

ผลของการเสริม  $\beta$ -adrenergic agonist (Salbutamol) ในอาหารสุกรขุน

และระยะเวลาใช้ คอลัมรณะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก

และระดับการตกค้างของสารในเนื้อเยื่อ

EFFECTS OF  $\beta$ -ADRENERGIC AGONIST (SALBUTAMOL) INCLUSION IN DIETS

AND WITHDRAWAL PERIODS ON GROWTH PERFORMANCES, CARCASS QUALITY

AND RESIDUES IN TISSUES OF FINISHING PIGS



นายสุพงษ์ อรรถสิทธิ์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

510772753

113278861

วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2539

บอ, ๐๕๓๙๐๐๐๔

ผลของการเสริม  $\beta$ -adrenergic agonist (Salbutamol) ในอาหารสุกรขุน  
และระยะคงที่ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพซาก  
และระดับการตกค้างของสารในเนื้อเยื่อ



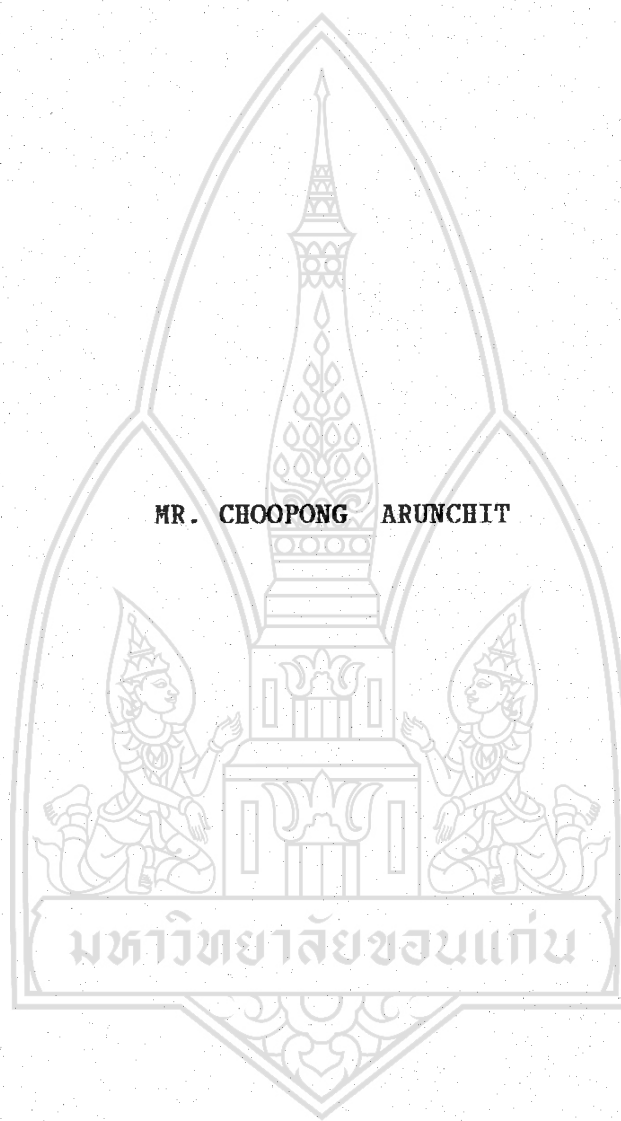
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

อธิบับนันทนาการจาก บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. ๒๕๓๙

**EFFECTS OF  $\beta$ -ADRENERGIC AGONIST (SALBUTAMOL) INCLUSION IN DIETS  
AND WITHDRAWAL PERIODS ON GROWTH PERFORMANCES, CARCASS QUALITY  
AND RESIDUES IN TISSUES OF FINISHING PIGS**



**MR. CHOOPONG ARUNCHIT**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN ANIMAL SCIENCE  
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY**

**1996**



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ปริญญา  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ ผลของการเสริม  $\beta$ -adrenergic agonist (Salbutamol)  
ในอาหารสุกรขุน และระยะงคใช้ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต  
คุณภาพซาก และระดับการตกค้างของสารในเนื้อเยื่อ

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ นายชูพงษ์ อรัญชิต  
ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สาโรช คำเจริญ)

.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.เขามาสมัย คำเจริญ)

.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมณ สกลไชย)

.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา หวังนุสสกุล)

.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สนั่น จอกลอย)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ จันทร์โพธิ์ศรี)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 16 เดือนมกราคม พ.ศ. 2539

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของการเสริม -adrenergic agonist (Salbutamol) ใน  
อาหารสุกรขุน และระยะงคใช้ ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต คุณภาพ  
ซาก และระดับการตกค้างของสารในเนื้อเยื่อ

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ นายชูพงษ์ อรัญชิต  
คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สาโรช คำเจริญ)

.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุน สกลไชย)

.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จินดา หวังบุญสกุล)

บทคัดย่อ

การทดลองในครั้งนี้นำศึกษาถึงผลของระดับโปรตีนในอาหาร และระดับ salbutamol  
ต่ออัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และลักษณะคุณภาพซากของสุกรขุน  
ระหว่างน้ำหนัก 68-95 กก. โดยระดับโปรตีนในอาหารแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ  
16-15, 15-14 และ 14-13% ในช่วงน้ำหนัก 68-80 และ 80-95 กก. ตามลำดับ  
ส่วนระดับ salbutamol ในอาหารแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 0, 3 และ 6  
มก./กก. ของอาหาร และผลของระยะเวลาการงคใช้ salbutamol ที่ระยะเวลา 0, 3  
และ 7 วัน ต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย รวมทั้งปริมาณการตกค้าง  
ในพลาสมา ตับ ไต ไขมัน และเนื้อแดง จากผลการทดลองพบว่าระดับโปรตีนในอาหารไม่  
มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
( $P>0.05$ ) ระดับ salbutamol ในอาหารที่ระดับ 3 และ 6 ppm มีผลทำให้อัตราการ  
เจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร(feed/gain) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (0 ppm)

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ  $t$  0.645, 0.664 vs 0.545 กิโลกรัมต่อวัน และ 3.18, 3.31 vs 3.82 ตามลำดับ ( $P < 0.05$ ) อิทธิพลของระดับโปรตีนในสูตรอาหารไม่มีผลต่อปริมาณพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่มีผลต่อความแตกต่างของความหนาไขมันสันหลังโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) คือ กลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนระดับ 16-15% มีความหนาไขมันสันหลังต่ำสุด คือ 2.30 ซม. เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนระดับ 15-14 และ 14-13% คือ 3.00 ซม. และ 2.56 ซม. ตามลำดับ ระดับ salbutamol ในอาหารไม่มีผลต่อความแตกต่างของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ( $P > 0.05$ ) แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อระดับ salbutamol ในอาหารเพิ่มขึ้น (0, 3 และ 6 ppm) ทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเพิ่มขึ้นในทางเดียวกัน คือ 30.733, 34.427 และ 36.707 ตารางเซนติเมตรตามลำดับ การเสริม salbutamol จากระดับ 0 เป็น 3 ppm ไม่ทำให้ความหนาไขมันสันหลังลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) คือ ลดลงจาก 2.95 เป็น 2.52 ซม. แต่หากเสริม salbutamol ขึ้นถึงระดับ 6 ppm มีผลทำให้ความหนาไขมันสันหลังลดลงต่ำกว่าระดับ 0 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ลดจาก 2.95 เป็น 2.41 ซม. ตามลำดับ ระยะเวลาการรังคใช้ salbutamol ไม่ทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกรเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ในด้านปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในพลาสมาที่ระดับ salbutamol 6 และ 3 ppm ในอาหาร พบปริมาณ salbutamol ที่ 94.45 และ 60.32 ng/ml ตามลำดับ เมื่องดให้ salbutamol เป็นระยะเวลา 1 วัน พบระดับของ salbutamol ในพลาสมาลดลงเป็น 14.13 และ 20.31 ng/ml ตามลำดับ เมื่องดให้ salbutamol เป็นระยะเวลา 2-7 วัน พบปริมาณของ salbutamol ในพลาสมาต่ำกว่า 5 ng/ml ส่วนปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในตับที่ระดับ salbutamol 6 และ 3 ppm ในอาหาร พบปริมาณ salbutamol ที่ระดับ 2,210 และ 2,236 ng/g เมื่องดใช้ salbutamol ที่ 3 และ 7 วัน พบปริมาณการตกค้างลดลงเหลือ 1,783 vs 1,757 และ 1,679 vs 1,453 ng/g ตามลำดับ ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไตที่ระดับ salbutamol 6 และ 3 ppm ในอาหาร พบปริมาณ salbutamol ที่ระดับ 1,000.3 และ 1,070.2 ng/g เมื่องดใช้ salbutamol ที่ 3 และ 7 วัน พบปริมาณการตกค้างลดลงเป็น 363.9 vs 361.6 และ 329.5 vs 375.2 ng/g ตามลำดับ ส่วนปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในเนื้อและไขมันของสุกรมีปริมาณต่ำกว่า 10 ng/g

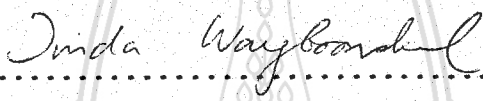
THESIS TITLE : EFFECTS OF  $\beta$ -ADRENERGIC AGONIST (SALBUTAMOL)  
INCLUSION IN DIETS AND WITHDRAWAL PERIODS ON  
GROWTH PERFORMANCES, CARCASS QUALITY AND RESIDUES  
IN TISSUES OF FINISHING PIGS.

AUTHOR : MR. CHOOPONG ARUNCHIT

THESIS ADVISORY COMMITTEE :

  
.....Chairman  
(Associate Professor Dr. Sarote Khajarern)

  
.....Member  
(Associate Professor Dr. Sumon Sakonchai)

  
.....Member  
(Assistant Professor Dr. Jinda Wangbunsakul)

#### ABSTRACT

This experiment was conducted to study the effect of dietary protein and salbutamol on body weight gain, feed efficiency of finishing swine weighing from 68-95 kg and carcass characteristics at market weight. Dietary protein was offered at 3 levels : 16-15, 15-14 and 14-13% for swine weighing 68-80 and 80-95 kg, respectively. Salbutamol was included into diets at 3 levels : 0, 3, 6 ppm and was withdrawn at 0, 3 and 7 days prior to slaughter. The residual effect of salbutamol in terms of changes in loin eye area, back fat thickness, residue in plasma, liver, kidney, fat and lean were studied at each withdrawal period. Protein levels had no effect on body weight gain or feed/gain ( $P > .05$ ) of finishing pigs, but salbutamol, at the 3 and 6 ppm caused better body weight gain and feed gain of finishing pigs when compared to the control ( $P < .05$ ), i.e. 0.645, 0.664 vs 0.545 g/day and 3.18, 3.31 vs 3.82, respectively.

Increased protein in diet from 14-13 to 16-15% had no significant positive effect on loin eye area ( $P > .05$ ), but caused decreases of back fat thickness ( $P < .05$ ) i.e. pig received the 16-15% CP diet had thinner back fat, 2.30 cm, when compared with those received the 15-14% or 14-13% CP feeds, 3.00 and 2.56 cm, respectively. Increasing salbutamol in diets from 0 to 6 ppm did not significantly change loin eye area; however, when salbutamol was increased from 0 to 3 and 6 ppm, loin eye area was accordingly increased from 30.733 to 34.427 and 36.707  $\text{cm}^2$ , respectively. Salbutamol in diet significantly caused decrease ( $P < .05$ ) in back fat thickness. At 3 ppm, salbutamol did not decrease back fat thickness to a point significantly thinner than that at 0 ppm (2.95 vs 2.52 cm). But at 6 ppm, it caused the thickness significantly lower than that at 0 ppm ( $P < .05$ ) (2.95 vs 2.41 cm). Withdrawal time did not cause any significant changes in loin eye area and back fat thickness. Salbutamol residue in plasma of pigs in the 3 and 6 ppm groups was recorded at 94.45 and 60.32 ng/ml at 0 day withdrawal time, but when the drug was withdrawn for periods longer than 1 day, the residue was not detectable (lower than the detectable limit, 5 ng/ml). Salbutamol residue in the liver at 0-day withdrawal time for the 6 and 3 ppm pigs were found at 2,210 and 2,236 ng/g and those for the 3- and 7-day withdrawal time, the detected levels were 1,783 vs 1,757 and 1,679 vs 1,453 ng/g, respectively. In kidney, the detected salbutamol levels were 1,000.3 and 1,070.2 ng/g for the 6 and 3 ppm groups with 0-day withdrawal time, but when salbutamol was withdrawn at 3 and 7 days the detected residues were 363.9 vs 361.6 and 329.5 vs 375.2 ng/g, respectively. In lean and fat tissues the residual salbutamol was not detectable regardless of withdrawal time (the levels were less than the detectable limit, 10 ng/g).

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี เนื่องจากได้รับความสนับสนุนจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร.สาโรช ค้าเจริญ ประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์, รศ.ดร.เขามาลัย ค้าเจริญ, รศ.ดร.สุนันท์ สุกุลไชย, ผศ.ดร.จินดา หวังบุญสกุล และ รศ.ดร.สนั่น จอกกลอย คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนวคิดที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้เขียนตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา นอกจากนี้ผู้เขียนยังได้รับการสนับสนุนจาก บ.เอ็มดับบลิวพัฒนา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลอง และนักศึกษาปริญญาโท สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ช่วยงานทดลองทั้งในระหว่างปฏิบัติงานในฟาร์มและในห้องปฏิบัติการ

ข้าพเจ้าจึงใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลที่ได้เอื้อนามถึงในเบื้องต้นมา ณ โอกาสนี้ ที่ได้มีส่วนหลักค้ำงานทดลองในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุพงษ์ อรรถนิธิ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## สารบัญ

|                                                                                        | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย                                                                        | ก    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                                                                     | ค    |
| กิตติกรรมประกาศ                                                                        | จ    |
| สารบัญตาราง                                                                            | ฉ    |
| สารบัญภาพ                                                                              | อ    |
| สารบัญตารางผนวก                                                                        | อ    |
| บทที่ 1 บทนำ                                                                           | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย                                                  | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย                                                   | 3    |
| บทที่ 2 การตรวจเอกสาร                                                                  | 4    |
| 2.1 ลักษณะทั่วไปของสาร $\beta$ -adrenergic agonist                                     | 4    |
| 2.2 การจำแนกเรซีพเตอร์ของสารในกลุ่ม Adrenergic agonist                                 | 7    |
| 2.3 กลไกการทำงานของสาร $\beta$ -adrenergic agonist                                     | 7    |
| 2.3.1 ผลของสาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue)         | 9    |
| 2.3.2 ผลของสาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของกล้ามเนื้อ        | 12   |
| 2.3.3 ผลของสาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อระบบฮอร์โมนและระบบอื่นๆ                  | 14   |
| 2.4 การตอบสนองของเนื้อเยื่อต่อการกระตุ้นโดยสาร $\beta$ -adrenergic agonist             | 15   |
| 2.5 ผลของสาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อคุณภาพซากของสุกร                           | 17   |
| 2.6 ผลของการใช้สาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อสมรรถนะ (performance) การผลิตของสุกร | 21   |

สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                                                 | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.7 ผลตกค้างของสารในกลุ่ม $\beta$ -adrenergic agonist                                                                           | 24   |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย                                                                                                      | 27   |
| 3.1 สัตว์ทดลอง                                                                                                                  | 27   |
| 3.2 การให้อาหารสัตว์ทดลอง                                                                                                       | 29   |
| 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล                                                                                                         | 34   |
| 3.3.1 สมรรถนะการผลิตของสุกร                                                                                                     | 34   |
| 3.3.2 ส่วนประกอบและคุณภาพของซาก                                                                                                 | 34   |
| 3.3.3 ผลตกค้างของ salbutamol ในสุกร                                                                                             | 34   |
| 3.4 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณของ salbutamol                                                                                        | 35   |
| 3.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณ salbutamol ใน plasma ของสุกร                                                                           | 35   |
| 3.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณของ salbutamol ในเนื้อเยื่อ<br>เนื้อ ตับ ไขมัน และไต                                                  | 36   |
| 3.5 ข้อมูลที่ศึกษา                                                                                                              | 36   |
| 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ                                                                                                  | 37   |
| 3.7 สถานที่ทำการวิจัย                                                                                                           | 37   |
| 3.8 ระยะเวลาทำการวิจัย                                                                                                          | 37   |
| บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง                                                                                                  | 38   |
| 4.1 อิทธิพลของโปรตีนต่อสมรรถนะการผลิตของสุกร                                                                                    | 38   |
| 4.2 อิทธิพลของ salbutamol (0, 3 และ 6 ppm) ในอาหาร<br>ต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของ<br>สุกร            | 40   |
| 4.3 ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนกับ salbutamol ต่ออัตราการ<br>เจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของ<br>สุกร | 43   |

สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                                  | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.4 อิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารต่อคุณภาพซากของสุกร                                                              | 47   |
| 4.5 อิทธิพลของ salbutamol ในอาหารต่อคุณภาพซากของสุกร                                                             | 49   |
| 4.6 ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนกับ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัด<br>เนื้อสันและความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกร | 52   |
| 4.7 ผลของระยะเวลาการงดใช้ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัด<br>เนื้อสันและความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกร            | 56   |
| 4.8 ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในพลาสมา ที่ระดับและ<br>ระยะเวลาการงดใช้แตกต่างกัน                             | 60   |
| 4.9 ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในตับ (นน. ตับสด) ที่<br>ระดับและระยะเวลาการงดใช้แตกต่างกัน                    | 62   |
| 4.10 ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไต ที่ระดับและระยะ<br>เวลาการงดใช้แตกต่างกัน                                | 64   |
| 4.11 ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในเนื้อและไขมัน ที่ระดับ<br>และระยะเวลาการงดใช้แตกต่างกัน                     | 66   |
| บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ                                                                                        | 68   |
| เอกสารอ้างอิง                                                                                                    | 72   |
| ภาคผนวก                                                                                                          | 80   |
| ประวัติผู้เขียน                                                                                                  | 101  |

## สารบัญตาราง

|             |                                                                                                                  | หน้า |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 1  | ชนิดของ $\beta$ -receptor และหน้าที่ที่แตกต่างกันในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ                                           | 8    |
| ตารางที่ 2  | แสดงผลของสาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อกระบวนการสลายไขมันและการสังเคราะห์ไขมันในเนื้อเยื่อไขมัน             | 10   |
| ตารางที่ 3  | แสดงผลของการใช้สาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อคุณภาพซากของสุกร                                               | 19   |
| ตารางที่ 4  | ผลของ salbutamol ต่อลักษณะทางชีวเคมีของเนื้อเยื่อสุกร                                                            | 22   |
| ตารางที่ 5  | แสดงผลของสาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อสมรรถนะการผลิตสุกร                                                   | 23   |
| ตารางที่ 6  | แสดงแผนการจัดกลุ่มทดลอง (ทรีทเมนต์)                                                                              | 27   |
| ตารางที่ 7  | แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบในสูตรอาหารพื้นฐานสุกรช่วงน้ำหนัก 65-80 กก.                                                | 30   |
| ตารางที่ 8  | แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบในสูตรอาหารช่วงน้ำหนัก 80-110 กก.                                                          | 32   |
| ตารางที่ 9  | แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันและประสิทธิภาพการใช้อาหาร                      | 39   |
| ตารางที่ 10 | แสดงอิทธิพลของ salbutamol ที่ระดับต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของสุกร | 41   |
| ตารางที่ 11 | แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่ออัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัม/วัน)                                    | 44   |
| ตารางที่ 12 | แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร                                            | 45   |
| ตารางที่ 13 | แสดงอิทธิพลของโปรตีนในอาหารต่อความหนาไขมันสันหลังโดยเฉลี่ย และพิกัดหน้าตัดเนื้อสัน                               | 48   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

|                                                                                                                  | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 14 แสดงอิทธิพลของระดับ salbutamol ในอาหาร ต่อความหนา<br>ไขมันสันหลังโดยเฉลี่ย และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน | 50   |
| ตารางที่ 15 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัด<br>เนื้อสันของสุกร (คร. ชม.)               | 53   |
| ตารางที่ 16 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อความหนา<br>ไขมันสันหลังเฉลี่ย (ชม.)                       | 54   |
| ตารางที่ 17 แสดงผลของระยะเวลาการงดใช้และระดับ salbutamol ต่อ<br>ความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกร (ชม.)           | 57   |
| ตารางที่ 18 แสดงผลของระยะเวลาการงดใช้และระดับ salbutamol ต่อ<br>พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของสุกร (คร. ชม.)          | 57   |
| ตารางที่ 19 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในพลาสมา ที่ระดับ<br>และระยะเวลาการงดใช้แตกต่างกัน                 | 60   |
| ตารางที่ 20 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในตับ (ng/g)<br>ที่ระดับและระยะเวลาการงดใช้แตกต่างกัน              | 62   |
| ตารางที่ 21 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไต (ng/g)<br>ที่ระดับและระยะเวลาการงดใช้แตกต่างกัน               | 65   |

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## สารบัญภาพ

| ภาพที่                                                                               | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 แสดงกระบวนการสังเคราะห์ Catecholamine                                              | 5    |
| 2 แสดงสูตรโครงสร้างของสารในกลุ่ม $\beta$ -adrenergic agonist                         | 6    |
| 3 แสดงกลไกการทำงานของสาร $\beta$ -adrenergic agonist                                 | 16   |
| 4 แสดงผลของ insulin, somatotropin และ $\beta$ -adrenergic agonist ต่อเซลล์ไขมัน      | 17   |
| 5 แสดงฟังก์ชันการทดลอง                                                               | 28   |
| 6 แสดงผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตสุกร                                   | 39   |
| 7 แสดงผลของระดับ salbutamol ในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตสุกร                             | 41   |
| 8 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่ออัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัม/วัน)      | 44   |
| 9 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร              | 46   |
| 10 แสดงผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อคุณภาพซากของสุกร                                    | 48   |
| 11 แสดงผลของ salbutamol ต่อคุณภาพซากของสุกร                                          | 50   |
| 12 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของสุกร (ตร.ซม.) | 53   |
| 13 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย (ซม.)        | 55   |
| 14 แสดงผลของระยะเวลาการงดใช้ salbutamol ต่อคุณภาพซากของสุกร                          | 58   |
| 15 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในพลาสมาที่ระดับและระยะเวลาการงดใช้แตกต่างกัน   | 61   |
| 16 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในตับ ที่ระดับและระยะเวลาการงดใช้แตกต่างกัน     | 63   |
| 17 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไตที่ระดับและระยะเวลาการงดใช้แตกต่างกัน       | 66   |

## สารบัญตารางผนวก

|                 |                                                                                                                                       | หน้า |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางผนวกที่ 1  | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ salbutamol ในพลาสมาและความสูงของ peak                                                           | 81   |
| ตารางผนวกที่ 2  | แสดงความสูงของ peak ของ salbutamol จากวิธีการสกัดโดยวิธี solid phase extraction                                                       | 82   |
| ตารางผนวกที่ 3  | แสดงอัตราการบริโภคน้ำ ตู เนื้อ และไขมัน ได้สูงสุดในแต่ละระดับและระยะเวลาการงดใช้ก่อนส่งผ่า (คำนวณตามคำแนะนำของ Heinrich และคณะ, 1991) | 83   |
| ตารางผนวกที่ 4  | แสดงค่าสังเกตของอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร                                                                          | 84   |
| ตารางผนวกที่ 5  | ตารางการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (ANOVA) อัตราการเจริญเติบโตของสุกรทดลอง                                                                  | 86   |
| ตารางผนวกที่ 6  | การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับตัวแปรอัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน) และระดับโปรตีนในอาหาร (%)               | 87   |
| ตารางผนวกที่ 7  | การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับตัวแปรอัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน) และระดับ salbutamol ในอาหาร (ppm)       | 87   |
| ตารางผนวกที่ 8  | ตารางการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (ANOVA) ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรทดลอง                                                               | 88   |
| ตารางผนวกที่ 9  | การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับตัวแปรประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและระดับโปรตีนในอาหาร (%)                   | 89   |
| ตารางผนวกที่ 10 | การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับตัวแปรประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและระดับ salbutamol ในอาหาร (ppm)           | 89   |

# สารบัญตารางผนวก (ต่อ)

|                                                                                                                                                                | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางผนวกที่ 11 แสดงค่าสังเกตของความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย (ชม.) และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร. ชม.)                                                            | 90   |
| ตารางผนวกที่ 12 ตารางการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (ANOVA) ความหนาไขมันสันหลังสุกร                                                                                     | 91   |
| ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test สำหรับตัวแปรความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย (ชม.) และระดับโปรตีนในอาหาร (%)                          | 92   |
| ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับตัวแปรความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย (ชม.) และระดับ salbutamol ในอาหาร (ppm)              | 92   |
| ตารางผนวกที่ 15 ตารางวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (ANOVA) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของสุกร                                                                                  | 93   |
| ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับตัวแปรพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร. ชม.) และระดับโปรตีนในอาหาร (%)                     | 94   |
| ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับตัวแปรพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร. ชม.) และระดับ salbutamol ในอาหาร (ppm)             | 94   |
| ตารางผนวกที่ 18 แสดงค่าสังเกตของความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย (ชม.) และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร. ชม.) ในกลุ่มสุกรที่มีระยะเวลาการคงใช้ salbutamol 0, 3 และ 7 วัน | 95   |
| ตารางผนวกที่ 19 ตารางวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (ANOVA) ความหนาไขมันสันหลังสุกรที่ระยะเวลากการคงใช้และระดับการใช้ต่างกัน                                               | 97   |



## 1.1 ความจำเป็นและความสำคัญของการวิจัย

สาร  $\beta$ -adrenergic agonist เป็นสารสังเคราะห์ที่หน้าในการทำงานคล้ายกับฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต(adrenal) การใช้สารกลุ่ม  $\beta$ -adrenergic agonist ในยุคต้นๆใช้ในผู้ป่วยเพื่อหน้าที่จำเพาะบางอย่าง เช่น การกระตุ้นการขยายตัวของหลอดลมหรือยับยั้งการหดตัวของกระเพาะปัสสาวะ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการใช้สำหรับการรักษา ต่อมานักวิทยาศาสตร์พบว่า การใช้สารกลุ่ม  $\beta$ -adrenergic agonist ในสัตว์ยังมีผลทำให้เกิดการกระตุ้นกระบวนการสลายไขมัน(lipolysis)ในเซลล์ไขมัน ทำให้การสะสมไขมันในสัตว์ลดลง และกระตุ้นการสร้างเนื้อแดงเพิ่มขึ้น (Moloney และคณะ, 1990) สารตัวแรกที่มีการทดลองใช้ในอาหารสัตว์เลี้ยงอย่างแพร่หลาย คือ clenbuterol โดยมีรายงานการใช้ทั้งในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์กระเพาะรวม เพื่อหวังผลในการปรับคุณภาพซากให้ดีขึ้นเป็นหลัก สำหรับในประเทศไทยการใช้สาร  $\beta$ -adrenergic agonist ในอาหารสัตว์ได้กระทำกันมาก่อนหน้านี้หลายปี โดยใช้ชื่อว่า ยาปรับซาก แต่ยังไม่มียางานที่เป็นเอกสารอย่างชัดเจน ทั้งในด้านผลต่อคุณภาพซาก ประสิทธิภาพการผลิต และผลตกค้างของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ในสัตว์เลี้ยง ทั้งนี้เพราะไม่มีการจดทะเบียนให้ใช้ได้ตามกฎหมาย ประชาชนเริ่มต้นตัวเกี่ยวกับอันตรายจากสารตกค้างในเนื้อสัตว์ ทำให้เมื่อปี 2533 มีรายงานความเป็นพิษจาก clenbuterol ซึ่งเกิดกับชาวสเปนจำนวน 130 คน ที่บริโภคตับโคที่มีการปนเปื้อน clenbuterol ในระดับสูง ซึ่งส่งผลทำให้ผู้ป่วยมีอาการกล้ามเนื้อเกร็ง ตัวสั่น หัวใจเต้นเร็ว และเจ็บปวดกล้ามเนื้อ (ศรีสิทธิ์, 2536) ประชาชนเริ่มตระหนักถึงอันตรายจากผลตกค้างของสารกลุ่ม  $\beta$ -adrenergic agonist นี้เมื่อกลางปี 2534 ทั้งนี้เนื่องจากการเสนอข่าวจากสื่อมวลชนหลายแขนงถึงอันตรายจากสารตกค้าง โดยเฉพาะ clenbuterol ที่ตกค้างจากสุกรที่นำเข้าจากมาเลเซีย ทั้งนี้ได้มี

การตั้งข้อสงสัยเกี่ยวกับสุกรที่นำเข้าจากมาเลเซียไม่มีการควบคุมการใช้ยาหรือวัตถุเคมีลงในอาหารอื่นอย่างจริงจัง เพราะประชาชนเข้ามาเลเซียส่วนใหญ่นับถือศาสนาอิสลาม จึงไม่รับประทานสุกร ฉะนั้นจึงทำให้เกิดการวิพากษ์วิจารณ์ถึงความเป็นไปได้ที่อาจมีผลตกค้างจากสารนี้ในสุกรไทยด้วย

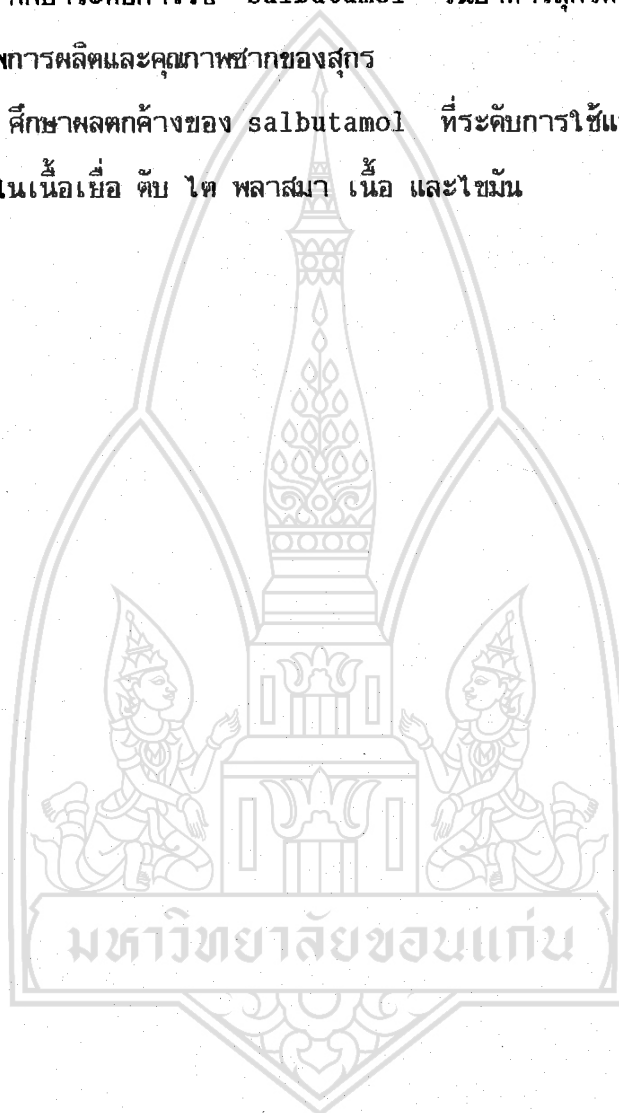
ฉะนั้นหลายประเทศจึงเริ่มให้ความสำคัญ และมีการเพิ่มมาตรการเฝ้าระวังตรวจสอบการตกค้างของ clenbuterol ในอาหารอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้มีรายงานการใช้สาร  $\beta$ -adrenergic agonist ตัวใหม่ คือ salbutamol ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม  $\beta$ -adrenergic agonist ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้เป็นยาสำหรับรักษาโรคหอบหืดในคน โดยมีระดับการใช้เพื่อการรักษาที่ 8-10 มิลลิกรัม/วัน วันละ 2 ครั้ง ด้วยเหตุที่ salbutamol ได้รับอนุญาตให้ใช้เป็นยาสำหรับคน ซึ่งต่างจาก clenbuterol Warriss และคณะ (1990a, 1990b) จึงได้ทำการทดลองใช้ salbutamol ในอาหารสุกรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสุกร ซึ่งผลจากการใช้ salbutamol ที่ระดับ 2.75 mg/kg ของอาหาร พบว่าสุกรมีเปอร์เซ็นต์ซากและเนื้อที่หน้าตัดเนื้อสันเพิ่มขึ้น 2 และ 10% ตามลำดับ ในส่วนความหนาไขมันสันหลังลดลงจาก 3.60 เซนติเมตร เป็น 3.02 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > .05$ ) จากการที่ salbutamol สามารถเพิ่มสมรรถนะการผลิตสุกร ทำให้ salbutamol ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการนำมาใช้ทดแทน clenbuterol อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานถึงผลดีผลเสียของการใช้ salbutamol ระยะการใช้และการงดใช้ที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค รวมทั้งผลของระดับโปรตีนและระดับของ salbutamol ที่เหมาะสมต่อการเพิ่มการผลิตเนื้อแดง และการลดการผลิตไขมันของสุกร อันจะเป็นแนวทางให้หน่วยงานที่รับผิดชอบได้พิจารณาตัดสินใจออกมาตรการอย่างใดอย่างหนึ่งที่เหมาะสม การใช้ salbutamol ในอาหารสุกรจึงยังไม่ถูกต้องตามกฎหมาย และหากไม่มีการควบคุมที่ดีก็อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ฉะนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งศึกษาถึงผลของ salbutamol ในอาหารสุกรในระดับ 3, 6 ppm ต่อสมรรถนะการผลิตของสุกรเนื้อ และต่อระดับการตกค้างที่พึงมีในเนื้อและอวัยวะต่างๆ ของสุกร ตลอดจนผลของการงดใช้ก่อนส่งตลาดเป็นระยะเวลาต่างกัน เพื่อหาวิธีการใช้ให้ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค และมุ่งศึกษาหาระดับโปรตีนในสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการให้ salbutamol เพื่อลดต้นทุนการผลิตสุกร

## 1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาหาระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมกับการใช้ salbutamol เพื่อช่วยเพิ่มสมรรถนะการผลิตสุกร

1.2.2 ศึกษาระดับการใช้ salbutamol ในอาหารสุกรที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกร

1.2.3 ศึกษาผลตกค้างของ salbutamol ที่ระดับการใช้และระยะเวลาการงดใช้ที่แตกต่างกันในเนื้อเยื่อ ตับ ไต พลาสมา เนื้อ และไขมัน



## การตรวจเอกสาร

### 2.1 ลักษณะทั่วไปของสาร $\beta$ -adrenergic agonist

Moloney และคณะ (1990) ให้คำจำกัดความว่า สาร  $\beta$ -adrenergic agonist หมายถึง สารที่มีโครงสร้างคล้ายสารในกลุ่ม Catecholamine มีหน้าที่เกี่ยวกับการส่งสัญญาณประสาทในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ซึ่งสามารถจำแนกสารในกลุ่ม Catecholamine ออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่ Adrenaline, Nor-adrenaline และ Dopamine

Adrenaline เป็นสารที่หลั่งจาก Adrenal medulla ซึ่งจะหลั่งก็ต่อเมื่อได้รับการกระตุ้นจาก preganglionic impulse ใน splanchnic nerves

Nor-adrenaline เป็นสารสื่อประสาทที่หลั่งหลังจากได้รับการกระตุ้นจาก post-ganglionic sympathetic nerve และ

Dopamine เป็นสารสื่อสัญญาณประสาทในสมอง

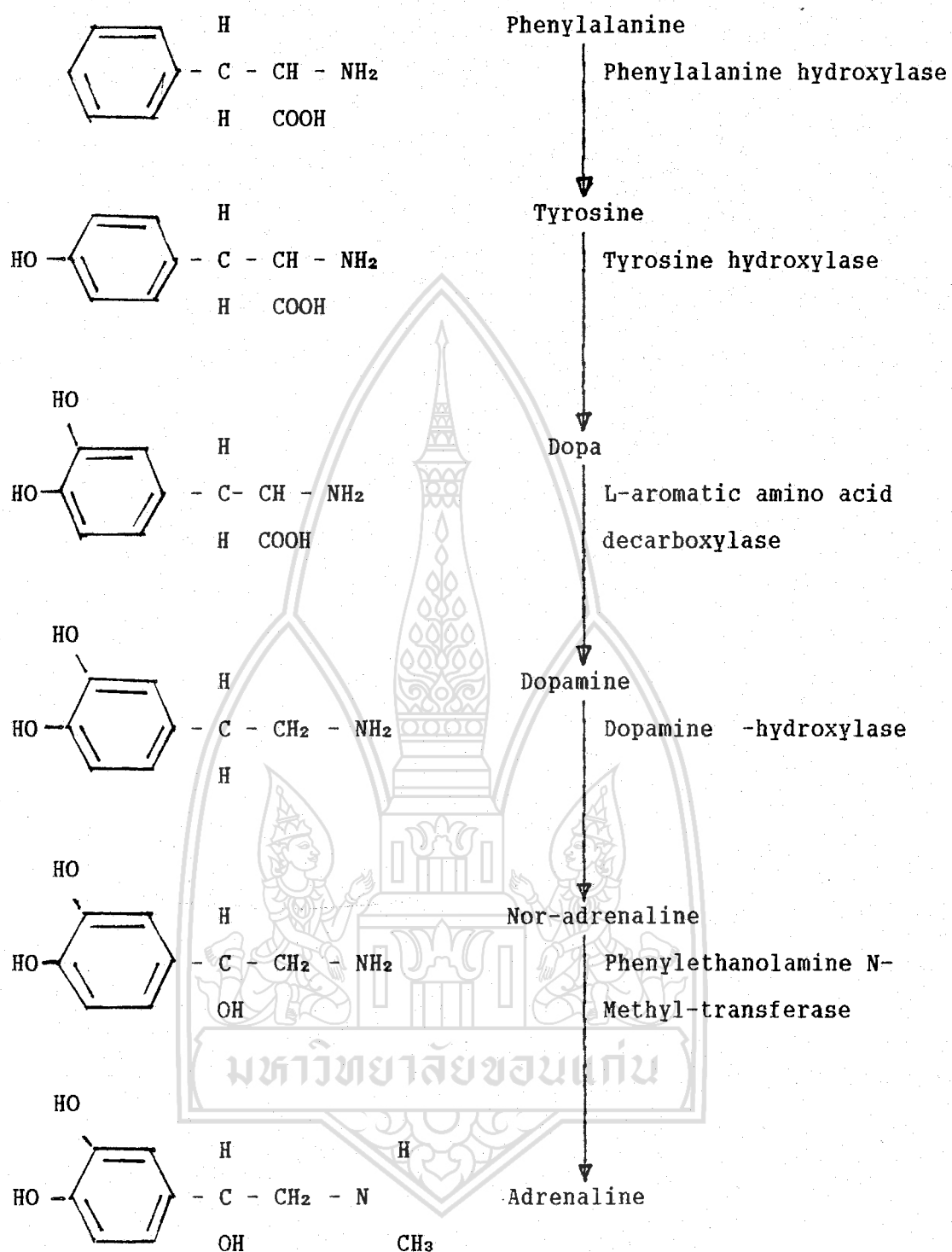
สารในกลุ่ม Catecholamine นี้สังเคราะห์มาจากการดอะมิโน Phenylalanine ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการ hydroxylation, decarboxylation และ methylation ดังแสดงในภาพที่ 1

ในปัจจุบันสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ที่ใช้ในการบำบัดมีอยู่อย่างน้อย 6 ชนิด ได้แก่ cimaterol<sup>1/</sup>, clenbuterol, isoproterenol, L-644, 969, ractopamine<sup>2/</sup> และ salbutamol ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 2

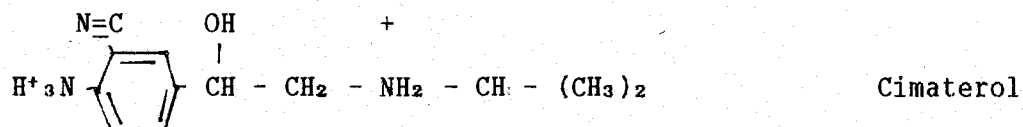
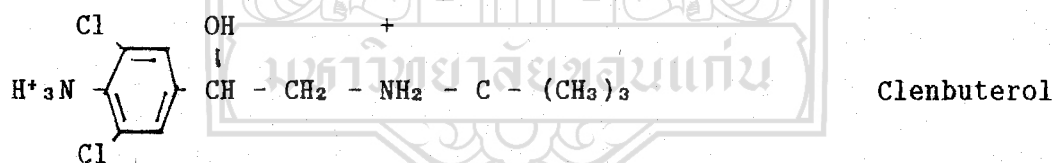
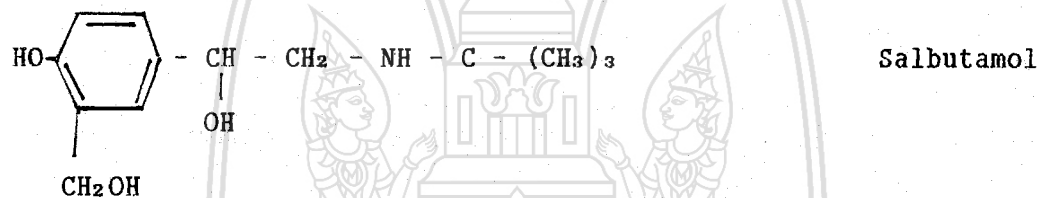
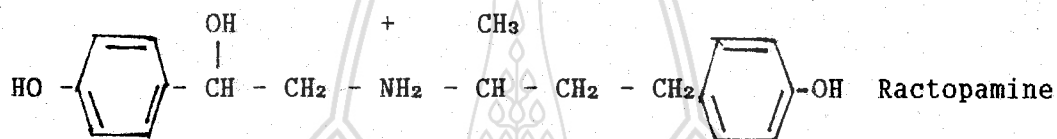
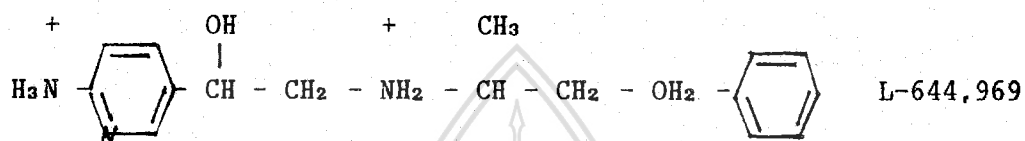
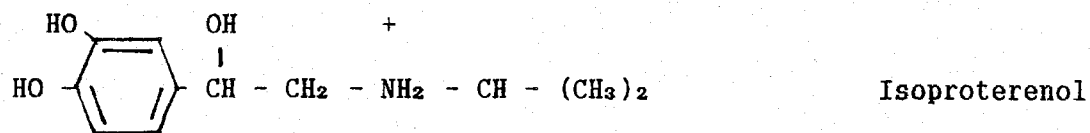
---

<sup>1/</sup> American cyanamide (Cyanamid Plaza, Wayne, NJ 07470 U.S.A.)

<sup>2/</sup> Eli Lilly (Indianapolis, Indiana 46285)



ภาพที่ 1 แสดงกระบวนการสังเคราะห์ Catecholamine (Harper, 1979)



ภาพที่ 2 แสดงสูตรโครงสร้างของสารในกลุ่ม  $\beta$ -adrenergic agonist

(Haasnoot และคณะ, 1990a)

## 2.2 การจำแนกรีเซพเตอร์ของสารในกลุ่ม Adrenergic agonist

Moloney และคณะ (1990) จำแนกรีเซพเตอร์ของสารในกลุ่ม adrenergic agonist ออกเป็น  $\beta$  และ  $\alpha$  รีเซพเตอร์

โดยสารในกลุ่ม  $\beta$ -adrenergic agonists ซึ่งจับอย่างจำเพาะกับ  $\beta$ -receptor มีผลกระตุ้นอัตราการเต้นของหัวใจให้เร็วขึ้น กระตุ้นการสลายไขมันในเซลล์ไขมัน และกระตุ้นการขยายตัวของหลอดเลือด

ส่วนสารในกลุ่ม  $\alpha$ -adrenergic agonist ซึ่งจับอย่างจำเพาะกับ  $\alpha$ -receptor มีผลต่อการบีบตัวของ gut sphincters, กระเพาะปัสสาวะ และกล้ามเนื้อเรียบของระบบหายใจ

สำหรับในส่วน  $\beta$ -receptor ยังสามารถจำแนกย่อยได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่  $\beta_1$  และ  $\beta_2$  โดยกลุ่ม  $\beta_1$ -receptor จะสามารถพบได้ในหัวใจ ไต ลำไส้เล็ก และกล้ามเนื้อเรียบ ส่วนกลุ่ม  $\beta_2$ -receptor สามารถพบได้ในหลอดเลือด ระบบทางเดินอาหาร หลอดปอด เนื้อเยื่อไขมัน กล้ามเนื้อ และเซลล์ ผลของการที่ B-adrenergic agonist จับกับ  $\beta_1$  และ  $\beta_2$  receptor สรุปได้ดังที่แสดงในตารางที่ 1

## 2.3 กลไกการทำงานของสาร $\beta$ -adrenergic agonist

Harper (1975) รายงานว่า สาร  $\beta$ -adrenergic agonist มีลักษณะการทำงานคล้ายฮอร์โมนในกลุ่ม catecholamine หน้าที่ของ endogenous catecholamine มีหลายอย่าง เช่น ยับยั้งการหลั่งของอินซูลิน(insulin) ส่งเสริมกระบวนการสลายไขมัน (lipolysis) ส่งเสริมกระบวนการสลายไกลโคเจนในตับไปเป็นกลูโคส(glycogenolysis) การสังเคราะห์กลูโคสโดยตับและไตจากวัตถุดิบที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต(gluconeogenesis) และการหลั่งกลูคากอน(glucagon) อย่างไรก็ตามดังที่ได้กล่าวถึงในข้างต้นว่า สาร  $\beta$ -adrenergic agonist มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีอิทธิพลต่อเนื้อเยื่อแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังนั้นกลไกการตอบสนองของเนื้อเยื่อเป้าหมายแต่ละชนิดต่อสาร  $\beta$ -adrenergic agonist อาจช่วยอธิบายผลของการใช้สารดังกล่าวในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ได้

ตารางที่ 1 ชนิดของ  $\beta$ -receptor และหน้าที่ที่แตกต่างกันในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ

| เนื้อเยื่อที่ออกฤทธิ์ | ชนิดของ $\beta$ -receptor | หน้าที่ในการทำงาน         |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| หัวใจ                 | $\beta_1$                 | เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ |
| หลอดเลือด             | $\beta_2$                 | คลายตัว                   |
| ระบบทางเดินอาหาร      | $\beta_2$                 | คลายตัว                   |
| กล้ามเนื้อเรียบ       | $\beta_1$                 | คลายตัว                   |
| หูด                   | $\beta_2$                 | คลายตัว                   |
| ปอด                   | $\beta_2$                 | คลายตัว                   |
| ไต                    | $\beta_1$                 | หลัง renin                |
| เนื้อเยื่อไขมัน       | $\beta_2$                 | กระตุ้นการสลายไขมัน       |
| กล้ามเนื้อ            | $\beta_2$                 | กระตุ้นการสลายไกลโคเจน    |
| เซลล์ตับ              | $\beta_2$                 | กระตุ้นการสลายไกลโคเจน    |

ที่มา : Moloney และคณะ (1990)

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

### 2.3.1 ผลของสาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue)

การสะสมไขมันในร่างกาย (fat deposition) เป็นกระบวนการที่มีพลวัต(dynamic) ซึ่งปริมาณการสะสมในแต่ละขณะขึ้นอยู่กับดุลยภาพระหว่างกระบวนการสลายโมเลกุลของไขมัน(lipolysis) หรือไตรเอซิลกลีเซอไรด์ และกระบวนการสังเคราะห์ไขมัน(lipogenesis) แล้วแต่ว่ากระบวนการใดจะเกิดขึ้นมากกว่ากัน สำหรับกระบวนการสังเคราะห์ไขมันจะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอินซูลิน ในขณะที่กระบวนการสลายไขมันจะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนในกลุ่ม catecholamine และ adrenaline ซึ่งสารกลุ่ม  $\beta$ -adrenergic agonist นี้เป็นสารที่มีโครงสร้างคล้ายกับฮอร์โมนในกลุ่ม catecholamine ซึ่งสามารถเข้าจับโดยตรงกับ  $\beta$ -receptor ของเซลล์ไขมัน(adipocyte) ยังผลให้มีการกระตุ้นระบบผ่านการทำงานของเอนไซม์ adenylate cyclase อันจะใบทำปฏิกิริยาผ่าน cAMP ทำให้เอนไซม์ lipase เปลี่ยนรูปจาก inactive form เป็น active form และ active lipase ที่ได้จะทำให้กระบวนการสลายไขมันเกิดขึ้นในเซลล์ไขมัน

ผลของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ที่มีต่อกระบวนการสะสมไขมัน และกระบวนการสลายไขมันแสดงไว้ในตารางที่ 2 (Moloney และคณะ, 1990) นอกจากนี้ สาร  $\beta$ -adrenergic agonist จะทำงานโดยจับกับรีเซพเตอร์ในเนื้อเยื่อเป้าหมายโดยตรงแล้ว สาร  $\beta$ -adrenergic agonist ยังสามารถยับยั้งการทำงานของ insulin โดยกระตุ้นการสังเคราะห์ dibutyryl cyclic AMP (dbc AMP) ซึ่งยังผลให้อินซูลินเข้าจับกับรีเซพเตอร์ที่เซลล์ไขมันของสุกรลดลง 20-40% (Liu และ Mills, 1989) และ Liu และ Mills (1990) รายงานเพิ่มเติมว่า ractopamine และ clenbuterol ลดการจับของอินซูลินกับรีเซพเตอร์ได้โดยตรงหากมีอินซูลินอยู่ในระดับต่ำ แต่เมื่อระดับอินซูลินสูงขึ้น ractopamine และ clenbuterol จะไม่สามารถลดการจับของอินซูลินกับรีเซพเตอร์ได้ หากไม่มีเอนไซม์ adenosine deaminase อยู่ด้วย อย่างไรก็ตามถ้ามี adenosine deaminase อยู่จะทำให้อินซูลินจับกับรีเซพเตอร์ลดลง และมีผลต่อเนื่องทำให้กระบวนการสังเคราะห์ไขมันลดลงไปด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการยับยั้งการสังเคราะห์ไขมัน และกระบวนการส่งเสริมการสลายไขมันกับ dbc-AMP และสาร  $\beta$ -adrenergic agonist โดยสรุป คือ

**ตารางที่ 2** แสดงผลของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ต่อกระบวนการสลายไขมัน และการสังเคราะห์ไขมันในเนื้อเยื่อไขมัน

| สาร         | วิธี | lipogenesis    | lipolysis      | Reference               |
|-------------|------|----------------|----------------|-------------------------|
| Clenbuterol | 1    | ไม่มีผลแตกต่าง | +              | Rule และคณะ (1987)      |
|             | 3    | ไม่ได้ทำการวัด | +              | Mersmann (1987)         |
|             | 1    | ไม่ได้ทำการวัด | +              | Continho และคณะ (1989)  |
| Cimaterol   | 1    | -              | +              | Peterla และคณะ (1988)   |
|             | 2    | ไม่มีผลแตกต่าง | ไม่มีผลแตกต่าง | Mersmann และคณะ (1987)  |
|             | 3    | ไม่ได้ทำการวัด | +              | Mersmann และคณะ (1987)  |
| Ractopamine | 1    | -              | +              | Liu และคณะ (1989)       |
|             | 2    | -              | +              | Merkel และคณะ (1987)    |
|             | 3    | ไม่ได้ทำการวัด | +              | Veehuizen และคณะ (1987) |
|             | 2    | -              | ไม่ได้ทำการวัด | Williams และคณะ (1987)  |

+ = มีผลในทางเพิ่ม

- = มีผลในทางลดลง

วิธีที่ 1 : ใช้เซลล์จากเนื้อเยื่อไขมันและทำการเพาะเลี้ยงในน้ำยาเพาะเลี้ยง (medium)

วิธีที่ 2 : วัดจาก basal metabolism ในเนื้อเยื่อสัตว์ที่ได้รับ  $\beta$ -agonist

วิธีที่ 3 : วัดจากการเพิ่มขึ้นของ free fatty acid ในกระแสเลือด

- สาร  $\beta$ -adrenergic agonist จะมีผลต่อการยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันได้มากกว่าการสลายไขมัน และ
- การทำงานของ dbc AMP และ  $\beta$ -adrenergic agonist จะถูกยับยั้งโดยฮอร์โมนอินซูลิน

Peterla และ Scanes (1990) ศึกษาผลของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ต่อกระบวนการสลายไขมัน และกระบวนการสร้างไขมันในห้องปฏิบัติการ (in vitro) โดยใช้ glycerol และ free fatty acid และการสะสม  $^{14}\text{C}$  ในกรดไขมันที่สังเคราะห์จาก  $^{14}\text{C}$ -Glucose เป็นตัวชี้ (indicator) พบว่า isoproterenol, cimaterol และ ractopamine สามารถกระตุ้นการสลายไขมันได้ แต่ clenbuterol กลับไม่มีผลต่อการสลายไขมัน และพบว่าหากมีอินซูลินอยู่ด้วยอินซูลินจะยับยั้งผลของ  $\beta$ -adrenergic agonist ที่กระตุ้นการสลายไขมัน แต่กระบวนการสังเคราะห์ไขมันจะถูกยับยั้งโดยสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ที่ศึกษาทุกตัว และเช่นเดียวกันหากมีอินซูลินอยู่ด้วยประสิทธิภาพของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ในการยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันจะลดลง

Hausman และคณะ (1989) รายงานว่า ระดับที่เหมาะสมของ ractopamine และ isoproterenol ในการกระตุ้นการสลายและยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันในหนู คือ ที่  $10^{-6}$  M

จากข้อมูลข้างต้นจึงพอสรุปว่า ในการทดลองแบบ in vitro สาร  $\beta$ -adrenergic agonist ทุกตัว ยกเว้น clenbuterol สามารถกระตุ้นการสลายไขมันได้ และ  $\beta$ -adrenergic agonist ทุกตัวสามารถยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันได้ เหตุผลที่ clenbuterol ไม่สามารถกระตุ้นการสลายไขมันได้นั้นยังไม่เป็นที่ทราบชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามการทดลองใช้ clenbuterol กับสัตว์จริงๆ (in vivo) กลับพบว่า clenbuterol สามารถลดการสะสมไขมันในร่างกายสุกรได้ (Dalrymple และคณะ, 1984)

Mersmann และคณะ (1987) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลของ cimaterol กับระดับโปรตีนในอาหารสุกร พบว่าหากสุกรได้รับโปรตีนในระดับต่ำ (14% CP) cimaterol ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง แต่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร

(gain : feed) ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนกลุ่มที่ได้รับโปรตีนในระดับสูง (18% CP) พบว่า อัตราการเติบโตและการสร้างกล้ามเนื้อจะสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนต่ำ และยังพบว่า โปรตีนและอัลบูมินในพลาสมาอยู่ในระดับสูงกว่า ส่วนคลอเรสเตอรอล ไตรกลีเซอรอล และกรดไขมัน จะมีระดับต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนในระดับต่ำ แต่อย่างไรก็ตามไม่ว่าที่ ระดับโปรตีนสูงหรือต่ำ cimaterol มีผลทำให้การสะสมโปรตีนเพิ่มขึ้น และตรงกันข้าม การสะสมไขมันลดลง

อย่างไรก็ตามจนถึงปัจจุบันยังไม่พบรายงานถึงผลของ salbutamol ต่อ เมตาบอลิซึมของเซลล์ไขมันของสัตว์ ทั้งนี้เนื่องจาก salbutamol ใช้เป็นยาสำหรับใน คนเป็นส่วนใหญ่

### 2.3.2 ผลของสาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของ กล้ามเนื้อ

เนื่องจากกระบวนการต่างๆในร่างกายไม่ใช่กระบวนการที่ดำเนินไปใน ทิศทางเดียว แต่เป็นกระบวนการที่มีพลวัตรซึ่งกระบวนการสะสมโปรตีนในกล้ามเนื้อก็เช่นกัน คุณสมบัติขึ้นอยู่กับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน (myofibrillar protein synthesis) และกระบวนการสลายโปรตีน (myofibrillar protein degradation) ซึ่งแล้วแต่ ว่ากระบวนการใดจะเกิดขึ้นมากกว่ากัน โดยทั้งสองกระบวนการนี้ถูกควบคุมโดยระบบฮอร์โมน และสภาวะทางโภชนาการของสัตว์

Emery และคณะ (1984) และ Helferich และคณะ (1988) รายงานว่า การใช้สาร  $\beta$ -adrenergic agonist ทั้งในสัตว์เลี้ยงและสัตว์ทดลอง ทำให้ การสะสมโปรตีนมากขึ้น ซึ่งคาดว่า การสะสมโปรตีนที่เพิ่มขึ้นนั้นจะเป็นผลมาจากร่างกาย สัตว์มีการสร้างโปรตีนมากขึ้นนั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามในทางตรงกันข้าม Reeds และคณะ (1986, 1988) และ Bohorov และคณะ (1987) พบว่า การสะสมโปรตีนที่เพิ่มขึ้นเป็น ผลเนื่องมาจากการสลายโปรตีนที่ลดลง หรืออาจเป็นไปได้ทั้งสองกรณี

Forsberg และคณะ (1989) ทดลองใช้ cimaterol ในกระต่าย พบ ว่าการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น การสร้าง DNA เพิ่มขึ้น N-methyl

histidine ที่ถูกขับออกทางปัสสาวะลดลง แต่เอ็นไซม์ย่อยโปรตีน Cathepsin B, D หรือ neutral serine proteinase ไม่มีความแตกต่าง

Anderson และคณะ (1987) พบว่า การใช้ ractopamine ที่ระดับ 20 ppm มีผลทำให้เกิดการขยายตัวของกล้ามเนื้อ(hypertrophy) และพบว่าปริมาณโปรตีนในกล้ามเนื้อ semitendinosus muscle เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณ RNA ในกล้ามเนื้อ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม ในส่วนอัตราการสังเคราะห์โปรตีน (fractional protein synthesis rate, FSR) พบว่าในกลุ่มที่ได้รับ ractopamine มีอัตราการสังเคราะห์โปรตีนสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งจะส่งผลให้อัตราการสะสมโปรตีน (fractional accretion rate, FAR) ในกล้ามเนื้อสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม Werner และคณะ (1989) รายงานว่า ractopamine ไม่มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อ ซึ่งได้แก่ catheptic proteases และ calcium dependent proteinase เปลี่ยนแปลง

เมื่อพิจารณาตามความสัมพันธ์ระหว่างระดับโปรตีนในอาหารที่ได้รับต่ออัตราการสังเคราะห์โปรตีน Adeola และคณะ (1992) พบว่า ที่ระดับโปรตีนสูงจะทำให้ผลตอบสนองต่อการใช้  $\beta$ -adrenergic agonist ได้ดีที่สุด และอัตราการสังเคราะห์โปรตีน (myofibrillar protein synthesis) ที่กล้ามเนื้อ Longissimus dorsi ในกลุ่มที่ได้รับ ractopamine ระดับสูง (17% CP + 20 ppm) สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับ ractopamine (17% CP + 0 ppm) ที่ 4.7 vs. 3.11% ต่อวัน สำหรับในกล้ามเนื้อ Bicep femoris ก็เป็นไปในทางเดียวกัน คือ อัตราการสังเคราะห์โปรตีนในกลุ่มที่ได้รับ Ractopamine ระดับสูง จะสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับ ractopamine ที่ 3.27 vs. 1.94% ต่อวัน อย่างไรก็ตามกล้ามเนื้อ Gastromemius muscle ไม่ตอบสนองต่อ ractopamine นั่นคือ อัตราการสังเคราะห์โปรตีนไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ได้รับ ractopamine และ ไม่ได้รับ ractopamine ในทางนองเดียวกัน Bergen และคณะ (1987) ทำการทดลองในสุกร พบว่าการใช้ ractopamine ที่ระดับ 20 ppm มีผลให้อัตราการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่อัตราการสลายโปรตีนลดลง Werner และคณะ (1989) ได้ทำการศึกษาผลของ ractopamine ต่อเมตาบอลิซึมของโปรตีนในกล้ามเนื้อสุกรระยะขุน พบว่า ractopamine ที่ระดับ 20 ppm สามารถเพิ่มปริมาณของโปรตีนในกล้ามเนื้อ

*Semitendinosus* ( $P < .01$ ) ในขณะที่ปริมาณของ RNA ในกล้ามเนื้อ และปริมาณของ DNA (mg/g ของกล้ามเนื้อ) กลับลดลง สำหรับอัตราการสะสมโปรตีนในกลุ่มที่ได้รับ ractopamine มีอัตราการสะสมโปรตีน (FAR) เป็น 1.2% ในขณะที่กลุ่มควบคุมมี FAR เท่ากับ 1.0% ต่อวัน และสำหรับอัตราการสังเคราะห์โปรตีนในกลุ่มที่ได้รับ Ractopamine มีอัตราการสังเคราะห์โปรตีน (FSR) สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ 6.1% ต่อวัน และ 4.4% ต่อวัน ตามลำดับ แต่ ractopamine ไม่ทำให้การทำงานของเอนไซม์ catheptic proteases และ calcium dependent proteinase เปลี่ยนแปลงจากปกติ

### 2.3.3 ผลของสาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อระบบฮอร์โมนและระบบอื่นๆ

Liu และคณะ (1987) รายงานว่า เมตาบอลิซึมของเนื้อเยื่อไขมันจะถูกควบคุมโดยจำเพาะจากสาร  $\beta$ -adrenergic agonist และอินซูลิน โดยอินซูลินจะยับยั้งกระบวนการสลายไขมัน ในขณะที่เดียวกันอินซูลินจะส่งเสริมกระบวนการขนส่งกลูโคสเข้าสู่เซลล์ไขมัน ซึ่งจะนำไปสู่การกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ไขมัน ส่วน  $\beta$ -adrenergic agonist จะมีผลทำให้การจับกันของอินซูลินกับรีเซพเตอร์ลดลง 20% และหากมี theophylline อยู่ด้วย สาร  $\beta$ -adrenergic agonist จะลดการจับของอินซูลินกับรีเซพเตอร์ได้ถึง 40%

Liu และ Mills (1989) รายงานว่า ractopamine และ clenbuterol ซึ่งเป็นสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ที่มีความจำเพาะกับรีเซพเตอร์ของเซลล์ไขมันในสุกรอย่างยิ่ง โดยสามารถลดการจับของอินซูลินกับรีเซพเตอร์ได้โดยตรงเมื่อมีอินซูลินอยู่ในระดับต่ำ แต่หากระดับอินซูลินสูงขึ้นจะต้องมีเอนไซม์ adenosine deaminase อยู่ด้วย จึงจะสามารถลดการจับของอินซูลินกับรีเซพเตอร์ได้ Liu และ Mills (1990) พบว่า ractopamine และ clenbuterol จะทำงานโดยอาศัย dbc AMP เป็นตัวกลางในการลดการจับของอินซูลินกับรีเซพเตอร์ โดยพบว่า dbc AMP สามารถลดการจับของอินซูลินได้ 40% และ 20% ที่ระดับของอินซูลิน 1.8 และ 25.8 ng/ml porcine adipocyte

Peterla และ Scanes (1990) ศึกษาแบบ in vitro พบว่าอินซูลินจะลดผลของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist (isoproterenol, cimaterol และ ractopamine) ในการกระตุ้นการสลายไขมัน ซึ่ง Mills และ Liu (1990) ได้ทำการ

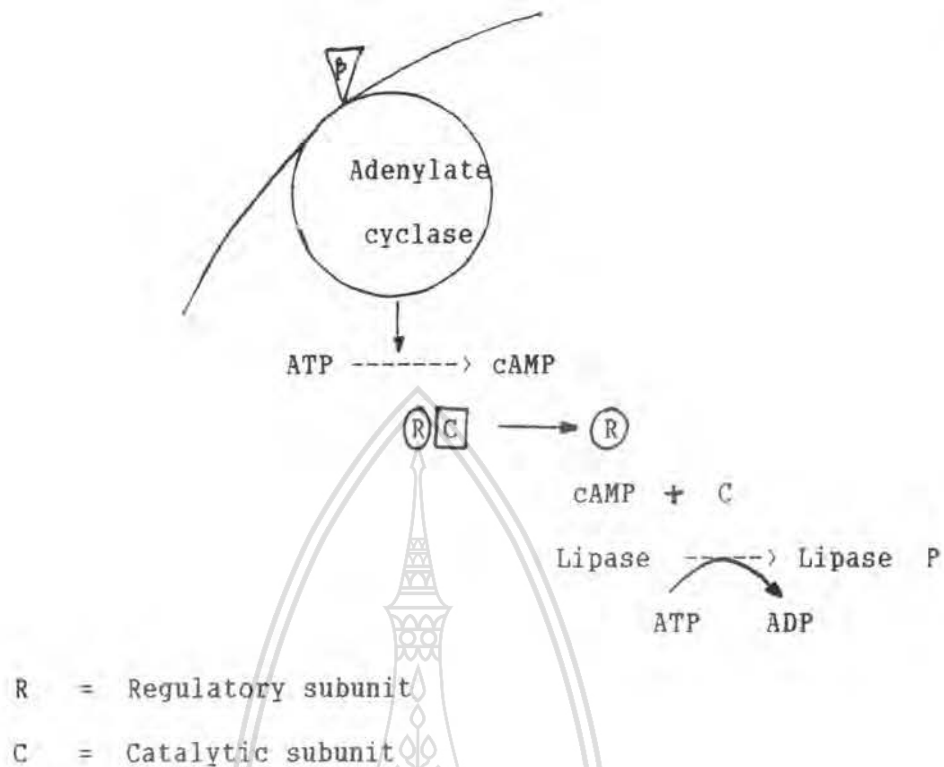
ศึกษาผลของการตอบสนองของกระบวนการสลายไขมัน และกระบวนการสังเคราะห์ไขมัน ในเนื้อเยื่อไขมันสุกร ต่อระดับของ dbc AMP, epinephrine, ractopamine และ clenbuterol พบว่าที่ระดับ dbc AMP ต่ำ อินซูลินจะกระตุ้นการสร้างไขมันได้ แต่เมื่อ dbc AMP สูงขึ้น อัตราการสร้างไขมันจะลดลง โดยในการทดลองที่ไม่มีอินซูลินพบว่า dbc AMP สามารถยับยั้งการสังเคราะห์ไขมันโดยปกติ (basal lipogenesis) ได้ 78% แต่เมื่อมีอินซูลินอยู่ด้วย dbc AMP สามารถยับยั้งกระบวนการสร้างไขมัน (ที่ถูกกระตุ้นโดย อินซูลิน) ได้ 55% โดยระดับ dbc AMP ภายในเซลล์จะเป็นตัวชี้ถึงการตอบสนองของ เนื้อเยื่อไขมันต่อสาร  $\beta$ -adrenergic agonist (Fain and Garcia-Sain, 1983; Hu และคณะ, 1987)

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การทำงานของอินซูลินในการสร้าง ไขมันจะถูกยับยั้งโดย dbc AMP หรือในอีกแง่ก็คือ dbc AMP มีหน้าที่หลักในการยับยั้ง การสังเคราะห์ไขมัน ส่วนหน้าที่รองก็คือกระตุ้นการสลายไขมัน

Liu และคณะ (1989) ได้ศึกษาอิทธิพลของ theophylline และ adenosine deaminase ต่อระดับของ cAMP พบว่า theophylline สามารถกระตุ้น ระดับของ cAMP ให้สูงขึ้นได้มากกว่า adenosine deaminase โดยอธิบายว่า theophylline เพิ่มการตอบสนองของเซลล์ต่อ epinephrine และ theophylline ยังทำงานในหลายจุดที่เกี่ยวกับการเพิ่มระดับของ cAMP (Fain และ Wieser, 1975 และ Smellie และคณะ, 1979) โดยสรุปแล้วผลสุดท้ายจากการใช้สาร  $\beta$ -adrenergic agonist ต่อเนื้อเยื่อไขมันก็คือ มีผลเพิ่มอัตราการสลายไขมันและลดอัตราการสร้างไขมัน

## 2.4 การตอบสนองของเนื้อเยื่อต่อการกระตุ้นโดยสาร $\beta$ -adrenergic agonist

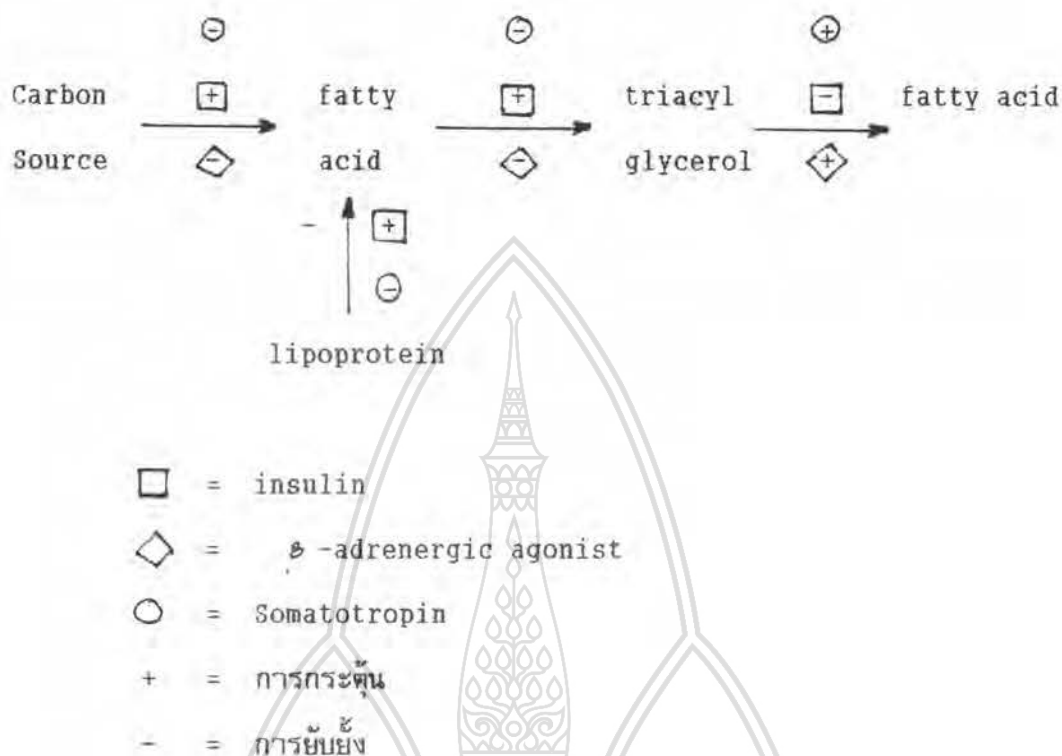
Mersmann (1990) รายงานว่า สาร  $\beta$ -adrenergic agonist มีอยู่ ด้วยกันหลายชนิด ซึ่งสาร  $\beta$ -adrenergic agonist นี้สามารถจับกับ  $\beta$ -receptor ที่ ผิวของเซลล์ ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งสาร  $\beta$ -adrenergic agonist จะกระตุ้นการทำงาน ของระบบ adenylate cyclase ทำให้เกิดการผลิต cyclic-AMP ซึ่ง cyclic AMP นี้จะเป็นตัวกลางในการกระตุ้นเอ็นไซม์ lipase จากรูป inactive ให้แปรเป็นรูป active สามารถทำงานให้การย่อยไขมันภายในเซลล์ไขมันได้



ภาพที่ 3 แสดงกลไกการทำงานของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist  
(ดัดแปลงจาก Mersmann, 1990)

Liu และคณะ (1989) รายงานว่า สาร  $\beta$ -adrenergic agonist สามารถกระตุ้นการสลายไขมัน (lipolysis) ในเซลล์ไขมันได้

Mersmann (1990) พบว่า ในกระบวนการสร้างและสลายไขมันนั้น ยังมีระบบฮอร์โมนตัวอื่นๆ เช่น ฮอร์โมนอินซูลิน และโซมาโตโทรฟิน เข้ามามีบทบาทร่วมด้วย ดังแสดงรายละเอียดในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงผลของ insulin, somatotropin และ  $\beta$ -adrenergic agonist ต่อเซลล์ไขมัน (Mersmann, 1990)

จากภาพที่ 4 แสดงให้เห็นว่า การทำงานของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist จะทำงานเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับฮอร์โมน somatotropin แต่จะทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับการทำงานของฮอร์โมนอินซูลิน หรืออีกนัยหนึ่งคือ สาร  $\beta$ -adrenergic agonist และฮอร์โมน somatotropin มีฤทธิ์กระตุ้นการสลายไขมัน แต่ในขณะเดียวกันจะยับยั้งการสร้างไขมัน ซึ่งตรงกันข้ามกับการทำงานของอินซูลิน

## 2.5 ผลของ $\beta$ -adrenergic agonist ต่อคุณภาพซากของสุกร

นับจากปี 1980 เป็นต้นมาได้มีการศึกษาการใช้สาร  $\beta$ -adrenergic agonist ในสัตว์มาโดยตลอด ซึ่งงานทดลองส่วนใหญ่เน้นศึกษาถึงผลของสาร  $\beta$ -adrenergic

agonist แต่ละตัวที่มีต่อคุณภาพซากของสุกร อันได้แก่ ผลต่อคุณภาพซาก (carcass characteristic) ความหนาไขมันสันหลัง (back fat thickness) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (Loin eye area) ปริมาณไขมันเปลว (leaf fat) กล้ามเนื้อ (lean) และ เปอร์เซ็นต์ผลผลิตหลังการชำแหละ (killing out percentage) ผลการศึกษาเอกสารสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 สามารถสรุปและแบ่งการทดลองออกตามชนิดของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist คือ

จากการทดลองของ Dalrymple และคณะ (1984) และ Van Weerden (1987) ซึ่งทดลองโดยใช้ clenbuterol ระดับตั้งแต่ 0.05-1 ppm ในสุกรช่วงน้ำหนักระหว่าง 60-110 กก. พบว่าความหนาไขมันสันหลังและปริมาณไขมันเปลวลดลง 7-10% และ 8-24% ตามลำดับ ส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและปริมาณเนื้อแดงเพิ่มขึ้น 2-10% และ 2-8% ตามลำดับ

Cole และคณะ (1987) และ Wood และ Brown (1987) รายงานว่า การใช้สาร  $\beta$ -adrenergic agonist GAH/304 ระดับตั้งแต่ 2.8-4 ppm ในสุกรช่วงน้ำหนักระหว่าง 25-80 กก. พบว่าความหนาไขมันสันหลังและปริมาณไขมันเปลวลดลง 11-13% และ 14% ตามลำดับ ในส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและปริมาณเนื้อแดงเพิ่มขึ้น 5% และ 7% ตามลำดับ ส่วน % ซากตัดแต่งเพิ่มขึ้น 2.3%

Bekaert และคณะ (1987); Cromwell และคณะ (1988); Jones และคณะ (1985) และ Moser และคณะ (1986) พบว่า การใช้ cimaterol ระดับตั้งแต่ 0.25-1 ppm ในสุกรช่วงน้ำหนักระหว่าง 30-105 กก. พบว่าความหนาไขมันสันหลังและปริมาณไขมันเปลวลดลง 1-13% และ 0-14% ตามลำดับ ในส่วนของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและปริมาณเนื้อแดงเพิ่มขึ้น 4-25% และ 1-7% ตามลำดับ ส่วน % ซากตัดแต่งเพิ่มขึ้น 1-2%

Wallace และคณะ (1987) รายงานการใช้ L-644,969 ระดับ 0.25-4 ppm ในสุกรช่วงน้ำหนักมากกว่า 65 กก. พบว่าความหนาไขมันสันหลังลดลง 6-27% ส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและปริมาณเนื้อแดงเพิ่มขึ้น 12-29% และ 3-13% ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลของการใช้สาร  $\beta$ -adrenergic agonist ต่อคุณภาพซากของสุกร

| ชื่อสาร     | ระดับ (ppm) | ช่วง ม.น. (kg) | คุณภาพซาก (% ที่เปลี่ยนแปลง) |       |         |      |        | Reference                |
|-------------|-------------|----------------|------------------------------|-------|---------|------|--------|--------------------------|
|             |             |                | B.F.                         | L.D.  | L.F.    | Lean | K.O.   |                          |
| Clenbuterol | 0.05-1      | 60-110         | (7-10)                       | 2-10  | (8-24)  | 2-6  | -      | Dalrymple และคณะ (1984)  |
| Clenbuterol | 1           | 60-102         | (6-27)                       | -     | (-2-19) | 1-4  | -      | Van Weerden (1987)       |
| GAH/304     | 4           |                | (13)                         | 5     | (14)    | 7    | 2      | Wood และ Brown (1987)    |
| GAH/304     | 2.8         | 25-80          | (11-13)                      | 5     | 14      | 7    | 2-3    | Cole และคณะ (1987)       |
| Cimaterol   | 1           | 30-105         | (1-7)                        | 4-25  | -       | 1-7  | 0      | Bekaert และคณะ (1987)    |
| Cimaterol   | 0.25        | 62-107         | (9)                          | 7-8   | (3-8)   | 3    | 1      | Cromwell และคณะ (1988)   |
| Cimaterol   | 0.25-1      | 65-104         | (1-13)                       | -     | (-2-14) | -    | 1-2    | Jones และคณะ (1985)      |
| Cimaterol   | 0.25-1      | -105           | (7-10)                       | 4-9   | (3-4)   | 2-4  | (-1-1) | Moser และคณะ (1986)      |
| L-644, 969  | 0.25-4      | 65-            | (6-27)                       | 12-29 | -       | 3-13 | -      | Wallace และคณะ (1987)    |
| Ractopamine | 2.5-3.0     | 65-            | (0-0)                        | 7-19  | -       | 3-6  | 0-1    | Hancock และคณะ (1987)    |
| Ractopamine | 2.5-30      | 64-102         | (-3-14)                      | 4-15  | (-5-19) | 2    | -      | Prince และคณะ (1987)     |
| Salbutamol  | 2           | 30-160         | (8-21)                       | 5-10  | -       | 1-2  | -      | Chizzolini และคณะ (1989) |
| Salbutamol  | 2.7         | wean-92.5      | (15)                         | 14    | (16)    | -    | -      | Warriss และคณะ (1990b)   |
| Salbutamol  | 3           | wean-85        | -                            | 10.5  | -       | -    | -      | Warriss และคณะ (1990a)   |

B.F. = Back fat thickness

L.F. = Leaf fat

L.D. = Longissimus dorsi

K.O. = Killing out percentage

( ) เครื่องหมายในวงเล็บ หมายถึง ค่าที่ลดลงเป็น %

Hancock และคณะ (1987) และ Prince และคณะ (1987) รายงานว่า การใช้ ractopamine ระดับ 2.5-30 ppm ในสุกรช่วงน้ำหนักระหว่าง 65-102 กก. พบว่าความหนาไขมันสันหลังและปริมาณไขมันเปวลดลง 0-14% และ 0-19% ตามลำดับ ในส่วนของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและปริมาณเนื้อแดงพบว่าเพิ่มขึ้น 4-19% และ 2-6% ตามลำดับ ส่วน % ซากตัดแต่งพบว่าเพิ่มขึ้น 0-1%

Chizzolini และคณะ (1989); Warriss และคณะ (1990a) และ Warriss และคณะ (1990b) รายงานการใช้ salbutamol ระดับ 2-3 ppm ในสุกรช่วงน้ำหนักระหว่างหย่านม (ประมาณ 9 กก.) ถึง 160 กก. พบว่าความหนาไขมันสันหลังและปริมาณไขมันเปวลดลง 8-21% และ 16% ตามลำดับ ในส่วนของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและปริมาณเนื้อแดงพบว่าเพิ่มขึ้น 5-14% และ 1-2% ตามลำดับ ซึ่งระดับการใช้ salbutamol จะแตกต่างจากสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ตัวอื่นๆ คือ กลุ่ม clenbuterol, GAH/304 และ cimaterol ซึ่งมีระดับการใช้ 0.25-1 ppm หรือ ractopamine ซึ่งมีระดับการใช้ 10-30 ppm โดย salbutamol มีระดับการใช้ที่ 2.4-3 ppm ซึ่งผลที่ได้รับในด้านการปรับปรุงคุณภาพซากของสุกรมีลักษณะการปรับปรุงที่ดีขึ้นในระดับใกล้เคียงกัน

Warriss และคณะ (1990b) พบว่า ผลของ salbutamol ต่อสุกรพันธุ์เนื้อสูง (Meat-line-sired) จะตอบสนองต่อการใช้ salbutamol ได้ดีกว่าสุกรพันธุ์ธรรมดา (White-line-sired) โดยน้ำหนักซากอ่อน น้ำหนักซากเย็น และเปอร์เซ็นต์ซากตกแต่ง คำนวณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ที่ 2, 2 และ 2% ตามลำดับ ในส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน สุกรพันธุ์เนื้อสูงตอบสนองดีกว่าพันธุ์ธรรมดาที่ 14% ในส่วนของ pH<sub>1/2</sub> และความเหนียวของเนออน <sup>๕๕</sup> Warriss และคณะ (1990a) พบว่า ในสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol pH ของกล้ามเนื้อ *B. semimembranosus* (SM), *M. adductor* (AD) และ *M. Longissimus* (OD) มีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยในส่วนความเหนียวของเนออน <sup>๕๕</sup> พบว่าในสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol <sup>๕๕</sup> จะมีค่าแรงตัด

1/ pHu = ค่า pH ของซากซึ่งวัดในซากที่แช่เย็นครบ 24 ชั่วโมง (pH ultimate)

ผ่านสูงกว่ากลุ่มควบคุม 22.7% ( $P < .001$ ) จากรายงานฉบับเดียวกันนี้เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบด้านชีวเคมีของเนื้อ ไขมัน และ metabolite ในเลือด พบว่าเนื้อของสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol มีความชื้น โปรตีน และไขมัน ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ส่วน collagen, heme pigment, liver glycogen และ plasma glucose จะลดลงต่ำกว่าระดับที่พบในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < .01$ ) แต่ระดับของ plasma creatin phosphokinase กลับสูงกว่ากลุ่มควบคุม ( $P < .05$ ) ซึ่งในรายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 4

จากข้อมูลข้างต้นพอสรุปได้ว่า การใช้ salbutamol และสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ชนิดอื่นๆ มีผลทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (*Longissimus dorsi*) และเนื้อแดงโดยรวมในซากสุกรมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ในขณะที่การสะสมไขมันในสุกรกลับลดลง ซึ่งส่งผลต่อปริมาณไขมันทั้งหมดในซากก็ลดลงด้วยเช่นกัน และมีข้อน่าสังเกตว่า การใช้สาร  $\beta$ -adrenergic agonist นั้น หากจะมุ่งที่จะลดไขมันให้ได้มากที่สุด ควรใช้กับสุกรตั้งแต่สุกรยังเล็กอยู่ โดยใช้ตั้งแต่สุกรน้ำหนัก 30 กก. เป็นต้นไป ซึ่งจะตอบสนองต่อการลดการสะสมไขมันได้ดีที่สุด (Chizzolini และคณะ, 1989)

## 2.6 ผลของการใช้สาร $\beta$ -adrenergic agonist ต่อสมรรถนะ (performance) การผลิตของสุกร

การใช้สาร  $\beta$ -adrenergic agonist โดยทั่วไปแล้วมุ่งผลต่อคุณภาพซากของสุกรเป็นหลัก อย่างไรก็ตามนักวิจัยหลายกลุ่มรายงานผลของ  $\beta$ -adrenergic agonist ที่มีต่อสมรรถนะการผลิตของสุกร เช่น ผลต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (average daily gain, ADG), อัตราการกินได้ (feed intake, F.I.) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (feed conversion ratio, FCR) โดยมีระดับการใช้ตั้งแต่ 0.29 ถึง 30 ppm (mg/kg อาหาร) ซึ่งผลของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ต่อสมรรถนะการผลิตสุกร ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 4 แสดงผลของ salbutamol ต่อลักษณะทางชีวเคมีของเนื้อเยื่อสุกร

|                                     | กลุ่มที่ได้รับ salbutamol | กลุ่มควบคุม |
|-------------------------------------|---------------------------|-------------|
| LD composition mg/g                 |                           |             |
| ความชื้น                            | 756                       | 756 NS      |
| โปรตีน                              | 220                       | 221 NS      |
| ไขมัน                               | 8.1                       | 8.6 NS      |
| คอเลสเตอรอล                         | 3.8                       | 3.3 **      |
| เม็ดสีในเลือด (heme pigment)        | 0.82                      | 0.69 ***    |
| ไกลโคเจน                            | 5.4                       | 4.6 NS      |
| ไกลโคเจนในตับ, %                    | 3.1                       | 7.0 **      |
| พลาสมา                              |                           |             |
| creatine phosphokinase log IU/liter | 2.99                      | 2.73 **     |
| glucose, mg/100 ml                  | 100.6                     | 107.7 NS    |
| lactate, mg/100 ml                  | 56.6                      | 39.0 **     |
| ตัดแปลงจาก Warriss และคณะ (1990a)   |                           |             |
| NS = not significant                |                           |             |
| * = $P < .05$                       |                           |             |
| ** = $P < .01$                      |                           |             |
| *** = $P < .001$                    |                           |             |

ตารางที่ 5 แสดงผลของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ต่อสมรรถนะการผลิตสัตว์

| สาร        | ระดับการใช้<br>(ppm) | ช่วง น.บ.<br>สัตว์ | ADG<br>----- | P.I.<br>% respons | FCR<br>----- | Reference                |
|------------|----------------------|--------------------|--------------|-------------------|--------------|--------------------------|
| GAH/034    | 4                    | 25-80              | 0-5          | -                 | -            | Wood และ Brown (1987)    |
| GAH/034    | 2-8                  | 27-77              | 4-8          | -                 | (5-9)        | Cole และคณะ (1987)       |
| L-644,969  | 0.25-4               | 65-                | (0-8)*       | -                 | (3-5)        | Wallace และคณะ (1987)    |
| Cimaterol  | 1                    | 30-110             | (1-7)        | (5-8)             | (3)-2        | Bekaert และคณะ (1987)    |
| Cimaterol  | 0.25-1               | 65-104             | 1-4          | (4-7)             | (4-9)        | Jones และคณะ (1985)      |
| Cimaterol  | 0.25-1               | -105               | (3)-1        | (0-4)             | (0-3)        | Moser และคณะ (1986)      |
| Cimaterol  | 0.25-5               | 62-107             | 0-6          | (3)-1             | 2-4          | Cromwell และคณะ (1988)   |
| Cimaterol  | 2.5-.30              | 65-                | 6-11         | -                 | (9-19)       | Hancock และคณะ (1987)    |
| Cimaterol  | 2.5-30               | 64-102             | 5-9          | (8)-4             | (4-10)       | Prince และคณะ (1987)     |
| Salbutamol | 2.7                  | weaning-<br>92.5   | 5            | -                 | -            | Warriss และคณะ (1990b)   |
| Salbutamol | 2                    | 30-160             | (2-6)        | (13)              | (8-11)       | Chizzolini และคณะ (1989) |

\* ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าที่ลดลงเห็น %

Wood และ Brown (1987) และ Cole และคณะ (1987) ทำการทดลองโดยใช้ GAH/304 ระดับ 2-8 ppm กับสุกรระหว่างช่วงน้ำหนัก 25-80 กก. พบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยดีขึ้น 4-8% ส่วนประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น 5-9%

Wallace และคณะ (1987) ทำการทดลองโดยใช้ L-644,969 ระดับ 0.25-4 ppm กับสุกรระหว่างช่วงน้ำหนักมากกว่า 65 กก. พบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยลดลง 1-7% ส่วนประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น 3-5%

Jones และคณะ (1985); Moser และคณะ (1986); Cromwell และคณะ (1988); Hancock และคณะ (1987) และ Prince และคณะ (1987) ทำการทดลองโดยใช้ cimaterol ระดับ 0.25-30 ppm กับสุกรระหว่างช่วงน้ำหนัก 62-107 กก. พบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยมีทั้งลดลง คือ 7% และดีขึ้นถึง 11% อัตราการกินได้ลดลง 0-8% ส่วนประสิทธิภาพการใช้อาหารส่วนใหญ่ดีขึ้นระหว่าง (2)-19%

Warriss และคณะ (1990) รายงานว่า สุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol ที่ระดับ 2.7 ppm ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันดีขึ้น 5% ซึ่งแตกต่างจากงานทดลองของ Chizzolini และคณะ (1989) พบว่า salbutamol ทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยลดลง 2-6% แต่จากงานทดลองเดียวกันนี้พบว่าอัตราการกินได้ของสุกรกลุ่มที่ได้รับ Salbutamol ลดลง 13% และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น 8-11%

ข้อมูลในตารางที่ 5 ชี้ให้เห็นว่าสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของสุกรเพิ่มขึ้นเสมอไป แต่ในด้านประสิทธิภาพการใช้อาหาร รายงานส่วนใหญ่พบว่าการใช้สาร  $\beta$ -adrenergic agonist ทำให้ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น 0-11%

## 2.7 ผลตกค้างของสารในกลุ่ม $\beta$ -adrenergic agonist

เนื่องจากการใช้ salbutamol ในอาหารสัตว์เพื่องานศึกษาและทดลองใช้ ฉะนั้นข้อมูลเกี่ยวกับผลตกค้างของ salbutamol ในเนื้อเยื่อของสัตว์เศรษฐกิจจึงมีอยู่ค่อนข้างจำกัด ส่วนสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ชนิดอื่นๆ เช่น clenbuterol ซึ่งมีการศึกษามากมาย จึงมีข้อมูลอยู่บ้างเกี่ยวกับปริมาณการตกค้างในเนื้อเยื่อของสัตว์เศรษฐกิจอยู่



ดังเช่นการทดลองของ Hassnoot และคณะ (1990a); Hassnoot และคณะ (1990b) และ Mayer และ Rinke (1991)

Hassnoot และคณะ (1990b) ศึกษาปริมาณการตกค้างของ clenbuterol ในเนื้อเยื่อของไก่โดยวิธี immuno-affinity chromatography ร่วมกับวิธี enzyme immunoassay ซึ่งในการทดลองใช้ไก่พันธุ์เนื้อจำนวน 10 ตัว ให้ได้รับ clenbuterol ในอาหารที่ระดับ 1 mg/kg ของอาหาร เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นทำการฆ่าไก่ทั้งหมด แล้ววิเคราะห์หาระดับของ clenbuterol ที่ตกค้างในเนื้อ ตับ ไต ceacum และ gizzard ว่าปริมาณ clenbuterol ที่ตกค้างในเนื้อ ตับ ไต ceacum และ gizzard มีระดับ 3, 22, 20, 83 และ 46 ng/g ตามลำดับ แต่หากงด clenbuterol ก่อนส่งฆ่า 1 วัน พบว่าปริมาณ clenbuterol ตกค้างในเนื้อ ตับ ไต ceacum และ gizzard ที่ระดับ 1, 7, 3, 23 และ 5 ng/g ตามลำดับ

ส่วน Hassnoot และคณะ (1990a) ได้ศึกษาการตกค้างของ clenbuterol ในปัสสาวะโดยวิธี high-performance liquid chromatography โดยมีการเตรียมตัวอย่าง(sample)โดยวิธี immunoaffinity chromatography แต่การศึกษานี้เน้นศึกษาด้านเทคนิคการวิเคราะห์มากกว่าการศึกษาผลตกค้างของ clenbuterol

Mayer และ Rinke (1991) ได้ศึกษา pharmacokinetic และผลตกค้างของ clenbuterol ในลูกโคโดยให้ clenbuterol ที่ระดับ 5 g/kg ของน้ำหนักตัว โดยให้ 2 ครั้งต่อวัน ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยทำการศึกษาค้นคว้าผลตกค้างของ clenbuterol เมื่อไม่มีการงดใช้ และมีระยะงดใช้ 3, 5 และ 14 วัน พบว่าการขับ clenbuterol ออกจากร่างกายขึ้นอยู่กับระยะงดใช้และเนื้อเยื่อ คือ clenbuterol ตกค้างในปอดจะลดปริมาณลงจาก 46 ng/g เป็น 0.6 ng/g เมื่อมีการงดให้ clenbuterol เป็นเวลา 14 วัน ส่วนของเนื้อเยื่อที่มีปริมาณ clenbuterol มากที่สุด ได้แก่ ตา โดยพบตกค้างในปริมาณสูงถึง 118 ng/g และหากมีการงด clenbuterol ที่ 3, 5 และ 14 วัน ยังพบปริมาณตกค้างอยู่ถึง 57.5 และ 15.1 ng/g ตามลำดับ ส่วนการขับ clenbuterol ออกจากปัสสาวะ พบว่าในช่วงแรกมีการขับ clenbuterol ออกอย่างรวดเร็ว โดยมี half-life ที่ 10 ชั่วโมง แต่ช่วงต่อมาจะขับออกได้ช้าลง โดยมี half-life ที่ 2.5 วัน

ในแง่ความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเนื้อสัตว์ที่ผ่านการแปรรูปของ clenbuterol Mayer และ Rinke (1991) ได้อธิบายว่า ควรคำนวณโดยคิดบนพื้นฐานของปริมาณ clenbuterol ที่ได้รับ คือ ต้องน้อยกว่าระดับที่ใช้ในการรักษา 100 เท่า คิดปริมาณเนื้อในการบริโภคของประชากรที่ 1.25 กก./คน/วัน สำหรับระดับที่ใช้ในการรักษา มีการแนะนำไว้ที่ระดับ 5-20 mg โดยให้ 2 ครั้งต่อวัน ฉะนั้นจากการคำนวณพบว่าระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค คือ ระดับต่ำกว่า  $(10 \text{ mg}/100 \times 1,250 \text{ g})$  หรือน้อยกว่า 0.08 ng ของ clenbuterol ต่อเนื้อเยื่อ 1 กรัม หรือในการตั้งเครื่องใช้ clenbuterol ก่อนส่งสัตว์เข้าโรงฆ่าเป็นเวลาอย่างน้อย 14 วัน

สำหรับ salbutamol ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในคน เนื่องจาก salbutamol เป็นยาที่ออกฤทธิ์ต่อ  $\beta_2$ -receptor อย่างจำเพาะเจาะจง และมีการใช้เพื่อเป็นยารักษาโรคหอบหืดกันอย่างแพร่หลาย Kurosawa และคณะ (1993) พบว่า เมื่อให้ salbutamol ที่ระดับ 0.1 mg/kg ของน้ำหนักตัว กับอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี พบว่าหลังจากการให้ salbutamol 1.5 ชั่วโมง สามารถตรวจพบ salbutamol ในพลาสมาที่ระดับ 17.0 ng/ml สำหรับการศึกษาในสัตว์นั้น Cuccia และ Fong (1984) ได้ศึกษาการเคลื่อนย้าย (kinetic) และการกระจายตัว (distribution) ของ salbutamol ในหนู โดยใช้ HPLC เป็นอุปกรณ์ในการตรวจวัด salbutamol พบว่าหลังจากให้ salbutamol 10 mg/kg ของน้ำหนักตัว การลดลงของ salbutamol ในพลาสมาจะเกิดเป็น 2 ช่วง โดยมี half-life ประมาณ 37 นาที ส่วนปริมาณ salbutamol ที่พบในสมองจะมีระดับน้อยกว่าที่พบในพลาสมาเพียง 5% แต่จากการตรวจวัดด้านนอกของสมอง (blood-brain barrier) จะพบปริมาณ salbutamol มากกว่าด้านในของสมองถึง 100 เท่า ซึ่งสนับสนุนทฤษฎีที่ว่า บริเวณ central  $\beta$ -adrenergic site จะตอบสนองต่อ biochemical effect ของ salbutamol

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สัตว์ทดลอง

การทดลองในครั้งนี้ใช้สุกรขุนน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 68 กก. สายพันธุ์ลูกผสม 3 สาย (ดิวอี้ x แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) จำนวน 540 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้และเมียอย่างละครึ่ง โดยสุกรเข้าคอกแบบสุ่มตลอด (Complete Randomized Design) ซึ่งมีกลุ่มทดลอง (treatment) 9 กลุ่มละ 4 ข้ำ และใช้สุกรคอกละ 15 ตัว ดังแสดงในตารางที่ 6 และภาพที่ 5

ตารางที่ 6 แสดงแผนการจัดกลุ่มทดลอง (ทรีทเมนต์)

| ระดับโปรตีน, %          | 16-15 |   |   | 16-14 |   |   | 14-13 |   |   |
|-------------------------|-------|---|---|-------|---|---|-------|---|---|
| ระดับ salbutamol, mg/kg | 0     | 3 | 6 | 0     | 3 | 6 | 0     | 3 | 6 |
| ทรีทเมนต์               | 1     | 2 | 3 | 4     | 5 | 6 | 7     | 8 | 9 |

ออก  
เหนือ ใต้  
ตก

Rep. III

|                |
|----------------|
| T <sub>7</sub> |
| T <sub>4</sub> |
| T <sub>3</sub> |
| T <sub>8</sub> |
| T <sub>9</sub> |
| T <sub>1</sub> |
| T <sub>6</sub> |
| T <sub>5</sub> |
| T <sub>2</sub> |

Rep. I

|                |
|----------------|
| T <sub>6</sub> |
| T <sub>3</sub> |
| T <sub>1</sub> |
| T <sub>7</sub> |
| T <sub>2</sub> |
| T <sub>9</sub> |
| T <sub>5</sub> |
| T <sub>4</sub> |
| T <sub>8</sub> |

Rep. IV

|                |
|----------------|
| T <sub>9</sub> |
| T <sub>4</sub> |
| T <sub>5</sub> |
| T <sub>9</sub> |
| T <sub>2</sub> |
| T <sub>7</sub> |
| T <sub>1</sub> |
| T <sub>3</sub> |
| T <sub>6</sub> |

Rep. II

|                |
|----------------|
| T <sub>2</sub> |
| T <sub>5</sub> |
| T <sub>6</sub> |
| T <sub>1</sub> |
| T <sub>9</sub> |
| T <sub>8</sub> |
| T <sub>3</sub> |
| T <sub>4</sub> |
| T <sub>7</sub> |

ภาพที่ 5 แสดงผังการทดลอง

การทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1. เพื่อศึกษาระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมกับการใช้ salbutamol เพื่อช่วยเพิ่มสมรรถนะการผลิตสุกร 2. เพื่อศึกษาระดับการใช้ salbutamol ในอาหารสุกรที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกร และ 3. เพื่อศึกษาผลตกค้างของ salbutamol ที่ระดับการใช้และระยะเวลาการบริโภคที่แตกต่างกันในเนื้อเยื่อ ตับ ไต พลาสมา เนื้อ และไขมัน ของสุกรทดลองที่ฆ่าและเมื่อสิ้นสุดการทดลอง สุกรที่ฆ่าและเพื่อการทดลองในวัตถุประสงค์ข้อ 3 นี้ใช้สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารระดับโปรตีน 15-14% เพียงกลุ่มเดียว ทั้งนี้เพราะมีข้อจำกัดด้านงบประมาณและเวลาที่เป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง (sample) มีจำกัด ผู้ทดลองจึงเลือกให้สุกรในกลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับกลาง (15-14%) เพียงกลุ่มเดียว

จากภาพที่ 5 การทดลองในครั้งมี 9 ทรัฟเมนต์ค่าละ 4 ข้ำ หรือมีหน่วยทดลอง 36 หน่วย (คอก) ซึ่งในแต่ละคอกใช้สุกร 15 ตัว รวมทั้งหมดจึงมีสุกร 540 ตัว โดยแบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 2 ช่วงการทดลอง ดังนี้

ช่วงแรกจากระยะ 68 กก. ถึง 80 กก.

ช่วงสองจากระยะ 80 กก. ถึง 95 กก.

การแบ่งระยะเวลาการทดลองออกเป็น 2 ระยะเช่นนี้ เพื่อแบ่งช่วงการให้อาหารให้ตรงกับความต้องการของสุกร โดยในระยะแรกจะให้อาหารระดับโปรตีนสูงกว่าช่วงหลัง 1% CP ซึ่งปัจจัยด้านอาหารที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 16-15%, 15-14% และ 14-13% สำหรับปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณการเสริมของ salbutamol 3 ระดับ คือ 0, 3 และ 6 ppm

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

### 3.2 การให้อาหารสัตว์ทดลอง

ในแต่ละระยะช่วงน้ำหนักของสุกรจะให้อาหารแบบจำกัดเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทดลองที่ 2.07 กก./ตัว/วัน โดยให้สุกรได้รับอาหารผสมที่มีระดับโปรตีนและระดับ salbutamol ตามที่กำหนดไว้แล้ว การให้อาหารจะแบ่งให้อาหารวันละ 2 ครั้ง ครั้งแรกให้อาหารเวลา 07.00 น. และครั้งที่สองให้อาหารเวลา 14.30 น. ส่วนการให้น้ำจะให้สุกรได้กินอย่างเต็มที่ตลอดเวลา โดยใช้จุกก๊อกให้น้ำแบบอัตโนมัติ

ตารางที่ 7 และ 8 แสดงสูตรอาหารทดลองพร้อมค่าโภชนะต่างๆที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ 7 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบในสูตรอาหารพื้นฐานสุกรช่วงน้ำหนัก 65-80 กก.<sup>1/</sup>

|                             | % โปรตีน |         |         |
|-----------------------------|----------|---------|---------|
|                             | 16       | 15      | 14      |
| ข้าวโพด                     | 124.6    | 137.1   | 149.6   |
| ปลายข้าว                    | 197.0    | 197.0   | 197.0   |
| รำอ่อน                      | 71.0     | 71.0    | 71.0    |
| กากถั่วเหลือง, 47%          | 65.0     | 52.5    | 40.0    |
| ปลายัน, 57%                 | 31.25    | 31.25   | 31.25   |
| Dicalcium phosphate (P 18%) | 4.25     | 4.25    | 4.25    |
| L-lysine                    | 1.0      | 1.0     | 1.0     |
| Methionine                  | 0.25     | 0.25    | 0.25    |
| Premixes <sup>2/</sup>      | 1.0      | 1.0     | 1.0     |
| NaCl                        | 1.5      | 1.5     | 1.5     |
| Rock phosphate (P 16%)      | 2.0      | 2.0     | 2.0     |
| Bio 500 plus <sup>3/</sup>  | 0.376    | 0.376   | 0.376   |
| Starsidem <sup>4/</sup>     | 0.376    | 0.376   | 0.376   |
| รวม                         | 500.0    | 500.0   | 500.0   |
| ปริมาณโภชนะจากการคำนวณ      |          |         |         |
| โปรตีน (%)                  | 16.2     | 15.26   | 14.30   |
| พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้    |          |         |         |
| (kcal/kg)                   | 3,198.0  | 3,202.0 | 3,206.5 |

ตารางที่ 7 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบในสูตรอาหารพื้นฐานสุกรช่วงน้ำหนัก 65-80 กก.<sup>1/</sup>  
(ต่อ)

|                | % โปรตีน |       |       |
|----------------|----------|-------|-------|
|                | 16       | 15    | 14    |
| Lysine         | 1.046    | 0.982 | 0.918 |
| Methionine     | 0.382    | 0.370 | 0.359 |
| Ca, %          | 1.098    | 1.094 | 1.089 |
| Inorganic-P, % | 0.323    | 0.318 | 0.314 |

1/ อาหารสูตรที่เสริม salbutamol ในระดับ

3 ppm ใช้ salbutamol (0.4%) 0.37 กก./อาหาร 100 กก.

6 ppm ใช้ salbutamol (0.4%) 0.67 กก./อาหาร 100 กก.

2/ ส่วนประกอบของพรีมิกซ์เมื่อผสมแล้ว 1 กก. จะประกอบด้วย Vitamin A = 1,300

ไอยู, Vitamin D<sub>3</sub> = 150 ไอยู, Vitamin E = 11 ไอยู, Vitamin K = 0.5

มก., Choline 0.3 ก., Folic acid = 0.3 มก., Niacin = 10 มก.,

Pantothenic acid = 8 มก., Riboflavin = 2.5 มก., Thiamin = 1.0

มก., Vitamin B<sub>6</sub> = 1 มก., Vitamin B<sub>12</sub> = 5 มก., Cu = 4 มก., I =

0.14 มก., Fe = 60 มก., Mn = 2 มก., Zn = 60 มก., Se = 0.1 มก.

(อ้างอิงตาม สารโรซ และ เขามาเลย์, 2523)

3/ Bio 500 plus : สารช่วยย่อยจำหน่ายโดย บ.เวลแล็บ 7/111 ถ.พัฒนาการ

แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250, โทร. 02-3197165-7

4/ Starsidem : สารเพิ่มกลิ่นรสชาติจำหน่ายโดย บ.แกรนสยาม 926/26 ซ.เชลียง 1

ถ.บางนา-ตราด เขตพระโขนง กรุงเทพฯ 10260, โทร. 02-3989144-6

ตารางที่ 8 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบในสูตรอาหารสุกรช่วงน้ำหนัก 80-95 กก.<sup>1/</sup>

|                             | % โปรตีน |         |         |
|-----------------------------|----------|---------|---------|
|                             | 15       | 14      | 13      |
| ข้าวโพด                     | 302.31   | 310.13  | 317.94  |
| รำสักัด                     | 100.0    | 100.0   | 100.0   |
| ปลาย่าน                     | 31.3     | 31.3    | 31.3    |
| กากถั่ว                     | 54.69    | 46.87   | 39.06   |
| Dicalcium phosphate (P 18%) | 2.5      | 2.5     | 2.5     |
| L-lysine                    | 1.0      | 1.0     | 1.0     |
| Methionine                  | 0.26     | 0.26    | 0.26    |
| Premixes <sup>2/</sup>      | 1.0      | 1.0     | 1.0     |
| NaCl                        | 1.5      | 1.5     | 1.5     |
| Rock phosphate (P 16%)      | 4.67     | 4.76    | 4.76    |
| Bio 500 plus <sup>3/</sup>  | 0.38     | 0.38    | 0.38    |
| Starsidem <sup>4/</sup>     | 0.38     | 0.38    | 0.38    |
| รวม                         | 500.00   | 500.00  | 500.00  |
| ปริมาณโภชนาการจากการคำนวณ   |          |         |         |
| โปรตีน (%)                  | 15.2     | 14.31   | 13.41   |
| พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้    |          |         |         |
| (kcal/kg)                   | 3,111.4  | 3,113.8 | 3,116.2 |
| Lysine                      | 1.036    | 0.995   | 0.955   |
| Methionine                  | 0.393    | 0.386   | 0.379   |
| Ca, %                       | 1.31     | 1.308   | 1.305   |

ตารางที่ 8 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบในสูตรอาหารสุกรช่วงน้ำหนัก 80-95 กก.<sup>1/</sup> (ต่อ)

|                | % โปรตีน |       |       |
|----------------|----------|-------|-------|
|                | 15       | 14    | 13    |
| Inorganic-P, % | 0.371    | 0.369 | 0.366 |

1/ อาหารสูตรที่เสริม salbutamol ในระดับ

3 ppm ใช้ salbutamol (0.4%) 0.37 กก./อาหาร 100 กก.

6 ppm ใช้ salbutamol (0.4%) 0.67 กก./อาหาร 100 กก.

2/ ส่วนประกอบของพรีมิกซ์เมื่อผสมแล้ว 1 กก. จะประกอบด้วย Vitamin A = 1,300  
 ใยู, Vitamin D<sub>3</sub> = 150 ใยู, Vitamin E = 11 ใยู, Vitamin K = 0.5  
 มก., Choline 0.3 ก., Folic acid = 0.3 มก., Niacin = 10 มก.,  
 Pantothenic acid = 8 มก., Riboflavin = 2.5 มก., Thiamin = 1.0  
 มก., Vitamin B<sub>6</sub> = 1 มก., Vitamin B<sub>12</sub> = 5 มก., Cu = 4 มก., I =  
 0.14 มก., Fe = 60 มก., Mn = 2 มก., Zn = 60 มก., Se = 0.1 มก.  
 (อ้างอิงตาม สารโรซ และ เขามาลัย, 2523)

3/ Bio 500 plus : สารช่วยย่อยจำหน่ายโดย บ.เวลแล็บ 7/111 ถ.พัฒนาการ  
 แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250, โทร. 02-3197165-7

4/ Starsidem : สารเพิ่มกลิ่นรสชาติจำหน่ายโดย บ.แกรนสยาม 926/26 ซ.เซี่ยง 1  
 ถ.บางนา-ตราด เขตพระโขนง กรุงเทพฯ 10260, โทร. 02-3989144-6

### 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

#### 3.3.1 สมรรถนะการผลิตของสุกร

- บันทึกปริมาณอาหารที่กินตลอดการทดลอง ซึ่งน้ำหนักอาหารที่ให้สุกรทุกครัง และมีการปรับอัตราการให้อาหารตามความต้องการของสัตว์
- บันทึกน้ำหนักสุกรเมื่อเริ่มเข้าการทดลอง และบันทึกน้ำหนักทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยทำการสุ่มสุกร 3 ตัว จากสุกร 15 ตัวในแต่ละคอก และทำการบันทึกน้ำหนักสุกรในวันสุดท้ายก่อนส่งเข้าโรงฆ่า

#### 3.3.2 ส่วนประกอบและคุณภาพของซาก

- วัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (*Longissimus dorsi*) ที่ซี่โครงซี่ที่ 10
- วัดความหนาไขมันสันหลังโดยเฉลี่ย โดยวัดจาก 3 จุด ได้แก่ ซี่โครงซี่แรกสุด (first rib) ซี่โครงซี่สุดท้าย (last rib) และกระดูกสันหลังข้อสุดท้าย (last lumbar) ของสุกร
- วัดจากสุกรในซ้ำ (Replication) ที่ 3 และ 4 โดยทำการสุ่มวัดจากสุกรทั้งหมด 18 ตัว

#### 3.3.3 ผลตกค้างของ salbutamol ในสุกร

- เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ salbutamol โดยเจาะเก็บตัวอย่างเลือดจากหลอดเลือดดำ (jugular vein) ในวันสุดท้ายที่สัตว์ได้รับอาหารที่มี salbutamol และในลุ่มที่ให้ salbutamol เก็บตัวอย่างเลือดทุกวันจนส่งเข้าโรงฆ่า
- เก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อ คือ เนื้อ ไขมัน ตับ ไต ของกลุ่มที่ได้รับ salbutamol ที่ระดับ 3, 6 ppm ในอาหารสูตร 15-14% CP (T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>) ที่ระยะงคให้ salbutamol 0, 3 และ 7 วัน เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของ salbutamol ที่ตกค้าง

### 3.4 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณของ salbutamol

#### 3.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณ salbutamol ใน plasma ของสุกร

1. นำตัวอย่างเลือดที่เจาะได้จากสุกรมาปั่นแยก plasma ออก โดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงที่ 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที

2. นำตัวอย่าง plasma ที่ได้จากการปั่นแยกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ  $-40^{\circ}\text{C}$  เพื่อรอการวิเคราะห์

#### 3. วิธีการสกัด salbutamol จากพลาสมา

ใช้วิธีการสกัดแบบ solid extraction โดยใช้ cartridge สำเร็จรูปของบริษัท Alltech<sup>1/</sup> ซึ่งมีวิธีการดังนี้คือ

- 1) ล้าง cartridge ด้วย Methanol 2 ml.
- 2) ล้าง cartridge ด้วย  $\text{H}_2\text{O}$  2 ml.
- 3) นำ plasma 1 ml. ผ่าน cartridge
- 4) ล้าง cartridge ด้วย  $\text{H}_2\text{O}$  1 ml.
- 5) ชะ salbutamol จาก cartridge ด้วย acid methanol (0.04%) ปริมาณ 1 ml. (acetic acid 0.1 N 0.4 ml.: methanol 1,000 ml)
- 6) นำสารละลายที่ได้จากข้อ 5 มาทำให้แห้ง โดยเป่าด้วยลม และ ตั้งบน water bath ที่อุณหภูมิ  $30^{\circ}\text{C}$
- 7) เติมน้ำลงในปริมาณ 100  $\mu\text{l}$

8) นำไปวิเคราะห์หาปริมาณของ salbutamol ด้วยวิธี HPLC

4. นำ salbutamol ที่สกัดได้มาวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง HPLC ซึ่งมี condition ดังนี้คือ ใช้เครื่อง Perkin Elmer รุ่น LC-235 Diode array detection และใช้ Colum รุ่น Spherisorb 5 OD5(2) 150 x 4.6 mm โดย

<sup>1/</sup> Alltech Cat No. 205000 C<sub>18</sub> 100 mg 1.0 ml

Mobile phase คือ 40 mM ของ sodium hydrogen phosphate, 9% Acetonitrile และปรับ pH ที่ 3.0 โดยใช้ Phosphoric acid และให้อัตราการไหลของ mobile phase ที่ 1 ml/min

### 3.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณของ salbutamol ในเนื้อเยื่อ เนื้อ ตับ ไช้ และไต

1. นำตัวอย่างเนื้อเยื่อที่ได้จากสุกร (เนื้อ ไช้ ตับ และไต) ที่เก็บจากโรงฆ่า เก็บไว้ที่อุณหภูมิ  $-40^{\circ}\text{C}$  เพื่อรอการวิเคราะห์
2. นำเนื้อเยื่อที่แช่แข็งมาตึงให้อ่อนตัว(thaw) ที่อุณหภูมิ  $30^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 3-4 ชั่วโมง
3. ตัดเนื้อเยื่อเป็นชิ้นๆประมาณ 3-5 กรัม แล้วนำไปปั่นละเอียดด้วยเครื่อง Homogenizer ที่ความเร็ว 15,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 7 นาที
4. ชั่งน้ำหนักของเนื้อเยื่อที่ได้จากกระบวนการปั่นละเอียด ให้น้ำหนัก 1.0 กรัม
5. เติม 0.01 N HCl ลงไปในเนื้อเยื่อที่ชั่ง 1.0 g ให้น้ำหนัก 10 g
6. เขย่าให้เข้ากัน โดยแต่ละตัวอย่างเขย่านาน 1 นาที
7. นำตัวอย่างที่ได้ไปปั่นด้วยเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 3,500 รอบ/นาที นาน 10 นาที
8. ใช้ supernatant 1 ml เพื่อนำมาผ่านกระบวนการสกัดโดยวิธี solid extraction เหมือนวิธีที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.1
9. นำตัวอย่างที่ได้จากการสกัดไปวิเคราะห์ด้วย HPLC ดังวิธีที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.1

### 3.5 ข้อมูลที่ศึกษา

1. อัตราการเพิ่มน้ำหนัก
2. ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว

3. พื้นที่หน้าตัด เนื้อสันและความหนาไขมันสันหลัง
4. ปริมาณ salbutamol ในพลาสมา หลังจากที่ได้รับ salbutamol เป็นระยะเวลาแตกต่างกัน (0, 1, 2, 3, 4, 5, 7 วัน)
5. ปริมาณ salbutamol ในเนื้อเยื่อ เนื้อ ไขมัน ตับ และไต ที่ระดับของ salbutamol ที่สัตว์ได้รับ และระยะการงดให้ salbutamol แตกต่างกัน (0, 3, 7) วัน

### 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ศึกษาโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ดังที่ระบุไว้โดย Cochran and Cox (1957)

### 3.7 สถานที่ทำการวิจัย

- ฟาร์มทดลอง ทำการทดลองที่ เอ็ม ดับบลิว ฟาร์ม ถ. เหล่านาคี อ. เมือง จ. ชอนแก่น
- ห้องปฏิบัติการสัตววิทยาของสัตว์เลี้ยง ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ห้องปฏิบัติการไมโครคอมพิวเตอร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ห้องปฏิบัติการงานบริการวิชาการและวิจัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

### 3.8 ระยะเวลาทำการวิจัย

- การทดลองในฟาร์ม ระหว่างช่วงวันที่ 8 มกราคม - 5 มีนาคม 2537 โดยแบ่งออกเป็นทำการทดลองในซ้ำที่ 1 และ 2 ระหว่างวันที่ 8 มกราคม 2537 ถึง 20 กุมภาพันธ์ 2537 และการทดลองในซ้ำที่ 3 และ 4 ระหว่างวันที่ 22 กุมภาพันธ์ 2537 ถึงวันที่ 5 มีนาคม 2537 ซึ่งใช้ระยะเวลาการเลี้ยงในแต่ละซ้ำเฉลี่ย 43 วัน
- การวิเคราะห์ salbutamol ในห้องปฏิบัติการ ระหว่างวันที่ 1-30 เมษายน 2537

### ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองในครั้งนี้นำศึกษาถึงผลของระดับการใช้ salbutamol และระดับโปรตีนในอาหารที่มีต่อสมรรถนะการผลิตของสุกร และผลตกค้างของ salbutamol ในเนื้อเยื่อต่างๆเมื่อคงใช้เป็นระยะเวลาต่างๆกัน ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

#### 4.1 อิทธิพลของโปรตีนต่อสมรรถนะการผลิตของสุกร

จากการทดลองให้สุกรได้รับอาหารที่ประกอบด้วยโปรตีนระดับ 16-15, 15-14 และ 14-13% ในสุกรช่วงน้ำหนักระหว่าง 60-80 กก. และ 80-110 กก. พบว่าระดับโปรตีนในอาหารทั้ง 3 สูตร ไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (FCR) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 9 และภาพที่ 6

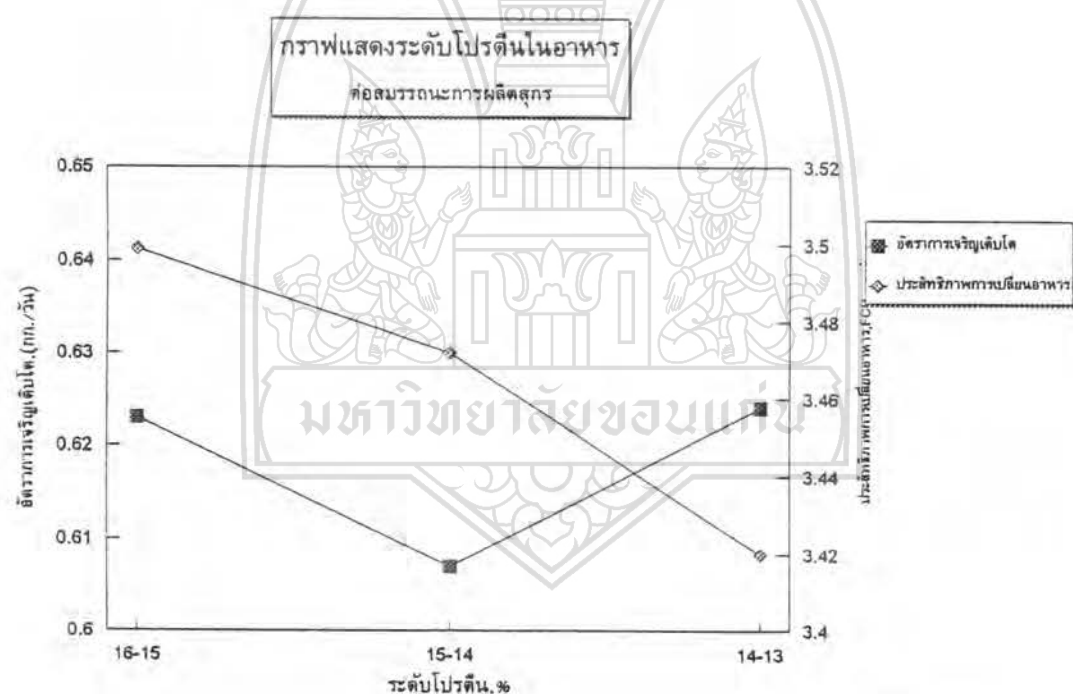
จากตารางที่ 9 ซึ่งแสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารต่อ ADG และ FCR ของสุกร พบว่าอิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารไม่ทำให้ ADG และ FCR แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > .05$ )

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางที่ 9 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร

|                            | ระดับโปรตีนในสูตรอาหาร % |                    |                    |       |
|----------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                            | 16-15                    | 15-14              | 14-13              | C.V.% |
| อัตราการเจริญเติบโต (กก.)  | 0.623 <sup>a</sup>       | 0.607 <sup>a</sup> | 0.624 <sup>a</sup> | 18.78 |
| ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร | 3.499 <sup>a</sup>       | 3.472 <sup>a</sup> | 3.420 <sup>a</sup> | 20.96 |

<sup>a</sup> ค่าเฉลี่ยในบรรทัดเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่  $P < 0.05$



ภาพที่ 6 แสดงผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตสุกร

เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาให้อาหารแบบจำกัด และระดับโปรตีนแตกต่างกันเพียง 1% ในแต่ละกลุ่มการทดลอง จึงอาจเป็นผลทำให้ไม่มีค่าความแตกต่างทางสถิติในแง่อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกร ซึ่งงานทดลองของ Mersmann และคณะ (1987) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างผลของ cimaterol กับระดับโปรตีนในอาหารสุกร (14% vs 18%) พบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับต่ำ (14%) ผลของ cimaterol ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลง แต่ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนกลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับสูง (18%) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตและการสร้างกล้ามเนื้อสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนต่ำ อย่างไรก็ตามงานทดลองของ Mersmann และคณะ (1987) เป็นการให้อาหารแบบเต็ม ที่ ซึ่งอาจทำให้ผลที่ได้รับแตกต่างจากงานทดลองนี้ซึ่งเป็นการให้อาหารแบบจำกัด แต่หากมองในแง่ความคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจแล้วโปรตีนระดับ 14% ในสุกรช่วง 60-80 กก. และ 13% ในสุกรช่วง 80-110 กก. น่าจะมีความเหมาะสมในด้านต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสุกรในกลุ่มอื่น แต่อย่างไรก็ตามควรจะมีการศึกษาต่อไปในกรณีที่มีการให้อาหารแบบเต็ม ที่ว่าที่โปรตีนระดับใดจึงจะเหมาะสมในการผลิตสุกรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

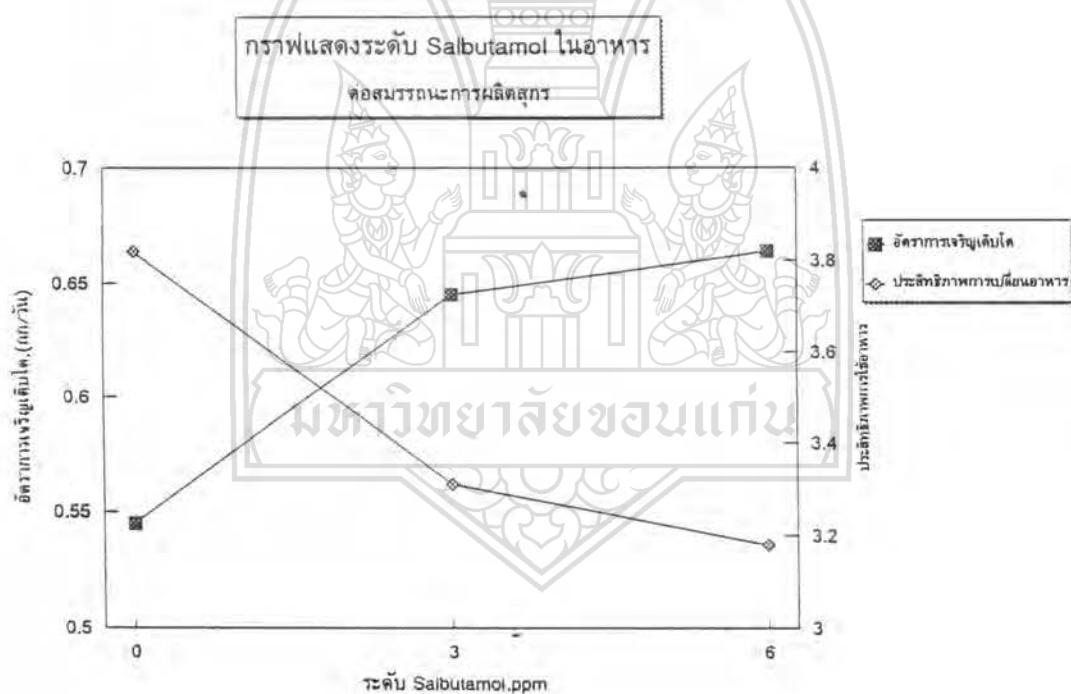
#### 4.2 อิทธิพลของ salbutamol (0, 3 และ 6 ppm) ในอาหาร ต่ออัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของสุกร

จากการทดลองให้สุกรได้รับอาหารที่มี salbutamol 3 ระดับ ที่ระดับ 0, 3 และ 6 ppm ในสุกรน้ำหนักระหว่าง 60-110 กก. ผลผลของ salbutamol ต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงอิทธิพลของ salbutamol ที่ระดับต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของสุกร

|                            | ระดับ salbutamol ในอาหาร, ppm |                    |                    | C.V.% |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                            | 0                             | 3                  | 6                  |       |
| อัตราการเจริญเติบโต (kg)   | 0.545 <sup>a</sup>            | 0.645 <sup>b</sup> | 0.664 <sup>b</sup> | 18.78 |
| ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร | 3.82 <sup>a</sup>             | 3.31 <sup>ab</sup> | 3.18 <sup>b</sup>  | 20.96 |

a, b ค่าเฉลี่ยในบรรทัดเดียวกันที่มีตัวอักษรต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่  $P < .05$



ภาพที่ 7 แสดงผลของระดับ salbutamol ในอาหารต่อสมรรถนะการผลิตสุกร

จากตารางที่ 10 พบว่าอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol ระดับ 3 และ 6 ppm มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มควบคุม (0 ppm) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < .05$ ) คือ มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 0.645, 664 vs. 0.545 กก./วันตามลำดับ ส่วนสุกรกลุ่มที่ได้ salbutamol 3 และ 6 ppm มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > .05$ )

ส่วนประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร พบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 6 ppm มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับ salbutamol ที่ระดับ 3 ppm คือ 3.18 vs 3.82 และ 3.18 vs 3.31 ตามลำดับ และสำหรับสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 3 ppm พบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 3.311 vs 3.815 ( $P > .05$ )

จากการทดลองในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า salbutamol มีผลในด้านการปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโต โดยมีอัตราการเจริญเติบโต 664 และ 645 กรัม/วัน ในกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 6 และ 3 ppm เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเพียง 545 กรัม/วัน ( $P < .01$ ) ซึ่งตรงกันกับงานทดลองของ Warriss และคณะ (1990) ซึ่งใช้ salbutamol ที่ระดับ 2.7 ppm ในอาหาร พบอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น 880 vs 840 กรัม/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม หรือ Mersmann และคณะ (1987) ใช้ cimaterol 0.5 ppm ในอาหาร พบอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้นที่ 790 vs 757 กรัม/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม หรือ Fremaut และ Broeck (1991) ซึ่งใช้ clenbuterol 1.0 ppm ในอาหาร พบอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้นที่ 795 vs 703 กรัม/วัน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลของ salbutamol ต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร พบว่าในกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 6 และ 3 ppm มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > .05$ ) คือ มี FCR เท่ากับ 3.31, 3.18 vs. 3.82 ตามลำดับ สำหรับงานทดลองของนักวิจัยอื่น เช่น Adeola และคณะ (1990) ซึ่งใช้ ractopamine ระดับ 20 ppm พบประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มควบคุม คือ FCR เท่ากับ 2.56 vs. 3.2 หรือ Fremaut และ Broeck (1991) ทดลองใช้ clenbuterol

1.0 ppm พบประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มควบคุม คือ FCR เท่ากับ 3.13 vs. 3.48 โดยในส่วนของงานทดลองของนักวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น เป็นการทดลองแบบการให้อาหารเต็มที่ ซึ่งพบว่าสาร  $\beta$ -adrenergic agonist มีผลทำให้การกินได้ลดลง โดย Adeola และคณะ (1990) และ Fremaut และ Broeck (1991) พบการกินได้ลดลงประมาณ 15% และ 3% ตามลำดับ ฉะนั้นการทดลองศึกษาผลของ salbutamol ต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารคราวต่อไป น่าจะมีการศึกษาถึงการให้อาหารแบบเต็มที่ เปรียบเทียบกับการให้อาหารแบบจำกัด เพื่อหาว่าวิธีการใดจะให้ผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจสูงสุด

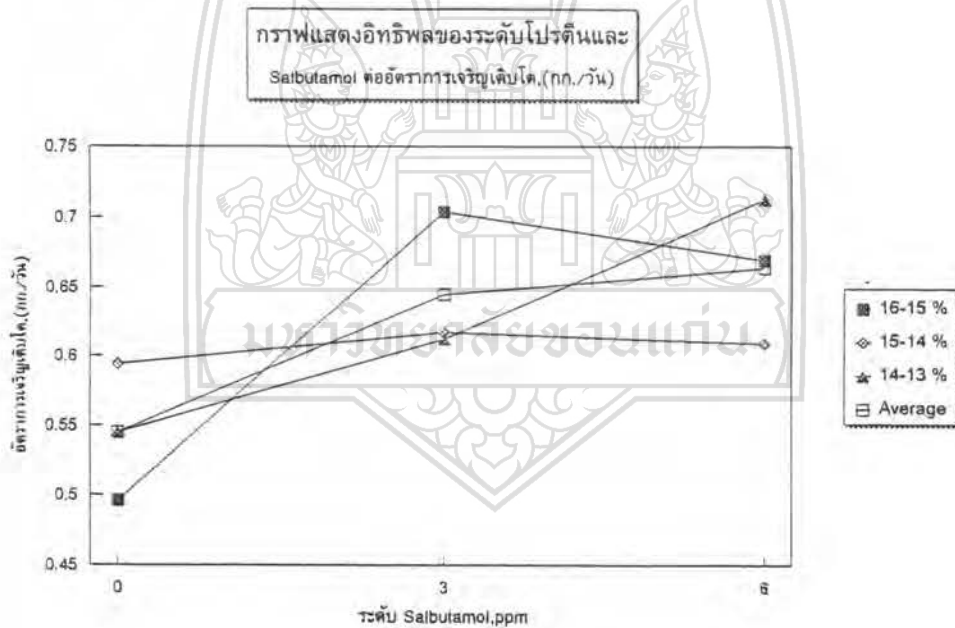
#### 4.3 ปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนกับ salbutamol ต่ออัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของสุกร

จากการศึกษาในครั้งนี้นพบว่า ไม่มีปฏิริยาสัมพันธ์(interaction) ระหว่างโปรตีนกับ salbutamol ต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (ตารางผนวกที่ 5, 8) หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งคือ การเพิ่มระดับของโปรตีนในอาหารที่ระดับ salbutamol 3, 6 ppm จะไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเปลี่ยนแปลงแตกต่างไปจากผลตอบสนองที่ 0 ppm ซึ่งอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่ออัตราการเจริญเติบโตดังแสดงในตารางที่ 11 และภาพที่ 8 และอิทธิพลของระดับโปรตีนของ salbutamol ต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดังแสดงในตารางที่ 12 และภาพที่ 9

ตารางที่ 11 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่ออัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัม/วัน)

| ระดับ salbutamol<br>(ppm) | ระดับโปรตีนในอาหาร, % |                    |                    | AVG <sup>2/</sup>  |
|---------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                           | 16-15                 | 15-14              | 14-13              |                    |
| 0                         | 0.496                 | 0.594              | 0.545              | 0.545 <sup>A</sup> |
| 3                         | 0.704                 | 0.617              | 0.612              | 0.644 <sup>B</sup> |
| 6                         | 0.669                 | 0.609              | 0.713              | 0.664 <sup>B</sup> |
| AVG <sup>1/</sup>         | 0.623 <sup>a</sup>    | 0.607 <sup>a</sup> | 0.624 <sup>a</sup> | 0.618              |

1/, 2/ ค่าเฉลี่ยในบรรทัดและแถวที่ต่างกันด้วยตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่  $P < .05$



ภาพที่ 8 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่ออัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัม/วัน)

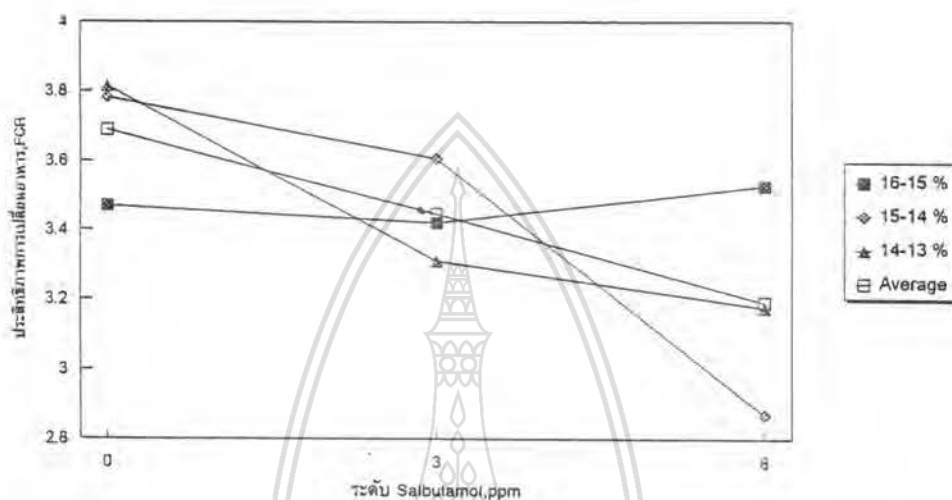
จากตารางที่ 11 และภาพที่ 8 พบว่าระดับโปรตีนในอาหารที่เพิ่มขึ้น (14-13, 15-14, 16-15%) ไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.624, 0.607, 0.623 กก./วัน) แต่ salbutamol มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโต คือ ในสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 6 และ 3 ppm มีอัตราการเจริญเติบโต .664 และ .645 กก./วัน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < .05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับ กลุ่มควบคุม ซึ่งมีอัตราการเจริญเติบโตเพียง .545 กก./วัน สำหรับผลของ salbutamol ต่ออัตราการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นนั้น อาจเป็นผลเนื่องจากการทำงานของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ที่เข้าไปในทิศทางเดียวกันกับฮอร์โมนโซมาโตโทรปิน โดยจะทำหน้าที่ตรงข้ามกับอินซูลิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ ฤทธิ์ในการกระตุ้นการสลายไขมัน แต่ในขณะเดียวกันจะยับยั้งการสร้างไขมัน ซึ่งผลของการกระตุ้นการสลายไขมันเป็นการช่วยให้สุกรมีพลังงานอย่างเพียงพอในการเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ พอเหมาะกับความสามารถทางพันธุกรรมที่สุกรมีอยู่

ตารางที่ 12 แสดงอิทธิพลของโปรตีนและ salbutamol ต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร

| ระดับ salbutamol<br>(ppm) | ระดับโปรตีนในอาหาร, % |                    |                    | AVG <sup>2/</sup>   |
|---------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|                           | 16-15                 | 15-14              | 14-13              |                     |
| 0                         | 3.470                 | 3.783              | 3.815              | 3.815 <sup>A</sup>  |
| 3                         | 3.420                 | 3.606              | 3.311              | 3.311 <sup>AB</sup> |
| 6                         | 3.526                 | 2.870              | 3.177              | 3.177 <sup>B</sup>  |
| AVG <sup>1/</sup>         | 3.411 <sup>a</sup>    | 3.472 <sup>a</sup> | 3.420 <sup>a</sup> | 3.434               |

1/, 2/ ค่าเฉลี่ยในบรรทัดและแถวที่มีตัวอักษรที่กำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่  $P < .05$

กราฟแสดงอิทธิพลของระดับ โปรตีนและ  
Salbutamol ต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร,FCR



ภาพที่ 9 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร

จากตารางที่ 12 และภาพที่ 9 พบว่าระดับโปรตีนในอาหารที่เพิ่มขึ้น (14-13, 15-14, 16-15%) ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (3.420, 3.472, 3.411) ตามลำดับ แต่ salbutamol มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร คือ ในสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 6 ppm มีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < .05$ ) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับ salbutamol ที่ระดับ 3 ppm คือ 3.18 vs 3.82 และ 3.18 vs 3.31 ตามลำดับ สำหรับในสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 3 ppm พบว่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 3.311 vs 3.815

โดยภาพรวมพบว่า ระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเสริม salbutamol ในอาหาร ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น ซึ่งตรงกัน

กับงานทดลองของ Warriss และคณะ (1990) ซึ่งพบว่าอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้น 5% แต่ขัดแย้งกับงานทดลองของ Chizzolini และคณะ (1989) ซึ่งพบว่า salbutamol ที่ระดับ 3 ppm ทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยลดลง 2-6% แต่มีข้อสังเกตว่างานทดลองนี้สุกรมีอัตราการกินได้ลดลง 13% และประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น 8-11% อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่าการทดลองในครั้ง<sup>๕</sup>นี้ซึ่งทำการให้อาหารแบบจำกัด ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ผลตอบสนองของการใช้ salbutamol ต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและอัตราการเจริญเติบโตดีขึ้นเฉลี่ย 15-20% และ 15-18% ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากการที่ salbutamol มีฤทธิ์ในการทำงานคล้ายฮอร์โมนในกลุ่ม catecholamine เช่น ยับยั้งการหลั่งของอินซูลิน ส่งเสริมกระบวนการสลายไขมัน ส่งเสริมกระบวนการสลายไกลโคเจนในตับไปเป็นกลูโคส ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนี้เป็นการแบ่งพลังงานในส่วนที่สัตว์จะนำไปสะสมไว้ ออกมาใช้เป็นพลังงานสำหรับการดำรงชีพและส่งเสริมอัตราการเจริญเติบโต ซึ่งบางครั้งจึงมีการเรียกสารในกลุ่ม  $\beta$ -adrenergic agonist นี้ว่าเป็นสาร repartitioning agent

#### 4.4 อิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารต่อคุณภาพซากของสุกร

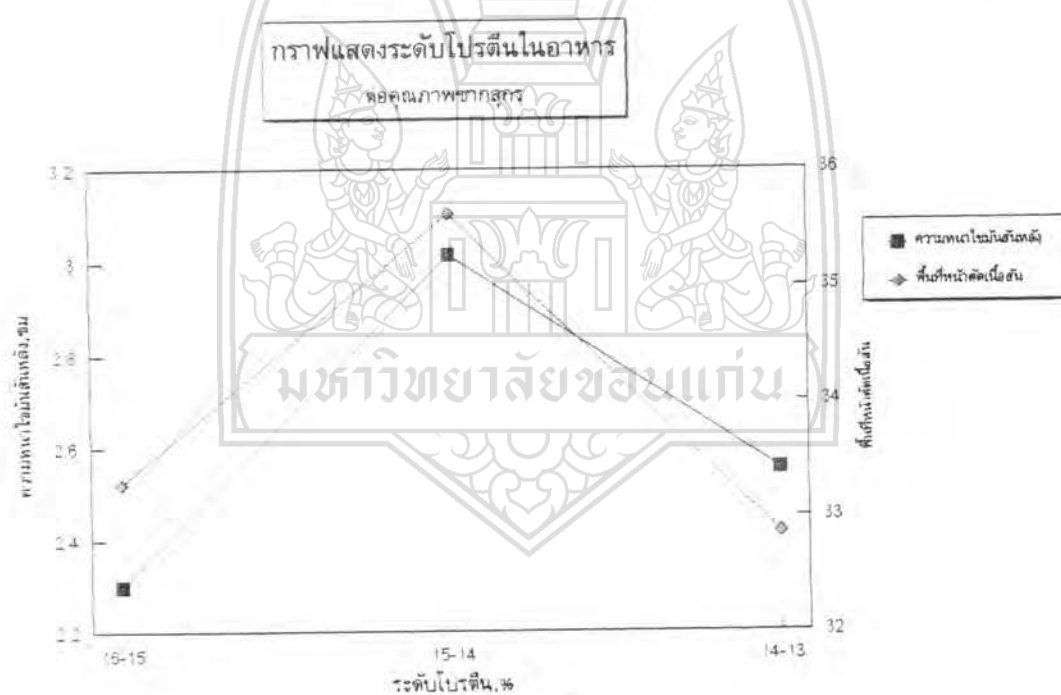
การทดลอง<sup>๕</sup>ครั้งนี้มีทั้งหมด 9 treatment และทำการทดลอง 4 ซ้ำ โดยจัดการทดลองเป็นแบบ 3 x 3 factorial design โดยมี factor คือ ระดับโปรตีน 3 ระดับ และระดับ salbutamol 3 ระดับ แต่สำหรับการวัดอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อคุณภาพซากของสุกร ทำการวัดจากสุกรในซ้ำที่ 3 และ 4 เท่านั้น โดยเป็นสุกรเพศผู้จากซ้ำที่ 3 และสุกรเพศเมียจากซ้ำที่ 4 ทั้งนี้เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านปริมาณของสุกรที่สามารถส่งเข้าโรงฆ่าได้มีจำนวนจำกัด ฉะนั้นจึงได้ข้อมูลจากสุกรทั้งหมด 18 ตัว

อิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารต่อความหนาไขมันสันหลังโดยเฉลี่ย และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของสุกร ดังแสดงในตารางที่ 13 และภาพที่ 10

ตารางที่ 13 แสดงอิทธิพลของโปรตีนในอาหารต่อความหนาไขมันสันหลังโดยเฉลี่ย และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน

|                                            | ระดับโปรตีนในอาหาร, % |                     |                     | C.V., % |
|--------------------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------|
|                                            | 16-15                 | 15-14               | 14-13               |         |
| ความหนาไขมันสันหลังโดยเฉลี่ย (ซม.)         | 2.299 <sup>b</sup>    | 3.018 <sup>a</sup>  | 2.555 <sup>ab</sup> | 15.13   |
| พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ซม. <sup>2</sup> ) | 33.287 <sup>a</sup>   | 35.618 <sup>a</sup> | 32.862 <sup>a</sup> | 16.06   |

a, b ค่าเฉลี่ยในบรรทัดเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่  $P < .05$



ภาพที่ 10 แสดงผลของระดับโปรตีนในอาหารต่อคุณภาพซากของสุกร

จากตารางที่ 13 เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระดับโปรตีนในอาหารต่อความหนาไขมัน  
สันหลังโดยเฉลี่ยและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันแล้ว พบว่าระดับโปรตีนในอาหารที่ (16-15,  
15-14, 14-13%) ไม่มีผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน คือ  
33.287, 35.618 และ 32.862 ตามลำดับ ( $P>0.05$ ) ส่วนผลของระดับโปรตีนในอาหาร  
ต่อความหนาไขมันสันหลังโดยเฉลี่ย พบว่าในกลุ่มสุกรกลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับสูง คือ  
16-15% มีความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยต่ำสุด คือ 2.299 ซม. ซึ่งเป็นความแตกต่างที่มีนัย  
สำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มสุกรที่ได้รับอาหารโปรตีนระดับ 15-14,  
14-13% คือ 2.299 vs. 3.018 และ 2.555 ซม.ตามลำดับ สำหรับความหนาไขมัน  
สันหลังของสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 15-14 และ 14-13% ไม่มีความแตกต่างกัน  
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) (2.299 vs 2.555 ซม.) ซึ่งอาจเป็นเพราะการ  
ศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการให้อาหารสุกรแบบจำกัด และระดับของโปรตีนในอาหารไม่แตกต่าง  
กันมากนัก คือ แตกต่างกันเพียง 2% ในกลุ่มสูงสุดและต่ำสุด ฉะนั้นจึงอาจไม่เห็นความ  
แตกต่างในด้านคุณภาพซากของสุกรอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าสุกร  
กลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับต่ำ คือ 14-13% ให้ผลการตอบสนองไม่แตกต่างในด้านพื้นที่หน้าตัด  
เนื้อสันกับกลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับสูง ฉะนั้นเมื่อพิจารณาในเชิงปฏิบัติแล้ว การให้อาหาร  
โปรตีนระดับ 14-13% น่าจะเป็นระดับที่ทำให้ได้รับผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจสูงสุดในกรณีที่  
มีการให้อาหารแบบจำกัด แต่อย่างไรก็ตามในกรณีให้อาหารแบบเต็มกับสุกร ควรมีการ  
ศึกษาต่อไปว่าระดับโปรตีนใดจึงจะเหมาะสมในการผลิตสุกรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

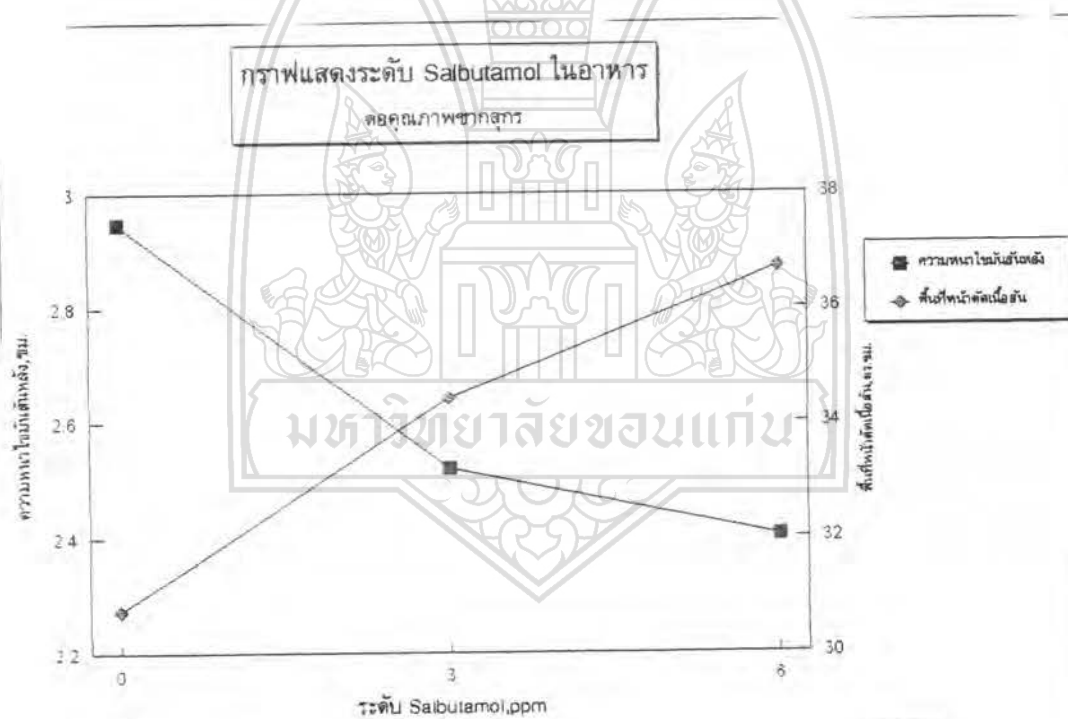
#### 4.5 อิทธิพลของ salbutamol ในอาหารต่อคุณภาพซากของสุกร

อิทธิพลของ salbutamol ในอาหารต่อความหนาไขมันสันหลังโดยเฉลี่ย และพื้นที่  
หน้าตัดเนื้อสันของสุกร ดังแสดงในตารางที่ 14 และภาพที่ 11

ตารางที่ 14 แสดงอิทธิพลของระดับ salbutamol ในอาหาร ต่อความหนาไขมันสันหลัง โดยเฉลี่ย และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน

|                                            | ระดับ salbutamol ในอาหาร, ppm |                      |                     | C.V.% |
|--------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|-------|
|                                            | 0                             | 3                    | 6                   |       |
| ความหนาไขมันสันหลังโดยเฉลี่ย (ซม.)         | 2.946 <sup>a</sup>            | 2.520 <sup>a,b</sup> | 2.405 <sup>b</sup>  | 15.13 |
| พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ซม. <sup>2</sup> ) | 30.733 <sup>a</sup>           | 34.427 <sup>a</sup>  | 36.707 <sup>a</sup> | 16.06 |

a, b ค่าเฉลี่ยในบรรทัดเดียวกันที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่  $P < .05$



ภาพที่ 11 แสดงผลของ salbutamol ต่อคุณภาพซากของสุกร

จากตารางที่ 14 เมื่อพิจารณาอิทธิพลของระดับ salbutamol ในอาหาร ต่อความหนาไขมันเส้นหลังโดยเฉลี่ยและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันแล้ว พบว่าระดับ salbutamol ในอาหารไม่ทำให้พื้นที่หน้าตัดซากเนื้อสันของสุกรทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) แต่อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol ระดับ 3 และ 6 ppm มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันใหญ่ขึ้นตามลำดับ สำหรับอิทธิพลของ salbutamol ต่อความหนาไขมันเส้นหลังโดยเฉลี่ย พบว่าความหนาของไขมันเส้นหลังของสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 0, 3 และ 6 ppm ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) คือ มีค่าความหนาของไขมันเส้นหลัง 2.950, 2.519 และ 2.409 มม. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว พบว่าเมื่อระดับ salbutamol ในอาหารเพิ่มขึ้น ไม่มีผลทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อระดับ salbutamol ในอาหารเพิ่มขึ้น พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะกลไกการทำงานของสารในกลุ่ม  $\beta$ -adrenergic agonist ที่สามารถทำให้อัตราการสังเคราะห์โปรตีนมีอัตราสูงจากกลุ่มควบคุม ซึ่งจะส่งผลทำให้อัตราการสะสมโปรตีนในกล้ามเนื้อสูงขึ้น (Anderson และคณะ, 1984) และนอกจากนี้ยังไม่มีผลทำให้เอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อซึ่งได้แก่ cathepsin protease และ calcium dependent proteinase เปลี่ยนแปลง (Werner และคณะ, 1989) ซึ่งตรงกับงานทดลองของ Dalrymple และคณะ (1984); Moser และคณะ (1986); Cole และคณะ (1987); Hancock และคณะ (1987); Prince และคณะ (1987); Weerden และคณะ (1987); Wood และ Brown (1987); Cromwell และคณะ (1988) และ Chizzolini และคณะ (1989)

ในส่วนของความหนาไขมันเส้นหลังเมื่อระดับ salbutamol เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่ระดับ salbutamol สูงสุด 6 ppm ทำให้ความหนาไขมันเส้นหลังโดยเฉลี่ยต่ำสุด และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มควบคุม ( $P < 0.05$ ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อระดับ salbutamol เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความหนาไขมันเส้นหลังลดลงตามลำดับ ซึ่งตรงกับงานทดลองของ Dalrymple และคณะ (1984); Moser และคณะ (1986); Weerden (1987); Wood และ Brown (1987); Cromwell และคณะ (1988) และ Chizzolini และคณะ (1987) ทั้งนี้เนื่องจากการที่สารในกลุ่ม  $\beta$ -adrenergic agonist มีฤทธิ์ในการกระตุ้นกระบวนการสลายไขมัน โดยจะกระตุ้นการทำงานของระบบ

adenylate cyclase ทำให้เกิดการผลิต cAMP ซึ่ง cAMP นี้จะเป็นตัวกลางในการกระตุ้นเอ็นไซม์ lipase จากรูป inactive ให้แปรเป็นรูป active สามารถทำงานในการย่อยไขมันภายในเซลล์ไขมันได้ (Mersmann, 1990) และนอกจากนี้ยังมีผลต่อการยับยั้งการทำงานของอินซูลิน ซึ่งอินซูลินมีหน้าที่ส่งเสริมกระบวนการขนส่งกลูโคสเข้าสู่เซลล์ไขมัน และจะนำไปสู่การกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ไขมัน โดยในส่วนของ  $\beta$ -adernergic agonist จะยับยั้งการทำงานของอินซูลิน โดยมีผลทำให้การจับกันของอินซูลินกับรีเซพเตอร์ลดลง 20% (Liu และคณะ, 1987) ฉะนั้นเมื่อพิจารณาถึงผลของการใช้ salbutamol ต่อความคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจแล้ว การใช้ salbutamol ระดับ 6 ppm น่าจะมีความเหมาะสมที่สุด เพราะมีผลทำให้ความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยต่ำสุด ( $P < .05$ ) และถึงแม้ว่าพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่ม 6 ppm กับกลุ่ม 0, 3 ppm แต่มีแนวโน้มว่าพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของกลุ่ม 6 ppm มีปริมาณสูงกว่า แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ โดยเฉพาะด้านคุณภาพซากสามารถทำการวัดได้จากสุกรจำนวนจำกัด 18 ตัว ทั้งนี้เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านปริมาณสุกรที่ส่งเข้าโรงฆ่า ข้อมูลที่ได้จึงยังไม่เพียงพอในการวิเคราะห์ให้เห็นความแตกต่างทางสถิติอย่างชัดเจน ฉะนั้นควรมีการเพิ่มจำนวนสัตว์ให้มากขึ้นในการทดลองครั้งต่อไป

#### 4.6 ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนกับ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกร

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ไม่มีปฏิกริยาสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างโปรตีนกับ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกร (ตารางผนวกที่ 12, 15) หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งคือ การเพิ่มระดับของโปรตีนในอาหารที่ระดับ salbutamol 3, 6 ppm จะไม่ทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกรเปลี่ยนแปลงแตกต่างไปจากผลตอบสนองที่ 0 ppm ซึ่งอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันดังแสดงในตารางที่ 15 และภาพที่ 12 และอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อความหนาไขมันสันหลังดังแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 13

ตารางที่ 15 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของสุกร (พร.ชม.)

| ระดับ<br>salbutamol<br>(ppm) | ระดับโปรตีนในอาหาร, % |                     |                     | AVG <sup>2</sup>    |
|------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                              | 16-15                 | 15-14               | 14-13               |                     |
| 0                            | 28.670                | 30.462              | 33.069              | 30.733 <sup>A</sup> |
| 3                            | 33.885                | 38.119              | 31.277              | 34.427 <sup>A</sup> |
| 6                            | 37.304                | 38.282              | 34.535              | 36.707 <sup>A</sup> |
| AVG <sup>1</sup>             | 33.287 <sup>a</sup>   | 35.618 <sup>a</sup> | 32.862 <sup>a</sup> |                     |

1/, 2/ ค่าเฉลี่ยในบรรทัดและแถวหนึ่งตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่  $P < .05$



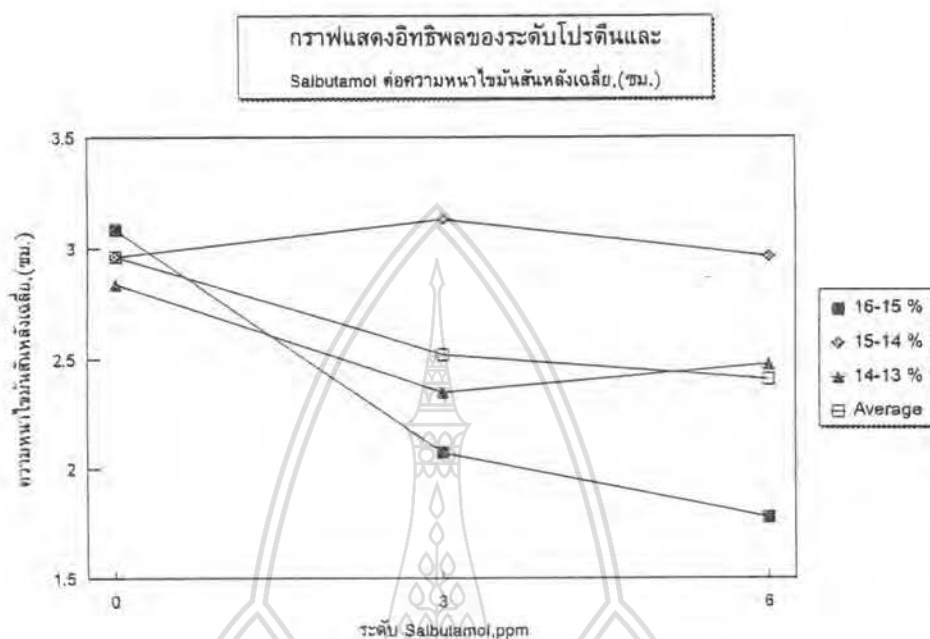
ภาพที่ 12 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของสุกร (พร.ชม.)

จากตารางที่ 15 และภาพที่ 12 พบว่าระดับโปรตีนและ salbutamol ในอาหารที่เพิ่มขึ้น (14-13, 15-14, 16-15%) vs (0, 3, 6 ppm) ไม่ทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (32.862, 35.618, 33.287 ตร.ซม.) และ (30.733, 34.427, 36.707 ตร.ซม.) ตามลำดับ แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อระดับ salbutamol เพิ่มขึ้น มีผลทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะที่ระดับโปรตีนสูง (16-15%) ระดับ salbutamol ในอาหารที่เพิ่มขึ้น (0, 3, 6 ppm) ทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันใหญ่ขึ้นตามระดับ salbutamol ที่เพิ่มขึ้น คือ 28.670, 33.883 และ 37.304 ตร.ซม. ตามลำดับ ซึ่งตรงกันกับงานทดลองของ Adeola และคณะ (1992) ซึ่งพบว่าที่ระดับโปรตีนสูงจะทำให้ผลตอบสนองต่อการใช้  $\alpha$ -adrenergic agonist ได้ดีที่สุด ทั้งนี้ Emery และคณะ (1984) และ Helferich และคณะ (1988) สันนิษฐานว่า การสะสมโปรตีนที่เพิ่มขึ้นน่าจะเป็นผลมาจากการที่ร่างกายสัตว์มีการสร้างโปรตีนมากขึ้น หรือในทางตรงข้าม Reeds และคณะ (1986, 1988) และ Bohorov และคณะ (1987) ซึ่งรายงานว่าการสะสมโปรตีนที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลเนื่องจากการสลายโปรตีนที่ลดลง หรืออาจเป็นไปได้ทั้งสองกรณี

ตารางที่ 16 แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อความหนาแน่นสันหลังเฉลี่ย (ซม.)

| ระดับ<br>salbutamol<br>(ppm) | ระดับโปรตีนในอาหาร, % |                    |                     | AVG <sup>2/</sup>   |
|------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
|                              | 16-15                 | 15-14              | 14-13               |                     |
| 0                            | 3.048                 | 2.964              | 2.837               | 2.950 <sup>A</sup>  |
| 3                            | 2.074                 | 3.132              | 2.350               | 2.519 <sup>AB</sup> |
| 6                            | 1.778                 | 2.963              | 2.477               | 2.409 <sup>B</sup>  |
| AVG <sup>1/</sup>            | 2.299 <sup>b</sup>    | 3.018 <sup>a</sup> | 2.550 <sup>ab</sup> | 2.625               |

1/, 2/ ค่าเฉลี่ยในบรรทัดและแถวที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่



**ภาพที่ 13** แสดงอิทธิพลของระดับโปรตีนและ salbutamol ต่อความหนาแน่นสันหลังเฉลี่ย (ซม.)

จากตารางที่ 16 และภาพที่ 13 พบว่าในกลุ่มสุกรที่ได้รับโปรตีนระดับสูง คือ 16-15% มีความหนาแน่นสันหลังเฉลี่ยต่ำสุด คือ 2.299 ซม. ซึ่งเป็นความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < .05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มสุกรที่ได้รับอาหารโปรตีนระดับ 15-14% คือ 2.299 vs 3.018 แต่ไม่มีความแตกต่างกับสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนระดับ 14-13% คือ 2.299 vs 2.550 ซม. และสำหรับความหนาแน่นสันหลังของสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 15-14 และ 14-13% ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 3.018 vs 2.550 ซม. ( $P > .05$ ) สำหรับอิทธิพลของ salbutamol ต่อความหนาแน่นสันหลังโดยเฉลี่ย พบว่าความหนาแน่นสันหลังของสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 0, 3 และ 6 ppm ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < .05$ ) คือ มีค่าความหนาแน่นสันหลัง 2.950<sup>A</sup>, 2.519<sup>A<sup>B</sup></sup> และ 2.409<sup>B</sup> ซม. ตามลำดับ

โดยภาพรวมพบว่า เมื่อระดับโปรตีนและ salbutamol ในอาหารเพิ่มขึ้น ไม่ทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > .05$ ) แต่ในกลุ่มสุกรที่ได้รับโปรตีนและ salbutamol ในระดับสูง มีแนวโน้มการตอบสนองของการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันดีกว่า ส่วนผลของโปรตีนและ salbutamol ต่อความหนาไขมันสันหลังโดยเฉลี่ยพบว่าที่ระดับโปรตีนและ salbutamol ระดับสูงสุด คือ 16-15% และ 6 ppm สุกรมีความหนาไขมันสันหลังต่ำสุด 2.299 vs 3.018, 2.550 ซม. และ 2.409 vs 2.519, 2.950 ซม. ตามลำดับ และมีแนวโน้มว่าในกลุ่มสุกรที่ได้รับโปรตีนและ salbutamol ระดับสูง มีการตอบสนองต่อการลดความหนาไขมันสันหลังได้ดีกว่า

#### 4.7 ผลของระยะเวลาการงดใช้ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกร

ผลของระยะเวลาการงดใช้ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกร ได้ทำการทดลองกับสุกรในทวีตเมนต์ที่ 5, 6 หรือกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 3, 6 ppm ที่ระดับโปรตีน 15-14% โดยทำการทดลองงดใช้ 3 ระยะ ที่ 0, 3 และ 7 วัน โดยในแต่ละระยะใช้สุกร 8 ตัว หรือใช้สุกรทั้งหมด 24 ตัว และทำการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ factorial design โดยมีปัจจัยหลักคือ ระดับของ salbutamol และระยะเวลาการงดใช้

ในส่วนของค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ทางสถิติของผลของระยะการงดใช้ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกร ดังแสดงในตารางที่ 17, 18 ตามลำดับ และภาพที่ 14

ตารางที่ 17 แสดงผลของระยะเวลาการงดใช้และระดับ salbutamol ต่อความหนา  
ไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกร (ชม.)

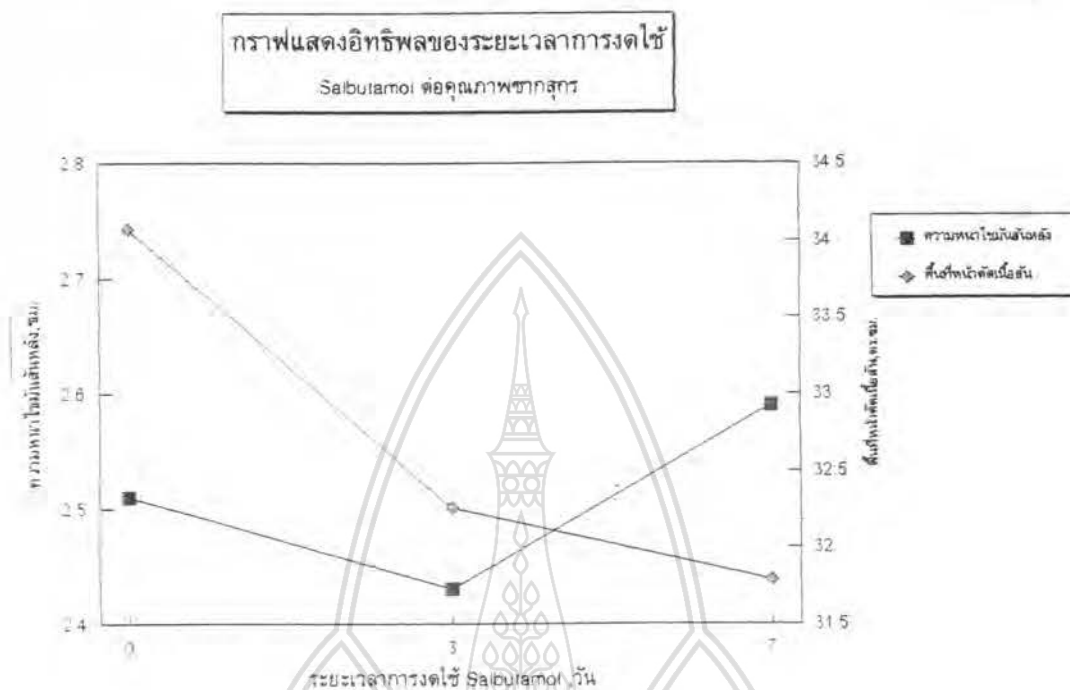
| ระดับ<br>salbutamol<br>(ppm) | ระยะเวลาการงดใช้, วัน |                    |                    | AVG <sup>2</sup> / |
|------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|                              | 0                     | 3                  | 7                  |                    |
| 3                            | 2.743                 | 2.636              | 2.670              | 2.683 <sup>a</sup> |
| 6                            | 2.297                 | 2.233              | 2.518              | 2.349 <sup>b</sup> |
| AVG <sup>1</sup> /           | 2.520 <sup>a</sup>    | 2.435 <sup>a</sup> | 2.594 <sup>a</sup> | 2.516              |

1/, 2/ ค่าเฉลี่ยในบรรทัดและแถวที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่  
 $P < .05$

ตารางที่ 18 แสดงผลของระยะเวลาการงดใช้และระดับ salbutamol ต่อพื้นที่หน้าตัด  
เนื้อสันของสุกร (ตร. ซม.)

| ระดับ<br>salbutamol<br>(ppm) | ระยะเวลาการงดใช้, วัน |                     |                     | AVG <sup>2</sup> /  |
|------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                              | 0                     | 3                   | 7                   |                     |
| 3                            | 35.81                 | 31.94               | 33.26               | 33.667 <sup>a</sup> |
| 6                            | 32.34                 | 32.58               | 30.32               | 31.747 <sup>a</sup> |
| AVG <sup>1</sup> /           | 34.073 <sup>a</sup>   | 32.258 <sup>a</sup> | 31.790 <sup>a</sup> | 32.707              |

1/, 2/ ค่าเฉลี่ยในบรรทัดและแถวที่มีตัวอักษรกำกับต่างกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่  
 $P < .05$



ภาพที่ 14 แสดงผลของระยะเวลาการงดใช้ salbutamol ต่อคุณภาพซากของสุกร

จากตารางที่ 17, 18 แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการงดใช้ salbutamol ที่ระยะ 0, 3 และ 7 วันก่อนส่งชำ ไม่มีผลทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันและความหนาไขมันเฉลี่ยของสุกรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการใช้สาร  $\beta$ -adrenergic agonist ในสุกร มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สุกรมีคุณภาพซากที่ดีขึ้น แต่การใช้สารเคมีหรือยาชนิดต่างๆ นั้นจำเป็นต้องมีการงดใช้ยาเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนส่งสัตว์เข้าโรงชำ เพื่อเป็นการเว้นช่วงระยะเวลาให้สัตว์ได้มีโอกาสขับสารเหล่านี้ออกนอกร่างกาย และทำให้ระดับยาเหล่านี้น้อยลงจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัย การศึกษาในครั้งนี้ศึกษาผลของระยะการงดใช้ salbutamol ที่ 0, 3 และ 7 วัน พบว่ากลุ่มที่ไม่มีการงดใช้ salbutamol (0 วัน) และกลุ่มที่งดใช้ salbutamol เป็นระยะเวลา 3 และ 7 วัน ไม่มีความแตกต่างกันในด้านพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (34.073, 32.258 และ 31.790 ซม.<sup>2</sup>) และความหนาไขมัน

สันหลังเฉลี่ย (2.52, 2.59 และ 2.435 ซม.) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสนใจพบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 6 ppm ในทุกกลุ่มที่มีระยะเวลาการงดใช้ 0, 3, 7 วัน มีความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยต่ำกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 3 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < .05$ ) คือ 2.349 vs 2.683 ซม. ตามลำดับ แต่ในด้านพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน สุก 2 กลุ่มนี้ไม่มีความแตกต่างกัน 31.747 vs 33.667 ตร.ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > .05$ ) หรืออีกนัยหนึ่งนั่นคือ ที่ระยะเวลาการงดใช้สาร salbutamol 7 วัน การตอบสนองในด้านความหนาไขมันสันหลังที่ลดลงยังมีการตอบสนองเหมือนเดิม คือความหนาไขมันสันหลังของสุกรกลุ่มงดใช้สาร 0 และ 7 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่เดียวกับการตอบสนองของสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol ระดับสูงกว่า 6 เทียบกับ 3 ppm ยังให้ผลการตอบสนองที่ดีกว่า เช่นเดียวกับการทดลองในหัวข้อ 4.5 ซึ่งตรงกันกับงานทดลองของ Cromwell และคณะ (1988) ซึ่งได้ทำการศึกษาการงดใช้ cimaterol (0.25 ppm) ที่ระยะเวลา 1, 3 และ 5 วันก่อนส่งสุกรเข้าโรงฆ่าพบว่า การงดให้ Cimaterol ไม่ส่งผลทำให้น้ำหนักตัว น้ำหนักซากอ่อน น้ำหนักซากเย็น และเปอร์เซ็นต์ซากตกแต่ง แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่มีระยะเวลาการงดใช้ cimaterol ในขณะที่ยังคงความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงทั้งหมดก็เช่นกัน คือ ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มงดใช้ cimaterol ที่ 1, 3 และ 5 วันตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นเพราะช่วงระยะเวลาการงดใช้ดังกล่าวยังมีปริมาณ salbutamol สะสมในเนื้อเยื่อของร่างกาย และมีการปลดปล่อย salbutamol ออกมา ยังผลทำให้สัตว์คงความสามารถในการสลายไขมันได้ แต่ในด้านการสะสมโปรตีนสัตว์ยังคงไม่แสดงความแตกต่างในแง่การสะสมโปรตีนที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อสรุปว่าการงดใช้สาร -adrenergic agonist ควรจะมีระยะเวลานานเท่าใดจึงจะมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค เนื่องจากยังไม่มีกำหนดค่ามาตรฐานการยอมรับได้ของการตกค้างของ salbutamol ในอาหารที่คนสามารถบริโภคต่อวัน และจากการศึกษาในครั้งนี้ก็พบว่า การงดใช้ที่ระยะเวลา 7 วัน ก็ไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างด้านคุณภาพซาก ฉะนั้นการศึกษาในโอกาสต่อไปควรจะมีการงดใช้ salbutamol มากกว่า 7 วัน เพื่อลดปริมาณการตกค้างและทดสอบด้านคุณภาพซากของสุกรไปพร้อมกันด้วย

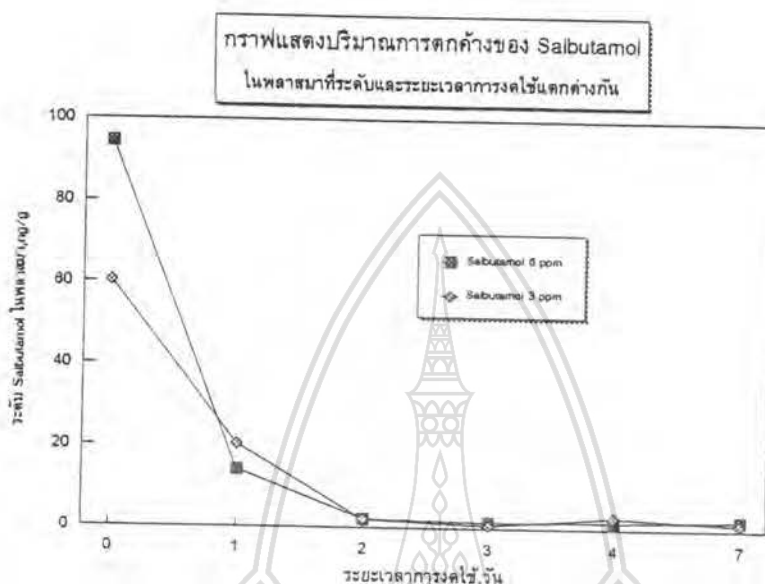
#### 4.8 ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในพลาสมา ที่ระดับและระยะเวลาการงคใช้ แตกต่างกัน

ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในพลาสมาของสุกรที่ระดับและระยะเวลา  
การงคใช้ต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในพลาสมา ที่ระดับและระยะ  
เวลาการงคใช้แตกต่างกัน

| ระยะเวลาการ<br>งคใช้ (วัน) | ระดับของ salbutamol ในพลาสมา (ng/ml) |       |
|----------------------------|--------------------------------------|-------|
|                            | ระดับ salbutamol<br>ในอาหาร, ppm     |       |
|                            | 6                                    | 3     |
| 0                          | 94.45                                | 60.32 |
| 1                          | 14.13                                | 20.31 |
| 2                          | 2.18                                 | 2.03  |
| 3                          | 1.58                                 | 0.74  |
| 4                          | 1.625                                | 3.005 |
| 7                          | 2.35                                 | 1.41  |

มหาวิทยาลัยขอนแก่น



ภาพที่ 15 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในพลาสมาที่ระดับและระยะเวลาการงัดใช้แตกต่างกัน

จากตารางที่ 19 พบว่ากลุ่มที่ได้รับ salbutamol ในระดับ 6 และ 3 ppm เมื่อตรวจหาปริมาณ salbutamol ในพลาสมาในขณะที่ได้รับ salbutamol สูง พบ salbutamol ที่ระดับ 94.45 และ 60.32 ng/ml ตามลำดับ เมื่องดให้ salbutamol 1 วัน พบ salbutamol ที่ระดับ 14.13 และ 20.31 ng/ml ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามเมื่องดให้ salbutamol เป็นเวลา 2 ถึง 7 วัน พบว่าระดับของ salbutamol ในพลาสมาลดลงในระดับที่ต่ำมาก คือ 0.6-2.35 และ 0-3.00 ng/ml ตามลำดับ ซึ่งพอสรุปได้ว่าในช่วงแรกที่มีการงัดให้ salbutamol พบว่าอัตราการลดลงของ salbutamol มีอัตราการลดลงอย่างมาก แต่เมื่อหลังจากงัดให้ salbutamol 2 วัน พบว่าอัตราการลดลงของ salbutamol จะมีอัตราการลดลงในอัตราที่ช้ามาก

#### 4.9 ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในตับ (นม. คับสด) ที่ระดับและระยะเวลาการงคใช้ที่แตกต่างกัน

ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในตับของสุกรที่ระดับและระยะเวลาการงคใช้แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 20

ตารางที่ 20 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในตับ (ng/g) ที่ระดับและระยะเวลาการงคใช้แตกต่างกัน

| ระยะเวลาการ<br>งคใช้ (วัน) | ระดับของ salbutamol ในตับ (ng/g) |                     |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------|
|                            | ระดับ salbutamol<br>ในอาหาร, ppm |                     |
|                            | 6                                | 3                   |
| 0                          | 2,210.1 $\pm$ 347.0              | 2,236.2 $\pm$ 85.9  |
| 3                          | 1,783.6 $\pm$ 253.3              | 1,757.5 $\pm$ 360.9 |
| 7                          | 1,679.2 $\pm$ 347.8              | 1,453 $\pm$ 388.5   |

มหาวิทยาลัยขอนแก่น



ภาพที่ 16 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในตับ ที่ระดับและระยะเวลาการใช้แตกต่างกัน

จากรายที่ 16 พบว่าเมื่อไม่มีการดื้อใช้ salbutamol พบปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในตับที่ระดับ 2,210 และ 2,236 ng/g ในกลุ่มสุกรที่ได้รับ salbutamol 6 และ 3 ppm ตามลำดับ เมื่อมีการดื้อใช้ salbutamol เป็นระยะเวลา 3 วัน พบปริมาณการตกค้างของ salbutamol ที่ระดับ 1,783 และ 1,757 ng/g และในกลุ่มที่ดื้อใช้ salbutamol 7 วัน พบปริมาณการตกค้างของ salbutamol ที่ระดับ 1,679 และ 1,453 ng/g สำหรับในกลุ่มสุกรที่ได้รับ salbutamol 6 และ 3 ppm ตามลำดับ ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์เชิงเส้นตรง โดยมีตัวแปรอิสระ (x) คือ ระยะเวลาการใช้ (วัน) สำหรับปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในตับ (ng/g) ที่ระดับ salbutamol 6 ppm ได้สมการเส้นตรง คือ  $y$  (การตกค้าง ng/g) =  $-73.16 x - 2,134$ ,  $r = .91$  และที่ระดับ salbutamol 3 ppm ได้สมการเส้นตรง คือ  $y =$

-110 x +2,181,  $r = .97$  ซึ่งเมื่อพิจารณาจากภาพที่ 16 จะเห็นว่าที่ระดับ salbutamol 3 ppm อัตราการลดลงของระดับ salbutamol ในต้นมีอัตราการลดลงเชิงเส้นตรงมากกว่า salbutamol ที่ระดับ 6 ppm ( $r = .97$  vs  $.91$ ) หรืออีกนัยหนึ่งอาจกล่าวได้ว่าการใช้ salbutamol ระดับ 3 ppm สุนัขสามารถขับ salbutamol ออกนอกร่างกายได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ salbutamol ที่ระดับ 6 ppm แต่อย่างไรก็ตามจากตารางที่ 20 จะเห็นว่าปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในต้นมีปริมาณการตกค้างในระดับสูง และมีอัตราการลดลงที่ช้าเมื่อคงให้ salbutamol เป็นระยะเวลา 0, 3 และ 7 วัน ตามลำดับ โดยเมื่อคงให้ salbutamol 7 วัน พบว่าการลดลงในต้นลดลงเพียง 30% เท่านั้น ฉะนั้นการศึกษารวต่อไปควรมีการคงให้ salbutamol มากกว่า 7 วัน เพราะที่ระยะเวลาการคงให้ 7 วันก็ไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างในด้านคุณภาพซากของสุนัข

#### 4.10 ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไต ที่ระดับและระยะเวลาการคงให้แตกต่างกัน

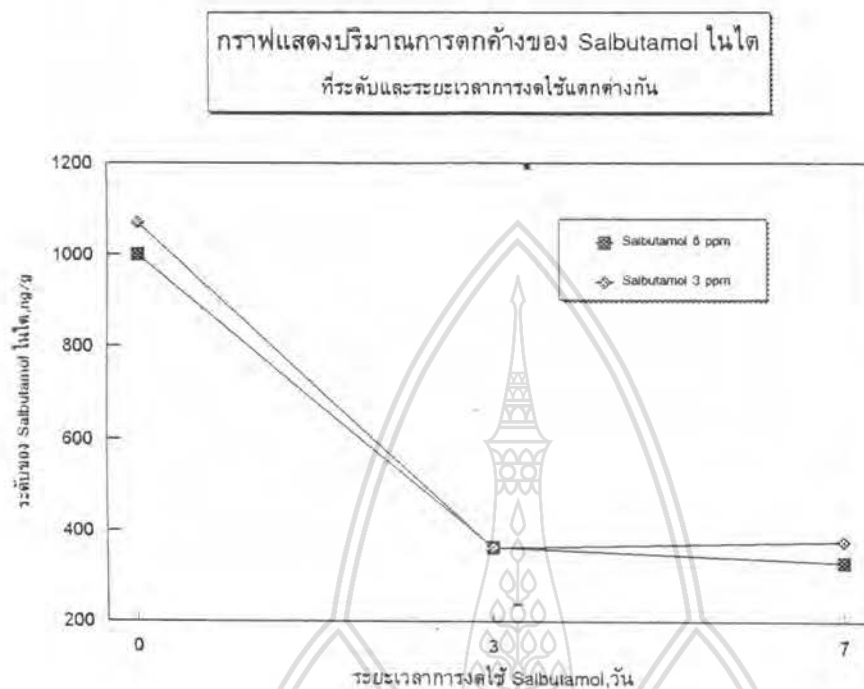
ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไตที่ระดับและระยะเวลาการคงให้แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 21

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางที่ 21 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไต (ng/g) ที่ระดับและระยะเวลาการงคใช้แตกต่างกัน

| ระยะเวลาการ<br>งคใช้ (วัน) | ระดับของ salbutamol ในไต (ng/g)  |               |
|----------------------------|----------------------------------|---------------|
|                            | ระดับ salbutamol<br>ในอาหาร, ppm | -----         |
|                            | 6                                | 3             |
| 0                          | 1,000.5±266.5                    | 1,070.2±263.6 |
| 3                          | 363.9±61.5                       | 361.6±81.2    |
| 7                          | 329.5±71.7                       | 375.2±95.3    |

จากตารางที่ 21 พบว่าที่ระดับ salbutamol ในอาหาร 6 ppm และ 3 ppm เมื่อไม่มีการงคใช้ salbutamol พบปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไตที่ระดับ 1,000.5 และ 1,070.2 ng/g ตามลำดับ ส่วนเมื่อมีการงคใช้ salbutamol แก่สุกร เป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่าปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไตลดลงมาเหลืออยู่ ที่ระดับ 363.9 และ 361.6 ng/g ตามลำดับ และในกรณีที่มีการงคใช้ salbutamol เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไตที่ระดับ 329.5 และ 375.2 ng/g ตามลำดับ ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์เชิงเส้นตรงโดยมีตัวแปรอิสระ (x) คือ ระยะเวลาการงคใช้ (วัน) สำหรับปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไต (ng/g) ที่ระดับ salbutamol 6 ppm ได้สมการเส้นตรง คือ  $y$  (ระดับการตกค้าง, ng/g) =  $-91.14x + 868.4$ ,  $r = .84$  และที่ระดับ salbutamol 3 ppm ได้สมการเส้นตรง คือ  $y = -93.73 + 914.8$ ,  $r = .81$  ซึ่งจากตารางที่ 21 จะเห็นว่าอัตราการลดลงของ salbutamol ในไตจะมีอัตราการลดลงที่สูงกว่าอัตราการลดลงของ salbutamol ในตับ เมื่องคใช้ salbutamol 0, 3 และ 7 วัน ตามลำดับ หรือโดยมีความสามารถขจัด salbutamol ดีกว่าตับ โดยที่ระยะการงคใช้ salbutamol 7 วัน salbutamol ที่ตรวจพบในไตลดลง 69% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ การลดลงในตับซึ่งลดลงเพียง 30% เท่านั้น



ภาพที่ 17 แสดงปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไตที่ระดับและระยะเวลาการดื้อใช้แตกต่างกัน

#### 4.11 ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในเนื้อและไขมัน ที่ระดับและระยะเวลาการดื้อใช้ที่แตกต่างกัน

### มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จากการทดลองพบว่าปริมาณการตกค้างของ salbutamol ที่ตกค้างในเนื้อและไขมัน ทั้งในกลุ่มที่ได้รับ salbutamol ที่ระดับ 6 และ 3 ppm ไม่สามารถวัดปริมาณการตกค้างได้ ในขณะที่วิธีการที่มีอยู่สามารถวัดปริมาณการตกค้างของ salbutamol ได้ต่ำสุดที่ 10 ng/g ของเนื้อเยื่อ ฉะนั้นจึงพอสรุปได้ว่าในเนื้อและไขมันของสุกรที่ได้รับ salbutamol ในระดับ 6 และ 3 ppm มีปริมาณการตกค้างของ salbutamol ต่ำกว่า 10 ng/g ของเนื้อเยื่อ ทั้งกลุ่มที่ไม่มีระยะเวลาการดื้อใช้ และกลุ่มที่มีการดื้อใช้ salbutamol ที่ 3 และ 7 วัน อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสนใจว่าในสุกรกลุ่มที่ได้รับ

salbutamol พบจุดเลือดออกในกล้ามเนื้อส่วนต่างๆของร่างกาย เช่น บริเวณขาหน้า ขาหลัง ซึ่งสันนิษฐานว่าอาจเนื่องมาจากอิทธิพลของ  $\beta_1$  ที่กระตุ้นให้อัตราการเต้นของหัวใจมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดจุดเลือดออกดังกล่าวได้

ในการพิจารณาระดับของสาร  $\beta$ -adrenergic agonist ในเนื้อเยื่อของสัตว์ ต่อความปลอดภัยในการบริโภค Mayer และ Rinke (1991) เสนอว่า ระดับการตกค้างของยาในเนื้อเยื่อของสัตว์นั้น เมื่อคำนวณเป็นปริมาณที่คนปกติบริโภคแล้วควรมีระดับต่ำกว่า 100 เท่าของระดับที่คนปกติสามารถรับได้ นั่นคือ ในการใช้ของ salbutamol คนปกติสามารถรับ salbutamol ได้ในระดับ 200 g/วัน (จากการใช้เพื่อการรักษาในคน 8-10 mg/วัน วันละ 2 ครั้ง หรือ 16-20 mg/วัน) แต่อย่างไรก็ตามในประเทศไทยยังไม่มีข้อกำหนดมาตรฐานการยอมรับการตกค้างของสารเคมีหรือยาในเนื้อหรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์ โดยจากการศึกษาครั้งนี้พบ salbutamol ในระดับสูงสุดถึง 2.2 g/g ในกลุ่มที่ไม่มีการงดใช้ salbutamol ก่อนส่งฆ่า ในการนี้ถ้าคนปกติบริโภคตับในกลุ่มที่มี salbutamol ตกค้างสูงสุดจะสามารถบริโภคตับได้มากที่สุด 90.9 กรัม แต่อย่างไรก็ตาม พฤติกรรมการบริโภคของคนไทยมีความแตกต่างกันไป ซึ่งหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบควรจะมีการกำหนดระดับการยอมรับได้ของปริมาณสารต่างๆในเนื้อเยื่อของสัตว์หรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์ เพื่อที่จะสามารถหาระดับการใช้และระยะเวลาการงดใช้ที่เหมาะสม หรือมีการกำหนดกฎเกณฑ์ในการใช้ยาต่างๆเหล่านี้ให้เหมาะสมได้ในอนาคต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

### สรุปและข้อเสนอนะ

การศึกษาในครั้งนี้มุ่งศึกษาถึงผลของระดับการใช้ salbutamol และระดับโปรตีนในอาหารที่เหมาะสมต่อการให้ salbutamol เพื่อเพิ่มสมรรถนะการผลิตสุกร และในขณะเดียวกันยังศึกษาถึงผลตกค้างของ salbutamol ที่ระดับการใช้และระยะเวลาการงดใช้ที่แตกต่างกันในเนื้อเยื่อตับ ไต เนื้อ ไขมัน และรวมทั้งในพลาสมา เพื่อเป็นข้อมูลในการประกอบการพิจารณาการใช้ salbutamol ต่อไปในอนาคตว่ามีความเหมาะสมหรือไม่อย่างไร จากการทดลองพบว่า

1. การเพิ่มระดับโปรตีนในอาหารจาก 14-13 เป็น 16-15% ไม่มีอิทธิพลต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการให้อาหารของสุกรขุน (65-110 กก.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > .05$ )

2. การเสริม salbutamol ลงในอาหารระดับ 6, 3 ppm มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 0.664, 0.645 vs 0.545 กก./วัน ( $P < .05$ ) และมีแนวโน้มที่ทำให้ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของสุกรขุนดีขึ้นตามอัตราการเสริม salbutamol (6, 3, 0 ppm) คือ ที่ 3.18, 3.31 vs 3.82 ตามลำดับ

3. ไม่มีอิทธิพลร่วม(interaction)ระหว่างโปรตีนกับ salbutamol ต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งคือ การเพิ่มระดับของโปรตีนในอาหารที่ระดับ salbutamol 3, 6 ppm จะไม่ทำให้อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเปลี่ยนแปลงแตกต่างไปจากผลตอบสนองที่ 0 ppm

4. ระดับโปรตีนในอาหารไม่ทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ( $P > .05$ ) แต่ระดับโปรตีน 16-15% มีอิทธิพลทำให้ความหนาไขมันต่ำสุดที่ 2.299 ซม. ซึ่งเป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ( $P < .05$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับ

สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนระดับ 15-14% คือ 2.299 vs 3.018 แต่ไม่มีความแตกต่างกับสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีนระดับ 14-13% คือ 2.299 vs 2.550 ซม. และสำหรับความหนาไขมันสันหลังของสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 15-14 และ 14-13% ความหนาไขมันสันหลังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 3.018 vs 2.550 ซม. ( $P > .05$ )

5. ระดับของ salbutamol ในอาหาร (0, 3 และ 6 ppm) ไม่ทำให้พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อระดับ salbutamol ในอาหารเพิ่มขึ้น พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทิศทางเดียวกัน คือ 30.733, 34.427 และ 36.707 ตารางเซนติเมตรตามลำดับ

6. ความหนาไขมันสันหลังของสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol ระดับ 0, 3 และ 6 ppm ลดลง คือ 2.946, 2.520 และ 2.405 ซม. ตามลำดับ โดย salbutamol ระดับ 0, 3 และ 3, 6 ppm ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > .05$ ) แต่ salbutamol ระดับ 0, 6 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < .05$ )

7. เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของโปรตีนต่อสมรรถนะการผลิตสุกรแล้ว ที่ระดับโปรตีน 14-13% ในสุกรน้ำหนักระหว่าง 60-80 และ 80-110 กก. น่าจะเป็นระดับโปรตีนที่เหมาะสมในการใช้ร่วมกับ salbutamol เนื่องจากไม่ทำให้เกิดอาการเจริญเติบโตประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน แตกต่างจากอาหารที่มีโปรตีน 15-14 หรือ 16-15% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารโปรตีน 14-13% จะมีความหนาไขมันสันหลังหนากว่ากลุ่มที่ได้รับโปรตีนระดับ 16-15% แต่ความแตกต่างดังกล่าวมีเพียง 10% เท่านั้น ซึ่งอาจเกิดจากความผันแปรปกติที่ไม่ใช่อิทธิพลของระดับโปรตีน

8. salbutamol ระดับ 6 ppm ของอาหารเป็นระดับที่ทำให้เกิดอาการเจริญเติบโตประสิทธิภาพการใช้อาหาร และความหนาไขมันสันหลัง แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < .05$ ) ถึงแม้ว่าพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากกลุ่มควบคุม แต่มีแนวโน้มว่า salbutamol ที่ระดับนี้มีผลต่อลักษณะดังกล่าวดีที่สุด

9. สุกรที่ได้รับ salbutamol 6 และ 3 ppm ในอาหาร เป็นเวลามากกว่า 50 วัน มีปริมาณ salbutamol ในพลาสมา 94.45 และ 60.32 ng/ml ตามลำดับ เมื่อถึง

ให้ salbutamol เป็นเวลา 1 วัน พบ salbutamol ในพลาสมา 14.13 และ 20.31 ng/ml ตามลำดับ และเมื่อให้ salbutamol เป็นระยะเวลามากกว่า 1 วัน พบ ปริมาณของ salbutamol ในพลาสมาต่ำกว่า 5 ng/ml

10. ในสุกรที่ได้รับ salbutamol 6 และ 3 ppm ของอาหาร มีปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในตับที่ระดับ 2,210 และ 2,236 ng/g ตามลำดับ ซึ่งเมื่อให้ salbutamol ที่ 3 และ 7 วัน พบปริมาณการตกค้างที่ 1,783 vs 1,757 และ 1,679 vs 1,453 ng/g ตามลำดับ

11. ในสุกรกลุ่มที่ได้รับ salbutamol 6 และ 3 ppm ของอาหาร มีปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในไตที่ระดับ 1,000.3 และ 1,070.2 ng/g ตามลำดับ ซึ่งเมื่อให้ salbutamol ที่ 3 และ 7 วัน พบปริมาณการตกค้างที่ 363.9 vs 361.6 และ 329.5 vs 375.2 ng/g ตามลำดับ

12. ปริมาณการตกค้างของ salbutamol ในเนื้อและไขมันของสุกรมีปริมาณต่ำกว่า 10 ng/g

จากการทดลองในครั้งนี้กล่าวได้ว่า ในด้านประสิทธิภาพการผลิตสุกรซึ่งผู้ผลิตมุ่งลดต้นทุนในการผลิตนั้น การใช้ salbutamol ในสุกรระยะขุน (60-110 กก.) ระดับการใช้ salbutamol และระดับโปรตีนที่น่าจะเหมาะสมคือ ที่ระดับ 6 ppm และ 14-13% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการใช้สารต่างๆซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ในสัตว์ ควรจะต้องคำนึงถึงผลกระทบที่จะเกิดตามมาถึงผู้บริโภคด้วย โดยผลการตกค้างของ salbutamol ในร่างกายสัตว์จากเนื้อเยื่อ 4 ชนิดที่ทำการตรวจ พบปริมาณการตกค้างมากที่สุดที่ตับ รองลงมาคือไต ส่วนเนื้อและไขมันไม่สามารถตรวจวัดได้ หรืออาจมีปริมาณการตกค้างต่ำกว่า 10 ng/g อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่า ถึงแม้จะมีการงดใช้ salbutamol 7 วัน แต่ยังมีระดับการตกค้างในตับและไตในระดับสูง ฉะนั้นงานทดลองครั้งต่อไปควรมีการงดใช้สารดังกล่าวเป็นเวลานานกว่า 7 วัน เพื่อศึกษาถึงความปลอดภัยต่อผู้บริโภคต่อไป

สำหรับด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภคนั้น จากการศึกษาเอกสาร Mayer และ Rinke (1991) ได้เสนอว่า ระดับการตกค้างของยาในเนื้อเยื่อสัตว์นั้น เมื่อคำนวณเป็นปริมาณที่คนปกติบริโภคแล้วควรมีระดับต่ำกว่าระดับที่ใช้ในการรักษาในคน 100 เท่า ซึ่งระดับที่ใช้ในการรักษาคนคือ ที่ระดับ 10 มิลลิกรัม/วัน 2 ครั้ง นั่นคือ 20 มิลลิกรัม/วัน

จะในระดับที่คนปกติสามารถรับได้ต่ำกว่าระดับที่ใช้ในการรักษา<sup>๕</sup> 100 เท่า คือ  $20,000/100 \text{ ug} = 200 \text{ ug}$  (ไมโครกรัม) จากการศึกษาในครั้งพบ salbutamol ในระดับสูงสุดถึง 2.2 ไมโครกรัม/กรัม ในกลุ่มที่ไม่มีการงคใช้ salbutamol ก่อนส่งเข้าในกรณี<sup>๕</sup>นักคนปกติบริโภค ๓ ๓ เนื้อ และไขมัน ในกลุ่มที่มี salbutamol ตกค้างสูงสุดสามารถบริโภค ๓ ๓ เนื้อ และไขมัน ได้มากที่สุด 90.9, 187, 2,000 และ 2,000 กรัมตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพฤติกรรมการบริโภคของคนไทยมีความแตกต่างกันออกไป สำหรับอัตราการบริโภค ๓ ๓ เนื้อ และไขมัน ได้สูงสุดในแต่ละระดับและระยะเวลาการงคใช้ก่อนส่งเข้าแสดงในตารางผนวกที่ 1<sup>๕</sup> ทั้งนี้ในประเทศไทยยังไม่มีมีการพิจารณาระดับที่ยอมรับได้ของสารในกลุ่ม  $\beta$ -agonist ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ จึงเป็นการยากที่จะกำหนดอัตราการใช้และระยะเวลาการงคใช้ที่เหมาะสม เพราะในแต่ละประเทศมีอัตราการยอมรับได้ของสารตกค้างต่างๆในเนื้อเยื่อของสัตว์แตกต่างกัน รวมทั้งอัตราการบริโภคเนื้อสัตว์ของประชากรในแต่ละประเทศที่แตกต่างกัน ซึ่งหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบควรกำหนดระดับการยอมรับได้ของปริมาณสารต่างๆในเนื้อเยื่อชนิดต่างๆของสัตว์ เพื่อที่จะสามารถหา<sup>๕</sup>ระดับการใช้และระยะเวลาการงคใช้ที่เหมาะสม หรือมีการกำหนดกฎเกณฑ์ในการใช้ยาต่างๆเหล่านี้ให้เหมาะสมต่อไปในอนาคต

### เอกสารอ้างอิง

- ศรีสิทธิ์ การุณยวนิช. 2536. การวิเคราะห์หาสารเบต้าอะโกนิสต์ในอาหารสัตว์และเนื้อสัตว์. สารสนเทศและการเกษตร. ม.ค.27-30.
- สาโรช คำเจริญ และ เขามาลัย คำเจริญ. 2523. อาหารและการให้อาหารสัตว์เลี้ยง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 250 หน้า.
- Adeola, O., R.O. Ball and L.G. Young. 1992. Porcine skeletal muscle myofibullar protein synthesis is stimulated by ractopamine. J. Nutr. 122: 488.
- Anderson, D.B., E.L. Vernhuizen, W.P. Waitt, R.E. Paxton and S.S. Young. 1987. The effect of dietary protein on nitrogen metabolism, growth performance and carcass composition of finishing pigs fed ractopamine. Fed. Proc. 46: 1021.
- Bekaert, H., M. Casteels and F.X. Buysse. 1987. Effect of a B-agonist, cimaterol, on performance, carcass and meat quality of growing finishing pigs of the Belgian Landrace. In B-agonist and their effect on animal growth and carcass quality (J.P. Hanrahan, Ed.), P. 127. Elsevier Applied Science, London.
- Bergen, W.G., S.E. Johnson, R.A. Skjaerlund, R.A. Merkel and D.B. Anderson. 1987. The effect of ractopamine on skeletal muscle metabolism in pigs. Fed. Proc. 46: 1021.
- Bergen, W.G., S.E. Johnson, D.M. Sknerland, A.S. Barbiker, N.K. Ames, R.A. Merkel and D.B. Anderson. 1989. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. J. Anim. Sci. 67: 2255.

- Bohorov, O.P., P.J. Buttery, J.H.R.D. Correia and J.B. Soar.  
1987. The effect of the  $\beta$ -2-adrenergic agonist clenbuterol  
or implantation with estradiol plus trenbolone acetate  
protein in wether lambs. *Br. J. Nutr.* 57: 99.
- Cuccia-S and M.H. Fong. 1984. Kinetic and distribution of the  
beta-adrenergic agonist in rat brain. *J. Pharm. Pharmacol.*  
316(3): 20.
- Chizzolini, R., G. Dazzi, G. Madarena, E. Campesato and C. Canni-  
zaro. 1989. Effects of salbutamol (GAH 034) on growth,  
carcass and meat quality of heavy pigs. In *Proc. Int.*  
*Congr. Meat Sci. Technol.*, 35, 1047.
- Cole, D.J.A., Wood, J.D. and M.J. Kilpatrick. 1987. Effects of  
the B-agonist GAH/034 on growth, carcass quality and  
meat qualities in pigs. In *B-agonists and their effect*  
*on animal growth and carcass quality* (J.P. Hanrahan,  
Ed.), P. 137. Elsevier Applied Science, London.
- Coutinho, L.L., J.K. Cameron, D.R. Romsos, R. Merkel and W.G.  
Bergen. 1989. Isoproterenol, ractopamine and clenbuterol  
stimulate lipolysis in porcine adipocytes with different  
affinity and maximal rate. *J. Anim. Sci.* 65 (Suppl. 1),  
100.
- Cromwell, Q.L., J.D. Kemp, T.S. Stanly and R.H. Dalrymple. 1988.  
Effects of dietary level and withdrawal time on the  
efficiency of cimaterol as a growth repartitioning agent  
in finishing swine. *J. Anim. Sci.* 66: 2193.
- Cochran, W.G. and G.M. Cox. 1957. *Experimental design.* 615 p.

- Dalrymple, R.H., P.K. Baker, M.E. Doscher, D.L. Ingle, J.A. Pankavich and C.A. Ricks. 1984. Effect of the repartitioning agent CL 263, 700 on muscle and fat accretion in finishing swine. *J. Anim. Sci.* 59 (Suppl. 1), 212.
- Emery, P.W., N.J. Rothwell, M.J. Stock and P.D. Winter. 1984. Chronic effect of  $\beta_2$ -adrenergic agonist on body composition and protein synthesis in the rat. *Biosci. Rep.* 4: 830.
- Fain, J.N. and P.B. Wieser. 1975. Effects of adenosine deaminase on cyclic adenosine monophosphate accumulation, lipolysis, and glucose metabolism of fat cells. *J. Biol. Chem.* 250: 1027.
- Fain, J.N. and J.A. Garcia-Sainz. 1983. Adrenergic regulation of adipocyte metabolism. *J. Lipid Res.* 24: 945.
- Fremaut, R.D.S.D. and M.V.D. Broeck. 1991. Effect of short-term feeding of clenbuterol on nitrogen retention, performance and meat quality in finishing pigs. *J. Agri. Sci.* 116: 105-109.
- Forsberg, N.E. and C.C. Liu. 1989. Temporal effects of glucocorticoid status and cimaterol (CIM) on muscle protein metabolism. *J. Anim. Sci.* 67 (Suppl. 1), 191.
- Hancock, J.D., E.R. Peo, Lewis. Jr. and J.C. Parrott. 1987. Effects of dietary levels of ractopamine (a phenethanolamine) on performance and carcass merit of finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 65 (Suppl. 1), 309.

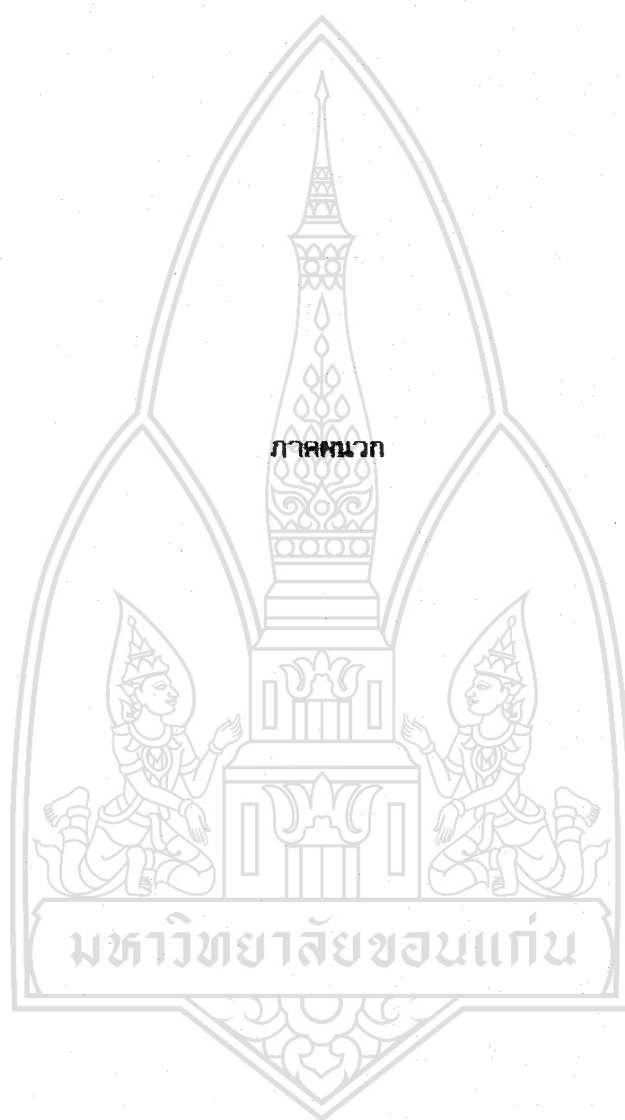
- Haasnoot, W., Plourn, M.E., Paulussen, R.J.A., Schilt, R. and Huf, F.A. 1990a. Rapid determination of clenbuterol residues in urine by high-performance liquid chromatography with on-line automated sample processing using immunoaffinity chromatography. *J. Chromatogr.* 519: 323.
- Haasnoot, W., A.R.M. Hamers, G.D. Van Bruchem, K. Schilt and L.M.H. Prijns. 1992. A screening method for the determination of beta-agonist in urine. Food safety and quality assurance application of immunoassay system. Elsevier Applied Science.
- Harper, N.A. 1975. Review of physiological chemistry, 15<sup>th</sup> Ed. Lange Medical Publications, Los Altes CA.
- Hausman, D.B., R.J. Martin, E.L. Veenhuizen and D.B. Anderson. 1989. Effect of ractopamine on insulin sensitivity and response of isolated rat adipocytes. 1989. *J. Anim. Sci.* 67, 1455.
- Helferich, W.G., D.B. Jump, D.M., Skjaerlund, W.G. Beren, R.A. Merke and D.B. Anderson. 1988. Pretraslational regulation of skeletal muscle alpha actin synthesis in pig fed ractopamine. *FASEB J.* 2: A848.
- Hu, C.U., J. Novakotki and H.J. Mersmann. 1987. Hormonal control of porcine adipose tissue fatty acid release and cyclic AMP concentration. *J. Anim. Sci.* 64: 1031.
- Jones, R.W., R.A. Easter, F.K. McKeith, R.H. Dalrymple, H.M. Maddock and P.J. Bechtel. 1985. Effect of the  $\beta$ -adrenergic agonist cimaterol (CL 263, 780) on the growth and carcass characteristics of finishing swine. *J. Anim. Sci.* 61: 905.

- Kurosawa-N, S. Morishima, E. Owada and K. Ito. 1984. Reversed-phase high-performance liquid chromatographic determination of salbutamol in rabbit plasma. *J. Chromatogr.* 305(2): 485.
- Liu, C.Y. and S.E. Mills. 1989. Determination of the affinity of ractopamine and clenbuterol for the beta-adrenoceptor of the porcine adipocyte. *J. Anim. Sci.* 67: 2937.
- Liu, C.V., J.L. Boyer and S.E. Mills. 1989. Acute effects of B-adrenergic agonist on porcine adipocyte metabolism in vitro. *J. Anim. Sci.* 67, 2930.
- Liu, C.Y. and S.E. Mills. 1990. Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by beta-adrenergic agonists. *J. Anim. Sci.* 68, 1603.
- Liu, C.Y., J.L. Boyer and S.E. Mills. 1989. Acute effects of beta-adrenergic agonists on porcine adipocyte metabolism in vitro. *J. Anim. Sci.* 67: 2930.
- Mayer, H.H.D. and L.M. Rinke. 1991. The pharmacokinetic and residues of clenbuterol in veal calves. *J. Anim. Sci.* 69: 4538-4544.
- Mayer, H.H.D., L. Rinke and I. Dursch. 1991. Residue screening for the enzyme immunoassay and high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr.* 564(2): 551.
- Mersmann, H.J. 1987. Acute metabolic effects of adrenergic agents in swine. *Am. J. Physiol.* 252, E85.
- Mersmann, H.J., C.Y. Hu, W.G. Pond, D.C. Rule, J.E. Novakofski and S.B. Smith. 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. Inhibition of porcine adipose tissue lipogenesis by B-adrenergic agonists. *Comp. Biochem. Physiol.* 94c, 619.
- Merkel, R.A., P.S. Dickerson, S.E. Johnson, R.L. Burkett, R.J. Burnett, A.L. Schroeder, W.G. Bergen and D.B. Anderson. 1987. The effects of ractopamine on lipid metabolism in pigs. *Fed. Proc.* 46, 1177.
- Mill, S.E. and C.Y. Liu. 1990. Sensitivity of lipolysis and lipogenesis to dibutyryl-cAMP and B-adrenergic agonists in swine adipocytes in vitro. *J. Anim. Sci.* 68: 1017.
- Moloney, A.P. 1990. Influence of Beta-adrenergic agonist and similar compounds on growth. *Growth regulation in farm animals.* (Vol. 7): 455-514.
- Moser, R.L., R.H. Dalrymple, S.G. Cornelius, J.E. Pettigrew and C.E. Allen. 1986. Effect of cimaterol (CL 263, 780) as a repartitioning agent in the diet for finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 62: 21.
- Peterla, T.A. and C.G. Scanes. 1990. Effect of B-adrenergic agonist on lipolysis and lipogenesis by porcine adipose tissue in vitro. *J. Anim. Sci.* 68, 1024.
- Peterla, T.A. and C.G. Scanes. 1990. Effect of B-adrenergic agonist on lipolysis and lipogenesis by porcine adipose tissue in vitro. *J. Anim. Sci.* 68: 1024.
- Peterla, T.A., C.A. Ricks and C.G. Scanes. 1988. Cimaterol, a B-aderenergic agonist, directly affects lipolysis and lipogenesis in porcine adipose tissue in vitro. *J. anim. Sci.* 66 (Suppl. 1), 249.

- Prince, T.J., D.L. Huffrean and P.M. Brown. 1987. Effects of ractopamine on growth and carcass composition of finishing swine. *J. Anim. Sci.* 65 (Suppl. 1) 309.
- Reeds, P.J., S.M. Hay, P.M. Dorwood and R.M. Palmer. 1986. Stimulation of muscle growth by clenbuterol lack of effect on muscle protein biosynthesis. *Br. J. Nutr.* 56: 2.
- Reeds, P.J., S.M. Hay, P.M. Dorwood and R.M. Palmer. 1988. The effect of beta-agonist and antagonists on muscle growth and body composition of young rats. (*Rattus* sp.). *Comp. Biochem. Physiol.* 89C: 337.
- Rule, D.C., S.B. Smith and H.J. Mersmann. 1987. Effects of adrenergic agonists and insulin on porcine adipose tissue metabolism in vitro. *J. Anim. Sci.* 65, 136.
- Smellie, F.W., C.W. Davis, J.W. Daly and J.N. Wells. 1979. Alkylxanthines : Inhibition of adenosine-elicited accumulation of cyclic AMP in brain slices and of brain phosphodiesterase activity. *Life Sci.* 24: 2475.
- Van Weerden, E.J. 1987. Effects of clenbuterol on N deposition and carcass composition in castrated male pigs. In *-agonist and their effects on animal growth and carcass quality* (J.P. Hanrahan, Ed.), P. 152. Elsevier Applied Science, London.
- Veenhuizen, E.L., K.K. Schmiegell, W.P. Waitt and D.B. Anderson. 1987. Lypolytic growth, feed efficiency and carcass responses to phenethanolamines in swine. *J. Anim. Sci.* 65 (Suppl. 1), 130.

- Walton, P.E. and T.D. Etherton. 1986. Stimulation of lipogenesis by insulin in swine adipose tissue : Antagonism by porcine growth hormone. *J. Anim. Sci.* 62: 1584.
- Wallace, D.H., M.B. Hedrick, R.L. Seward, C.P. Daurio and E.M. Convey. 1987. Growth and efficiency of feed utilization of swine fed a B-adrenergic agonist (L-644, 969). In *B-agonist and their effects on animal growth and carcass quality* (J.P. Hanrahan, Ed.), P. 43. Elsevier Applied Science, London.
- Warriss, P.D., S.C. Kestin, T.P. Rolph and S.N. Brown. 1990a. The effects of the beta-adrenergic agonist salbutamon on meat quality in pigs. *J. Anim. Sci.* 68: 3669-3676.
- Warriss, P.D., S.N. Brown, T.P. Rolph and S.C. Kestin. 1990b. Interaction between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. *J. Anim. Sci.* 68: 3669-3676.
- Werner, G.B., S.E. Johnson, D.M. Skjaerlund, A.S. Babiker, N.K. Ames, R.A. Merkel and D.B. Anderson. 1989. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. *J. Anim. Sci.* 67: 2255.
- Williams, A.V., P.M. Brunjes, R.J. Martin, E.L. Veenhuizen and D.B. Anderson. 1987. Influence of feeding ractopamine to finishing swine on the in vitro responsiveness of adipose tissue to ractopamine and insulin. *J. Anim. Sci.* 65 (Suppl. 1), 249.
- Wood, J.D. and A.J. Brown. 1987. Effect of B-agonist GAH/034 on carcass composition and meat quality in pigs. *Anim. Prod.* 44: 477.



มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

### ประสิทธิภาพของวิธีการวัดปริมาณ salbutamol ในพลาสมา

จากการใช้ salbutamol ผสมลงในพลาสมาของสุกรที่ไม่ได้รับ salbutamol แล้วทดสอบสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ salbutamol ในพลาสมา กับความสูงของ peak จากเครื่อง HPLC ดังแสดงในตารางผนวกที่ 1

ตารางผนวกที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ salbutamol ในพลาสมา และความสูงของ peak

| ความเข้มข้น<br>(ng/ml) | ความสูงของ peak<br>(ซม.) |
|------------------------|--------------------------|
| 20                     | 2.8                      |
| 40                     | 3.6                      |
| 60                     | 5.9                      |
| 80                     | 6.7                      |
| 100                    | 10.4                     |

สำหรับวิธีการวิเคราะห์ดังแสดงรายละเอียดในบทที่ 3 (หัวข้อ 3.4)

จากตารางผนวกที่ 1 พบค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ salbutamol ในพลาสมาและความสูงของ peak โดยมีค่า  $r = 0.967$  ซึ่งมีสมการสหสัมพันธ์เส้นตรง (regression equation)  $y = 0.092x + 0.39$  เมื่อ  $y$  คือ ความสูงของ peak และ  $x$  คือ ปริมาณของ salbutamol ในพลาสมา

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาในด้านเปอร์เซ็นต์การตรวจพบ salbutamol จากวิธีการสกัดให้บริสุทธิ์โดยวิธี solid phase extraction จากการทำซ้ำ 8 ครั้ง โดยใช้วิธีการสกัดแบบ solid phase extraction ผลการทดสอบดังแสดงในตารางผนวกที่ 2

ตารางผนวกที่ 2 แสดงความสูงของ peak ของ salbutamol จากวิธีการสกัดโดยวิธี  
solid phase extraction

| ความสูงของ peak<br>salbutamol ความเข้มข้น<br>100 ng/ml (นม.) |     | ความสูงของ peak โดยทำการสกัดด้วยวิธี<br>solid phase extraction process (นม.) |                                      |                                       |
|--------------------------------------------------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                              |     | Plasma +<br>salbutamol<br>(100 ng/ml)                                        | Liver +<br>salbutamol<br>(100 ng/ml) | Kidney +<br>salbutamol<br>(100 ng/ml) |
| 7.4                                                          |     | 4.75                                                                         | 4.80                                 | 4.75                                  |
| 7.4                                                          |     | 4.70                                                                         | 4.75                                 | 4.70                                  |
| 7.4                                                          |     | 4.65                                                                         | 4.70                                 | 4.80                                  |
| 7.4                                                          |     | 4.65                                                                         | 4.70                                 | 4.70                                  |
| 7.4                                                          |     | 4.65                                                                         |                                      |                                       |
| 7.4                                                          |     | 4.60                                                                         |                                      |                                       |
| 7.4                                                          |     | 4.75                                                                         |                                      |                                       |
| 7.4                                                          |     | 4.50                                                                         |                                      |                                       |
| Avg.                                                         | 7.4 | 4.656±0.077                                                                  | 4.738±0.041                          | 4.738±0.41                            |

จากตารางผนวกที่ 2 พบว่า จากวิธีการสกัด salbutamol ให้บริสุทธิ์โดยวิธี  
solid phase extraction สามารถตรวจพบ salbutamol ในพลาสมา ตับ ไต  
ได้ที่  $62.91 \pm 1.04\%$ ,  $64.02 \pm 0.56$  และ  $64.02 \pm 0.56$  พบว่าจากวิธีการดังกล่าวเป็น  
วิธีที่น่าเชื่อถือได้ และสามารถใช้เป็นวิธีในการสกัด salbutamol ให้บริสุทธิ์ได้ก่อนที่จะ  
นำ salbutamol ที่สกัดได้ไปตรวจวัดหาปริมาณโดยใช้เครื่อง HPLC ต่อไป

ตารางผนวกที่ 3 แสดงอัตราการบริโภครัตตบ ๒๓ เนื่อ และไขมัน ๒๓ สูงสุดในแต่ละระดับ และระยะเวลาการบริโภคใช้ก่อนส่งฆ่า (คำนวณตามคำแนะนำของ Heinrich และคณะ, 1991)

| แหล่งของ<br>เนื่อเยื่อ | ระดับ salbutamol<br>(ppm) | ระยะเวลาการบริโภคใช้<br>(วัน) | ปริมาณการตกค้าง<br>(ug/g) | อัตราการบริโภคได้<br>สูงสุด (g) |
|------------------------|---------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| ๒๓                     | 6                         | 0                             | 2.210                     | 90.50                           |
|                        | 6                         | 3                             | 1.783                     | 112.17                          |
|                        | 6                         | 7                             | 1.675                     | 119.40                          |
|                        | 3                         | 0                             | 2.236                     | 89.45                           |
|                        | 3                         | 3                             | 1.757                     | 113.83                          |
|                        | 3                         | 7                             | 1.453                     | 137.65                          |
| ๒๓                     | 6                         | 0                             | 1.000                     | 200.00                          |
|                        | 6                         | 3                             | 0.363                     | 550.96                          |
|                        | 6                         | 7                             | 0.329                     | 607.90                          |
|                        | 3                         | 0                             | 1.070                     | 186.92                          |
|                        | 3                         | 3                             | 0.361                     | 554.02                          |
|                        | 3                         | 7                             | 0.375                     | 533.33                          |
| ๒๓<br>เนื่อ            | 6,3                       | 0,3,7                         | <0.01                     | 2,000                           |
| ๒๓<br>ไขมัน            | 6,3                       | 0,3,7                         | <0.01                     | 2,000                           |

หมายเหตุ : สำหรับในเนื่อเยื่อ ๒๓ เนื่อ และไขมัน ๒๓ ตรวจพบ <0.01 ug/g จึงคำนวณโดย  
ใช้ระดับสูงสุดที่ 0.01 ug/g

ตารางผนวกที่ 4 แสดงค่าสังเกตของอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

| ค่าสังเกต<br>(ลำดับที่) | % โปรตีน<br>ในอาหาร<br>(%) | ระดับของ<br>salbutamol<br>(mg/kg) | อัตราการเจริญ<br>เติบโตเฉลี่ย<br>(กก./วัน) | ประสิทธิภาพ<br>การใช้อาหาร |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|
| 1                       | 16-15                      | 0                                 | 0.60535                                    | 3.36559                    |
| 2                       | 16-15                      | 0                                 | 0.50930                                    | 4.00029                    |
| 3                       | 16-15                      | 0                                 | 0.42558                                    | 4.78724                    |
| 4                       | 16-15                      | 0                                 | 0.44186                                    | 4.61087                    |
| 5                       | 16-15                      | 3                                 | 0.62163                                    | 3.27746                    |
| 6                       | 16-15                      | 3                                 | 0.72023                                    | 2.82875                    |
| 7                       | 16-15                      | 3                                 | 0.72488                                    | 2.81060                    |
| 8                       | 16-15                      | 3                                 | 0.75116                                    | 2.71227                    |
| 9                       | 16-15                      | 6                                 | 0.82861                                    | 2.45878                    |
| 10                      | 16-15                      | 6                                 | 0.53558                                    | 3.80401                    |
| 11                      | 16-15                      | 6                                 | 0.59070                                    | 3.44907                    |
| 12                      | 16-15                      | 6                                 | 0.72171                                    | 2.82298                    |
| 13                      | 15-14                      | 0                                 | 0.51465                                    | 3.95862                    |
| 14                      | 15-14                      | 0                                 | 0.63256                                    | 3.22082                    |
| 15                      | 15-14                      | 0                                 | 0.55000                                    | 3.70429                    |
| 16                      | 15-14                      | 0                                 | 0.68000                                    | 2.99611                    |
| 17                      | 15-14                      | 3                                 | 0.78372                                    | 2.59960                    |
| 18                      | 15-14                      | 3                                 | 0.67512                                    | 3.01779                    |
| 19                      | 15-14                      | 3                                 | 0.50535                                    | 4.03159                    |
| 20                      | 15-14                      | 3                                 | 0.50543                                    | 4.03097                    |
| 21                      | 15-14                      | 6                                 | 0.70233                                    | 2.90087                    |

**ตารางผนวกที่ 4** แสดงค่าสังเกตของอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร  
(ต่อ)

| ค่าสังเกต<br>(ลำดับที่) | % โปรตีน<br>ในอาหาร<br>(%) | ระดับของ<br>salbutamol<br>(mg/kg) | อัตราการเจริญ<br>เติบโตเฉลี่ย<br>(กก./วัน) | ประสิทธิภาพ<br>การใช้อาหาร |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|
| 22                      | 15-14                      | 6                                 | 0.40233                                    | 5.06395                    |
| 23                      | 15-14                      | 6                                 | 0.62558                                    | 3.25675                    |
| 24                      | 15-14                      | 6                                 | 0.70698                                    | 2.88179                    |
| 25                      | 14-13                      | 0                                 | 0.47837                                    | 4.25894                    |
| 26                      | 14-13                      | 0                                 | 0.65977                                    | 3.08800                    |
| 27                      | 14-13                      | 0                                 | 0.51861                                    | 3.92854                    |
| 28                      | 14-13                      | 0                                 | 0.52791                                    | 3.85931                    |
| 29                      | 14-13                      | 3                                 | 0.84186                                    | 2.42007                    |
| 30                      | 14-13                      | 3                                 | 0.62395                                    | 3.26524                    |
| 31                      | 14-13                      | 3                                 | 0.60163                                    | 3.38641                    |
| 32                      | 14-13                      | 3                                 | 0.38062                                    | 5.35274                    |
| 33                      | 14-13                      | 6                                 | 0.77140                                    | 2.64113                    |
| 34                      | 14-13                      | 6                                 | 0.67442                                    | 3.02091                    |
| 35                      | 14-13                      | 6                                 | 0.75628                                    | 2.69392                    |
| 36                      | 14-13                      | 6                                 | 0.65194                                    | 3.12508                    |

ตารางผนวกที่ 5 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) อัตราการเจริญเติบโตของ  
สุกรทดลอง

| Source     | df. | Sum of square | Mean square | F    | Pr |
|------------|-----|---------------|-------------|------|----|
| Treatment  | 8   | 0.16020260    | 0.02002532  | 1.54 | ns |
| Prot       | 2   | 0.00217427    | 0.00108714  | 0.08 | ns |
| sal        | 2   | 0.09725966    | 0.04862983  | 3.73 | ** |
| Prot x Sal | 4   | 0.06076866    | 0.01519217  | 1.16 | ns |
| Error      | 27  | 0.35213081    |             |      |    |
| Total      | 35  | 0.51233341    |             |      |    |

ns = non significant

\* =  $P < .1$

\*\* =  $P < .05$

\*\*\* =  $P < .01$

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางผนวกที่ 6 การวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับ  
ตัวแปรอัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน) และระดับโปรตีนในอาหาร  
(%)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean   | N  | Protein<br>(%) |
|-------------------------------|--------|----|----------------|
| A                             | 0.6239 | 12 | 14             |
| A                             | 0.5230 | 12 | 16             |
| A                             | 0.6070 | 12 | 15             |

1/ ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

ตารางผนวกที่ 7 การวิเคราะห์โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับ  
ตัวแปรอัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน) และระดับ salbutamol  
ในอาหาร (ppm)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean   | N  | salbutamol<br>(%) |
|-------------------------------|--------|----|-------------------|
| B                             | 0.6640 | 12 | 6                 |
| B                             | 0.6446 | 12 | 3                 |
| A                             | 0.5453 | 12 | 0                 |

1/ ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

ตารางผนวกที่ 8 ตารางการวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (ANOVA) ประสิทธิภาพการใช้อาหาร  
ของสุกรทดลอง

| Source     | df. | Sum of square | Mean square | F    | Pr |
|------------|-----|---------------|-------------|------|----|
| Treatment  | 8   | 5.68121233    | 0.71015154  | 1.42 | ns |
| Prot       | 2   | 0.02615039    | 0.01307520  | 0.03 | ns |
| Sal        | 2   | 2.71717791    | 1.35858895  | 2.72 | *  |
| Prot x Sal | 4   | 2.93788403    | 0.73447101  | 1.47 | ns |
| Error      | 27  | 13.47662708   | 0.49913434  |      |    |
| Total      | 35  | 19.15783941   |             |      |    |

ns = non significant

\* =  $P < .1$

\*\* =  $P < .05$

\*\*\* =  $P < .01$

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test  
สำหรับตัวแปรประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและระดับโปรตีนในอาหาร  
(%)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean  | N  | Protein<br>(%) |
|-------------------------------|-------|----|----------------|
| A                             | 3.472 | 12 | 15             |
| A                             | 3.420 | 12 | 14             |
| A                             | 3.411 | 12 | 16             |

<sup>1/</sup> ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

ตารางผนวกที่ 10 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test  
สำหรับตัวแปรประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและระดับ salbutamol  
ในอาหาร (ppm)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean  | N  | salbutamol<br>(%) |
|-------------------------------|-------|----|-------------------|
| A                             | 3.815 | 12 | 0                 |
| AB                            | 3.311 | 12 | 3                 |
| B                             | 3.177 | 12 | 6                 |

<sup>1/</sup> ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

ตารางผนวกที่ 11 แสดงค่าสังเกตของความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย (ซม.) และพื้นที่หน้าตัด  
เนื้อสัน (ตร. ซม.)

| ค่าสังเกต<br>(ลำดับที่) | % โปรตีน<br>ในอาหาร<br>(%) | ระดับของ<br>salbutamol<br>(mg/kg) | ความหนาไขมัน<br>สันหลังเฉลี่ย<br>(ซม.) | พื้นที่หน้าตัด<br>เนื้อสัน<br>(ตร. ซม.) |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1                       | 16-15                      | 0                                 | 3.640                                  | 23.78                                   |
| 2                       | 16-15                      | 0                                 | 1.702                                  | 33.56                                   |
| 3                       | 16-15                      | 3                                 | 2.116                                  | 37.14                                   |
| 4                       | 16-15                      | 3                                 | 2.032                                  | 30.63                                   |
| 5                       | 16-15                      | 6                                 | 1.608                                  | 36.82                                   |
| 6                       | 16-15                      | 6                                 | 1.948                                  | 37.79                                   |
| 7                       | 15-14                      | 0                                 | 2.710                                  | 32.25                                   |
| 8                       | 15-14                      | 0                                 | 3.218                                  | 28.67                                   |
| 9                       | 15-14                      | 3                                 | 3.132                                  | 41.70                                   |
| 10                      | 15-14                      | 3                                 | 3.132                                  | 34.53                                   |
| 11                      | 15-14                      | 6                                 | 2.794                                  | 44.96                                   |
| 12                      | 15-14                      | 6                                 | 3.132                                  | 31.60                                   |
| 13                      | 14-13                      | 0                                 | 2.456                                  | 37.47                                   |
| 14                      | 14-13                      | 0                                 | 3.218                                  | 28.67                                   |
| 15                      | 14-13                      | 3                                 | 2.159                                  | 35.19                                   |
| 16                      | 14-13                      | 3                                 | 2.540                                  | 27.37                                   |
| 17                      | 14-13                      | 6                                 | 2.710                                  | 32.58                                   |
| 18                      | 14-13                      | 6                                 | 2.243                                  | 36.49                                   |

ตารางผนวกที่ 12 ตารางการวิเคราะห์ถ้อยคำ (ANOVA) ความหนาแน่นไขมันสันหลังสุกร

| Source     | df. | Sum of square | Mean square | F    | Pr |
|------------|-----|---------------|-------------|------|----|
| Treatment  | 8   | 0.56702300    | 0.07087788  | 2.90 | *  |
| Prot       | 2   | 0.24772233    | 0.12386117  | 5.06 | ** |
| Sal        | 2   | 0.15335233    | 0.07667617  | 3.13 | *  |
| Prot x Sal | 4   | 0.16594833    | 0.04148708  | 1.70 | ns |
| Error      | 9   | 0.22012300    | 0.02445811  |      |    |
| Total      | 17  | 0.78714600    |             |      |    |

ns = non significant

\* =  $P < .1$

\*\* =  $P < .05$

\*\*\* =  $P < .01$

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางผนวกที่ 13 การวิเคราะห์โดยใช้ Duncan's Multiple Range Test สำหรับ  
ตัวแปรความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย (ซม.) และระดับโปรตีนในอาหาร  
(%)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean | N | Protein<br>(%) |
|-------------------------------|------|---|----------------|
| A                             | 3.02 | 6 | 15             |
| A, B                          | 2.55 | 6 | 14             |
| B                             | 2.30 | 6 | 16             |

1/ ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

ตารางผนวกที่ 14 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test  
สำหรับตัวแปรความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย (ซม.) และระดับ salbu-  
tamol ในอาหาร (ppm)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean  | N | salbutamol<br>ppm |
|-------------------------------|-------|---|-------------------|
| A                             | 2.950 | 6 | 0                 |
| AB                            | 2.529 | 6 | 3                 |
| B                             | 2.409 | 6 | 6                 |

1/ ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

ตารางผนวกที่ 15 ตารางวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (ANOVA) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของสุกร

| Source     | df. | Sum of square | Mean square | F    | Pr |
|------------|-----|---------------|-------------|------|----|
| Treatment  | 8   | 191.320       | 23.815      | 0.80 | ns |
| Prot       | 2   | 25.200        | 12.600      | 0.42 | ns |
| Sal        | 2   | 109.040       | 54.520      | 1.83 | ns |
| Prot x Sal | 4   | 57.080        | 14.270      | 0.48 | ns |
| Error      | 9   | 267.782       | 29.764      |      |    |
| Total      | 17  | 459.103       |             |      |    |

ns = non significant

\* =  $P < .1$

\*\* =  $P < .05$

\*\*\* =  $P < .01$

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางผนวกที่ 16 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test  
สำหรับตัวแปรพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.) และระดับโปรตีนใน  
อาหาร (%)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean   | N | Protein<br>(%) |
|-------------------------------|--------|---|----------------|
| A                             | 35.618 | 6 | 15             |
| A                             | 33.287 | 6 | 16             |
| A                             | 32.862 | 6 | 14             |

1/ ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

ตารางผนวกที่ 17 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test  
สำหรับตัวแปรพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.) และระดับ salbutamol  
ในอาหาร (ppm)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean   | N | salbutamol<br>(%) |
|-------------------------------|--------|---|-------------------|
| A                             | 36.707 | 6 | 6                 |
| A                             | 34.427 | 6 | 3                 |
| A                             | 30.733 | 6 | 0                 |

1/ ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

ตารางผนวกที่ 18 แสดงค่าสังเกตของความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย (ชม.) และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.) ในกลุ่มสุกรที่มีระยะเวลาการงดใช้ salbutamol 0, 3 และ 7 วัน

| ค่าสังเกต<br>(ลำดับที่) | ระยะเวลา<br>การงดใช้<br>(วัน) | % โปรตีน<br>ในอาหาร<br>(%) | ระดับของ<br>salbutamol<br>(mg/kg) | ความหนาไขมัน<br>สันหลังเฉลี่ย<br>(ชม.) | พื้นที่หน้าตัด<br>เนื้อสัน<br>(ตร. ชม.) |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1                       | 0                             | 15-14                      | 3                                 | 2.591                                  | 39.03                                   |
| 2                       | 0                             | 15-14                      | 3                                 | 2.667                                  | 34.19                                   |
| 3                       | 0                             | 15-14                      | 3                                 | 2.794                                  | 38.71                                   |
| 4                       | 0                             | 15-14                      | 3                                 | 2.921                                  | 31.29                                   |
| 5                       | 0                             | 15-14                      | 6                                 | 2.159                                  | 32.26                                   |
| 6                       | 0                             | 15-14                      | 6                                 | 2.202                                  | 31.94                                   |
| 7                       | 0                             | 15-14                      | 6                                 | 2.413                                  | 31.61                                   |
| 8                       | 0                             | 15-14                      | 6                                 | 2.413                                  | 33.55                                   |
| 9                       | 3                             | 15-14                      | 3                                 | 3.218                                  | 35.48                                   |
| 10                      | 3                             | 15-14                      | 3                                 | 2.583                                  | 27.09                                   |
| 11                      | 3                             | 15-14                      | 3                                 | 2.456                                  | 35.16                                   |
| 12                      | 3                             | 15-14                      | 3                                 | 2.286                                  | 29.99                                   |
| 13                      | 3                             | 15-14                      | 6                                 | 2.286                                  | 33.54                                   |
| 14                      | 3                             | 15-14                      | 6                                 | 2.710                                  | 33.23                                   |
| 15                      | 3                             | 15-14                      | 6                                 | 2.111                                  | 29.68                                   |
| 16                      | 3                             | 15-14                      | 6                                 | 1.821                                  | 33.87                                   |
| 17                      | 7                             | 15-14                      | 3                                 | 2.301                                  | 28.51                                   |
| 18                      | 7                             | 15-14                      | 3                                 | 3.132                                  | 31.29                                   |
| 19                      | 7                             | 15-14                      | 3                                 | 2.642                                  | 33.88                                   |

ตารางผนวกที่ 18 แสดงค่าสังเกตของความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย (ชม.) และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ชม.) ในกลุ่มสุกรที่มีระยะเวลาการงดใช้ salbutamol 0, 3 และ 7 วัน (ต่อ)

| ค่าสังเกต<br>(ลำดับที่) | ระยะเวลา<br>การงดใช้<br>(วัน) | % โปรตีน<br>ในอาหาร<br>(%) | ระดับของ<br>salbutamol<br>(mg/kg) | ความหนาไขมัน<br>สันหลังเฉลี่ย<br>(ชม.) | พื้นที่หน้าตัด<br>เนื้อสัน<br>(ตร. ชม.) |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 20                      | 7                             | 15-14                      | 3                                 | 2.642                                  | 39.35                                   |
| 21                      | 7                             | 15-14                      | 6                                 | 2.794                                  | 31.61                                   |
| 22                      | 7                             | 15-14                      | 6                                 | 2.286                                  | 30.32                                   |
| 23                      | 7                             | 15-14                      | 6                                 | 2.624                                  | 28.71                                   |
| 24                      | 7                             | 15-14                      | 6                                 | 2.370                                  | 30.65                                   |

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางผนวกที่ 19 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ความหนาแน่นไขมันหลังสุกรที่  
ระยะเวลาการงดใช้และระดับการใช้ต่างกัน

| Source     | df. | Sum of square | Mean square | F    | Pr |
|------------|-----|---------------|-------------|------|----|
| Treatment  | 5   | 0.13499933    | 0.02699987  | 2.03 | ns |
| Withdrawal | 2   | 0.01583858    | 0.00791929  | 0.60 | ns |
| salbutamol | 1   | 0.10349067    | 0.10349067  | 7.78 | ** |
| Wit x Sal  | 2   | 0.01567008    | 0.60783504  | 0.59 | ns |
| Error      | 18  | 0.23951400    | 0.01330633  |      |    |
| Total      | 23  | 0.37451333    |             |      |    |

ns = non significant

\* =  $P < 0.1$

\*\* =  $P < 0.05$

\*\*\* =  $P < 0.01$

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางผนวกที่ 20 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test  
สำหรับตัวแปรความหนาไขมันสันหลัง (ซม.) และระยะเวลาการงดใช้  
(วัน)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean  | N | Withdrawal time<br>(day) |
|-------------------------------|-------|---|--------------------------|
| A                             | 2.594 | 8 | 7                        |
| A                             | 2.520 | 8 | 0                        |
| A                             | 2.435 | 8 | 3                        |

1/ ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

ตารางผนวกที่ 21 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test  
สำหรับตัวแปรความหนาไขมันสันหลัง (นิ้ว) และระดับการใช้ (ppm)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean   | N  | Sal<br>(ppm) |
|-------------------------------|--------|----|--------------|
| A                             | 1.0563 | 12 | 3            |
| B                             | 0.9250 | 12 | 6            |

1/ ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

ตารางผนวกที่ 22 ตารางวิเคราะห์หว่าเรียนซ์ (ANOVA) <sup>3</sup> พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันสุกรที่ระยะ  
เวลาการงติใช้และระดับการใช้ต่างกัน

| Source     | df. | Sum of square | Mean square | F    | Pr |
|------------|-----|---------------|-------------|------|----|
| Treatment  | 5   | 65.37001254   | 13.07400251 | 1.35 | ns |
| Withdrawal | 2   | 23.25311545   | 11.62655773 | 1.20 | ns |
| salbutamol | 1   | 22.10344957   | 22.10344957 | 2.29 | ns |
| Wit x Sal  | 2   | 20.01344752   | 10.00672376 | 1.04 | ns |
| Error      | 18  | 173.86715051  |             |      |    |
| Total      | 23  | 239.23716306  |             |      |    |

ns = non significant

\* =  $P < .1$

\*\* =  $P < .05$

\*\*\* =  $P < .01$

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางผนวกที่ 23 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test  
สำหรับตัวแปรพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร. ซม.) และระยะเวลาการงด  
ใช้ (วัน)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean   | N | Withdrawal time<br>(day) |
|-------------------------------|--------|---|--------------------------|
| A                             | 34.073 | 8 | 0                        |
| A                             | 32.258 | 8 | 3                        |
| A                             | 31.796 | 8 | 7                        |

<sup>1/</sup> ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

ตารางผนวกที่ 24 การวิเคราะห์โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test  
สำหรับตัวแปรพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร. ซม.) และระดับการใช้ (ppm)

| Duncan grouping <sup>1/</sup> | Mean   | N  | Sal<br>(ppm) |
|-------------------------------|--------|----|--------------|
| A                             | 33.667 | 12 | 3            |
| A                             | 31.747 | 12 | 6            |

<sup>1/</sup> ตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติที่  $P > .05$

## ประวัติผู้เขียน

นายชูพงษ์ อรัญชิต เกิดเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2514 มีภูมิลำเนาอยู่ที่บ้านเลขที่ 89 ม.12 ต.ดงลิง อ.กมลาไสย จ.กาฬสินธุ์ สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสัย ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากศูนย์การศึกษานอกโรงเรียนจังหวัดกาฬสินธุ์ (สอบเทียบ) ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเอกสัตวศาสตร์ จากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เคยทำงานกิจกรรมนักศึกษาในตำแหน่งรองนายกสโมสรนักศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี 2534 ขณะนี้อยู่ในระหว่างขออนุมัติสำเร็จการศึกษาในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเอกสัตวศาสตร์ และทำงานกับบริษัทคาร์กิลล์สยาม จำกัด (แผนกอาหารสัตว์)

