevier Applied Science,**London. 137-142.

Devine, C.E., Wahlgren, N.M. and Tomberg E. 1999. "Effect of rigor temperature on muscle shortening and tenderization of restrained and unrestrained beef *m. longissimus thoracicus et lumborum.*" **Meat Sci.** 51:61-72.

EFSA. 2009. "Safety evaluation of ractopamine." **The EFSA J.** 1041:1-52.

Fremaut, D., De Schrjver, R. and Broeck. M. Van Den. 1991. "Effects of short-term feeding of clenbuterol on nitrogen retention, performance and meat quality in finishing pigs." **J.Agri.Sci.** 116(01):105 - 109.

Geesink, G.H., Smulders, F.J., Van Laack HL., Van der kolk, JH., Wensing, T. and Breukink, H.J. 1993. "Effects on Meat Quality of the Use of Cleanbuterol in Veal Calves." **J.Anim.Sci**. 28:289-297.

Hanrahan, J.P. 1987. **Beta agonists and their effects on animals growth and carcass quality.** Ed.J.P. Hanrahan, London, Elsevier.

Hung, M.J., Huang, H.H., Chen, C.L., Wu, Y.J., Dixon, K.M. and Mao, C.L. 2010. " Sulbutamal Residues in Swine Tissues and Body Fluids after Feeding." **Thai J.Vet. Med.** 40(4):399-404

Kerr,B.J. 1995. Nutritional strategies for waste reduction management : nitrogen. Horuzons in Animal Nutrition and Heath. Releigh,N.C. pp. 47-68.

Koohmarie, M., Shackelford, S.D., Muggli-Cockett N.E. and Stone R.T. 1991. " Effect of beta-adrenergic agonists on muscle growth, endogenous proteinase activities and postmortem proteolysis in wether lambs." **J.Anim.Sci** 69:4823-4835

Le Bellego, L., Milgen, J.Van. and Noblet, J. 2002. "Effect of hight temperature and low protein diets on the performance of growing-finishing pigs." **J.Anim.Sci** 80:691-701

Liu, C.-C., Yen, J.-Y., Ou, B.-R. and Forsberg, N. E. 1994. "Actions of a beta-adrenergic agonist on muscle protein metabolism in intact, adrenalectomized, and dexamethasone-supplemented adrenalectomized rats." **J. Nutr. Biochem.** 5:43−49.

Luno,M., Beltran, J.A., Jaime, I. and Roncales, P. 1994. "Textural Assessment of Cleanbuterol Treatment in Beef." **Meat Sci.** 51:297-303

Mersmann, H. J. 1987. " Acute metabolic effects of adrenergic agents in swine." **J. Physiol.** 252:E85−E95.

Mersmann, H. J., Hu, C. Y., Pond, W. G., Rule, D. C., Novakofski, J. E. and Smith, S. B. 1987. " Growth and adipose tissue metabolism in young pigs fed cimaterol with adequate or low dietary protein." **J. Anim. Sci.** 64:1384.

Mersmann, H. J. 1990. Metabolic and endocrine control of adipose tissue accretion. In: Wood, J. D. and Fisher, A. V. (Ed.) Reducing Fat in Meat Animals. **Elsevier Applied Science,** New York. pp101−144.

Mill, S.E. and Liu, C.Y. 1990. " Sensitivity of lipolysis and lipogenesis to dibutyryl – cAMP and Beta – adrenergicagonists in swine adipocytes in vitro." **J.Anim.Sci**.68:1017-1023.

Molony, A.P., Allen, P., Joseph, R. and Tarrant, V. 1990. Influence of beta-adrenergic agonists and similar compounds on growth. In: Growth Regulation in Farm Animals, edited by A.M. Pearson and T.R. Dutson. New York:Elsevier. 455-513.

Moss, B.W. 1981. "The development of a blood profile for stress assessment." In The Welfare of pigs, ed. W. Sybesma. Curr. Top. Vet. Med. **Anim.Sci.** 11:112-125.

Muir, L.A. 1988. Effect s of beta-adrenergi c agonist s on growth and carcass characteristic s of animals . In : National Research Council. Designing Foods, p.184. National Academy Press, Washington, DC.

Musiksilp, N. and Saccavadit, S. 2012. Report: Beta-Agonist detection in pig urine samples in Kamphaeng Phet Province : October 2008–September 2011.

NRC. 1994. Effect of metabolic modifiers on nutrient requirements of growing ruminants. In: Metabolic Modifiers: Effects on the Nutrient Requirements of Food-Producing Animals. pp 30−37. National Academy Press, Washington, DC.

Pfeiffer, H. and Falkenberg, H. 1972. "Mae am Lendenspiegel zur obkektiven Ermitlung der SchlachtkÖrper zusammensetzung beim Schwein." **Tiezucht.** 26 : 466-467.

Ricks, C. A., Dalrymple, R. H., Baker, P. K. and Ingle, D. L. 1984. " Use of a β-agonist to alter fat and muscle deposition in steers." **J. Anim. Sci.** 59:1247.

SAS. 1985. SAS/STAT Guide for Personal Computer. Version 6 Edition. SAS Institute Inc. North Carolina. USA.

Vestergaard, M., Sejsen, Klastrup, K. and Growth, S. 1994. "Composition and eating quality of longissimus dorsi from young bulls fed the beta-agonist cimaterol at consecutive development Stages." **Science.** 35:55-56.

Wood, J.D. 1995. The influence of carcass composition on meat quality. In :Morgan J.S.D.(ed.) Quality and grading of carcasses of meat animals. CRC Press, Boca Raton,Florida. 131-155.

Zootechnie A. de. 1987. " Effect of beta-adrenergic agonists in animal production and their mode of action." Ann. **Zootech** 36 (3), 271-290

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวก 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสุกรทดลอง

แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงสุกรทดลอง	
ความชื้น (%)	11.42
โปรตีน (%)	15.34
ไขมัน (%)	4.78
เยื่อใย (%)	8.05
เถ้า (%)	11.33
แคลเซียม (%)	1.18
ฟอสฟอรัสรวม (%)	1.08
ฟอสฟอรัสใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.40
เกลือ (%)	0.49
พลังงานใช้ประโยชน์ได้(kcal/kg)	2,991.10
ไลซีน (%)	0.95
เมทไธโอนีน (%)	0.27
เมทไธโอนีน + ซีสตีน (%)	0.54
ทรีโอนีน (%)	0.68
ทริปโตเฟน (%)	0.19

วิธีการวัดค่าดัชนีความหนาขันสันหลังของซากสุกรที่ใช้ในการทดลอง

การวัดค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ) โดยจะทำการวัดความหนาไขมันสันหลัง และความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอกตอนปลายของกระดูกสันหลังซึ่งอยู่ส่วนท้ายของลำตัว ตามวิธีการของ Pfeffer and Falkenberg (1972) ตำแหน่งที่ใช้ในการวัดมีดังนี้

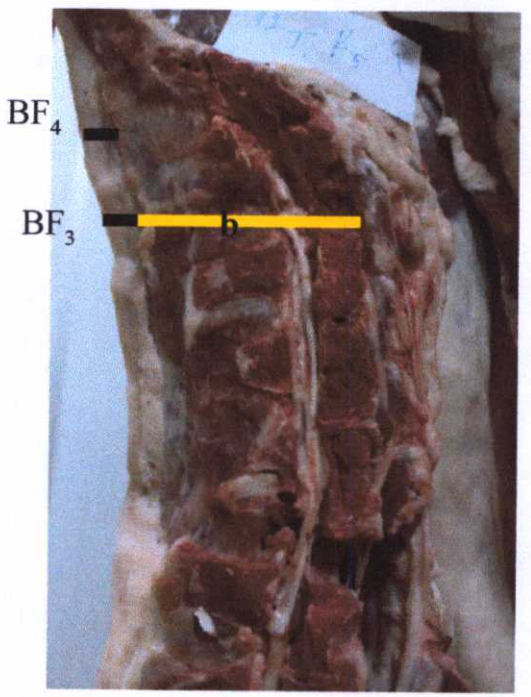
BF_3 คือ ความหนาไขมันตรงจุดที่ฐานสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ gluteus medius จนถึงบริเวณขอบหนัง

BF_4 คือ ความหนาไขมันตรงจุดกลาง ส่วนที่ไขมันสันหลังบางที่สุดของกล้ามเนื้อ gluteus medius จนถึงบริเวณขอบหนัง

b คือ ความกว้างของกล้ามเนื้อสันนอกตอนปลาย ที่วัดจากจุดปลายที่ฐานสามเหลี่ยมของกล้ามเนื้อ gluteus medius ไปตั้งฉากกับแนวของท่อนำไขสันหลัง

การคำนวณหาค่า LSQ ที่ได้จากการวัดค่าจุดต่างๆ สามารถนำมาคำนวณได้จากสูตร

$$LSQ = \frac{BF_3 + BF_4}{2b}$$



ภาพภาคผนวกที่ 1 แสดงตำแหน่งการวัดค่าดัชนีความหนาไขมันสันหลังต่อความกว้างกล้ามเนื้อสันนอก (LSQ)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสุขุมาลย์ สุพันธนา
วัน เดือน ปีเกิด	13 กุมภาพันธ์ 2506
ที่อยู่ปัจจุบัน	24/1 หมู่ที่ 4 ต.พัฒนานิคม อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี 15140
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2529 วิทยาศาสตร์บัณฑิต วิชาเอกสัตวศาสตร์ จากสถาบันศึกษาวิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเกษตรบางพระ จังหวัดชลบุรี
	พ.ศ. 2527 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาสัตวศาสตร์ จากสถาบันศึกษา วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเกษตรพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
	พ.ศ. 2525 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้น (ปวช.) สาขาสัตวศาสตร์ จากสถาบันศึกษา วิทยาลัยเกษตรกรรมลพบุรี จังหวัดลพบุรี

ประวัติการทำงานและรับราชการ

พ.ศ. 2530	อาจารย์ วิทยาลัยศรีอีสาน (คณาสวัสดิ์อุทิศ) อ.เมือง จ.มหาสารคาม
พ.ศ. 2534	อาจารย์ 1 ระดับ 3 โรงเรียนบ้านหลวง อ.บ้านหลวง จ.น่าน
พ.ศ. 2536	อาจารย์ 1 ระดับ 3 วิทยาลัยเกษตรกรรมลพบุรี อ.พัฒนานิคม จ.ลพบุรี
พ.ศ. 2537	อาจารย์ 1 ระดับ 4 วิทยาลัยเกษตรกรรมลพบุรี จ.ลพบุรี
พ.ศ. 2540	อาจารย์ 1 ระดับ 5 วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลพบุรี จ.ลพบุรี
พ.ศ. 2546	อาจารย์ 2 ระดับ 7 วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลพบุรี จ.ลพบุรี
พ.ศ. 2547	ครู ค.ศ.2 วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลพบุรี จ.ลพบุรี
พ.ศ. 2553-ปัจจุบัน	ครู ค.ศ.3 วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีลพบุรี จ.ลพบุรี