สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ระดับการประเมินคุณภาพ

☐ ดีเยี่ยม ☑ ดีมาก

☐ ดี ☐ ปานกลาง

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของสุกรขุน

ธีรพันธ์ พงษ์ดง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์

ชื่อเรื่อง

ผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากของสุกรขุน

โดย

ธีรพันธ์ พงษ์ดง

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ศิริ)

วันที่ 4 เดือน พค. พ.ศ. 52

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย เมฆบังวัน)

วันที่ 4 เดือน พค. พ.ศ. 52

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ ดร.บัวเรียม มณีวรรณ์)

วันที่ 4 เดือน พค. พ.ศ. 52

ประธานกรรการประจำหลักสูตร .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ)

วันที่ 4 เดือน พค. พ.ศ. 52

สำนักงานบัณฑิตศึกษารับรองแล้ว .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ พงษ์พานิช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 19 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2552

ชื่อเรื่อง	ผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของสุกรขุน
ชื่อผู้เขียน	นายธีรพันธ์ พงษ์ดง
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ศิริ

บทคัดย่อ

การศึกษาการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากสุกร แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD) โดยใช้สุกรเพศผู้ตอนลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ดูรอค×ลาร์จไวน์×แลนด์แรซ) ระยะน้ำหนักตัวประมาณ 30 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัวและน้ำหนักตัวประมาณ 60 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว ประกอบด้วย 4 กลุ่มการทดลอง (Treatments) สุ่มสุกรที่ทดลองเป็น 5 ช่วงเวลาหรือ 5 บล็อก (Block) ทำการเลี้ยงสุกรด้วยอาหาร 4 สูตร คือ อาหารผสมใบขี้เหล็ก 0, 1, 2, และ 3 % (T1, T2, T3 และ T4 ตามลำดับ) อาหารสุกรระยะรุ่นและสุกรระยะขุนทุกสูตรมีโปรตีน 15 และ 16 เปอร์เซ็นต์ และมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 3100 และ 3200 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ตามลำดับ ผลพบว่า ในระยะสุกรรุ่นและขุนของกลุ่มที่ 1 อาหารไม่ผสมใบขี้เหล็ก (T1) มีค่าการย่อยได้ของเถ้าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนการย่อยได้ของวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย พลังงาน และ ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก ของสุกรทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของสุกรขุน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design) (RCBD) ประกอบด้วย 4 กลุ่มการทดลอง (Treatments) กลุ่มการทดลองละ 5 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัว ใช้สุกรเพศผู้ตอนน้ำหนักเริ่มต้น 15 กิโลกรัม รวมทั้งสิ้น 20 ตัว โดยใช้อาหารทดลอง 4 สูตรเหมือนการทดลองที่ 1 ผลพบว่า สุกรระยะเล็ก-ขุนกลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็ก 1 , 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ มีการเจริญเติบโตมากกว่าสุกรในกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) และมีระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงสั้นกว่า กลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณอาหารที่กินต่อวัน อัตราแลกน้ำหนัก และต้นทุนค่าอาหารตัวการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในระหว่างกลุ่มสุกรทดลอง ผลต่อคุณภาพซากสุกรขุนพบว่าพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของสุกร (T3) มากกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนค่า

ความเป็นกรด-ด่างของเนื้อ สีของเนื้อ และอวัยวะภายในของสุกรทุกกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

สรุปได้ว่า ความหนาของไขมันสันหลัง (T1) มากกว่ากลุ่มอื่นๆ ($P < 0.01$) การเสริมใบขี้เหล็กในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ในอาหารสุกร เป็นระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงสุกรเพื่อให้มีอัตราการเจริญเติบโตของสุกรสูงและมีคุณภาพซากที่ดีโดยเฉพาะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเพิ่มขึ้น ไขมันสันหลังบางลง สีของเนื้อมีแนวโน้มเข้มขึ้น และยังช่วยในการลดความเครียดของสุกรอีกด้วย

Title	Effect of *Cassia siamea* Supplementation in feed on Growth Performance and Carcass Quality of Finishing Pigs
Author	Mr. Teerapan Pongdong
Degree of	Master of Science in Animal Science
Advisory Committee Chairperson	Associate Professor Dr. Suthut Siri

ABSTRACT

The study on the effect of *Cassia Siamea* supplementation in feed on growth performance and carcass quality was divided into two experiments. Experiment 1 studied about nutrient digestibility using the Randomized Completely Block Design (RCBD). with three-way crossbred barrows (Duroc x Large White x Landrace) at an average BW of 30 kg (20 barrows) and 60 kg (20 barrows). The animals were randomly divided into five phases or blocks and were fed with four different levels of the experimental diets containing *Cassia Siamea* at 0, 1, 2 and 3% (T1, T2, T3 and T4 respectively). All diets for growing and finishing pigs contained 15% and 16% CP with energy intake of 3100 and 3200 Kcal ME/kg, respectively. Results showed highly significant difference ($P<0.01$) with highest digestibility in growing and finishing pigs in T1 (no *Cassia Siamea* supplementation). Meanwhile, digestibility of dry matter, crude protein, fat, crude fiber, energy and NFE were not significantly different ($P > 0.05$) among groups.

Experiment 2 studied the growth performance and carcass quality of finishing pigs using the Randomized Completely Block Design (RCBD). with 20 barrows having an initial BW of 15 kg, which were then subjected to 4 treatments. Each treatment consisted of 5 replications, each with one animal. The animals were fed with the 4 types of diets as in Experiment 1. Results showed that starting-finishing pigs fed with 1, 2, and 3% *Cassia Siamea*, had significantly higher ($P<0.01$) growth performance and significantly shorter ($P<0.01$) feeding period than the control group. When considering the feed intake, feed conversion ratio (FCR) and feed cost per kg weight were not significantly difference ($P>0.05$). On carcass quality, results showed highly significant difference ($P<0.01$) in the loin eye area and meat percentage in T3 group. However, meat pH, meat color and internal organs of every group were not significantly different ($P>0.05$).

In conclusion, backfat thickness of T1 was higher than other groups ($P<0.01$). *Cassia Siamea* supplementation at 2% level is considered the appropriate level to improve the growth performance and carcass quality especially in the loin eye area, higher meat percentage, thinner backfat thickness, an increasing tendency of meat color and reduced stress in pigs.

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จเป็นรูปเล่มสมบูรณ์ได้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ศิริ รับหน้าที่เป็นประธานกรรมการที่ปรึกษา ได้ให้คำแนะนำในการวางแผนการดำเนินงานทดลอง ตลอดจนช่วยสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์สำหรับใช้ในการดำเนินงาน ตรวจสอบแก้ไขจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย เมฆบังวัน และอาจารย์ ดร. บัวเรียม มณีวรรณ์ กรรมการที่ปรึกษาที่ได้ให้คำแนะนำ ตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขจนกระทั่งสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์อย่างสมบูรณ์ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ประจำฟาร์มสุกร สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ดำเนินงานทดลอง ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเลี้ยงดูสุกร การวางแผนการวิจัย ตลอดจนเอื้อเฟื้อสนับสนุนเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ คุณเผ่าพงษ์ ปูระณะพงษ์ คุณประเสริฐ แสงเพชร และบุคลากรเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ สาขาอาหารสัตว์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้มอบเงินทุนอุดหนุนการวิจัย และการทำวิทยานิพนธ์นี้ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำบัณฑิตวิทยาลัยทุกท่านที่คอยให้ความสะดวกในการติดต่องานราชการ และให้คำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ ด้วยดี นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบุพการีทั้งสองของข้าพเจ้าที่ได้สั่งสอนอบรมให้เป็นคนขยันหมั่นเพียร ตลอดจนให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการศึกษาเล่าเรียนโดยตลอด ขอขอบคุณทุก ๆ คนในครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจให้ตลอดระยะเวลาในการศึกษาจนสำเร็จการศึกษา

ธีรพันธ์ พงษ์ดง

เมษายน 2552

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(11)
สารบัญตารางผนวก	(12)
อักษรย่อ	(16)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
การเจริญเติบโตของสุกร	4
การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ	5
คุณภาพซาก	7
การวัดคุณภาพซาก	13
ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพซากของสุกร	16
การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อเป็นเนื้อสัตว์ภายหลังการฆ่า	21
ขี้เหล็ก	25
ความเป็นพิษและการทดสอบความเป็นพิษ	32
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	38
ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	38
สถานที่ทำการทดลอง	38
อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย	39
วิธีดำเนินการวิจัย	40

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย และวิจารณ์	45
ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาการย่อยได้ของอาหาร	45
ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก	48
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	71
สรุปผลการทดลอง	71
ข้อเสนอแนะ	71
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	77
ภาคผนวก ก ตารางผนวก	78
ภาคผนวก ข ประวัติผู้วิจัย	140

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	หลักเกณฑ์การให้คะแนนใบขี้เหล็ก	29
2	คุณค่าทางอาหารของใบขี้เหล็กสด และใบขี้เหล็กแห้ง	34
3	คุณค่าทางอาหารใบขี้เหล็กแห้งที่ได้จากการวิเคราะห์	34
4	ส่วนประกอบในสูตรอาหารสุกรทดลอง สุกรเล็ก (ระยะ 15-30 กิโลกรัม)	42
5	ส่วนประกอบในสูตรอาหารสุกรทดลอง สุกรรุ่น (ระยะ 30-60 กิโลกรัม)	43
6	ส่วนประกอบในสูตรอาหารสุกรทดลอง สุกรขุน (ระยะ 60-90 กิโลกรัม)	44
7	ผลการศึกษาความสามารถในการย่อยได้ของสุกรรุ่น และ สุกรขุน	47
8	ผลการศึกษาที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร	55
9	ผลการศึกษาคุณภาพซากสุกรขุน	64

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสุกร	4
2	แผนผังแสดงการเจริญพัฒนาของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในช่วงเวลาก่อนคลอด	6
3	แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ	9
4	แสดงตำแหน่งที่จะทำการวัดไขมันสันหลังของสุกร	14
5	แสดงการวัดความหนาไขมันสันหลัง 3 จุด และการวัดความยาวซาก	15
6	กราฟน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง และน้ำหนักสิ้นสุดการทดลองของสุกร6	56
7	กราฟน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของสุกรระยะเล็ก-ระยะขุน	57
8	กราฟระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงของสุกรจากระยะเล็กถึงน้ำหนักฆ่า	57
9	กราฟปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน และอัตราการแลกน้ำหนักของสุกรตลอดการทดลอง	58
10	กราฟอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของสุกรตลอดการทดลอง	58
11	กราฟต้นทุนอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท) ของสุกรตลอดการทดลอง	59
12	กราฟน้ำหนักก่อนฆ่า และน้ำหนักซากของสุกรขุน	65
13	กราฟเปอร์เซ็นต์ซาก และปริมาณเนื้อแดง	65
14	กราฟความยาวซากของสุกรขุน	66
15	กราฟน้ำหนักไขมันในช่องท้องของสุกรขุน	66
16	กราฟพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกของสุกรขุน	67
17	กราฟความเป็น กรด-ด่าง ของเนื้อสันนอกของสุกรขุน	67
18	กราฟน้ำหนักไต และน้ำหนักกระเพาะของสุกรขุน	68
19	กราฟน้ำหนักตับ และน้ำหนักปอดของสุกรขุน	68
20	กราฟน้ำหนักม้าม และน้ำหนักสันในของสุกรขุน	69
21	กราฟน้ำหนักสันนอก และน้ำหนักหัวใจของสุกรขุน	69
22	กราฟความหนาไขมันสันหลังของสุกรขุน	70

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก		หน้า
1	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	79
2	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (CP) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	80
3	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย (CF) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	81
4	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (EE) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	82
5	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้า (Ash) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	83
6	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ๊กซ์แทรก (NFE) ในสุกรรุ่น(เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	84
7	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน (DE) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	85
8	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	86
9	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (CP) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	87
10	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย (CF) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	88
11	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (EE) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	89
12	สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้า (Ash) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	90

ตารางผนวก หน้า

13 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ๊กซ์แทรก (NFE) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 91

14 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน (DE) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 92

15 น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 93

16 น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 94

17 ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 95

18 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 96

19 ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กก.) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 97

20 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก.) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 98

21 อัตราแลกน้ำหนักของสุกรเล็ก และการเคราะห์ความแปรปรวน 99

22 น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 100

23 น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 101

24 ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 102

25 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 103

26 ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กก.) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 104

27 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก.) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 105

28 อัตราแลกน้ำหนักของสุกรรุ่นและการวิเคราะห์ความแปรปรวน 106

29 น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.) ของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 107

30 น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.) ของสุกรขุนและการวิเคราะห์ความแปรปรวน 108

31 ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน) ของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 109

32 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.) ของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 110

33 ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กก.) ของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 111

ตารางผนวก หน้า

34	อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก.) ของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	112
35	อัตราแลกน้ำหนักของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	113
36	ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน) ของสุกรเล็ก – สุกรขุนและการวิเคราะห์ความแปรปรวน	114
37	น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.) ของสุกรเล็ก – สุกรขุนและการวิเคราะห์ความแปรปรวน	115
38	ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กก.) ของสุกรเล็ก – สุกรขุนและการวิเคราะห์ความแปรปรวน	116
39	อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก.) ของสุกรเล็ก – สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	117
40	อัตราแลกน้ำหนักของสุกรเล็ก – สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	118
41	น้ำหนักซาก (กก.) สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	119
42	เปอร์เซ็นต์ซาก สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	120
43	ความยาวซาก (ซม.) สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	121
44	น้ำหนักไขมันในช่องท้อง (กรัม) สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	122
45	พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.) สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	123
46	pH แรกสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	124
47	pH สุดท้ายสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	125
48	น้ำหนักตับ และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	126
49	น้ำหนักไต และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	127
50	น้ำหนักกระเพาะ และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	128
51	น้ำหนักม้าม และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	129
52	น้ำหนักปอด และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	130
53	น้ำหนักสันใน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	131
54	น้ำหนักสันนอก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	132
55	น้ำหนักหัวใจ และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	133
56	เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	134
57	ความหนาไขมันสันหลัง (ซม.) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน	135

ตารางผนวก หน้า

58 ค่าความเข้มของ สีดำ- สีขาว เนื้อสันนอก (L, lightness) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 136

59 ค่าความเข้มของสีเขียว และสีแดง เนื้อสันนอก (a, redness) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 137

60 ค่าความเข้มของสีเหลือง และสีน้ำเงิน เนื้อสันนอก (b, yellowness) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 138

61 ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และการวิเคราะห์ความแปรปรวน 139

อักษรย่อ

อักษรย่อ	ย่อมาจาก	ความหมาย
DM	Dry Matter	วัตถุแห้ง
CP	Crude Protein	โปรตีนรวมทั้งหมด
NFE	Nitrogen free extract	คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่าย
DE	Digestible energy	พลังงานที่ย่อยได้
EE	Ether Extract	ไขมัน
CF	Crude Fiber	เยื่อใยทั้งหมด
PSE	Pale Soft Exudative	เนื้อเกิดลักษณะซีด เหลว ไม่คงรูป

บทที่ 1
บทนำ

ขี้เหล็ก (*Cassia siamea*) ชื่อภาษาอังกฤษ Cassia Tree ชื่อสามัญ Siamese Cassia ชื่อวิทย์ *Cassia siamea* ลักษณะทั่วไป เป็นไม้ยืนต้น ขนาดกลางถึงใหญ่ ใบรวมประกอบด้วยใบย่อยประมาณ 20 ใบ ลักษณะใบดกหนาทึบ คล้ายใบทรงบาดาลหรือใบของชุมเห็ดไทย ดอกเป็นช่อสีเหลือง การขยายเป็นพันธุ์ไม้ที่ปลูกไม่ยาก โดยใช้เพาะเป็นพันธุ์ไม้ที่พบอยู่ทั่วไปในประเทศไทย ศรีลังกา และมาเลเซีย นิยมปลูกเป็นไม้ร่มตามริมถนนหรือตามบ้านเรือนและสถานที่ต่าง ๆ (Bulyalert, 2002) ประโยชน์ทางอาหาร ดอกตูมและใบอ่อนรับประทานเป็นอาหารผักชาวบ้านนำมาแกงใส่กะทิเรียก "แกงขี้เหล็ก" การนำใบอ่อนและดอกมาแกง จะต้องล้างน้ำทิ้งเสียก่อนมิฉะนั้นจะขม ประโยชน์ทางยา ใบแก้นิ่ว ขับปัสสาวะ แก้เหน็บชา ขาบวม ถอนพิษ ดอกแก้โรคเส้นประสาทที่ทำให้นอนไม่หลับ แก้หืด ล้างศีรษะแก้รังแค เปลือกแก้ริดสีดวงกระพี้รสขมแก้พิษร้อนกระสับกระส่าย แกนรสขม แก้ธาตุพิการ ทำให้ตัวเย็น ซีด แก้เหน็บชา แก้กามโรค รากรสขม แก้ไข้หลับ ไข้ซ้ำ ถอนพิษ ผิดสำแดง แต่ถ้าใช้ขี้เหล็กทั้งห้า คือ ราก ลูก ดอก ใบ ต้น รวมกันรับประทานเป็นยาถ่าย พิษกระษัย พิษไข้ พิษต่าง ๆ (สุนทร, 2542)

การผลิตสุกรในประเทศไทยได้มีการแข่งขันกันสูงมากในอุตสาหกรรมการผลิตเนื้อสัตว์ คุณภาพซากและปริมาณเนื้อแดงเริ่มมีบทบาทที่จะใช้ตัดสินราคาของสุกรที่ขายมากขึ้น ความหนาของไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเป็นสิ่งหนึ่งที่ใช้ทำนายปริมาณเนื้อแดงของซาก และยังใช้ แบ่งเกรดของซากสุกรสำหรับการบริโภคสุกรในประเทศ นิสัยการบริโภคเนื้อสุกรมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงโดยหันมาบริโภคสุกรที่มีไขมันลดลงแต่ยังต้องการเนื้อสุกรที่มีลักษณะเนื้อมาก และสีสันสดใส ในการผลิตสุกรขุน โดยทั่วไปลักษณะการเติบโตเร็วและคุณภาพซากที่ดีเป็นสิ่งที่ผู้ผลิตสุกรมีความต้องการเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นการลดต้นทุนการผลิตและได้น้ำหนักการฆ่าที่เหมาะสมของตลาด ผู้บริโภคส่วนใหญ่จะต้องการคุณภาพเนื้อที่มีสีสันสวยและมีชั้นของไขมันน้อย ดังนั้น การเลือกใช้ใบขี้เหล็กผสมในสูตรอาหารเพื่อเพิ่มสมรรถภาพการเติบโตและปรับปรุงคุณภาพซาก (Thongsard *et al.*, 1998) สารสำคัญในใบขี้เหล็ก คือ สาร Barakol มีฤทธิ์ช่วยในการลดความเครียด การทำให้สุกรเครียดน้อยลงอาจส่งผลถึงการเจริญเติบโตและคุณภาพซากให้ดีขึ้น นอกจากนี้ขี้เหล็กยังมีฤทธิ์ต้านการชัก มีฤทธิ์ต่อหลอดเลือดระบบการไหลเวียนของโลหิต ลดความดันโลหิต และระงับความเจ็บปวด เมื่อนำใบขี้เหล็กผสมอาหารให้สุกรขุนกินจึงอาจช่วยลดความเครียด การทำให้สุกรเครียดน้อยลงก็จะส่งผลถึงการ

เจริญเติบโตและคุณภาพซากให้ดีขึ้น จึงเป็นทางเลือกในการปรับปรุงสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของสุกรได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของสุกรขุนที่ได้รับอาหารเสริมใบขี้เหล็กในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตที่ระดับต่าง ๆ และเปรียบเทียบคุณภาพซากของสุกรขุน
2. ศึกษาการย่อยได้ของอาหารสุกรรุ่น และสุกรขุนเมื่อเสริมใบขี้เหล็กในอาหารที่ระดับต่าง ๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงระดับความเหมาะสมในการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร
2. ทราบถึงการย่อยได้ของอาหารสุกรในระยะ 2 ช่วงน้ำหนัก คือ 30 – 60 กิโลกรัม และ 60 – 90 กิโลกรัม ที่เสริมใบขี้เหล็กในสูตรอาหารที่ระดับต่าง ๆ
3. ทราบถึงผลการเสริมใบขี้เหล็กที่ระดับต่าง ๆ ในช่วงน้ำหนัก 15 – 90 กิโลกรัม ต่อคุณภาพซาก
4. เป็นแนวทางสำหรับการส่งเสริมให้ผู้เลี้ยงสัตว์ หันมาใช้ใบขี้เหล็กในการใช้เลี้ยงสัตว์

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาถึงผลของการเสริมใบขี้เหล็กในสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตของสุกรน้ำหนัก 15 – 90 กิโลกรัม
2. ศึกษาถึงผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารต่อความสามารถในการย่อยได้ของสุกรในระยะ 2 ช่วงน้ำหนัก คือ 30 – 60 กิโลกรัม และ 60 – 90 กิโลกรัม
3. ศึกษาถึงผลของการเสริมใบขี้เหล็กที่ระดับต่างในช่วงน้ำหนัก 15 – 90 กิโลกรัม ต่อคุณภาพซากสุกร

นิยามศัพท์เฉพาะ

ผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก

1. ใบขี้เหล็ก (Chromone) มีสารชื่อว่า Barakol ประกอบด้วยสาร Amthraquinones (เช่น Rhein, Sennoside Chrysophanol, Aloe-emodin) Alkaloid และสารอื่นอีกหลายชนิด จากการศึกษาพบว่าใบออกฤทธิ์เป็นยาระบายเพราะมีสาร Anthraquinone

2. สมรรถภาพการเจริญเติบโต (growth) ได้แก่ อัตราการแลกเนื้อ (feed conversion ratio ; FCR) น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain; ADG) และปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (Average daily feed intake ; ADFI)

บทที่ 2

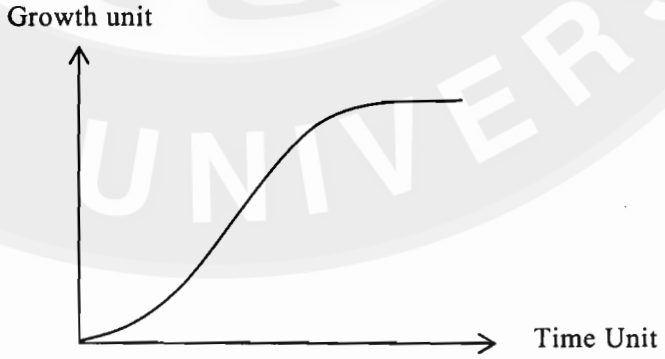
ตรวจเอกสาร

การเจริญเติบโตของสุกร

การเจริญเติบโตของสุกรมีความแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่ในแง่มุมของการพิจารณา ชัยณรงค์ (2529) กล่าวว่า การเจริญเติบโตหมายถึง กระบวนการปกติที่สัตว์ขยายขนาดของร่างกาย โดยการขยายขนาดของเนื้อเยื่อที่มีอยู่เดิมตามธรรมชาติให้มีขนาดใหญ่มากขึ้น ซึ่งสามารถดำเนินโดยกระบวนการ 3 ชนิดคือ

1. Hypertrophy หมายถึง การขยายขนาดของเซลล์ที่มีอยู่ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นภายในตัวของเซลล์เอง
2. Hyperplasia หมายถึง การทวีคูณหรือการเพิ่มจำนวนเซลล์ใหม่เข้าไปในเนื้อเยื่อ
3. Accretionary growth หมายถึง การขยายตัวที่เนื่องมาจากการเพิ่มขนาดโดยพวก non – cellular structural material

การเจริญเติบโตของสุกรในแต่ละช่วงของอายุจะแตกต่างกันไป โดยการเจริญเติบโตของสุกรวัดเป็นน้ำหนักของสุกรโดยทั่วไปมีลักษณะเส้นกราฟคล้ายตัวเอส (S-shape) กล่าวคือ ในระยะแรกเมื่อสุกรอายุน้อย การเจริญเติบโตเกิดขึ้นได้ช้า น้ำหนักตัวเพิ่มต่อวันมีค่าต่ำ จนเมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 30 กิโลกรัม จึงเข้าระยะการเจริญเติบโต สุกรจะมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อวันจนถึงระยะโตเต็มที่ เมื่อสุกรมีน้ำหนักประมาณ 100 กิโลกรัม อัตราการเจริญเติบโตจึงเริ่มลดต่ำลง (ชัยณรงค์ , 2529; บุญเสริม และ บุญล้อม, 2542)



ภาพ 1 กราฟแสดงการเจริญเติบโตของสุกร (growth curve)
ที่มา : ชัยณรงค์ และ นันทนา (2544)

การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

ชัยณรงค์ (2529) กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อของสัตว์มี 2 แบบ คือ

1. การเพิ่มจำนวนเซลล์ และ การขยายขนาดของเซลล์

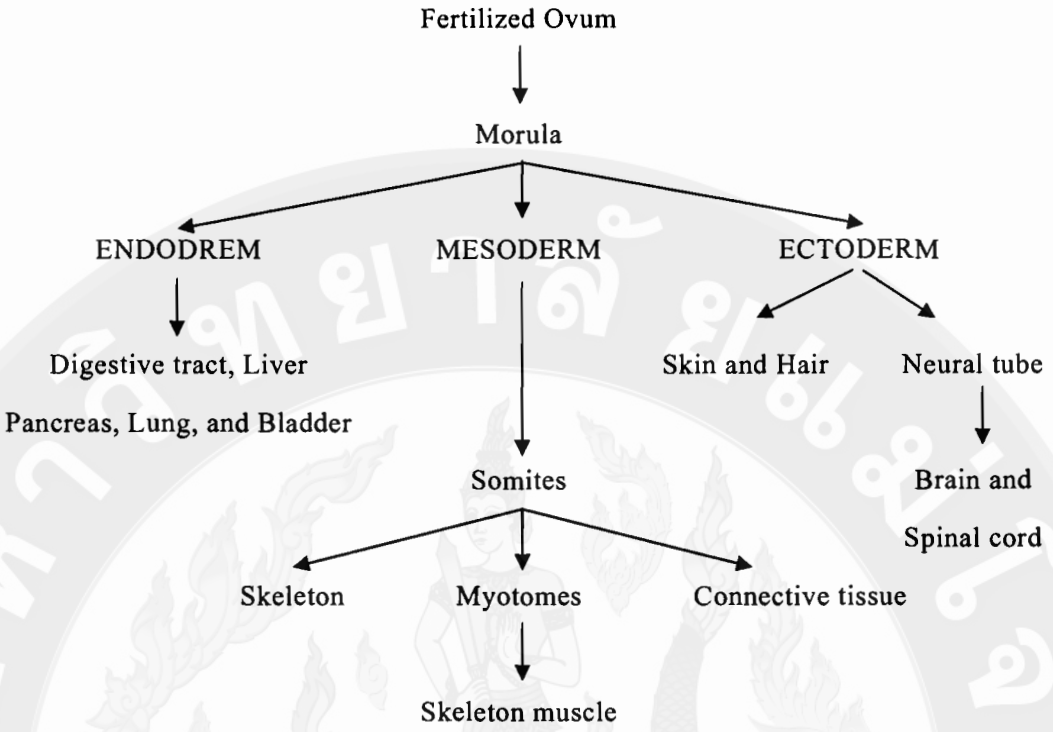
ในระยะ Embryonic และ Fetal phase นั้น เซลล์ของกล้ามเนื้อหรือที่นิยมเรียกกันว่าเส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) จะรวมตัวกันเข้าเป็นกลุ่ม ๆ หรือที่เรียกว่า Bundle แต่ละเส้นใยกล้ามเนื้อใน 2 ช่วงนี้จะขยายตัวเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ส่วนใหญ่ที่ทำให้น้ำหนักกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นนั้นจะเนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนเส้นใยกล้ามเนื้อมากกว่าเหตุผลอื่น

2. ขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle fiber size)

อัตราการเจริญเติบโตในระหว่างกล้ามเนื้อแต่ละก้อนจะแตกต่างกัน ตามขนาดของกล้ามเนื้อ ในบริเวณขาหลังและหลังซึ่งมีกล้ามเนื้อก้อนใหญ่ ๆ อยู่ เช่น กล้ามเนื้อท้องขาหลัง และสันนอกเป็นต้น จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงกว่ากล้ามเนื้อก้อนอื่นมาก ความแตกต่างในขนาดโตเต็มที่ของสัตว์ชนิดเดียวกัน อาจกล่าวได้ว่าขนาดของร่างกายสัตว์นั้นไม่ได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดเส้นใยของกล้ามเนื้อ ขึ้นอยู่กับอายุสัตว์ ความอุดมสมบูรณ์ของอาหารและการออกกำลังกาย ตลอดจนเพศของสัตว์ด้วย

การเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อไขมัน

ชัยณรงค์ (2529) กล่าวไว้ดังนี้ เซลล์ของเนื้อเยื่อไขมัน เป็นเซลล์พิเศษที่มีการเจริญเติบโตแตกต่างไปจากเซลล์ชนิดอื่นๆ เซลล์ไขมันเริ่มต้นมาจาก Embryonic Mesenchyme ของ Mesoderm แล้วจึงพัฒนาไปเป็น Lobules ซึ่งถูกห่อหุ้มด้วยเส้นใย Collagen เซลล์เหล่านี้จะพบในบริเวณต่าง ๆ ของร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณใต้ผิวหนัง ระหว่างกล้ามเนื้อและภายใน Mesentery (เนื้อเยื่ออวัยวะภายใน) ในขณะที่สัตว์เติบโตขึ้นไปเรื่อย ๆ เนื้อเยื่อไขมันในร่างกายสัตว์จะเติบโตและพัฒนาไปด้วยเหมือนกัน และเนื่องจากเซลล์ไขมันจะมีอยู่ทั่วร่างกายสัตว์ ประกอบกับอาหารที่สัตว์กินเข้าไปใช้ทั้งเป็นพลังงานและโภชนะ เพื่อการเจริญเติบโตตลอดจนเหลือใช้จากกิจกรรมทั้งสองนี้ จึงมีการสะสมไขมันในร่างกายอยู่ตลอดเวลา แต่จะเป็นการสะสมที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะเซลล์ไขมันมักจะสะสมไขมันขึ้นมากในบริเวณรอบ ๆ อวัยวะภายในและไต เมื่ออายุสูงขึ้น ไขมันจะไปสะสมมากในระหว่างก้อนกล้ามเนื้อใต้ผิวหนังและภายในกล้ามเนื้อ หรือที่เรียกว่า ไขมันแทรก



ภาพ 2 แผนผังแสดงการเจริญพัฒนาของเนื้อเยื่อต่าง ๆ ในช่วงเวลาก่อนคลอด
ที่มา : ชัยณรงค์ (2529)

วินัย (2547) ได้กล่าวไว้ว่า การสะสมโปรตีน และไขมันมีปัจจัยมาเกี่ยวข้องหลายอย่าง คือ พันธุ์และสายพันธุ์ เพศ สุกรแต่ละตัว คุณภาพ ชนิด และปริมาณอาหารที่สุกรได้รับ อุณหภูมิ และสภาพโรงเรือน ซึ่งกล่าวไว้ 4 ข้อดังนี้

1. พันธุ์และสายพันธุ์

สุกรในแต่ละสายพันธุ์มีการสะสมโปรตีน และไขมันแตกต่างกัน เช่น สุกรพันธุ์พื้นเมืองในประเทศไทยมีการสะสมไขมันสูง แต่อัตราการเจริญเติบโตของโปรตีน (กล้ามเนื้อ) ต่ำกว่าสุกรพันธุ์ต่างประเทศ เช่น ดูรอค ลาร์จไวท์ แลนด์เรช ฯลฯ ซึ่งมีการสะสมของโปรตีนสูง ทำให้ซากมีปริมาณเนื้อแดงมาก สุกรที่มีขนาดโตเมื่อถึงระยะโตเต็มที่หรือระยะเจริญพันธุ์จะมีสัดส่วนของเนื้อแดงสูง และมีไขมันต่ำ ในทางตรงกันข้าม สุกรที่มีขนาดเล็ก เมื่อถึงระยะโตเต็มที่จะมีสัดส่วนของไขมันสูงแต่มีเนื้อแดงต่ำ นอกจากนั้นสุกรที่มีขนาดโตย่อมมีความยาวของลำตัวและขายาวกว่าสุกรที่มีขนาดเล็ก

2. เพศ

เพศเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสะสมโปรตีน และไขมัน สุกรช่วง 20–90 กิโลกรัม พบว่าสุกรเพศเมียสะสมโปรตีนได้สูงกว่าเพศผู้ตอนเฉลี่ย 4 กรัมต่อวัน แต่บางรายงานระบุว่า การสะสมโปรตีนของสุกรเพศเมีย และเพศผู้ตอนจะแตกต่างกันก็ต่อเมื่อสุกรมีน้ำหนักเกิน 40 กิโลกรัมขึ้นไปแล้ว และเมื่อน้ำหนักได้ 85 กิโลกรัม สุกรเพศเมียมีการสะสมโปรตีนมากกว่าเพศผู้ตอนเฉลี่ย 4 กรัมต่อวัน นอกจากนี้ยังพบว่าเพศผู้ตอน และเพศผู้เมื่อมีน้ำหนักถึง 95 กิโลกรัม สุกรเพศผู้สะสมโปรตีนได้เฉลี่ย 185 กรัมต่อวัน ในขณะที่สุกรเพศผู้ตอนสะสมโปรตีนได้เพียง 120 กรัมต่อวันเท่านั้น ทั้งนี้เพราะอิทธิพลของฮอร์โมนเพศมาเกี่ยวข้องนั่นเอง สุกรเพศผู้มีลำตัวยาวกว่าเพราะฮอร์โมนแอนโดรเจน (androgen) หรือเทสโทสทอโรน (testosterone) ซึ่งช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ดี ฮอร์โมนเพศผู้ยังมีหน้าที่ในการสร้างโปรตีน สะสมไนโตรเจน ดังนั้น สุกรเพศผู้สะสมโปรตีนได้มากกว่า และมีประสิทธิภาพในการใช้อาหารสูงกว่าสุกรเพศเมีย และเพศผู้ตอน

3. คุณภาพ ชนิดและปริมาณของอาหาร

ปริมาณของอาหารมีผลต่อการสะสมโปรตีน และไขมัน พบว่า ปริมาณอาหารมีผลต่อการสะสมของไขมันมากกว่าการสะสมโปรตีน คุณภาพ และชนิดของอาหารมีผลทำให้การสะสมโปรตีน และไขมันแตกต่างกันและยังมีผลทำให้คุณภาพไขมันแตกต่างกัน เช่น สุกรที่กินอาหารที่มีส่วนผสมของกากมะพร้าว กากเมล็ดนุ่น ฯลฯ ทำให้ไขมันในซากแข็ง แต่สุกรที่กินกากถั่วลิสงรำละเอียดในปริมาณสูงไขมันในซากจะเหลว

4. อุณหภูมิและสภาพโรงเรือน

สภาพโรงเรือนมีผลทำให้อุณหภูมิภายในคอกแตกต่างกัน ปกติอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ทำให้สัตว์อยู่ได้อย่างสบาย ซึ่งถ้าอุณหภูมิในคอกสูงว่าระดับดังกล่าวจะมีผลทำให้การสะสมของโปรตีนต่ำลง แต่มีการสะสมไขมันสูงขึ้น ไม่ต้องใช้พลังงานสำหรับต่อสู้ความหนาว จึงสะสมพลังงานในรูปไขมันต่อวันได้สูงกว่า

คุณภาพซาก (Carcass quality)

จุฑารัตน์ (2542) กล่าวไว้ว่า ซากของสัตว์ หมายถึง ร่างกายสัตว์ภายหลังจากถูกฆ่า ซากจะประกอบด้วยส่วนประกอบของร่างกายที่สำคัญ 3 ส่วน คือ กระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน ในการพิจารณาว่าซากมีคุณภาพดีหรือไม่นั้นต้องคำนึงถึงคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. สัดส่วนของปริมาณกล้ามเนื้อและไขมันในซาก

ซากที่มีคุณภาพดีจะต้องมีอัตราส่วนของกล้ามเนื้อต่อไขมันสูง หรือปริมาณเนื้อแดงในซากสูงนั่นเอง

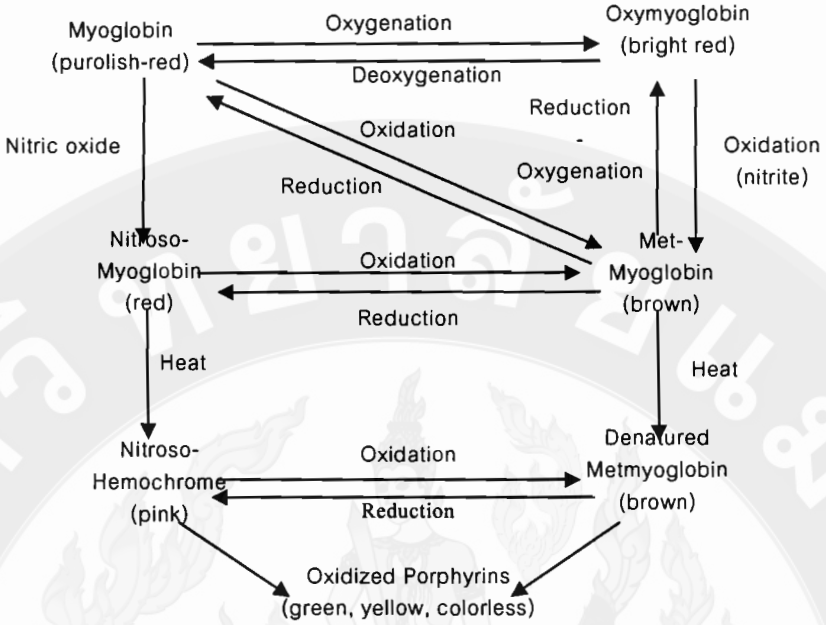
2. คุณภาพของเนื้อ

คุณสมบัติต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบให้เนื้อมีคุณภาพเป็นที่พึงประสงค์ จุฑารัตน์ (2542) และเยาวลักษณ์ (2546) กล่าวสอดคล้องกันว่า เนื้อที่มีคุณภาพดีจะต้องประกอบไปด้วยคุณสมบัติดังต่อไปนี้

2.1 สีของเนื้อ (color)

สีของเนื้อขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ อายุ เพศ ลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อ ปริมาณรงควัตถุไมโอโกลบิน (myoglobin pigments) ในเนื้อ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีภายในกล้ามเนื้อหลังจากการฆ่า เช่น เนื้อโคควรมีสีแดงสดใส เนื้อสุกรควรมีสีชมพูอมแดง เนื้อไก่ควรมีสีออกขาวอมชมพูอ่อน เป็นต้น

ในสัตว์ชนิดเดียวกันถ้ามีอายุแตกต่างกันปริมาณของไมโอโกลบินที่มีในเนื้อจะแตกต่างกัน คือ ในเนื้อลูกวัวที่มีอายุ 3-6 เดือน มีไมโอโกลบินในเนื้อ 1-3 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม ขณะที่เนื้อวัวอายุ 8-12 เดือน มี 4-10 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม ส่วนเนื้อวัวแก่อายุ 24 เดือน มี 16-20 มิลลิกรัมต่อเนื้อสดหนึ่งกรัม ดังนั้น เนื้อที่ได้จากสัตว์ที่มีอายุมากจะมีสีเข้มกว่าเนื้อจากสัตว์อายุน้อย เนื้อสัตว์ชนิดเดียวกันตัวผู้มีไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อมากกว่าตัวเมียและกล้ามเนื้อของสัตว์ในส่วนที่ต้องออกกำลังมาก ๆ จะมีปริมาณไมโอโกลบินมากกว่า ทั้งนี้เพราะมีไมโอโกลบินในกล้ามเนื้อทำหน้าที่เก็บสะสมออกซิเจนไว้ เพื่อให้กล้ามเนื้อนำออกมาใช้ในปฏิกิริยาเคมีต่างๆ เพื่อสร้างพลังงาน ด้วยเหตุนี้เนื้อบริเวณขาหน้า ขาหลัง และเนื้อบริเวณไหล่จะมีสีเข้มมากกว่าเนื้อบริเวณสันหลัง และเนื้อพื้นท้อง สีในเนื้อสดเกิดขึ้นจากปริมาณไมโอโกลบินและออกซิเจนในอากาศ ปกติกล้ามเนื้อจะมีสีแดงอมชมพู (puroligh-red) แต่เมื่อชำแหละและตัดเป็นชิ้น ๆ เนื้อจะถูกอากาศทำให้เนื้อมีสีชมพูสด (bright-pink) เนื่องจากออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินเกิดเป็นสารออกซิไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ขึ้น แต่เนื้อบริเวณที่วางติดกับพื้นเขียงไม้ซึ่งจะขาดหรือไม่มีออกซิเจนจะเกิดเป็นสารเมทไมโอโกลบิน(metmyoglobin) ขึ้น ทำให้เนื้อมีสีน้ำตาล (brown) ดังภาพ 3



ภาพ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อ
ที่มา : เยาวลักษณ์ (2546)

ในภาพ 3 จะอธิบายสีของเนื้อเมื่อได้รับความร้อนในการนำไปทำให้สุกหรือนำไปประกอบอาหาร พบว่าเนื้อจะมีสีน้ำตาลอมเทา (grey-brown) เนื่องจากสารเมทไมโอโกลบินถูกทำให้เสียสภาพธรรมชาติไป (denatured metmyoglobin) และในที่สุดเมื่อเนื้อถูกวางไว้นาน ๆ เนื้อจะขาดออกซิเจนทำให้สารให้สีเกิดเป็นสารออกซิไดส์โพรไพริน (oxidized prophyrins) มีสีเขียวเหลืองอ่อน ๆ สีของเนื้อในช่วงนี้จะแสดงให้ทราบว่า คุณสมบัติของเนื้อไม่ดี และไม่เหมาะสมต่อการนำไปบริโภค

ส่วนทางด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ซึ่งต้องรักษาสีแดงของเนื้อไว้ เพื่อสดุดตาผู้บริโภคพบว่าสามารถทำได้โดยใช้สารไนตริกออกไซด์จากสารประกอบพวกไนเตรทหรือไนโตรของเกลือโซเดียมหรือโปตัสเซียม ช่วยทำให้เนื้อสัตว์มีสีแดงเข้มของสารไนโตรโซไมโอโกลบิน (nitrosomyoglobin) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสารที่มีสีชมพูเรื่อ ๆ (light pink) และอยู่ตัวดีของสารไนโตรโซฮีโมโครม (nitrosohemochrome) เมื่อนำไปทำให้สุกโดยการใช้ความร้อนด้วยการต้ม อบ ทอด หรือรมควัน สีของเนื้ออาจแตกต่างกันไป เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อและความเป็นกรดด่าง (pH) ซึ่งจะพบเห็นในเนื้อพวกเนื้อพี เอส อี (PSE = Pale Soft Exudative) และเนื้อดี เอฟ ดี (DFD = Dark Firm Dry)

2.2 ไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างเส้นใยของกล้ามเนื้อ (marbling)

เนื้อที่มีคุณภาพดีควรมีไขมันกระจายในเนื้ออย่างสม่ำเสมอ ไขมันที่กระจายอยู่ในเนื้อเกิดจากการสะสมของไขมันที่พอกพูนแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชั้นใน (perimysium) ที่ห่อหุ้มระหว่างมัดกล้ามเนื้อแต่ละมัด สัตว์ที่ออกแรงน้อยและได้รับอาหารที่ดีจะทำให้ปริมาณไขมันกระจายเพิ่มมากในเนื้อ เซลล์ไขมันจะสะสมเพิ่มเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อโตขึ้น เพราะมีไขมันแทรกอยู่มาก ปริมาณไขมันที่กระจายแทรกในเนื้อทำให้เนื้อมีรสชาติและกลิ่นดี เมื่อนำไปทำให้สุก อุณหภูมิของชิ้นเนื้อจะไม่สูงเกินไป (over cooked) ขณะที่อุณหภูมิภายนอกสูงหรือเมื่อนำเนื้อมาบดและทำให้สุกจะไม่หดตัวมากมีรสชาติ และความชุ่มฉ่ำดี ในเนื้อไก่และสุกรอาจจะไม่เห็นความสำคัญในด้านนี้มาก เหมือนเนื้อวัว เนื่องจากเนื้อทั้ง 2 ประเภทแรกจะไม่เหนียวเพราะได้มาจากสัตว์ที่อายุยังน้อยต่างกับวัวซึ่งมีไขมันแทรกจะได้ราคาดี

2.3 ความนุ่มของเนื้อ (tenderness) หรือความเหนียว (toughness)

ความนุ่มของเนื้อเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความน่ารับประทาน (palatability) เนื้อสัตว์ที่มีความนุ่มดีย่อมเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค เนื้อสัตว์จะนุ่มหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ พันธุ์สัตว์ อายุ ชนิดของกล้ามเนื้อหรือเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) ปริมาณไขมันที่แทรกอยู่ในกล้ามเนื้อ สัดส่วนของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีอยู่ในโครงสร้างของชิ้นเนื้อ เป็นผลให้เนื้อมีความนุ่มแตกต่างกัน เนื้อที่ตัดมาจากส่วนขาซึ่งเป็นอวัยวะที่ต้องออกแรงมากจะมีสัดส่วนของกล้ามเนื้อผสมกับเส้นเอ็นจำนวนมาก ทำให้เนื้อจากส่วนนี้มีความนุ่มน้อยกว่าเนื้อตำแหน่งอื่น ๆ เช่น เนื้อวัว ปริมาณตัวเชื่อมระหว่างกันภายในโมเลกุล (intermolecular crosslink) ของโปรตีนคอลลาเจน เนื้อจากสัตว์ที่มีอายุมากจะมีความเหนียวเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณตัวเชื่อมระหว่างกันภายในโมเลกุลของโปรตีนคอลลาเจนมีมากขึ้น กล่าวกันว่าการเลี้ยงสัตว์ โดยจัดการให้ดี และให้อาหารสัตว์อย่างถูกต้องเหมาะสมกับชนิดของสัตว์ สามารถควบคุมความนุ่มของเนื้อได้และความนุ่มของเนื้อสัตว์นี้อาจถ่ายทอดมาสู่ลูกหลานได้มากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้สาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้เนื้อสัตว์มีความนุ่มลดลง คือ การเกิดการหด-เกร็งตัว (rigor mortis) ของกล้ามเนื้อ

2.4 กลิ่น (odours) และรสชาติ (taste)

กลิ่นเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งประการหนึ่งของรสชาติ เนื้อสัตว์สด มีกลิ่นบางเบามากและรสชาติจะออกไปทางเค็ม ๆ เกิดขึ้นจากน้ำและส่วนของเลือดที่มีอยู่ในเนื้อ แต่อย่างไรก็ตามรสชาติที่แท้จริงของเนื้อสัตว์ที่มนุษย์รู้จักนั้นจะปรากฏออกมาได้เมื่อนำไปทำให้สุก ทั้งนี้เพราะความร้อนจะเป็นตัวทำให้สารประเภทให้กลิ่นบางอย่างระเหยออกมา และกลิ่นนี้เองเป็นตัวการ

ในการกระตุ้นต่อมรับรสให้เกิดความรู้สึกอยากรับประทาน ในการต้มเนื้อและการปิ้งหรือย่างเนื้อให้สุกจะมีผลให้สารเคมีระเหยได้ (volatile substance) ส่งกลิ่นกระจายออกมาแตกต่างกัน พบว่าเนื้อสัตว์ที่สุกจะให้กลิ่นและรสชาติเฉพาะของเนื้อสุกมีผลสืบเนื่องมาจากสารตั้งต้น (precursor) ที่ละลายอยู่ในน้ำและไขมันของเนื้อสัตว์ซึ่งเมื่อได้รับความร้อนระดับหนึ่งก็จะปล่อยสารเคมีระเหยได้ให้กระจายกลิ่นฟุ้งออกมา

รสชาติของเนื้อสัตว์แต่ละชนิดหรือในสัตว์ชนิดเดียวกัน แต่เป็นส่วนของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันจะมีความแตกต่างกันไป ซึ่งสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของรสชาติคือ กรดอะมิโนอิสระ (free amino acid) และน้ำตาลรีดิวส์ซิ่ง (reducing sugar) ส่วนที่ทำให้เกิดความแตกต่างกันไป ได้แก่ พวกสารที่ละลายหรือคงอยู่ร่วมกับไขมันในเนื้อสัตว์ ซึ่งสารพวกนี้เมื่อถูกความร้อนในขณะที่กำลังทำให้เนื้อสุกก็จะปล่อยสารเคมีระเหยไป ซึ่งแตกต่างกันไประหว่างเนื้อสัตว์จากสัตว์ต่างชนิดกัน เนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพดีต้องไม่มีกลิ่นผิดปกติในเนื้อ ได้แก่ กลิ่นของเพศ (sex-odour) กลิ่นอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ เช่น การใช้ปลาป่นที่มีไขมันในระดับสูง กลิ่นอาซีโตน (acetone flavour) ที่เกิดจากปฏิกิริยาการทำลายของไขมันสะสมในร่างกายที่มากเกินไป และกลิ่นในเนื้อดูดกลิ่นมาจากสภาวะแวดล้อมภายนอก

2.5 ความชุ่มฉ่ำของเนื้อหรือความชุ่มน้ำ (juiciness)

ความชุ่มน้ำของเนื้อสัตว์จัดได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความน่ารับประทานของเนื้อ โดยที่ความชุ่มน้ำจะเป็นความรู้สึกที่ประสาทสัมผัสภายในปากได้รับจากการที่ของเหลวถูกบีบและกดดันออกมาจากก้อนเนื้อที่กำลังบดอยู่ในปาก ส่วนของเหลวที่ออกมาเป็นซีรั่ม (serum) และไขมันจะไปทำให้เกิดการเร่งเร้าให้น้ำลายไหล (salivation) เนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อยจะทำให้ความรู้สึกที่มีความชุ่มน้ำสูงกว่าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมาก แต่ถ้าเนื้อสัตว์ที่มีอายุมากมีไขมันแทรกสูงก็จะมีผลทำให้ความชุ่มน้ำของเนื้อเพิ่มขึ้นได้

2.6 ความแน่นของเนื้อ (firmness)

เนื้อที่มีคุณภาพสูงจะมีลักษณะโครงสร้างของกล้ามเนื้อที่ค่อนข้างแน่นและคงรูปร่างได้ดี ความแน่นของเนื้อมีความสำคัญต่อการตัด การหั่น การวางจำหน่ายตลอดจนการนำไปแปรรูป ปัจจัยที่มีผลต่อความหนาแน่นของเนื้อได้แก่ สภาวะการหดตัว – เกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (rigor mortis) ไขมันแทรก (marbling fat) เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน ขนาดของมัดกล้ามเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ อายุของสัตว์และชนิดของสัตว์ การวัดค่าความแน่นของเนื้อ สามารถกระทำได้โดยการใช้สายตาคาดคะเนจากความชำนาญหรือเพื่อให้ได้ค่าแน่นอนควรใช้เครื่องมือที่เรียกว่า penetrometer วัด

2.7 ลักษณะเนื้อและขนาดของเส้นใย (texture and fiber size)

ลักษณะเนื้อเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของเส้นใยในเนื้อ เนื้อจากสัตว์ที่มีอายุมากจะมีลักษณะหยาบ (coarsness) ซึ่งถ้านำมัดกล้ามเนื้อมาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นว่าเนื้อที่มีลักษณะเนื้อหยาบอาจเกิดการเพิ่มขนาดของเส้นใย ปริมาณเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน การหด-เกร็งตัวของกล้ามเนื้อและตำแหน่งของกล้ามเนื้อ เนื้อที่มีคุณภาพดีควรมีลักษณะเนื้อละเอียด (fine) เช่น เนื้อสัน เป็นต้น

2.8 ความสามารถของการอุ้มน้ำ (water holding capacity)

เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกัน เห็นได้จากการตัดเส้นใยเนื้อตามยาวจะพบว่าเนื้อบางชนิดจะมีน้ำคงอยู่ เนื้อบางชนิดแห้งมีน้ำน้อย สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสามารถของการอุ้มน้ำของเนื้อคือสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเนื้อ นั่นเอง เนื้อในสภาพปกติจะมี pH ประมาณ 6.8 – 7.0 ในสภาพเช่นนี้ โมเลกุลของโปรตีนในเนื้อจะมีความเป็นประจุ (ขั้วบวก หรือ ลบ) สูง เนื่องจากมีกลุ่มของ caboxyl, amino, carbonyl, hydroxyl, sulhydryl, imidazole อยู่ภายใน ซึ่งกลุ่มเหล่านี้จะจับน้ำที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อเอาไว้ด้วย แรงดึงดูดไฮโดรเจน (hydrogen bond) ทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง และน้ำไม่ซึมไหลออกจากเนื้อ เมื่อเซลล์ถูกตัดหั่น หรือ บด

การเปลี่ยนแปลงของเนื้อ ภายหลังจากสัตว์ตายโดยเกิดกรดแลคติกขึ้นในขบวนการไกลโคโลซิล มีผลโดยตรงต่อการลดกลุ่มต่าง ๆ ที่อยู่ในโมเลกุลของโปรตีน ทำให้การจับน้ำที่มีอยู่ในเซลล์ของเนื้อลดลง นอกจากนั้นยังทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติ (denature) และสูญเสียความสามารถในการละลาย (solubility) ของโปรตีนด้วย เป็นผลให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกันไป พบว่าในเนื้อที่มีคุณภาพปกติ (normal meat) ประมาณหนึ่งในสามของการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นผลมาจากการลดค่าต่ำลงของ pH ในเนื้อ ส่วนที่เหลือเป็นผลมาจากการเกิดการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อจะมีค่าไม่เท่ากัน ในระหว่างมัดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันหรือในสัตว์ต่างชนิดกัน นักวิจัยในยุโรปเชื่อกันว่าเนื้อสุกรมีความสามารถอุ้มน้ำได้สูงที่สุด รองลงมาคือเนื้อโคและเนื้อไก่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำที่สุด

3. คุณภาพของไขมัน

คุณสมบัติที่ใช้ในการพิจารณา คุณภาพของไขมัน ได้แก่ สี ความแน่นและกลิ่น ไขมันที่มีคุณภาพดีจะต้องไม่มีสีที่ผิดปกติ ถ้าเป็นไขมันสุกรจะต้องมีสีขาว ไขมันวัวอาจจะมีสีออกเหลือง

นอกจากนี้ไขมันจะต้องไม่เหลวทำให้เสียคุณสมบัติที่ดีเกี่ยวกับการเก็บรักษาและการทำผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ไขมันที่มีลักษณะค่อนข้างเหลวเนื่องจากมีพวกไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) สูงและทำให้เหม็นหืนได้ง่าย เช่น ไขมันไก่

การวัดคุณภาพซาก

ในทางปฏิบัติทั่วไปแล้ว วิธีการที่ดีและถูกต้องที่สุดในการพิสูจน์สุกรที่มีคุณภาพซากดีจะมีปริมาณเนื้อแดงสูงและไขมันต่ำ ก็คือ การชำแหละซากออกมาชั่งน้ำหนักหาปริมาณเนื้อแดงและไขมันแต่วิธีการดังกล่าวนี้จะสิ้นเปลืองทั้งแรงงาน ค่าใช้จ่าย และเวลา วิธีการที่ยอมรับและนิยมใช้กันแพร่หลายในการประเมินคุณภาพซากได้แก่ การวัดความหนาของไขมันสันหลัง (backfat thickness) การวัดขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin area) การวัดอัตราส่วนระหว่างความหนาของไขมันและกล้ามเนื้อบริเวณตอนปลายของสันหลัง (LSQ, fat/muscle quotient) การวัดขนาดของพื้นที่ไขมันที่อยู่บนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (fat area) และ การวัดอัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดของไขมันและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (fat/loin area) ซึ่งจากการตรวจเอกสารของนักวิจัยเป็นจำนวนมากที่ได้ศึกษาความแม่นยำของวิธีการดังกล่าวในการประเมินคุณภาพซาก พบว่าวิธีการสุดท้ายสามารถประเมิน คุณภาพซากได้แม่นยำที่สุด โดยพบว่าค่าสหสัมพันธ์กับปริมาณเนื้อแดง และปริมาณไขมันในซากอยู่ในระหว่าง –0.75 ถึง –0.90 และ 0.78 ถึง 0.86 ตามลำดับ และการวัดความหนาของไขมันสันหลังเป็นวิธีการที่มีความแม่นยำน้อยที่สุด โดยมีค่าสหสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในซากอยู่ในระหว่าง 0.44 ถึง 0.72 (จุฑารัตน์ และทรงศักดิ์, 2549)

ความสัมพันธ์ระหว่างการวัดซากกับปริมาณเนื้อแดงและไขมันในซาก

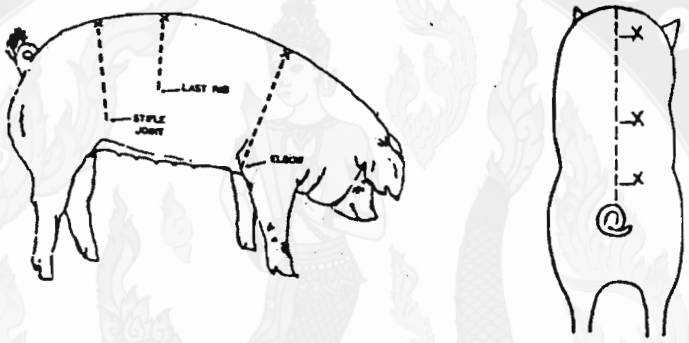
จากผลการศึกษาเปรียบเทียบการวัดซากด้วยวิธีการดังกล่าว 5 วิธี เพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพซาก พบว่าการวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเพื่อประเมินคุณภาพซากในด้านปริมาณของเนื้อแดงนั้นเป็นวิธีการที่ให้ผลแม่นยำน้อยที่สุดเพราะขนาดของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมีส่วนสหสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงเพียง 0.39 และในการศึกษาครั้งนี้พบว่าวิธีการวัดความหนาของไขมันสันหลังนี้ให้ความแม่นยำในการประเมินคุณภาพซากดีเกือบทัดเทียมกับวิธีหาอัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดของไขมันและพื้นที่หน้าตัดของเนื้อสันและวิธีวัดขนาดพื้นที่ไขมันที่อยู่บนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ทั้งนี้ความหนาของไขมันสันหลังมีค่าสหสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ไขมันในซากถึง 0.64 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่นักวิจัยอื่นๆได้รายงานไว้ (จุฑารัตน์ และ ทรงศักดิ์, 2549)

การวัดความหนามันสันหลัง เป็นค่าเฉลี่ยซึ่งได้จากการวัด ความหนาของไขมันหุ้มหลัง โดยวัดรวมทั้งหนังด้วย ซึ่งตำแหน่งที่วัดความหนาของมันสุกร คือ

ก. วัดจากบริเวณไหล่ตรงกับกระดูกซี่โครงซี่ที่ 1

ข. วัดจากบริเวณกลางหลังตรงกับกระดูกซี่โครงซี่สุดท้าย

ค. วัดจากบริเวณโคนสะโพก ตรงข้ามกระดูกสันหลังช่วงท้อง (ชัยณรงค์ และนันทนา, 2544; วินัย, 2547)



ภาพ 4 แสดงตำแหน่งที่จะทำการวัดไขมันสันหลังของสุกร
ที่มา : วินัย, 2547

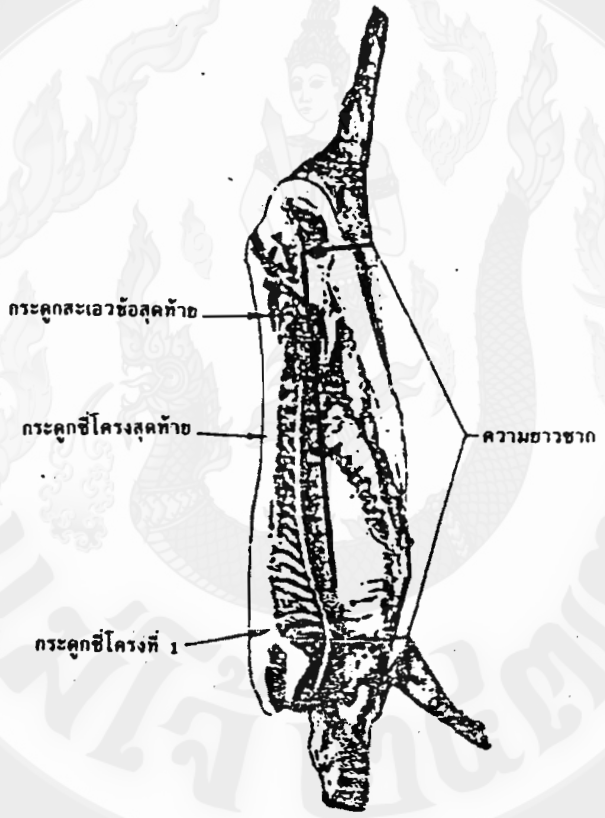
ผลของน้ำหนักต่อลักษณะซาก

สุกรจะสร้างเนื้อแดงและเนื้อสัน (loin) เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งน้ำหนักประมาณ 68 กิโลกรัม ต่อจากนั้นอัตราการสร้างเนื้อแดงจะค่อย ๆ ลดลงขณะที่การสร้างไขมันสันหลัง จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามน้ำหนักตัว โดยพบว่าพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันจะมีค่ามากขึ้นเมื่อสุกรมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มมากที่สุดในช่วง 45 – 68 กิโลกรัม และค่อย ๆ ลดลงเมื่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น (ชัยณรงค์ และ นันทนา, 2544)

ความสัมพันธ์ของความหนาไขมันสันหลังกับเนื้อแดง

ความหนาไขมันสันหลังมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับปริมาณเนื้อแดง (ค่าสหสัมพันธ์มีค่าสูง ซึ่ง Cross *et al.* (1995) อ้างโดย ชัยณรงค์ และ นันทนา (2544) รายงานว่า ความหนาไขมันสันหลังที่ซี่โครงซี่ที่หนึ่ง ซี่สุดท้ายและกระดูกสะเอวข้อสุดท้าย มีค่าสหสัมพันธ์กับปริมาณเนื้อแดงของส่วนเนื้อสันหลัง เนื้อสะโพก เนื้อไหล่บน และเนื้อไหล่ล่าง เท่ากับ –0.75,

0.83 และ –0.87 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับที่สุทัศน์ (2525) อ้างโดย ชัยณรงค์ และ นันทนา (2544) ที่กล่าวว่า การคาดคะเนเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและส่วนสันหลังโดยใช้ค่าเฉลี่ยความหนาไขมันสันหลังวัดที่ไหล่และกลางหลังด้วยไม้บรรทัดโลหะจะเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ เพราะมีความแม่นยำสูง และง่ายต่อการใช้ รวมทั้งต้นทุนต่ำ ส่วนความลึกของไขมันเหนือกล้ามเนื้อสันตรงตำแหน่งซี่โครงซี่ที่ 10 มีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับปริมาณเนื้อแดง โดยมีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ –0.92



ภาพ 5 แสดงการวัดความหนาไขมันสันหลัง 3 จุด และการวัดความยาวซาก
ที่มา : ชัยณรงค์ และ นันทนา, (2544)

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพซากของสุกร

จุฑารัตน์ (2542) กล่าวว่า ปัจจัยทางด้านการผลิตที่พบว่ามีส่วนสำคัญอย่างมากต่อคุณภาพเนื้อและไขมันสามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อตามลำดับขั้นตอนของการผลิตเนื้อที่พร้อมจะถึงมือผู้บริโภค ได้ดังนี้

1. ปัจจัยทางด้านผลิตภัณฑ์จากฟาร์ม
   1.1 สายพันธุ์
   1.2 อาหาร
   1.3 สารเร่งการเจริญเติบโต
   1.4 การดูแลจัดการ
   1.5 การไม่ทารุณต่อสัตว์และไม่ทำลายสภาวะแวดล้อม
2. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร คุณภาพซาก และคุณภาพเนื้อสุกร

ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า มีปัจจัยทางด้านการผลิตหลายอย่างที่เกี่ยวกับคุณภาพของเนื้อและไขมัน แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะปัจจัยด้านการผลิตจากฟาร์มที่มีผลต่อคุณภาพซาก ทั้งนี้ปัจจัยต่าง ๆ ข้างต้น สอดคล้องกับผู้วิจัยด้านอื่น ๆ เช่น นาม (2542), สมชัย (2549) , สมชัย (2542) และจุฑารัตน์ (2548) ที่กล่าวไว้ ดังนี้

1. พันธุ์หรือสายพันธุ์

ลูกสุกรพวกเบคอนไทป์ (Bacon Type) จะมีคุณภาพของซากดีกว่าพวกพันธุ์เนื้อ (Meat type) อาทิเช่น

1.1 สุกรพันธุ์แลนด์เรซ โดยเฉพาะแดนิชแลนด์เรซ หรือแลนด์เรซทางยุโรป จะให้คุณภาพซากที่มีความยาวที่สุดและลึก (ซี่โครง 17 คู่) คุณภาพซากดีเลิศ มีเนื้อแดงมาก สะโพก (Ham) ใหญ่ มันบาง เปอร์เซ็นต์กระดูกน้อยกว่าพันธุ์อื่น ๆ และหัวเรียวเล็ก คางเรียบกะทัดรัด

1.2 พันธุ์ลาร์จไวท์ ให้ความยาวซากรองจากพันธุ์แลนด์เรซ ซากยาวลึก มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูง มันต่ำ ในแง่การผลิตสุกรเพื่อทำหมูเค็ม (เบคอน) แล้วสุกรพันธุ์แลนด์เรซและลาร์จไวท์ให้คุณภาพซากเหนือกว่าพันธุ์อื่น ๆ ไม่มีสุกรพันธุ์อื่นเทียบได้เลย นอกจากนี้สุกรทั้งสองพันธุ์นี้ยังมี กรดอะมิโน ไวตามิน แร่ธาตุครบสมดุล แล้วให้กินตามความต้องการในช่วงต่าง ๆ พอถึงน้ำหนัก 90 กก. จะให้คุณภาพซากที่ดี

1.3 พวกพันธุ์เนื้อ (Meat Type) ซึ่งเป็นประเภทพันธุ์ที่ผลิตเพื่อบริโภคเนื้อสด โดยเฉพาะมักจะส่งตลาดเมื่อน้ำหนัก 60 -80 กก. หรือสุกรขุนขนาดใหญ่เกิน 90 กก. ขึ้นไป อาทิพันธุ์ดูรอค

แฮมเชียร์ โปแลนด์ไชน่า เพียวเตรี่ยน หรือลูกผสมระหว่างพันธุ์เหล่านี้ที่กล่าวมาแล้วต่างก็ให้คุณภาพซากใกล้เคียงกัน คือให้เนื้อมาก มันบางเช่นกัน เพราะแต่ละสายพันธุ์ต่าง ๆ ก็ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาหลายชั่วอายุ ย่อมทำให้คุณภาพซากดีทัดเทียมกัน และเหนือกว่าสุกรพันธุ์ที่มิได้รับการคัดเลือกมาเลย

นอกจากสายพันธุ์ที่แตกต่างกันจะให้ปริมาณเนื้อแดงและไขมันที่ต่างกันแล้ว สุกรที่มีขนาดโตเมื่อถึงระยะโตเต็มที่หรือระยะเจริญพันธุ์ จะมีสัดส่วนของเนื้อแดงสูงและมีไขมันต่ำ ในทางตรงกันข้ามสุกรที่มีขนาดเล็ก เมื่อถึงระยะโตเต็มที่จะมีสัดส่วนของไขมันสูงและมีเนื้อแดงต่ำ นอกจากนั้นสุกรที่มีขนาดโตย่อมมีความยาวของลำตัว และขายาวกว่าสุกรที่มีขนาดเล็ก

2. อาหาร

อาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรในทางการค้า จะมีระดับของพลังงานและโปรตีนที่อยู่ในช่วงความต้องการของสุกรในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ดังนั้นถ้าอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรอยู่ในมาตรฐานแล้ว จะไม่พบว่ามีอิทธิพลต่อคุณภาพซากเนื้อ แต่พบว่าวัตถุดิบที่ใช้ประกอบในส่วนผสมของสูตรอาหารสุกรมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของไขมันสุกร เช่น พบว่าในอาหารที่มีการใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งให้พลังงานในระดับสูงจะได้ไขมันสุกรค่อนข้างนิ่มหรืออ่อนตัวง่าย เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง ต่างกับในสูตรอาหารที่มีการใช้มันเส้นเป็นแหล่งให้พลังงานจะพบว่าไขมันจะค่อนข้างแข็ง ในประเทศที่มีการใช้เนื้อสามชั้นเพื่อนำไปทำผลิตภัณฑ์เบคอน เช่น ประเทศเดนมาร์กซึ่งผลิตเนื้อเบคอนส่งออกเป็นจำนวนมาก ได้ให้ความสำคัญในเรื่องคุณภาพซากไขมันอย่างมาก ดังนั้นจึงไม่นิยมไขมันที่ค่อนข้างนิ่มและข้อเสียอีกประการของไขมันสุกรที่มีสัดส่วนของไขมันไม่อิ่มตัวสูงนี้จะทำให้เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์เหม็นหืนง่าย ดังนั้นการทดลองวิจัยระยะหลัง ๆ จึงมีการทดลองเสริมวิตามิน อี ลงในสูตรอาหารเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อให้ดีขึ้น นั่นก็คือช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของไขมันในเนื้อสัตว์ด้วย

นอกจากนี้ยังพบว่าในอาหารสุกรที่มีการใช้ปลาป่นในระดับสูงและถ้าปลาป่นนั้นมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงด้วย มีรายงานที่พบว่า ถ้าใช้อาหารสูตรดังกล่าวเลี้ยงสุกรเป็นเวลานาน จะมีผลทำให้เนื้อสุกรมีกลิ่นผิดปกติที่เรียกว่า fishy meat ซึ่งเกิดจากการหืนของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) ที่มีอยู่มากในไขมันปลา ดังนั้นในบางประเทศจึงงดใช้ปลาป่นในสูตรอาหารสุกรที่มีระยะเกินกว่า 35 กิโลกรัม (จุฑารัตน์ , 2538)

สมชัย (2542) กล่าวว่า อาหารและการให้อาหารเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของไขมัน การให้อาหารสุกรแบบจำกัดจะมีผลทำให้เกิดลักษณะไขมันเหลว ทั้งนี้เพราะปริมาณไขมันสะสมลดน้อยลง ทางด้านอาหารของสุกร ทั้งปริมาณของไขมันที่เป็นส่วนประกอบของอาหารและชนิดของกรดไขมันในไขมันซาก ทั้งนี้เพราะร่างกายสุกรสามารถนำไขมันใน

อาหารไปใช้ได้โดยตรง หากไขมันในอาหารเป็นไขมันที่ได้จากพืช ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว (โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรดไขมันลิโนเลอิค) เป็นส่วนใหญ่จะมีผลทำให้ไขมันในซากสุกรเหลว

3. การปนเปื้อนและสารตกค้างในเนื้อสัตว์

จุฑารัตน์ (2548) ได้กล่าวว่าเกิดจากสาเหตุดังนี้

3.1 การปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์

เชื้อจุลินทรีย์สำคัญที่อาจปนเปื้อนอยู่ในเนื้อสัตว์ที่สำคัญ ได้แก่ ซัลโมเนลลา ซึ่งเชื้อนี้อาจติดมากับสภาพแวดล้อมในคอกและที่สำคัญส่วนใหญ่จะติดมากับอาหารสัตว์ โดยเฉพาะวัตถุดิบพวกปลาป่น กระดูกป่นที่ในกรรมวิธีการผลิตไม่ผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อและถ้าโรงฆ่าสัตว์นั้นไม่ได้มาตรฐานก็ยิ่งทำให้เชื้อดังกล่าวมีโอกาสปนเปื้อนติดไปกับเนื้อสัตว์ มีผลทำให้มีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่ในเนื้อสัตว์เกินกว่ามาตรฐานจะยอมได้

3.2 สารตกค้าง

1) ยาปฏิชีวนะและยารักษาโรค สารตกค้างที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ซึ่งเกิดจากการใช้ยารักษาหรือใช้สารปฏิชีวนะที่อยู่ในรูปของสารเร่งการเจริญเติบโต การใช้ในระดับเกินความจำเป็นเป็นผลให้เกิดการสะสมขึ้นในเนื้อสัตว์การใช้ยาดังกล่าวควรต้องมีกำหนดระยะเวลางดใช้ยาและปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

2) ยาฆ่าแมลง เนื่องจากยาฆ่าแมลงเป็นสารที่ละลายอยู่ในไขมัน ดังนั้นสารดังกล่าวเมื่อสัตว์ได้รับเข้าไปจะตกค้างอยู่ในเนื้อเยื่อไขมันเป็นส่วนใหญ่ ยาฆ่าแมลงดังกล่าวที่สำคัญ ได้แก่ ดีดีที เฮพตาคลอ อัลดริน ลินดริน เป็นต้น

3) สารโลหะหนัก สารโลหะหนักที่สำคัญ ได้แก่ สารปรอท (Hg) สารตะกั่ว (Pb) และแคดเมี่ยม (Cd) ซึ่งอาจปนเปื้อนติดไปกับน้ำที่สัตว์ใช้บริโภค หรืออาหารที่มีการใช้ยาฆ่าเชื้อราที่มีส่วนผสมของธาตุโลหะบางตัวก็มีส่วนทำให้เกิดการตกค้างได้ในเนื้อสัตว์ แต่ปัญหานี้นับว่ายังไม่มากเท่ากับการปนเปื้อนจากสิ่งอื่น

4) สารเร่งการเจริญเติบโต จากการเน้นให้ความสำคัญในด้านการลดปริมาณการสะสมไขมันในสุกรเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพื่อผลตอบแทนสารเร่งการสร้างเนื้อแดง สารที่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายคือ เบต้าอะโกนิสต์ และพอร์ซิน โซมาโตโทรปิน (PST) ซึ่งในหลายประเทศได้ห้ามการใช้สารดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากคำนึงในเรื่องความปลอดภัยในการ บริโภคและสนับสนุนให้มีการเลี้ยงสัตว์อย่างมีมนุษยธรรม การใช้สารในกลุ่มนี้เริ่มมาตั้งแต่ ปี 1989 ภายหลังจากที่ในกลุ่มประชาคมยุโรปได้มีกฎหมายห้ามใช้ฮอร์โมนหรือสารคล้ายฮอร์โมนเพื่อใช้ในการเลี้ยงสัตว์โดยอ้างการนำสารเบต้าอะโกนิสต์ และพอร์ซิน โซมาโตโทรปินมาใช้ เพื่อการรักษาไม่ได้ใช้ในรูป

ของสารเติมในอาหาร ซึ่งการใช้สารดังกล่าวพบว่าให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงขึ้นอย่างน่าพอใจ

4. การดูแลจัดการ

การผลิตสุกรอย่างเป็นการค้าจะเป็นการเลี้ยงที่จำกัดพื้นที่ มีผลทำให้สุกรไม่ได้ออกกำลัง เมื่อเปรียบเทียบกับสุกรที่เลี้ยงอยู่ในสภาพที่ไม่จำกัดพื้นที่มากนักพอที่จะให้สุกรได้เดินออกกำลังบ้าง พบว่าการเลี้ยงแบบไม่จำกัดพื้นที่มีผลทำให้ปฏิกิริยากระบวนการเผาผลาญอาหารโดยออกซิเจน (aerobic metabolism) ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของกล้ามเนื้อดีขึ้น ซึ่งเป็นการช่วยป้องกันการเกิดเนื้อ พี เอส อี ได้ สุกรที่มีการเลี้ยงแบบจำกัดพื้นที่จะมีเส้นใยกล้ามเนื้อใหญ่และเนื้อจะมีความนุ่มน้อยกว่าสุกรที่มีการเลี้ยงแบบมีการเดินออกกำลัง นอกจากนี้ยังมีรายงานพบว่าเนื้อสุกรที่มีการเลี้ยงแบบออกกำลังบ้างจะมีรสชาติดีกว่า

5. การผลิตที่คำนึงถึงการรักษาสภาพแวดล้อมและไม่ทรมานสัตว์

ผู้บริโภคสมัยใหม่ในประเทศที่มีความก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ได้ให้ความสนใจในเรื่องของคุณภาพเนื้อ โดยที่การผลิตเนื้อที่มีคุณภาพนั้นจะต้องมาจากการเลี้ยงที่ไม่ทำลายสภาพแวดล้อม ตัวอย่างเช่น การเลี้ยงจะต้องคำนึงถึงปริมาณก๊าซที่ผลิตออกมาจากมูลสัตว์ด้วยไม่ว่าจะทำให้เกิดมลพิษทางกลิ่นต่อประชาชนจะต้องมีระบบจัดการของเสียจากฟาร์มที่ถูกต้องและการเลี้ยงสุกรก็จะต้องไม่ทรมานสัตว์โดยวิธีการใด ๆ การใช้สารเร่งเนื้อแดงหรือฮอร์โมน จัดว่าเป็นการเลี้ยงแบบไม่ธรรมชาติ ถือว่าเป็นการทรมานสัตว์ ทั้งนี้การทรมานสัตว์ที่มีผลต่อการขนส่งและการปฏิบัติกับสุกรก่อนฆ่าจะมีผลต่อคุณภาพของเนื้อมาก ไม่กระทำการทารุณหรือทำให้สัตว์บาดเจ็บ การเฆี่ยนตีสัตว์ การเตะถีบสุกรลงจากรถ มีผลให้เกิดรอยแผลฟกช้ำ และเกิดจุดเลือดในกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อไขมันขึ้น นอกจากนี้ การขนย้ายด้วยวิธีทารุณจะทำให้เกิดรอยฟกช้ำบริเวณสะโพกด้านใน จำเป็นต้องตัดเนื้อที่ฟกช้ำนี้ออกซึ่งเป็นการสูญเสียผลิตภัณฑ์ด้วย การบรรทุก สัตว์ต้องไม่แออัดจนเป็นการทรมานสัตว์ ถ้าหากเป็นการเดินทางที่นานกว่า 12 ชั่วโมง จะต้องมีระยะพักระหว่างทางให้สัตว์กินน้ำ และการเคลื่อนย้ายสัตว์จะต้องกระทำเฉพาะในสัตว์ที่มีสุขภาพแข็งแรงสมบูรณ์ เขื่อนเทียบสำหรับสุกรขึ้นหรือลงจากรถบรรทุกควรเอียงทำมุมกับพื้นดินไม่เกิน 30 องศา เนื่องจากเขื่อนเทียบที่มีความชันมากจะยิ่งเร่งอัตราการเต้นของหัวใจและวัสดุที่ใช้ทำพื้นเขื่อนเทียบจะต้องไม่ง่ายต่อการลื่นไถล สภาพถนนจากฟาร์มไปยังโรงงานไม่ควรขรุขระและมีความคดเคี้ยว หรือเป็นทางขึ้นลงเขา นอกจากนี้คนขับรถควรใช้ความเร็วที่สม่ำเสมอและควรขับรถด้วยความระมัดระวัง การขนส่งโดยใช้รถยนต์ควรมีระยะเวลาการเดินทางที่เหมาะสม คือประมาณ 3 ชั่วโมง เนื่องจากสัตว์จะสามารถ

ปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ก่อนที่จะถึงโรงงาน พื้นที่ที่เหมาะสมกับการบรรทุกสุกร คือ 0.4-0.5 ตารางเมตร/ตัว การขนย้ายสุกรควรกระทำในเวลาเย็นหรือเดินทางตอนกลางคืน การใช้น้ำเย็นฉีดพ่นลงบนตัวหรือใช้น้ำแข็งโปรยให้ทั่วรถจะช่วยลดความร้อนในตัวสัตว์ลงได้ การอดอาหารสุกรก่อนส่งฆ่าเป็นสิ่งจำเป็น เพราะนอกจากจะช่วยลดความเครียดเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากการย่อยอาหารแล้ว ยังช่วยลดปริมาณการติดเชื้อจุลินทรีย์ที่มาจากเศษอาหารและอุจจาระในกระเพาะและลำไส้ในขณะทำการผ่าท้องเพื่อเอาเครื่องในออกจากตัว และลดปริมาณวัสดุเศษเหลือที่ต้องกำจัด ที่เป็นเศษอาหารในกระเพาะลำไส้ และอุจจาระในบริเวณพักสัตว์ นอกจากนี้การอดอาหารสุกรก่อนฆ่าจะช่วยให้เลือดออกจากตัวสัตว์ได้มากขึ้น

นอกจากปัจจัยที่กล่าวมาข้างต้นแล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อซากของสุกรด้วย เช่น เพศ อายุ และน้ำหนัก เป็นต้น

เพศของสุกร

สมชัย (2542) กล่าวว่า สุกรเพศผู้ไม่ตอน จะเจริญเติบโตได้เร็วและมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมากกว่า (เปอร์เซ็นต์ไขมันน้อยกว่า) สุกรเพศเมียและสุกรเพศผู้ตอน ด้วยเหตุนี้สุกรเพศผู้ไม่ตอนจึงมีอายุที่น้ำหนักส่งตลาดน้อยกว่า จะมีปริมาณไขมันสะสมในตัวน้อยกว่าสุกรเพศเมียและเพศผู้ตอนที่น้ำหนักส่งตลาดเดียวกัน จึงมีผลทำให้สุกรเพศผู้ไม่ตอนมีไขมันเหลว เมื่อเทียบกับสุกรเพศเมียและเพศผู้ตอน และแม้มีการสะสมไขมันในระดับเดียวกัน (ความหนาของไขมันสันหลังเท่ากัน) สุกรเพศผู้ตอนยังให้ไขมันมีลักษณะเหลวกว่าสุกรเพศเมียและเพศผู้เพราะความแตกต่างในส่วนประกอบของน้ำและไขมันในเนื้อเยื่อไขมัน ซึ่งสอดคล้องกับจุฑารัตน์ (2548) ที่กล่าวว่า อิทธิพลของเพศหรืออาจจะเรียกได้ว่าอิทธิพลของฮอร์โมนเพศที่มีต่อการสะสมโปรตีนในร่างกายพบว่าสุกรเพศผู้จะมีการสะสมโปรตีนดีกว่าเพศเมีย ทั้งนี้เนื่องมาจากฮอร์โมนเพศผู้คือ Androgen จะไปกระตุ้นการสร้างโปรตีน แต่เนื่องจากเนื้อของสุกรเพศผู้ที่ไม่ตอนนี้จะมีกลิ่นผิดปกติ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องตอนสุกรเพื่อกำจัดการสร้างฮอร์โมนตัวนี้

สุกรเพศผู้ที่ตอนแล้วจะให้ซากที่มีปริมาณไขมันสูงกว่าสุกรเพศเมีย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าสุกรเพศผู้ที่ตอนกินอาหารในแต่ละวันมากกว่า และมีอัตราการเจริญเติบโตที่เร็วกว่า ดังนั้นวิธีการที่จะทำให้ได้สุกรที่มีคุณภาพซากดีขึ้น ควรกำหนดระยะเวลาการขุนของสุกรเพศผู้ที่ตอนให้สั้นกว่าสุกรเพศเมีย เช่น สุกรเพศผู้ที่ตอนไม่ควรปล่อยน้ำหนักตัวให้เกิน 90 กก. แต่สำหรับสุกรเพศเมียอาจจะยืดให้ถึงน้ำหนักตัว 100 กก. ได้

อายุและน้ำหนัก

จุฑารัตน์ (2548) กล่าวว่าอายุและน้ำหนักของสุกรมีความสัมพันธ์กันอย่างสูงกับคุณภาพของซากสุกรที่มีน้ำหนักตัวน้อยหรืออายุน้อยจะมีปริมาณเนื้อแดงสูงไขมันต่ำเมื่อคิดเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซาก จากการศึกษาวิจัยจำนวนมากได้ผลสอดคล้องกันว่าระยะที่สิ้นสุดการขุนควรอยู่ในช่วงที่สุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 90-95 กก.ทั้งนี้เพราะเป็นจุดที่ผู้เลี้ยงจะได้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด

การเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อเป็นเนื้อสัตว์ภายหลังการฆ่า

เยาวลักษณ์ (2546) และภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร (2539) กล่าวสอดคล้องกันถึงการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อเป็นเนื้อเยื่อภายหลังการฆ่า ว่าสัตว์ที่ถูกฆ่าเพื่อนำมาใช้สำหรับบริโภค กล้ามเนื้อในร่างกายสัตว์จะมีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เกิดขึ้นภายหลังการฆ่า ซึ่งการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนี้ เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นทำให้สภาพของกล้ามเนื้อเปลี่ยนไป โดยมีปฏิกิริยาทางชีวเคมี และสภาวะทางสรีระวิทยาต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องทำให้กล้ามเนื้อมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปเป็นเนื้อเพื่อการบริโภคของมนุษย์ในที่สุด

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับกล้ามเนื้อสัตว์ภายหลังการฆ่า เยาวลักษณ์ (2546) กล่าวว่ามีอยู่ 5 ประการดังนี้

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH ของกล้ามเนื้อ
2. การเพิ่มของอุณหภูมิ
3. การแข็งเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ
4. การย่อยสลายตัวของกล้ามเนื้อ
5. การเปลี่ยนแปลงทางกายภายของกล้ามเนื้อ

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH ของกล้ามเนื้อ

เมื่อสัตว์ยังมีชีวิตอยู่จะมีการหายใจแบบใช้ออกซิเจน (aerobic respiration) และลำเลียงออกซิเจนผ่านกระแสโลหิตไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย กล้ามเนื้อจึงได้รับพลังงานเพียงพอ หลังจากที่สัตว์ตายจะไม่มีการส่งออกซิเจนผ่านกระแสโลหิตไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนั้นกล้ามเนื้อก็ขาดออกซิเจนร่างกายสัตว์ยังคงมีการผลิตพลังงานต่อไปแต่จะมีการผลิตพลังงานโดยการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) เหมือนกรณีที่

กล้ามเนื้อทำงานหนักเกินไปในขณะที่ยังมีชีวิตอยู่ เป็นกลไกลการจัดหาพลังงานให้กล้ามเนื้อเพื่อพยายามคงการมีชีวิตได้ แต่อย่างไรก็ตามเหตุการณ์นี้จะเป็นไปได้อีกชั่วระยะหนึ่งเท่านั้นแล้วก็จะหมดไป

ในสัตว์มีชีวิตนั้นกรดแลกติกซึ่งเป็นผลิตผลที่ได้จากการผลิตพลังงานโดยการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ที่เกิดขึ้นในกล้ามเนื้อและทำให้กล้ามเนื้อเมื่อยล้านั้น ต่อมาจะถูกส่งไปยังตับ และตับก็จะสังเคราะห์กลายเป็นกลูโคสและไกลโคเจน ก่อนที่จะถูกนำมาใช้อีกครั้งหนึ่งแต่ในสัตว์ที่ตายแล้วนั้น กรดแลกติกจะสะสมในกล้ามเนื้อ และเป็นสาเหตุให้ pH ของกล้ามเนื้อลดต่ำลงเรื่อย ๆ ส่วนค่า pH สุดท้าย จะเป็นเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของไกลโคเจนที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อขณะกำลังฆ่าโดยทั่วไปสัตว์ที่ผ่านการปฏิบัติที่ดีก่อนฆ่าและในขณะฆ่าจะทำให้เนื้อสัตว์ที่มีลักษณะปกติมีค่า pH ลดลงจากเดิม 7.0 กลายเป็น 5.6-5.7 ภายในเวลา 6-8 ชั่วโมงหลังฆ่าแล้วจึงลดลงสู่จุด pH ระหว่าง 5.3-5.7 ภายใน 24 ชั่วโมงหลังฆ่า

วามเครียดที่สัตว์ได้รับก่อนฆ่ามีผลต่อการลดต่ำลงของ pH ในกล้ามเนื้อและส่งผลตามมาถึงคุณภาพของเนื้อสัตว์ด้วย สัตว์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามปฏิกิริยาตอบสนองต่อความเครียดคือ

1. สัตว์ที่มีอาการเครียดง่าย (Stress susceptibility) เช่น สุกรพันธ์เบลเยี่ยม-แลนด์เรซ (Belgium Landrace) และสุกรพันธ์เพียเทรียน (Pietrien) เป็นสุกรที่ตื่นตกใจง่าย เมื่อมีอาการตื่นตกใจ หรือเกิดความเครียดต่าง ๆ ขึ้นกับสภาพกายเช่น เกิดอาการช็อค อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น ถ้าความเครียดเพิ่มขึ้นมากถึงระดับที่ทนไม่ได้ก็อาจตายได้ง่าย ๆ สัตว์พวกนี้มักมีอุณหภูมิร่างกายสูง อัตราความเร็วของไกลโคไลซิสสูงซึ่งทำให้ pH กล้ามเนื้อลดต่ำอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดอาการแข็งเกร็งของกล้ามเนื้อหลังฆ่า (rigor mortis) เร็วกว่าปกติ

สัตว์พวกนี้หากมีอาการเครียดหรือตื่นตกใจ ปริมาณไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและตับก็จะถูกนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานในการดิ้นรนต่อสู้กล้ามเนื้อจะเกิดการยืดและหดตัวอย่างรวดเร็วและทำงานหนักมากทำให้ใช้ไกลโคลเจนในสภาพขาดออกซิเจนทำให้เกิดกรดแลกติกขึ้น เมื่อสัตว์ถูกฆ่าเซลล์กล้ามเนื้อก็จะขาดออกซิเจนไปทำให้เกิดการสะสม กรดแลกติกมากยิ่งขึ้นจึงทำให้ค่า pH ของกล้ามเนื้อลดลงไปอย่างรวดเร็วภายใน 1 ชั่วโมง pH ลดลงต่ำอย่างรวดเร็วแบบนี้เนื้อจะมีลักษณะสีซีด มีความสามารถในการยึดน้ำ (water binding) ต่ำมาก จึงทำให้น้ำซึมเยิ้มออกมาบนผิวเนื้อ เนื้อที่มีลักษณะแบบนี้เรียกว่าเนื้อ พี เอส อี (PSE – Pale Soft Exudative)

2. สัตว์ที่ทนต่อความเครียด (Stress resistance) สัตว์ประเภทนี้มีความทนต่อความเครียดสูงและจะสามารถรักษาอุณหภูมิปกติไว้ได้แม้ต้องเผชิญกับความเครียด อย่างไรก็ตามสัตว์ก็ยังสูญเสียไกลโคเจนในกล้ามเนื้อไป ดังนั้น หากได้รับความเครียดก่อนการฆ่าจากการออกกำลังกายมาก การอดอาหาร ความตื่นเต้น การดิ้นรนต่อสู้ จะทำให้ไกลโคเจนในกล้ามเนื้อ

ลดน้อยลง สภาวะการขาดไกลโคเจนนี้จะทำให้เนื้อสัตว์ถูกฆ่าจะมีอัตราการใช้ไกลโคเจนเข้ามาหลังจากฆ่าแล้ว pH ลดต่ำเพียงเล็กน้อยโดยทั่วไปจะมี pH ประมาณ 6.5 – 6.8 เนื้อประเภทนี้จะสามารถจับน้ำเข้าไว้ได้มากกว่าปกติ สีจึงเข้มจัดเพราะไมโอโกลบินไม่ได้ถูกปล่อยออกไปมาก ในขณะเดียวกันผิวนอกก็จะแห้ง จึงเรียกเนื้อลักษณะนี้ว่าเนื้อ ดี เอฟ ดี (DFD – Dark Firm Dry) (Garnet, 2001)

2. การเพิ่มอุณหภูมิ

เมื่อสัตว์ตายจะไม่มีการไหลเวียนของโลหิตอีกต่อไป ดังนั้นความร้อนภายในร่างกายซึ่งปกติจะถูกถ่ายทอดไปโดยระบบหมุนเวียนโลหิตก็พลอยหยุดไปด้วย ส่งผลให้กล้ามเนื้อในช่วงนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นในระดับที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับอัตราการเกิดเมตาบอลิซึม (metabolism) และปริมาณความร้อน อาจทำให้อุณหภูมิของกล้ามเนื้อเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 40 – 42 องศาเซลเซียส แล้วจะค่อย ๆ ลดลงมาสู่ระดับปกติ

การลดของ pH ในกล้ามเนื้อจากการสะสมของกรดแลคติกนั้น ถ้าเกิดโดยเร็วก่อนที่ความร้อนในซากสัตว์จะถูกระบายไปจะทำให้โปรตีนในกล้ามเนื้อเสียสภาพธรรมชาติ (denature) เป็นผลให้ความสามารถในการจับโมเลกุลของน้ำลดลง สีของเนื้อที่ได้จะซีดผิดปกติ ดังนั้นหลังจากการฆ่าสัตว์เมื่อแยกเครื่องในออกจากซากแล้วจะต้องลดอุณหภูมิของซากลงอย่างรวดเร็ว

3. การแข็งเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (Rigor mortis)

หลังจากที่สัตว์ตายแล้วกล้ามเนื้อจะเกิดภาวะแข็งเกร็งตัวเนื่องจากการยึดแน่นอย่างถาวรระหว่างโปรตีนแอกตินและไมโอซิน ซึ่งปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดการยึดแน่นของโปรตีนทั้งสองชนิดนี้เหมือนกับปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดระหว่างกล้ามเนื้อหดตัวขณะยังมีชีวิตอยู่แตกต่างกันตรงที่ไม่มีภาวะคืนตัว (relaxation) ตามมาเหมือนการเคลื่อนไหวปกติ ทั้งนี้เพราะพลังงานภายในกล้ามเนื้อเหลืออยู่น้อยมาก และไม่สามารถสร้างขึ้นมาใหม่ การแข็งตัวแบบนี้เรียกว่า ริเกอรมอร์ติส (rigor mortis) แต่ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ มีผลทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจน (oxygen solubility) ลดลง เนื้อจะมีสีไม่สม่ำเสมอโดยสีภายในจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีสีแดงเฉพาะบริเวณผิวหน้าของชิ้นเนื้อ (Kondos,1977)

4. การย่อยสลายตัวของกล้ามเนื้อ

เมื่อทิ้งซากสัตว์ไว้ในห้องเย็นหลังจากที่ผ่านภาวะแข็งเกร็งตัวของกล้ามเนื้อแล้ว เนื้อสัตว์จะมีลักษณะอ่อนนุ่มลง โดยปกตินิยมบ่มเนื้อสัตว์ไว้ในห้องเย็นอีกช่วงระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้

เนื้อสัตว์นุ่มมากขึ้น รสชาติตลอดจนความชุ่มน้ำหลังการเตรียมเพื่อบริโภคจะดีขึ้น การที่เนื้อนุ่มขึ้นหลังการบ่มเนื่องจากแรงที่ทำให้เกิดการเชื่อมติดกันระหว่าง ฟิลาเม้นท์ แต่ละเส้นภายในมัดกล้ามเนื้ออ่อนกำลังลงจากการสลายตัวของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันคอลลาเจนแล้ว ระหว่างการบ่มยังมีการย่อยสลายโปรตีนของเส้นใยกล้ามเนื้อบางส่วน โดยเอ็นไซม์ที่ย่อยสลายโปรตีนได้ เช่น เอ็นไซม์คาร์เธปซิน (cathepsin) ที่มีอยู่ในกล้ามเนื้อ ดังนั้น เมื่อเนื้อวัวผ่านการเก็บไว้ในห้องเย็นนาน ๆ จึงมีความนุ่มขึ้น

5. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของกล้ามเนื้อ

5.1 สี

5.1.1 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อเนื่องจากปริมาณออกซิเจนบริเวณชิ้นเนื้อ

กล้ามเนื้อในขณะสัตว์ยังมีชีวิตนั้น จะมีออกซิเจนเพียงพอจึงทำให้มีสีแดงสดแต่เมื่อออกซิเจนขาดนั้นสีก็จะออกแดงคล้ำหรือออกม่วง ในกล้ามเนื้อของสัตว์ที่ตายแล้วนั้น ออกซิเจนจะหมดไป ดังนั้น กล้ามเนื้อจึงมีสีแดงคล้ำ ๆ หรือออกม่วง แต่เมื่อใช้มีดตัดจะทำให้ผิวตัดของเนื้อได้รับออกซิเจนจึงค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงมาเป็นสีแดงสด ทั้งนี้เพราะไมโอโกลบินเกิดการ Oxygenated กับออกซิเจนในบรรยากาศรอบ ๆ แต่ถ้ากล้ามเนื้อผ่านการ denature อย่างหนักมาแล้วเช่นในกรณีที่ pH ลดต่ำอย่างรวดเร็วใน 1 ชั่วโมง หลังฆ่านั้น เนื้อจะมีสีซีดมากกว่า

5.1.2 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อเนื่องจากความสามารถในการละลายของออกซิเจน

ออกซิเจนมีคุณสมบัติเป็นตัวแพร่กระจายที่ดี (good diffusion) ในของเหลวที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ ทำให้ออกซิเจนสามารถละลายผ่านเข้าไปทางของเหลวในชิ้นเนื้อที่บริเวณผิวหน้าและแพร่กระจายเข้าไปภายในชั้นเนื้อได้ดี ทำให้ชิ้นเนื้อที่อยู่ในภาชนะบรรจุมีสีแดงสม่ำเสมอ แต่ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ มีผลทำให้ความสามารถในการละลายออกซิเจน (oxygen solubility) ลดลง เนื้อจะมีสีไม่สม่ำเสมอโดยสีภายในจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีสีแดงเฉพาะบริเวณผิวหน้าของชิ้นเนื้อ

5.1.3 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อเนื่องจากการสูญเสียความชื้น

ชิ้นเนื้อที่เก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิต่ำเป็นเวลานาน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีเกิดขึ้นโดยเปลี่ยนจากสีแดงไปเป็นสีน้ำตาลแดง เนื่องจากการสูญเสียน้ำที่อยู่บริเวณผิวหน้าไปเป็นผลทำให้ความเข้มข้นของรงควัตถุที่ละลายได้เคลื่อนที่ออกมารวมอยู่ด้วยจึงเป็นสาเหตุในความเข้มข้นของรงควัตถุเพิ่มขึ้นมาก สีของเนื้อจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงปนดำ

5.1.4 การเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อเนื่องจากแสงอุลตราไวโอเลท

แสงจากหลอดไฟอุลตราไวโอเลท มีผลไปเร่งการแห้งที่ผิวนอกของชิ้นเนื้อและเร่งการเกิดออกซิเดชั่นของ myoglobin ทำให้ชิ้นเนื้อที่วางจำหน่ายภายใต้แสงจากหลอดไฟอุลตราไวโอเลทเกิดการเปลี่ยนสีเร็ว ชิ้นเนื้อจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนแดง

5.2 ความแน่น

กล้ามเนื้อของสัตว์ขณะมีชีวิตอยู่นั้นจะมีลักษณะที่ค่อนข้างแน่นและสามารถคงรูปร่างที่แน่นอนได้ตลอดเวลา แต่เมื่อสัตว์ตายไปแล้วกล้ามเนื้อกำลังเกิดการแข็งตัวนั้น (rigor mortis) ลักษณะจะเปลี่ยนไปเป็นแน่นและแข็งที่อจนเมื่อเวลาผ่านไปก็จะเกิดการย่อยสลายของสารย่อย และเกิด denature ของโปรตีน กล้ามเนื้อจะเริ่มอ่อนตัวลง แต่ถ้าเป็นกรณีที่โปรตีนเกิด denature อย่างรุนแรงมากขึ้นในกล้ามเนื้อก็จะอ่อนตัวจนเข้าลักษณะเหลว

5.3 ความสามารถในการจับน้ำ

ในกล้ามเนื้อจะมีน้ำอยู่ประมาณ 65 -80 % ของน้ำหนักกล้ามเนื้อทั้งหมดเหล่านี้ส่วนใหญ่จะถูกจับไว้ภายในเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยเกาะตัวอยู่กับโปรตีน ถ้าหากโปรตีนเหล่านี้ไม่ denature ก็จะจับน้ำไว้ได้เกือบทั้งหมด แต่ในกรณี denature อณูน้ำเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมาได้ ดังนั้นเมื่อ pH ของเนื้อลดต่ำลงอย่างรวดเร็วใน 1 ชั่วโมง หลังฆ่าก็จะทำให้น้ำไหลซึมออกนอกกล้ามเนื้อ และความสามารถในการจับน้ำก็ลดต่ำลงอย่างมาก แต่ในทางตรงกันข้ามค่า pH ของเนื้อมีค่าสูงน้ำก็จะถูกจับไว้โดยโปรตีนส่วนใหญ่ จึงเรียกว่ามีความสามารถในการจับน้ำสูงกว่า

ขี้เหล็ก (*Cassia siamea*)

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Cassia siamea*

ชื่อวงศ์ Fabaceae (Leguminosae)

ชื่อพ้อง *Cassia florida*

Cassia siamea

ชื่ออังกฤษ Cassod tree, Siamese senna, Thai copperpod, Siamese cassia

ชื่อท้องถิ่น ขี้เหล็กแก่น ขี้เหล็กบ้าน ขี้เหล็กหลวง ขี้เหล็กใหญ่ และยะหา

Suwan *et al.* (1992) กล่าวว่า ขี้เหล็กมีชื่อทางพฤกษศาสตร์ *Cassia siamea* ชื่อภาษาอังกฤษ Cassia Tree, Thai Copper pod ในตำราการแพทย์แผนไทยได้มีการบันทึกประโยชน์ของขี้เหล็กในหลายด้าน เช่น ใช้แก้อาการท้องผูก ใช้แก้อาการนอนไม่หลับ ใช้ทำ

ความสะอาดเส้นผม ทำให้ผมชุ่มชื่นเป็นเงางาม ไม่มีรังแค ช่วยเจริญอาหาร บำรุงน้ำดี และบำรุงโลหิต เป็นต้น

การใช้ขี้เหล็กในงานเภสัชกรรม

วีระสิงห์ และคณะ (2543) พบว่า ในใบและดอกขี้เหล็ก ใช้เป็นอาหารและยา มีสารสำคัญ คือ Anthraguinone และ Baracol เมื่อนำใบขี้เหล็กมาพัฒนาเป็นยาน้ำเชื่อมขี้เหล็กและยาเม็ดขี้เหล็ก 400 มก. (มีความเข้มข้นของสารสำคัญ baracol 10 mg/dose/5 cc./เม็ด) มาทดสอบทางคลินิกกับคนไข้ 2 กลุ่ม จำนวนคนไข้หลังผ่าตัด 22 ราย ซึ่งมีอาการนอนไม่หลับและอาสาสมัคร 20 ราย เพื่อช่วยในการนอนหลับ ผลปรากฏว่าผู้ป่วยในกลุ่มกินน้ำเชื่อมขี้เหล็ก 5 ซีซี นอนหลับดีร้อยละ 59 นอนไม่หลับร้อยละ 41 และไม่มีอาการแทรกซ้อนใด ๆ ส่วนในกลุ่มยาเม็ดขี้เหล็ก 400 มก. ขนาด 1 – 2 เม็ด ก่อนนอน พบว่า นอนหลับดีร้อยละ 69 นอนไม่หลับเหมือนเดิมร้อยละ 31 ระบายท้องร้อยละ 26 และท้องอืดร้อยละ 6 สรุปได้ว่า ยาน้ำเชื่อมและยาเม็ดขี้เหล็กในขนาดความเข้มข้น baracol 10 มก. ต่อครั้ง ช่วยให้ผู้ป่วยนอนหลับได้ดีพอควรและไม่มีอาการข้างเคียง

ปราโมทย์ (2542) กล่าวว่า ต้นขี้เหล็กเลือด เป็นพืนตระกูลถั่ว ชื่อทางพฤกษศาสตร์ *Cassia timoriensis* D.C. ชื่อที่เรียกทั่วไป ขี้เหล็กเลือด ภายในจังหวัดเชียงใหม่เรียกขี้เหล็กแดง เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง ใบเล็ก ปลายใบแหลม โตกว่าใบแคเล็กน้อย ท้องใบสีแดง ใบอ่อนมียอดสีแดง มีฝักเล็ก ขนาดใบแคบ ดอกมีสีเหลืองเล็ก ประโยชน์ใช้รับประทานเป็นอาหารได้ ทำให้ระบายอ่อน ๆ และทำให้ทางเดินอาหารเป็นปกติ

สุนทร (2542) กล่าวว่าขี้เหล็กบ้าน เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ใบต้องหนาทึบ ลักษณะคล้ายใบชุบเห็ดไทย ใบเป็นใบรวม ซึ่งประกอบด้วยใบย่อยประมาณ 20 ใบ ดอกสีเหลืองเป็นช่อดอก ฝักแบนอวบ ยาวประมาณ 15 เซนติเมตร เป็นพืชที่พบอยู่ทั่วไป ชอบขึ้นในป่าชื้นและริมคลองทั่วไปทุกภาค ชื่อวิทย์ *Cassia siamea* ประโยชน์ทางอาหาร ดอกตูมและใบอ่อนรับประทานเป็นอาหารผัก ชาวบ้านนำมาแกงใส่กะทิเรียก “แกงขี้เหล็ก” การนำใบอ่อนและดอกมาแกง จะต้องล้างน้ำทิ้งเสียก่อน มิฉะนั้นจะขม ประโยชน์ทางยา ใบแก้นิ่ว ขับปัสสาวะ แก้เหน็บชา ขาบวม ถอนพิษ ดอกแก้โรคเส้นประสาทที่ทำให้นอนไม่หลับ แก้หืด ล้างศีรษะแก้รังแค เปลือกแก้ริดสีดวง กระพี้รสขม แก้พิษร้อนกระสับกระส่าย แกนรสขม แก้ธาตุพิการ ทำให้ตัวเย็น ชีด แก้เหน็บชา แก้กามโรค แก้กระส่ายถ่ายเส้น รากรสขม แก้ไข้หลับ ไข้ซ้ำ ถอนพิษ ผิดสำแดง แต่ถ้าใช้ขี้เหล็กทั้งห้า คือ ราก ลูก ดอก ใบ ต้น รวมกันรับประทานเป็นยาถ่าย พิษกระษัย พิษไข้ พิษต่าง ๆ

Bulyalert (2002) กล่าวว่าใบและดอกขี้เหล็กทำให้เกิดอาการง่วงซึมและมีพิษน้อยกว่าสมุนไพรชนิดอื่นๆ ต่อมาจึงมีการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารสกัดใบขี้เหล็กอีกครั้งโดยใช้แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย พบว่าสารสกัดนี้มีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลาง เพิ่มความตึงตัวของกล้ามเนื้อเรียบ และมีฤทธิ์ขับปัสสาวะ เมื่อให้บาราคอลแก่หนูถีบจักรก่อนให้สาร 5-hydroxytryptophan ในขนาด 200 นาโนกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมพบว่าบาราคอลลดฤทธิ์การสบัดหัวของหนูขาวที่ชักนำโดย 5-hydroxytryptophan นั่นคือบาราคอลสามารถกดการทำงานของระบบประสาทซีโรโตนิน พิกุล (2531) รายงานว่าบาราคอลยังสามารถต้านฤทธิ์ 5-HT_2 receptor-mediated behaviour ในหนูถีบจักรและมีรายงานว่า ritanserin ซึ่งเป็น 5-HT_2 receptor antagonist มีฤทธิ์คลายกังวลและผลจากพฤติกรรมน่าจะเกี่ยวข้องกับระบบประสาทซีโรโตนิน

อุไร (2542) ใช้สารสกัดใบขี้เหล็กในขนาด 70 ก./กก. ในสัตว์ทดลองพบว่า ไม่มีอาการรุนแรงมากกว่าการนอนซบเซา นอกจากออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลางแล้ว ขี้เหล็กยังมีฤทธิ์ต้านการชัก มีฤทธิ์ต่อหลอดเลือดและระบบการไหลเวียนของโลหิต ลดความดันโลหิต มีผลต่อหัวใจ ลดอาการ ventricular fibrillation และ tachycardia ขับปัสสาวะคลายกล้ามเนื้อเรียบ ระงับความเจ็บปวด และระบายท้อง

Prakob *et al.* (2003) พบว่าทำให้เกิดความง่วงหลับได้ง่ายขึ้น โดยดูจากคลื่นสมองที่เปลี่ยนแปลงไปในอาสาสมัครสุขภาพดีโดยการตรวจคลื่นสมองที่เกี่ยวกับการง่วงหลับ (N_1P_1 amplitude) 3 ตำแหน่งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าอาสาสมัครง่วงมากขึ้น ส่วนในอาสาสมัครที่มีอาการนอนไม่หลับยาขี้เหล็กทำให้คุณภาพการนอนของอาสาสมัครดีขึ้น เช่น หลับได้เร็วขึ้น ตื่นกลางดึกน้อยลงและรู้สึกพึงพอใจกับการนอนมาก

การพัฒนายาจากขี้เหล็ก จัตุพร (2547) กล่าวไว้ ดังนี้

1. การเตรียมและคัดเลือกวัตถุดิบใบขี้เหล็ก ได้คัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพดีที่สุด ใช้วิธีการเตรียมที่สะอาดคือ ล้าง อบ บด มีการตรวจหาปริมาณของสารสำคัญในวัตถุดิบ เพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีปริมาณตัวยาสูงสุด ขั้นตอนนี้สำคัญมาก เพราะหากมีปริมาณสารน้อยก็จะไม่มีฤทธิ์ในการช่วยให้นอนหลับ

2. การผลิตยาเม็ด ใช้หลักควบคุมเหมือนยาแผนปัจจุบัน ตามหลัก Good Manufacturing Practice ยาทุกเม็ดต้องมีความสม่ำเสมอของตัวยา มีปริมาณตัวยาเท่ากันทุกเม็ด มีความแข็งพอดี แตกกระจายตัวดี ตัวยามีการละลายดี และถูกดูดซึมได้ดี

3. การสกัดสารสำคัญ บาราคอล (barakol) เพื่อใช้เป็นสารมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพ สารบาราคอลที่สามารถสกัดได้จากใบขี้เหล็ก คือ 2.4 มิลลิกรัมต่อใบขี้เหล็กแห้ง 0.1 กรัม

4. การควบคุมคุณภาพ มีการวิเคราะห์ปริมาณตัวยาแอนไฮโดรบาราคอลในวัตถุดิบและยาเม็ดขี้เหล็กซึ่งต้องไม่ต่ำกว่า 10 มก./เม็ด มิฉะนั้น จะไม่ได้ฤทธิ์ที่ต้องการ

5. การทดสอบความคงตัวมีการวิเคราะห์ปริมาณตัวยาสำคัญ เมื่อเก็บไว้นาน 3, 6 และ 12 เดือน

6. การทดสอบฤทธิ์ในคน

ได้มีการทดสอบเบื้องต้นในคนไข้โดย ศ.นพ.วีระสิงห์ เมืองมั่น แห่งโรงพยาบาลรามาธิบดีได้ทดสอบกับคนไข้จำนวน 22 คน พบว่า ได้ผลดี ช่วยให้นอนหลับ 13 คน (59%)

7. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

7.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง ใบขี้เหล็กแห้งที่มีส่วนประกอบเดียวกัน ทำโดยกรรมวิธีเดียวกัน ในระยะเวลาเดียวกัน

7.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้

7.2.1 การชักตัวอย่างจำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เมื่อการทดสอบความคงตัวมีการวิเคราะห์ปริมาณตัวยาสำคัญ เก็บไว้นาน 3, 6 และ 12 เดือน จึงจะถือว่าใบขี้เหล็กแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.2 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และการสกัดด้วยน้ำเดือด ให้ใช้ตัวอย่างและการยอมรับสำหรับการทดสอบสิ่งแปลกปลอม การบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันแล้ว จำนวน 3 หน่วย จึงจะถือว่าใบขี้เหล็กแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.3 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบการเจือสีและความชื้น ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 200 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด เมื่อตรวจสอบการทดสอบความคงตัวมีการวิเคราะห์ปริมาณตัวยาสำคัญ เมื่อเก็บไว้นาน 3, 6 และ 12 เดือน จึงจะถือว่าใบขี้เหล็กแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

7.2.4 การชักตัวอย่างและการยอมรับ สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน จำนวน 3 หน่วยภาชนะบรรจุ เพื่อทำเป็นตัวอย่างรวม โดยมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 200 กรัม กรณีตัวอย่างไม่พอให้ชักตัวอย่างเพิ่มโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน

ให้ได้ตัวอย่างที่มีน้ำหนักรวมตามที่กำหนด ตัวอย่างใบขี้เหล็กแห้งจากการทดสอบความคงตัวมีการวิเคราะห์ปริมาณตัวยาสำคัญ เมื่อเก็บไว้นาน 3, 6 และ 12 เดือน จึงจะถือว่าใบขี้เหล็กแห้งรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป สี กลิ่นรส และการสกัดด้วยน้ำเดือด

8.1.1 ให้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจสอบประกอบด้วยผู้ที่มีความชำนาญในการตรวจสอบใบขี้เหล็กแห้งอย่างน้อย 5 คน แต่ละคนจะแยกกันตรวจและให้คะแนนโดยอิสระ

8.1.2 เทตัวอย่างใบขี้เหล็กแห้งลงในจานกระเบื้องสีขาว ตรวจสอบลักษณะทั่วไปและสี โดยการตรวจพินิจ

8.1.3 เทตัวอย่างใบขี้เหล็กแห้งลงในภาชนะที่เหมาะสม เติมน้ำเดือดตามปริมาณที่ระบุไว้ที่ฉลาก ปิดฝาทิ้งไว้ 6 นาที ตรวจสอบกลิ่นรสและการสกัดด้วยน้ำเดือดโดยการตรวจพินิจและชิม

8.1.4 หลักเกณฑ์การให้คะแนน ให้เป็นไปตามตาราง 1

ตาราง 1 หลักเกณฑ์การให้คะแนนใบขี้เหล็ก

ลักษณะที่ตรวจสอบ	เกณฑ์ที่กำหนด	ระดับการตัดสิน (คะแนน)			
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง
ลักษณะทั่วไป	เป็นผง แห้ง ไม่จับตัวเป็นก้อน	4	3	2	1
สี	ต้องมีสีที่ดีตามธรรมชาติใบขี้เหล็กแห้ง	4	3	2	1
กลิ่นรส	ต้องมีกลิ่นรสที่ดีตาธรรมชาติ	4	3	2	1
การสกัดด้วยน้ำเดือด	ต้องมีลักษณะที่ดีตามธรรมชาติของใบขี้เหล็กแห้ง	4	3	2	1

ที่มา : จรัญ (2539)

8.2 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม ภาชนะบรรจุ เครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

8.3 การทดสอบการเจือสีเทตัวอย่างใบขี้เหล็กแห้งประมาณ 0.5 กรัมถึง 1 กรัมลงบนกระดาษกรอง พับกระดาษกรองเข้าหากันแล้วขยี้ เทตัวอย่างใบขี้เหล็กแห้งออกจากกระดาษกรอง

ให้หมด พ่นน้ำลงบนกระดาษกรองพอเปียก ต้องไม่มีสีเกิดขึ้นเห็นได้ชัดเจน ยกเว้นสีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้บนกระดาษกรองนั้น

9. การทดสอบความชื้นให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

10. การทดสอบจุลินทรีย์ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือ BAM หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่ยอมรับ

11. การทดสอบน้ำหนักสุทธิให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

พันทิพา (2543) ศึกษาการใช้เยื่อแผ่นโพลิไวนิลแอลกอฮอล์ ซึ่งทำปฏิกิริยาโครงร่างตาข่ายกับกรดกลูตาริกเพื่อแยกน้ำออกจากสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็ก ด้วยกระบวนการเพอร์เวเพอ-เรชัน (powerration) โดยในขั้นตอนแรกศึกษาการดูดซับสาร ด้วยเยื่อแผ่นสังเคราะห์ที่เตรียมได้ พบว่าเยื่อแผ่นมีความสามารถในการดูดซับน้ำและสารสกัดหยาบ ได้ดีกว่าสารละลายเอทานอล การสกัดสารสกัดหยาบจากใบขี้เหล็กด้วยสารละลายเอทานอลร้อยละ 15 โดยปริมาตรในถังกวน พบว่ามีปริมาณบาราคอลคิดเป็นร้อยละ 0.05 ของใบขี้เหล็ก 10 กรัมแห้งและสารบาราคอลเกิดการสลายตัวมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ฤทธิ์กระตุ้นการเคลื่อนไหวของลำไส้

สารสกัดใบด้วย 25% แอลกอฮอล์ เพิ่มการบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียบของลำไส้กบ และสุนัข

ฤทธิ์เป็นยาถ่าย

ขี้เหล็กมีสาร anthraquinone (2-5) ซึ่งมีฤทธิ์เป็นยาถ่าย จากการศึกษาพบว่าสารสกัดจากใบด้วยน้ำร้อน มีฤทธิ์เป็นยาถ่ายในหนู

ความเป็นพิษและการทดสอบความเป็นพิษ

1. การทดสอบความเป็นพิษ

วนิดา (2545) กล่าวว่า การศึกษาพิษเฉียบพลันของสารสกัดจากใบขี้เหล็ก โดยป้อนและฉีดสารสกัดเข้าใต้ผิวหนังของหนูถีบจักรในขนาดต่างๆ กัน พบว่าสารสกัดจากใบขี้เหล็ก ขนาด 10 ก./กก. ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษในสัตว์ทดลอง ไม่ว่าจะให้โดยวิธีการป้อนหรือฉีดเข้าใต้ผิวหนัง เมื่อฉีดสารสกัดใบขี้เหล็กด้วยน้ำและแอลกอฮอล์ (1:1) แก่หนูตัวเมีย พบว่าขนาดที่ทำให้หนูตายครึ่งหนึ่งคือ 1 ก./กก. ส่วนอีกการทดลองหนึ่งกล่าวว่า ใบขี้เหล็กมีผลทำให้

สัตว์ทดลองตาย ในการทดสอบพิษแบบเฉียบพลัน เมื่อนำส่วนสกัดอัลคาลอยด์จากใบขี้เหล็กมาป้อนหนูตะเภาหรือหนูขาว ในขนาดเทียบเท่าผงใบแห้ง 70 ก./กก. ไม่พบพิษ และสารสกัดจากใบขี้เหล็กด้วยแอลกอฮอล์ 25% ในสัตว์ทดลอง พบว่าเมื่อใช้สารสกัดป้ายที่ตาหนูขาว มีผลทำให้เยื่อบุตาของหนูอักเสบ เมื่อผสมสารสกัดลงในอาหารให้หนูตะเภากิน พบว่ามีผลเพิ่มการขับถ่ายอุจจาระ หรือผสมสารสกัดลงในอาหารให้สุนัขกิน พบว่าเกิดอาเจียน และเมื่อทดลองในอาสาสมัคร 21 คน พบว่ามีอาการท้องเสีย 1 คน การทดลองทางคลินิก พบว่าขนาดที่ปลอดภัยคือ 4-8 กรัม หรือประมาณ 0.8-0.1 กรัม/กิโลกรัม ในอาสาสมัครที่ให้สารในขนาด 6 กรัม ไม่พบว่าเป็นอันตราย และในหญิงที่กินในขนาดที่เกินไปถึง 15 กรัมก็ไม่พบอันตราย

2. พิษต่อตับ

ผู้รับประทานใบขี้เหล็กเพื่อช่วยให้นอนหลับ Greef *et al.* (1994) รายงานว่ามีอาการตับอักเสบเฉียบพลัน แต่เมื่อหยุดยาอาการตับอักเสบลดลงเป็นปกติ นอกจากนี้ยังมีการทดลองพิษเฉียบพลันในหนูขาว โดยให้บาราคอล ซึ่งเป็นสารจากขี้เหล็ก ขนาด 60, 100 และ 120 มก./กก. หลังจากนั้น 24 ชั่งโมง ไม่พบความผิดปกติของตับ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับยาพาราเซทามอล และการศึกษาพิษแบบกึ่งเฉียบพลัน โดยให้บาราคอลขนาด 60, 120 และ 240 เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แต่แบ่งกลุ่มที่ได้รับขนาด 240 มก./กก. เป็น 2 กลุ่ม คือให้งดบาราคอลในสัปดาห์สุดท้าย พบว่าน้ำหนักของหนูที่ได้รับบาราคอลจะเพิ่มขึ้น ไม่พบการตาย (necrosis)

วนิดา (2545) กล่าวว่านอกจากนี้ยังมีรายงานภาวะตับอักเสบที่เกิดจากยาขี้เหล็ก พบว่ามีผู้ป่วยอย่างน้อย 9 รายในปี พ.ศ. 2542 มีภาวะตับอักเสบ โดยความสัมพันธ์ของภาวะตับอักเสบจากยากับยาขี้เหล็กจัดอยู่ในระดับความสัมพันธ์ตั้งแต่ขั้นเป็นไปได้ (probable) จนถึงขั้นแน่นอน (definite) ตามเกณฑ์มาตรฐานการวินิจฉัย หรือ DILI scale (drug induced liver injury scale) และยังมีผู้ป่วยอย่างน้อย 2 รายได้ทดลองกินยาขี้เหล็กซ้ำใหม่หลังภาวะตับอักเสบเฉียบพลันดีขึ้นแล้ว พบว่าเกิดอาการของตับอักเสบซ้ำอีกและเมื่อต้นปี พ.ศ.2543 แพทย์ทางอายุรกรรม โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้าฯ ได้รายงานถึงภาวะตับอักเสบที่อาจสัมพันธ์โดยตรงต่อการใช้สมุนไพรขี้เหล็ก หรืออาจจะเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกันของยา (Drug interaction) ทั้งนี้เนื่องจากผู้ป่วยส่วนหนึ่งที่มีอาการตับอักเสบ จากการซักประวัติ พบว่ามีพฤติกรรมบริโภคอาหารเสริมหรือยารวมทั้งขี้เหล็กด้วย นอกจากนี้ยังมีการทดสอบพิษต่อตับของบาราคอลซึ่งเป็นสารสำคัญที่สกัดจากใบอ่อนของต้นขี้เหล็กในเซลล์มะเร็งเพาะเลี้ยงของตับคน ชนิดเฮพจี 2 โดยใช้บาราคอลความเข้มข้น 0.25, 0.50, 0.75 และ 1 มิลลิโมลาร์ ทำการทดสอบเทียบกับอะเซตามิโนเฟนซึ่งเป็นสารพิษต่อตับ วัดผลการทดสอบที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชม. พบว่าบาราคอลและอะเซตามิโนเฟน มีผลเป็นพิษต่อตับ โดยขึ้นกับขนาดและเวลาที่ได้รับสารบาราคอลมีพิษต่อตับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่ความเข้มข้นมากกว่าหรือเท่ากับ 0.75 มิลลิโมลาร์ ที่เวลา 24 ชม.

ของการสัมผัส ส่วนที่เวลา 48, 72 และ 96 ชม.ของการสัมผัส จะพบพิษของบาราคอลที่ความเข้มข้นมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 มิลลิโมลาร์ ค่า IC_{50} ของบาราคอลต่อเซลล์ที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชม.ของการสัมผัส มีค่าเท่ากับ 5.70, 0.96, 0.77 และ 0.68 มิลลิโมลาร์ ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบพิษต่อเซลล์ระหว่างบาราคอลและอะเซตามิโนเฟนที่ความเข้มข้น 1 มิลลิโมลาร์ พบว่าบาราคอลมีพิษต่อเซลล์มากกว่าอะเซตามิโนเฟนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่เวลาต่างๆ กันของการสัมผัส

Chaichan (1998) ศึกษาพิษเรื้อรังของใบขี้เหล็กซึ่งมีบาราคอลเป็นสารสำคัญในหนูขาวพันธุ์วิสตาร์ เป็นเวลา 6 เดือน โดยป้อนผงใบขี้เหล็กแขวนตะกอนในน้ำทางปากให้กับหนูขาว โดยใช้ใบขี้เหล็ก ขนาด 20, 200 และ 2,000 มก./นน.ตัว 1 กก./วัน ดูผลการทดสอบหลังจากหยุดให้ยา 2 สัปดาห์ ผลการศึกษาพิษแสดงให้เห็นว่า หนูที่ได้รับใบขี้เหล็กทุกขนาด มีการเจริญเติบโตและการกินอาหารไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม หนูเพศเมียที่ได้รับใบขี้เหล็กขนาด 2,000 มก./กก มีน้ำหนักไตสูงกว่ากลุ่มควบคุม และหนูเพศเมียที่ได้รับใบขี้เหล็กขนาด 200 และ 2,000 มก./กก. มีค่า creatinine ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนหนูเพศผู้ที่ได้รับใบขี้เหล็กขนาด 200 และ 2,000 มก./กก. มีจำนวนเม็ดเลือดแดงต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และหนูเพศผู้ที่ได้รับใบขี้เหล็กขนาด 2,000 มก./กก. ทำให้ค่าฮีโมโกลบินต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และทำให้ระดับโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ของหนูเพศผู้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนแปลงของค่าโลหิตวิทยานี้กลับสู่ปกติได้ภายหลังหยุดยาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ผลของใบขี้เหล็กต่อค่าทางเคมีของซีรั่มนั้น พบว่าขี้เหล็กขนาด 200 และ 2,000 มก./กก. ทำให้ค่าบิลิรูบินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนแปลงของค่าทางชีวเคมีนี้กลับสู่ปกติภายหลังหยุดยาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ สำหรับหนูเพศผู้ ส่วนหนูเพศเมียไม่กลับสู่สภาพปกติ เมื่อผ่าชากชันสูตรตรวจอวัยวะภายในต่างๆ พบว่าหนูที่ได้รับใบขี้เหล็กขนาด 2,000 มก./กก มีน้ำหนักไตและน้ำหนักสัมพัทธ์ของไตและตับเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าของอวัยวะภายในต่างๆ การทดลองในหนู wistar เพศผู้ที่ได้รับบาราคอล ซึ่งสกัดมาจากขี้เหล็ก ขนาด 10-100 มก./กก. เป็นเวลา 30 วัน ไม่พบความผิดปกติในตับและไต

มนฤดี และ ชัยโย (2547) ทดสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทส่วนกลางของสารสกัดจากใบและยอดอ่อนของต้นขี้เหล็ก โดยมุ่งเน้นการทดสอบฤทธิ์กดประสาทของสารบาราคอลที่ได้จากการสกัดใบขี้เหล็ก เนื่องจากมีการใช้ใบขี้เหล็กในสรรพคุณช่วยนอนหลับในการสาธารณสุขมูลฐาน และการแพทย์แผนไทย วัดผลของสารสกัดจากใบขี้เหล็กต่อพฤติกรรมการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติ ผลเพิ่มการนอนหลับ ฤทธิ์ต้านกังวล ฤทธิ์ต้านชัก และผลยับยั้งต่อระบบโดปามีนในหนูถีบจักร นอกจากนี้ยังศึกษาผลของบาราคอลต่อการหลั่งสารสื่อประสาทโดปามีนในภาวะปกติและภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วยสารเมทแอมเฟตามีนในหนูขาว พบว่าบาราคอลซึ่งสกัดได้จากใบ

ขี้เหล็กมีฤทธิ์ยับยั้งระบบประสาทส่วนกลาง ลดพฤติกรรมการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติโดยที่ไม่มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและทำให้หลับมากขึ้น และไม่มีฤทธิ์ต้านกังวลแต่มีฤทธิ์ลดการหลั่งสารโดปามีน เชื่อว่าฤทธิ์กดประสาทส่วนกลางเนื่องมาจากการลดการหลั่งโดปามีนนั่นเอง นอกจากนั้นผลการทดสอบของแอนไฮโดรบาราคอลที่มีต่อระบบประสาทส่วนกลาง พบว่าแอนไฮโดรบาราคอลสามารถลดพฤติกรรมการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติของสัตว์ทดลองได้อย่างมีนัยสำคัญเทียบกับกลุ่มควบคุมโดยไม่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและการทรงตัว ไม่มีฤทธิ์ต้านกังวลและไม่มีฤทธิ์ลดการหลั่งสารโดปามีนผลวิจัยชี้ให้เห็นชัดเจนว่าทั้งบาราคอลซึ่งสกัดได้จากใบขี้เหล็กมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง เนื่องจากบาราคอลมีแนวโน้มออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทโดปามีนจึงมีผู้ศึกษาวิจัยผลของบาราคอลต่อระบบประสาทโดปามีนค่อนข้างมาก พบว่าบาราคอลเพิ่มพฤติกรรมการเคลื่อนที่แบบหมุน (rotation behavior) ในหนูขาวที่ฉีด apomorphine ในขนาด 1 นาโนกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แสดงว่าบาราคอลสามารถกระตุ้นระบบประสาทโดปามีนได้ (พิกุล, 2531) และบาราคอลในขนาด 100 - 200 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมสามารถลดความเจ็บปวดในหนูถีบจักรโดยเพิ่ม nociceptive threshold ตามขนาดของบาราคอลที่เพิ่มขึ้น (พิกุล, 2531) มีรายงานว่าระบบประสาทโดปามีนสามารถควบคุมการรับรู้ความเจ็บปวดได้ โดยเมื่อให้ quinpirole ที่เป็น D_2-selective agonist สามารถยับยั้งความรู้สึกปวดที่เหนี่ยวนำโดยสาร formalin และฤทธิ์นี้สามารถต้านได้ด้วย raclopride ซึ่งเป็น D_2 receptor antagonist นอกเหนือจากฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลางแล้ว บาราคอลยังแสดงฤทธิ์ต่อระบบอื่นๆ เช่น เมื่อให้บาราคอลในขนาด 0.5 - 15 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมเข้าทางหลอดเลือดดำมีฤทธิ์ทำให้ความดันเลือดลดลงทั้งความดันซีสโตลิกและความดันไดแอสโตลิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ บาราคอลมีฤทธิ์ลดความดันได้ทั้งในหนูขาวและในแมวซึ่งมีกลไกการออกฤทธิ์แตกต่างกัน โดยในหนูน่าจะออกฤทธิ์ผ่าน 2 กลไกคือ ผ่านทางเยื่อบุเอนโดทีเลียม โดยบาราคอลจะไปกระตุ้นเซลล์เอนโดทีเลียมให้หลั่งสาร endothelium-derived relaxing factor ซึ่งต่อมาพบว่าสารนี้คือ nitric oxide (NO) ซึ่งจะไปทำให้กล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือดคลายตัว และ/หรืออาจออกฤทธิ์โดยตรงต่อกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด ส่วนในแมวน่าจะออกฤทธิ์ผ่านทางตัวรับ muscarinic เนื่องจาก atropine สามารถยับยั้งฤทธิ์ของบาราคอลที่มีต่อกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือดได้

ชูเกียรติ (2546) ได้รายงานคุณค่าทางอาหารของใบขี้เหล็กสด ใบขี้เหล็กแห้ง ดังตาราง 2

ตาราง 2 คุณค่าทางอาหารของใบขี้เหล็กสด และใบขี้เหล็กแห้ง

ส่วนประกอบในใบขี้เหล็ก (1 กรัม)	ปริมาณ	
	ใบขี้เหล็กสด	ใบขี้เหล็กแห้ง
ความชื้น (กรัม)	65.60	9.57
แคลอรี่ (กิโลแคลอรี่)	114.00	102.00
ไขมัน (กรัม)	1.00	11.20
คาร์โบไฮเดรท (กรัม)	24.40	7.10
เยื่อใย (กรัม)	13.70	19.80
โปรตีน (กรัม)	7.40	15.50
แคลเซี่ยม (มิลลิกรัม)	100.00	92.00
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	10.50	12.50
เหล็ก (มิลลิกรัม)	5.30	4.45
ไวตามิน A (IU)	11,067.00	1,554.00
ไวตามิน B_1 (มิลลิกรัม)	0.04	0.33
ไนอะซีน (มิลลิกรัม)	1.30	0.09
ไวตามิน (มิลลิกรัม)	56.00	20.00

ที่มา : ชูเกียรติ (2548)

ตาราง 3 คุณค่าทางอาหารใบขี้เหล็กแห้งที่ได้จากการวิเคราะห์

ส่วนประกอบในใบขี้เหล็ก	ปริมาณ (%)
	(Air day)
ความชื้น	9.20
ไขมัน	5.28
เถ้า	6.13
เยื่อใย	18.72
โปรตีน	15.43

3. พิษต่อเซลล์

เมื่อศึกษาความเป็นพิษของบาราคอลต่อเซลล์มะเร็งด้วยวิธี XTT assay พบว่าบาราคอลแสดงความเป็นพิษต่อเซลล์แปรผันตรงตามความเข้มข้นและเวลา ในขนาดความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 0.8 มิลลิโมลาร์ พบว่าเซลล์ตายประมาณ 95% ภายในเวลา 72 ชั่วโมง และทดสอบด้วยวิธี trypan blue dye exclusion assay พบว่าบาราคอลที่ขนาดความเข้มข้น 0.8 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ แสดงความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งเอ็มบริโอพีสิบเก้าโดยมีจำนวนเซลล์ที่มีชีวิตน้อยกว่ากลุ่มควบคุมประมาณ 63 - 76 % หลังจากได้รับบาราคอลนาน 36 - 72 ชั่งโมง และเมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเซลล์มะเร็งเอ็มบริโอพีสิบเก้าพบว่ามีขนาดโตและบวมขึ้น เมื่อศึกษารูปแบบการตายของเซลล์ด้วยเทคนิค agarose gel electrophoresis พบว่าบาราคอลเหนี่ยวนำให้เซลล์มะเร็งเอ็มบริโอพีสิบเก้าตายแบบ apoptosis

4. วิธีการเตรียมใบขี้เหล็ก

4.1 หาใบขี้เหล็กตามท้องถิ่น

4.2 นำมาตากแดดให้แห้งโดยให้ใบมีสีเขียวหรืออบที่อุณหภูมิ 40 องศา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใบขี้เหล็กสด 10 กิโลกรัมเมื่อแห้งแล้วจะได้ใบขี้เหล็กแห้ง 1 กิโลกรัม

4.3 นำมาบดให้ละเอียด

4.4 ใส่ถุงเก็บไว้เพื่อรอนำไปผสมในอาหารต่อไป

การย่อยได้จริงและการย่อยได้ปรากฏ

บุญล้อม (2541) กล่าวไว้ว่า เมื่อนำโภชนะในมูลมาหักออกจากโภชนะในอาหารและคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของโภชนะในอาหารนั้น จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ (digestibility coefficient) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า การย่อยได้ (digestibility)

การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%) = $\frac{\text{(ปริมาณวัตถุแห้งที่กิน - ปริมาณวัตถุแห้งที่ขับออกมา)} \times 100}{\text{ปริมาณวัตถุแห้งที่กิน}}$

Digestibility Coefficient of Dry Matter (%)

สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะอื่น ๆ คำนวณโดยวิธีเดียวกัน ค่าที่ได้เรียกว่าการย่อยได้ปรากฏ (apparent digestibility coefficient) อย่างไรก็ตามการถือว่าส่วนของโภชนะที่ไม่ถูกขับออกทางมูล เท่ากับส่วนที่ถูกดูดซึมได้นั้นนับว่ายังไม่ถูกต้อง เพราะสิ่งที่ขับออกมาในมูลไม่ได้มาจากอาหารทั้งหมด แต่มาจากส่วนของร่างกายด้วย ซึ่งได้แก่ น้ำย่อย หรือเซลล์ที่หลุดลอกจากทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังอาจมีจุลินทรีย์ที่อยู่ในทางเดินอาหารติดมาด้วย ดังนั้นจึงต้องนำ

ส่วนนี้มาหักออกจากมูลจึงจะได้ส่วนที่ถูกดูดซึมเข้าไปจริง (true digestibility coefficient) ค่าการย่อยได้ทั้ง 2 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ปรากฏของโภชนะ (%)

$$\text{Apparent Digestibilily Coefficicent} = \frac{(I-F)}{I}\times 100$$

$$\text{True Digestibility Coefficient} = \frac{[I-(F-e)]}{I}\times 100$$

เมื่อ I = เป็นปริมาณโภชนะที่กิน (intake)

F= เป็นปริมาณโภชนะที่ถ่ายออกมาในมูล (faces)

e= เป็นปริมาณโภชนะในมูลที่ไม่ได้มาจากอาหาร (endogenous fecal substance)

จากสูตรจะเห็นได้ว่า ค่าการย่อยได้จริงสูงกว่าการย่อยได้ปรากฏเสมอ แต่เนื่องจากการหาสัมประสิทธิ์การย่อยได้จริงเป็นเรื่องยุ่งยาก เพราะการจำแนกว่าโภชนะส่วนนั้นมาจากอาหารหรือมาจากสัตว์ทำได้ลำบาก ฉะนั้นค่าการย่อยได้ปรากฏจึงเป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันทั่วไปสำหรับโภชนะอินทรีย์ ส่วนพวกแร่ธาตุนั้นไม่นิยมใช้ค่านี้ เพราะมีความแปรปรวนมาก เนื่องจากสัตว์มีการสะสมและเคลื่อนย้ายแร่ธาตุที่เก็บไว้ในร่างกายมาใช้มาก

สมการคาดคะแนนเปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้อจากซากสุกร

จากความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่าง ๆ ของซากสุกรกับปริมาณเนื้อแดง นักวิจัยหลายท่านจึงได้นำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาสร้างเป็นสมการคาดคะเนเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ค่าเฉลี่ยความหนาไขมันสันหลังร่วมกับลักษณะซากอื่น ๆ แต่ในที่นี้จะขอนำสมการคาดคะเนเปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้อจากซากสุกรของสุทัศน์ (2524) อ้างโดย ชัยณรงค์ และ นันทนา (2544) ซึ่งตรงกับที่ได้ทำการทดลองปัญหาพิเศษ โดย สุทัศน์ (2524) ได้คาดคะเนไว้ว่า

เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง = 57.61-3.91 (ค่าเฉลี่ยความหนาไขมันวัดที่ไหล่และกลางหลังด้วยไม้บรรทัด, ซม.)

เปอร์เซ็นต์ส่วนสันหลัง = 21.47-1.84 (ค่าเฉลี่ยความหนาไขมันที่วัดที่ไหล่และกลางหลังด้วยไม้บรรทัด, ซม.)

สำหรับความแม่นยำของการคาดคะเนลักษณะซากสุกรโดยไม้บรรทัดโลหะเพื่อการคาดคะเนเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงนั้น จะมีค่า R2 ของสมการที่อยู่ในช่วง 0.321 ถึง 0.580 และค่า S.D. มีค่าอยู่ในช่วง 1.92 ถึง 2.45% และส่วนการคาดคะเนเปอร์เซ็นต์ส่วนสันหลัง ด้วยความหนาไขมันสันหลังที่ใช้ไม้บรรทัด จะมีค่า R2 ของสมการอยู่ในช่วง 0.226 ถึง 0.418 และค่า S.D. ของสมการอยู่ในช่วง 1.26 ถึง 1.46 % (สุทัศน์, 2524)

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัยครั้งนี้เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน พ.ศ.2550 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ.2551

เริ่มดำเนินการทดลอง วันที่ 1 กันยายน 2550

เสร็จสิ้นการทดลอง วันที่ 30 มิถุนายน 2551

สถานที่ทำการทดลอง

สถานที่ทดลอง
- เลี้ยงสุกรทดลอง ณ ฟาร์มสุกร สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- วิเคราะห์โภชนะในอาหาร ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ สาขาอาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

อุปกรณ์การวิจัย

อุปกรณ์การทดลองประกอบด้วย

1. สุกรลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ดูรอค x ลาร์จไวท์ x แลนด์เรซ) น้ำหนักเริ่มต้นการทดลองประมาณ 15 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว เป็นเพศผู้ตอนทั้งหมด

2. อาหารทดลองสำหรับสุกรเล็กน้ำหนัก 15 – 30 กิโลกรัม มีโปรตีนรวม 19 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงาน 3,150 kcal ME /kg. สุกรรุ่นน้ำหนัก 30–60 กิโลกรัม มีโปรตีนรวม 16 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3,100 kcal ME /kg. ส่วนระยะน้ำหนักตัว 60–90 กิโลกรัม มีโปรตีนรวม 15 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3,200 kcal ME /kg. รวมทั้งหมด 14,400 กิโลกรัม

3. ใบขี้เหล็กบดละเอียดจำนวน 50 กิโลกรัม สารบาราคอลได้จากใบขี้เหล็ก คือ 2.4 มิลลิกรัมต่อใบขี้เหล็กแห้ง 0.1 กรัม

4. เครื่องชั่งน้ำหนักสุกร และอาหาร ขนาด 500 กิโลกรัม (ความละเอียดที่อ่านได้ 100 กรัม) จำนวน 1 เครื่อง

5. กรงทดลองขนาด 1.5 x 2.0 ตารางเมตร พร้อมอุปกรณ์ให้น้ำและอาหารแบบอัตโนมัติ และอุปกรณ์ในการเลี้ยง เช่น ที่ตักอาหาร อุปกรณ์ทำความสะอาดและอื่น ๆ จำนวน 20 คอก

6. กรงทดลองหาการย่อยได้ (metabolic cage) พร้อมอุปกรณ์ให้น้ำแบบอัตโนมัติ จำนวน 4 กรง

7. อุปกรณ์การจดบันทึก เช่น กระดาษ ดินสอ ปากกา สมุด ไม้บรรทัด เป็นต้น

8. เครื่องมือพร้อมสารเคมีในการวิเคราะห์หาปริมาณโภชนะในอาหารและมูล ด้วยวิธีการ proximate analysis

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อย คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาการย่อยได้ของอาหารที่เสริมด้วยใบขี้เหล็ก

ทำการทดลอง 2 ระยะ เมื่อสุกรมีขนาดน้ำหนักตัวประมาณ 30 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว และน้ำหนักตัวประมาณ 60 กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว โดยใช้สุกรเพศผู้ตอน ลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ดูรอค x ลาร์จไวน์ x แลนด์เรซ) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design) (RCBD) ประกอบไปด้วย 4 กลุ่มการทดลอง (Treatments) สุ่มสุกรที่ทดลองเป็น 5 ช่วงเวลาหรือ 5 บล็อก (Block) ใช้สุกรเพศผู้ตอน รวมใช้สุกรทั้งหมด 20 ตัว อาหารทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

สูตรอาหารสุกรรุ่นขนาด (น้ำหนักตัวประมาณ 30 กิโลกรัม) มีโปรตีนรวม 16 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3,100 kcal ME /kg. และ (น้ำหนักตัวประมาณ 60 กิโลกรัม) 15 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงาน 3,200 kcal ME /kg. จำนวน 4 สูตร คือ

สูตรที่ 1 อาหารไม่ผสมใบขี้เหล็ก

สูตรที่ 2 อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1%

สูตรที่ 3 อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2%

สูตรที่ 4 อาหารผสมใบขี้เหล็ก 3%

สุ่มสูตรอาหารให้กับสุกรทดลอง โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มนำเข้าทดลองทีละชุดจำนวน 5 ชุด แต่ละชุดจะใช้ระยะเวลาทดลอง 7 วัน โดยข้อมูลที่ได้จะแตกต่างกันตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง ซึ่งในการทดลองการย่อยได้จะให้สุกรปรับตัวเข้ากับสูตรอาหารเป็นเวลา 4 วัน ก่อนเก็บข้อมูล เพื่อให้สุกรคุ้นเคยกับอาหารแล้วจึงจะเก็บมูลและปัสสาวะในวันที่ 5 – 7 โดยสุกรจะได้รับอาหารวันละ 2 เวลา (07.00 น. และ 16.30 น.) ให้กินเต็มที่ประมาณ 1 ชั่วโมง และให้น้ำอย่างเต็มที่ตลอดเวลา ทำการจดบันทึกข้อมูลการกินอาหารให้ และทำการเก็บมูลและปัสสาวะของสุกรทดลองทุกตัว โดยจะเก็บใน 3 วันสุดท้ายของสัปดาห์ เก็บปัสสาวะใส่ขวดมีฝาปิดมิดชิด ใส่กรดซัลฟิวริค (H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.5% ปริมาตร 10 ซีซี ส่วนมูลแยกใส่ถุงปิดให้สนิทและใส่กรดซัลฟิวริคก่อนชั่งน้ำหนักและนำเข้าเก็บไว้ในตู้ที่มีอุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

การวิเคราะห์ทางเคมี นำมูลสุกรที่ได้มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 – 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปบดให้ละเอียด จากนั้นนำมาวิเคราะห์ส่วนประกอบ

ทางเคมีเช่นเดียวกับอาหารทดลอง โดยการวิเคราะห์หาปริมาณโภชนะต่าง ๆ ในอาหารทดลองและมูลสุกรด้วยวิธีการ proximate analysis (นรินทร์ และ เผ่าพงษ์, 2540) และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าการย่อยได้ของโภชนะชนิดต่าง ๆ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานำมาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน ถ้าค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Dancan's New Multiple Range Test (DMRT)

การทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต และคุณภาพซากสุกร

ทำการทดลองเมื่อสุกรมีขนาดน้ำหนักตัวเฉลี่ย 15 กิโลกรัม โดยใช้สุกรเพศผู้ตอนลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ดูรอด x ลาร์จไวน์ x แลนด์เรซ) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Completely Block Design; RCBD) ประกอบไปด้วย 4 กลุ่มการทดลอง (Treatments) สุ่มสุกรที่ทดลองเป็น 5 ช่วงเวลาหรือ 5 บล็อก (Block) ใช้สุกรเพศผู้ตอน รวมใช้สุกรทั้งหมด 20 ตัว อาหารทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

สูตรที่ 1 อาหารไม่ผสมใบขี้เหล็ก (กลุ่มควบคุม)
สูตรที่ 2 อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1% คิดเป็นสารบาราคอล 0.024%
สูตรที่ 3 อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2% คิดเป็นสารบาราคอล 0.048%
สูตรที่ 4 อาหารผสมใบขี้เหล็ก 3% คิดเป็นสารบาราคอล 0.072%

ส่วนผสมของสูตรอาหารทดลองที่ใช้เลี้ยงสุกรช่วงระยะเวลาเล็ก รุ่น และขุน แสดงไว้ในตารางที่ 4-6 ชั่งน้ำหนักสุกรทุก ๆ สัปดาห์พร้อมกับจดบันทึกน้ำหนักทุกครั้ง ชั่งน้ำหนักก่อน และสิ้นสุดการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความแตกต่างต่อไป บันทึกปริมาณการกินอาหารของสุกรทุกสัปดาห์ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตราการแลกน้ำหนัก และปริมาณอาหารที่กินต่อวัน เมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 90 กิโลกรัม ทำการฆ่าทุกตัวเพื่อชำแหละศึกษาคุณภาพซาก โดยชั่งน้ำหนักก่อนฆ่า น้ำหนักซาก วัดความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงคู่ที่ 10 – 11 วัดระดับ pH ของเนื้อ หลังจากนั้นรวบรวมข้อมูลการทดลองวิเคราะห์หาความแตกต่างด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อพบความแตกต่างทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตาราง 4 ส่วนประกอบในสูตรอาหารสุกรทดลอง สุกรเล็ก (ระยะ 15 – 30 กิโลกรัม)

รายการวัตถุดิบ, %	สูตรอาหารทดลอง (หน่วย : กิโลกรัม)			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
ข้าวโพด	34.60	33.64	33.53	31.44
ปลายข้าว	20	20	20	20
รำละเอียด	10	10	10	10
กากถั่วเหลือง (44% โปรตีน)	25.90	25.86	26.09	26.06
ปลาป่น (55% โปรตีน)	7	7	7	7
ใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
น้ำมันพืช	0.5	0.5	0.5	0.5
กระดูกป่น	1	1	1	1
ไดแคลเซียม	0.25	0.25	0.25	0.25
เกลือ	0.25	0.25	0.25	0.25
แอล-ไลซีน	0.125	0.125	0.125	0.125
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.125	0.125	0.125	0.125
พรีมิกซ์ สุกรเล็ก	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
ส่วนประกอบทางเคมีโดยการคำนวณ, %				
โปรตีน	19.00	19.00	19.00	19.00
แคลเซียม	0.95	0.97	0.99	1.01
ฟอสฟอรัส	0.95	0.94	0.94	0.93
ไลซีน	1.16	1.15	1.15	1.15
เมทไธโอนีน + ซีสทีน	0.58	0.58	0.57	0.57
ทรีปโตเฟน	0.19	0.19	0.19	0.19
ทรีโอนีน	0.69	0.69	0.68	0.68
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ kcal ME /kg.	3150	3150	3150	3150

ตาราง 5 ส่วนประกอบของสูตรอาหารสุกรทดลองระยะ สุกรรุ่น (ระยะ 30 – 60 กิโลกรัม)

รายการวัตถุดิบ, %	สูตรอาหารทดลอง (หน่วย : กิโลกรัม)			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
ข้าวโพด	35.80	34.85	34.72	32.63
ปลายข้าว	20	20	20	20
รำละเอียด	10	10	10	10
กากถั่วเหลือง (44% โปรตีน)	24.70	24.65	25.88	24.87
ปลาป่น (55% โปรตีน)	7	7	7	7
ใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
น้ำมันพืช	0.5	0.5	0.5	0.5
กระดูกป่น	1	1	1	1
ไดแคลเซียม	0.25	0.25	0.25	0.25
เกลือ	0.25	0.25	0.25	0.25
แอล-ไลซีน	0.125	0.125	0.125	0.125
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.125	0.125	0.125	0.125
พรีมิกซ์ สุกรรุ่น	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
ส่วนประกอบทางเคมีโดยการคำนวณ, %				
โปรตีน	16.00	16.00	16.00	16.00
แคลเซียม	0.95	0.97	0.99	1.01
ฟอสฟอรัส	0.95	0.94	0.94	0.93
ไลซีน	1.16	1.15	1.15	1.15
เมทไธโอนีน + ซีสทีน	0.58	0.58	0.57	0.57
ทรีปโตเฟน	0.19	0.19	0.19	0.19
ทรีโอนีน	0.69	0.69	0.68	0.68
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ kcal ME /kg.	3180	3180	3180	3180

ตาราง 6 ส่วนประกอบในสูตรอาหารสุกรทดลอง สุกรขุน (ระยะ 60 – 90 กิโลกรัม)

รายการวัตถุดิบ, %	สูตรอาหารทดลอง (หน่วย : กิโลกรัม)			
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4
ข้าวโพด	37.20	37.48	36.98	35.10
ปลายข้าว	20	20	20	20
รำละเอียด	10	10	10	10
กากถั่วเหลือง (44% โปรตีน)	24.8	23.39	23.04	23.63
ปลาป่น (55% โปรตีน)	5	5	5	5
ใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
น้ำมันพืช	1	1	1	1
กระดูกป่น	1	1	1	1
ไดแคลเซียม	0.25	0.25	0.25	0.25
เกลือ	0.25	0.25	0.25	0.25
แอล-ไลซีน	0.125	0.125	0.125	0.125
ดีแอล-เมทไธโอนีน	0.125	0.125	0.125	0.125
พรีมิกซ์ สุกรขุน	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00
ส่วนประกอบทางเคมีโดยการคำนวณ, %				
โปรตีน	15.00	15.00	15.00	15.00
แคลเซียม	0.77	0.79	0.81	0.83
ฟอสฟอรัส	0.85	0.84	0.83	0.83
ไลซีน	0.92	0.91	0.91	0.91
เมทไธโอนีน + ซีสทีน	0.49	0.48	0.48	0.47
ทรีปโตเฟน	0.15	0.15	0.15	0.15
ทรีโอนีน	0.57	0.56	0.55	0.55
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ kcal ME /kg.	3200	3200	3200	3200

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการทดลองใช้ใบขี้เหล็กในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของสุกรขุน ผลการทดลองแสดงไว้ดังนี้

ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาการย่อยได้ของอาหาร

การศึกษาการใช้ใบขี้เหล็กในอาหารต่อการย่อยได้ของอาหารทดลอง ในการทดลองนี้สุกรจะได้รับอาหารที่แตกต่างกัน 4 สูตร คือ กลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุมอาหารไม่ผสมใบขี้เหล็ก, กลุ่มที่ 2 (T2) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์, กลุ่มที่ 3 (T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 4 (T4) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 3 เปอร์เซ็นต์ ผลปรากฏว่าสุกรระยะรุ่นน้ำหนักตัวเฉลี่ย 30 กิโลกรัม และสุกรขุนน้ำหนักตัวเฉลี่ย 60 กิโลกรัม มีการย่อยได้ของโภชนะแตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 7

การย่อยได้ของวัตถุแห้ง ในสุกรรุ่น พบว่า การใช้ใบขี้เหล็กในอาหารไม่มีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ($P>0.05$) กลุ่มควบคุม (T1) มีแนวโน้มให้ค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 85.67, 85.47, 85.33 และ 85.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสุกรขุน พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กลุ่มอาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ (T3) มีแนวโน้มให้ค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 98.81, 98.75, 98.84 และ 98.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การย่อยได้ของโปรตีน ในสุกรรุ่น พบว่า การใช้ใบขี้เหล็กในอาหารมีผลต่อการย่อยได้ของโปรตีนมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีแนวโน้มของกลุ่มอาหารผสมใบขี้เหล็ก 3 เปอร์เซ็นต์ (T4) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีนของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ 88.43, 84.47, 88.37 และ 84.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสุกรขุน พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) มีแนวโน้มของกลุ่มควบคุม (T1) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีนของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ 92.67, 92.65, 92.29 และ 92.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การย่อยได้ของไขมัน ในสุกรรุ่น พบว่า การใช้ใบขี้เหล็กในอาหารมีผลต่อการย่อยได้ของไขมันมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีแนวโน้มของกลุ่มอาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์ (T2) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของไขมันของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ 86.21, 87.07, 86.62 และ 86.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสุกรขุน พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีแนวโน้มของอาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์ (T2) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของไขมันของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 90.23, 90.60, 89.94 และ 90.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การย่อยได้ของเยื่อใย ในสุกรรุ่น พบว่า การใช้ใบขี้เหล็กในอาหารมีผลต่อการย่อยได้ของเยื่อใยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีแนวโน้มของกลุ่มอาหารผสมใบขี้เหล็ก 3 เปอร์เซ็นต์ (T4) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1 , 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 40.45, 40.60, 42.18 และ 42.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสุกรขุน พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีแนวโน้มของกลุ่มควบคุม (T1) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 44.30, 43.56, 43.99 และ 43.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การย่อยได้ของเถ้า ในสุกรรุ่น พบว่า กลุ่มควบคุม (T1) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเถ้าของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 57.64, 49.59, 48.99 และ 48.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในสุกรขุน พบว่า กลุ่มควบคุม (T1) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเถ้าของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ 72.61, 67.34, 65.51 และ 64.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การย่อยได้ของพลังงาน ในสุกรรุ่น พบว่า การใช้ใบขี้เหล็กในอาหารมีผลต่อการย่อยได้ของพลังงานมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีแนวโน้มของกลุ่มควบคุม (T1) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของพลังงานของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 86.72, 86.32, 86.58 และ 86.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสุกรขุน พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีแนวโน้มของกลุ่มอาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์ (T2) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของพลังงานของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 90.68, 90.87, 90.76 และ 90.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก ในสุกรรุ่น พบว่า การใช้ใบขี้เหล็กในอาหารมีผลต่อการย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีแนวโน้มของกลุ่มควบคุม (T1) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 90.72, 91.08, 91.06 และ 90.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสุกรขุน พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) มีแนวโน้มของกลุ่มอาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์(T3) มีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 89.49, 89.45, 90.37 และ 90.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะอาหารในสุกร พบว่าการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารสุกรรุ่นและขุนมีผลต่อการย่อยได้ของเถ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) กลุ่มที่ไม่ได้รับใบขี้เหล็ก (ควบคุม) มีเปอร์เซนต์การย่อยได้สูงกว่ากลุ่มอื่น ส่วนการย่อยได้ ของวัตถุแห้ง โปรตีน ไขมัน เยื่อใย พลังงาน และ ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก ของสุกรรุ่นและสุกรขุนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ผลการศึกษาความสามารถในการย่อยได้ของสุกรรุ่น และ สุกรขุน

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับใบขี้เหล็กในสูตรอาหาร (%)				SEM
	0	1	2	3	
สุกรระยะรุ่น (30 กก.)					
การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%)	85.67	85.47	85.33	85.29	0.11
การย่อยได้ของโปรตีน (%)	88.43	84.47	88.37	84.56	0.16
การย่อยได้ของไนโตรเจน ฟีเอ็กซ์แทรก (%)	90.72	91.08	91.06	90.82	0.15
การย่อยได้ของพลังงาน (%)	86.72	86.32	86.58	86.29	0.16
การย่อยได้ของไขมัน (%)	86.21	87.07	86.62	86.31	0.43
การย่อยได้ของเยื่อใย (%)	40.45	40.60	42.18	42.23	1.47
การย่อยได้ของเถ้า (%)*	57.64[a]	49.59[b]	48.99[b]	48.15[b]	1.45

ตาราง 7 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับใบขี้เหล็กในสูตรอาหาร (%)				SEM
	0	1	2	3	
สุกรระยะขุน (60 กก.)					
การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%)	98.81	98.75	98.84	98.73	0.04
การย่อยได้ของโปรตีน (%)	92.67	92.65	92.29	92.29	0.14
การย่อยได้ของไนโตรเจน ฟีเอ๊กซ์แทรก (%)	89.49	89.45	90.37	90.27	0.46
การย่อยได้ของพลังงาน (%)	90.68	90.87	90.76	90.82	0.14
การย่อยได้ของไขมัน (%)	90.23	90.6	89.94	90.26	0.31
การย่อยได้ของเยื่อใย (%)	44.30	43.56	43.99	43.47	1.03
การย่อยได้ของเถ้า (%)**	72.61[a]	67.34[b]	65.51[b]	64.66[b]	0.89

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในแถวนอนเดียวกันมีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *P<0.05 และ **P<0.01

ทั้งนี้กลุ่มที่เสริมใบขี้เหล็กมีการย่อยได้ของโภชนะลดลง อาจเนื่องมาจากใบขี้เหล็กมีเยื่อใยสูง ซึ่งเยื่อใยมีผลต่อการขัดขวางการย่อยได้ของโภชนะ และฟอสฟอรัสอาจไปจับตัวกับเถ้าซึ่งเป็นสารอนินทรีย์จึงมีค่าการย่อยได้น้อยลง

ผลการทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก

1. การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต

ระยะสุกรเล็ก

จากการศึกษาผลการใช้ใบขี้เหล็กเสริมในอาหารที่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในสุกรเล็ก (น้ำหนักเริ่มต้นการทดลองเฉลี่ย 15 กิโลกรัม น้ำหนักสิ้นสุดการทดลองที่ 30 กิโลกรัม) โดยได้รับอาหารทดลอง 4 สูตรที่ต่างกัน คือ กลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุมอาหารไม่ผสมใบขี้เหล็ก, กลุ่มที่ 2 (T2) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์, กลุ่มที่ 3 (T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 4 (T4) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 3 เปอร์เซ็นต์ พบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

ตลอดการทดลองของสุกรเล็กมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มควบคุม (T1) มีแนวโน้มของน้ำหนักตัวเพิ่มสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของสุกรเล็กระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 15.34, 14.42, 14.80 และ 15.22 กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 30.30, 29.76, 30.10 และ 30.18 กิโลกรัม ตามลำดับ น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง และน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยง พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มที่ 2 (T2) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการเลี้ยงของสุกรเล็กระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 33, 32.4, 32.8 และ 33.4 วัน ตามลำดับ

ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มที่ 3 (T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของปริมาณอาหารที่กินต่อวันสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินต่อวันของระดับใบขี้เหล็ก 0, 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 1.57, 1.64, 1.66 และ 1.57 กิโลกรัม ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุม มีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ของสุกรเล็กกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.47, 0.44, 0.45 และ 0.46 กิโลกรัม ตามลำดับ

อัตราแลกน้ำหนัก พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มที่ 2 (T2) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของอัตราแลกน้ำหนักดี กว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราแลกน้ำหนักของสุกรเล็กกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 3.38, 3.69, 3.68 และ 3.44 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 7

ระยะสุกรรุ่น

ผลการศึกษาการใช้ใบขี้เหล็กเสริมในอาหารที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในสุกรรุ่น (น้ำหนักเริ่มต้นการทดลองเฉลี่ย 30 กิโลกรัม น้ำหนักสิ้นสุกการทดลองที่ 60 กิโลกรัม) โดยได้รับอาหารทดลอง 4 สูตรที่ต่างกัน คือ กลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุมอาหารไม่ผสมใบขี้เหล็ก, กลุ่มที่ 2 (T2) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์, กลุ่มที่ 3 (T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 4 (T4) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 3 เปอร์เซ็นต์ พบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลองของสุกรรุ่นมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กลุ่มที่ 2 (T2)

อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มของน้ำหนักตัวเพิ่มสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของสุกรรุ่นกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 30.05, 30.42, 30.23 และ 30.01 กิโลกรัม ตามลำดับเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 60.35, 60.26, 60.33 และ 60.19 กิโลกรัม ตามลำดับ น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง และน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยง พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มที่ 3 (T2) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์ มีระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการเลี้ยงของสุกรรุ่นกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 44.8, 44.2, 43.0 และ 43.4 วัน ตามลำดับ

ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มที่ 3 (T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของปริมาณอาหารที่กินต่อวันต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินต่อวันของสุกรรุ่นกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 2.15, 2.14, 2.15 และ 2.15 กิโลกรัม ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยกลุ่มที่ 3 (T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ของสุกรรุ่นกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.67^{b}, 0.69^{b}, 0.70^{a} และ 0.69^{b} กิโลกรัม ตามลำดับ

อัตราแลกน้ำหนัก พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มที่ 3 (T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของอัตราแลกน้ำหนักดี กว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราแลกน้ำหนักของสุกรรุ่นกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 3.19, 3.11, 3.09 และ 3.10 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 8

ระยะสุกรขุน

ผลการศึกษาการใช้ใบขี้เหล็กเสริมในอาหารที่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในสุกรขุน (น้ำหนักเริ่มต้นการทดลองเฉลี่ย 60 กิโลกรัม น้ำหนักสิ้นสุดการทดลองที่ 90 กิโลกรัม) โดยได้รับอาหารทดลอง 4 สูตรที่ต่างกัน คือ กลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุมอาหารไม่ผสมใบขี้เหล็ก, กลุ่มที่ 2 (T2) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์, กลุ่มที่ 3 (T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 4 (T4) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 3 เปอร์เซ็นต์ พบว่า น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลองของสุกรขุนมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กลุ่มที่ 4 (T4) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 3 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของน้ำหนักตัวเพิ่มสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวของสุกรขุนกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 30.07, 30.07, 30.13 และ 30.21 กิโลกรัม

ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 90.42, 90.48, 90.46 และ 90.40 ตามลำดับ น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง และน้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยง พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมใบขี้เหล็กมีระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นกว่ากลุ่มควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการเลี้ยงของสุกรขุนกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 46.00, 44.20, 43.00 และ 43.40 ตามลำดับ

ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุม มีแนวโน้มของปริมาณอาหารที่กินต่อวันต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินต่อวันของสุกรขุนกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 2.98, 3.03, 3.09 และ 3.18 กิโลกรัม ตามลำดับ

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ 3 (T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 4 (T4) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 3 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยกลุ่มที่ 4 (T4) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 3 เปอร์เซ็นต์ไม่แตกต่างกับ กลุ่มที่ 2 (T2) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์และ กลุ่มที่ 3 (T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ของสุกรขุนกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.66, 0.68, 0.69 และ 0.69 กิโลกรัม ตามลำดับ

อัตราแลกน้ำหนัก พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มที่ 2 (T2) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของอัตราแลกน้ำหนักดี กว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราแลกน้ำหนักของสุกรขุนกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 4.58, 4.43, 4.54 และ 4.57 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 8

ระยะสุกรเล็ก - ระยะขุน

ผลการศึกษาการใช้ใบขี้เหล็กเสริมในอาหารที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตในสุกรตั้งแต่เล็กจนถึงน้ำหนักฆ่า (น้ำหนักเริ่มต้นการทดลองเฉลี่ย 15 กิโลกรัม น้ำหนักสิ้นสุดการทดลองที่ 90 กิโลกรัม) โดยได้รับอาหารทดลอง 4 สูตรที่ต่างกัน คือ กลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุม อาหารไม่ผสมใบขี้เหล็ก, กลุ่มที่ 2 (T2) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 1 เปอร์เซ็นต์, กลุ่มที่ 3(T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 4 (T4) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 3 เปอร์เซ็นต์ พบว่าน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นตลอดการทดลองของสุกรขุนมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) กลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุมอาหารไม่ผสมใบขี้เหล็ก มีแนวโน้มของน้ำหนักตัวเพิ่มสูง

กว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเพิ่มของสุกรกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 75.46, 75.14, 75.16 และ 75.44 กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองมีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 90.42, 90.48, 90.46 และ 90.40 กิโลกรัม ตามลำดับ น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง และน้ำหนักสิ้นสุดการทดลองมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยง พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดย) กลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุมอาหารไม่ผสมใบขี้เหล็ก มีระยะเวลาในการเลี้ยงยาวกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการเลี้ยงของสุกรกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 123.80, 120.80, 118.80 และ 120.20 วัน ตามลำดับ (ดังภาพ 8)

ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุมไม่ผสมใบขี้เหล็ก มีแนวโน้มของปริมาณอาหารที่กินต่อวันต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินต่อวันของสุกรกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 2.30, 2.33, 2.35 และ 2.32 กิโลกรัม ตามลำดับ(ดังภาพ 9)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยกลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุมไม่ผสมใบขี้เหล็ก มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของสุกรกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.61, 0.62, 0.63 และ 0.62 กิโลกรัม ตามลำดับ (ดังภาพ 10)

อัตราแลกน้ำหนัก พบว่าผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มที่ 3 (T3) อาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มของอัตราแลกน้ำหนักดี กว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราแลกน้ำหนักของสุกรเล็กกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 3.75, 3.76, 3.72 และ 3.76 ตามลำดับ

ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่าผลของอาหารมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) โดยกลุ่มที่ 1 (T1) กลุ่มควบคุมไม่ผสมใบขี้เหล็ก มีต้นทุนอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ (T3) มีแนวโน้มต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 34.61, 33.87, 33.49 และ 33.90 บาท ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 9

จากการทดลองเสริมใบขี้เหล็กในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตสุกรขุนพบว่าสุกรกลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ 3 และกลุ่มที่ 4 ที่ใช้ใบขี้เหล็กในระดับ 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ในอาหารตามลำดับ มีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าสุกรกลุ่มที่ 1 (ควบคุม) ทั้งนี้เนื่องจากสุกรในกลุ่มที่ 2, 3 และ 4 มีปริมาณอาหารที่กินต่อวันมากกว่ากลุ่มที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเป็น 2.30, 2.33, 2.35 และ 2.32 กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเสริมใบขี้เหล็กในระดับ 1, 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ในอาหารจะ

มีผลกระตุ้นให้สุกรกินอาหารได้มากขึ้นโดยเฉพาะกลุ่มที่ 3 ที่มีระดับการใช้ใบขี้เหล็ก 2 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร สุกรจะกินได้มากที่สุดเนื่องจากใบขี้เหล็กมีสาร barakol จึงช่วยในการเจริญอาหาร มีฤทธิ์ต้านการชัก มีฤทธิ์ต่อหลอดเลือด ลดความดันโลหิต ระงับความเจ็บปวดเป็นยาระบายท้องและนอกจากนี้ยังออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง โดยไม่มีอาการรุนแรงมากกว่านอนซบเซา (Thongsard *et al.*, 1998) สาร barakol มีส่วนช่วยกระตุ้นให้สุกรกินอาหารเพิ่มขึ้น ช่วยในการนอนหลับและ ช่วยลดความเครียดลงได้ ผลนี้สอดคล้องกับรายงานของ Thiel-Cooper (2004) พบว่าใบขี้เหล็กมีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและเป็นยาระบายอ่อนๆ โดยไม่มีผลข้างเคียง จากการทดสอบสาร barakol จากใบอ่อน พบว่ามีผลทำให้หนูขาวซึมเคลื่อนไหวช้าลง สาร barakol มีฤทธิ์ทำให้สัตว์ทดลองหลับ เมื่อฉีดสาร barakol เข้าทางช่องท้องหนูขาว ในขนาด 25 มก./กก. (low dose) และ 100 มก./กก. (high dose) และการทดลองฉีดน้ำสกัดจากใบสด ขนาด 12 ก./กก. เข้าทางกระเพาะอาหารหนูขาว พบว่ามีฤทธิ์คลายกังวล วัชรี วรรณและกุสุมา (2543) และรัชนี (2543) ได้รายงานสอดคล้องกันว่าเมื่อทดลองป้อนสารสกัดขี้เหล็กที่ได้จากการต้ม และคั้นเอาแต่น้ำแก่สัตว์ทดลอง ในปริมาณ 1 และ10 ก./กก. พบว่าให้ผลลดอาการวิตกกังวล สาร barakol ในใบขี้เหล็กมีผลทำให้หนูขาว เกิดอาการซึมเซา เคลื่อนไหวช้า ชอบซุกตัวนอน และนอนหลับได้ดี พบว่าสาร barakol นี้มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง สาร barakol ขนาดต่ำมีฤทธิ์ลดอาการวิตกกังวล แต่ที่ขนาดสูงมีฤทธิ์ทำให้สงบ โดยการออกฤทธิ์ของ barakol จะผ่านทาง dopamine D_2/D_3 like receptor จากการทดลองของ Thiel-Cooper (2003) พบว่าในหนูขาวที่เสริมผงใบขี้เหล็กแขวนตะกอนในน้ำระดับ 0 , 1 , 2 , 3 และ 4 % พบว่ากลุ่มที่ได้รับผงใบขี้เหล็ก 2 % มีอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Greef *et al.* (1994) ศึกษาการเสริมใบขี้เหล็ก 1% เปรียบเทียบกับการเสริมใบกระถิน 1% ลงในอาหารกระต่าย อาหารที่เสริมผงใบขี้เหล็ก ส่งผลทำให้ อัตราการเจริญเติบโต มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณอาหารที่กิน และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่เสริมใบกระถินแบบจำกัดอาหาร และจากการศึกษาฤทธิ์ของใบขี้เหล็กตากแห้งทั้งชนิดใบป่นผสมน้ำและน้ำสกัด ปริมาณ 1-2 ก./กก. นำมาป้อนให้กระต่ายแล้วให้ โดยแบ่งการทดสอบเป็นป้อนครั้งเดียว และป้อนทุกวัน ติดต่อกัน 7 วัน พบว่าขี้เหล็กปริมาณดังกล่าว มีฤทธิ์ทำให้ระยะเวลาการนอนหลับในกระต่ายเปลี่ยนแปลงนานขึ้น Prakob *et al.* (2003) ศึกษากลุ่มอาสาสมัครที่กินยาสมุนไพรชนิดเม็ดพบว่าผลการตรวจคลื่นสมองที่เกี่ยวกับอาการง่วงหลับ (N1P1 amplitude) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงว่าอาสาสมัครรู้สึกง่วงมากขึ้น รวมทั้งค่าความสามารถในการเสียบไพ่ทีละใบในช่องต่างๆ บนรางให้ถูกต้องตามสัญลักษณ์หน้าช่องนั้นๆ [psychomotor performance (card sorting test)] ลดลงด้วยเช่นกัน และยังพบว่ายาเม็ดสมุนไพรแปรรูปสามารถช่วยให้ผู้มีปัญหาการนอนไม่หลับ

หลับได้เร็วขึ้นหลังเข้านอนจากเดิมใช้เวลา 40-60 นาทีจึงหลับ เป็นหลับเร็วขึ้นโดยใช้เวลาต่ำกว่า 30 นาที (p = 0.007) และตื่นกลางดึกลดลงจาก 2-3 ครั้งเหลือ 1 ครั้ง (P = 0.055) อีกทั้งอาสาสมัครพอใจ ในคุณภาพการนอนที่ดีขึ้น และเกิดความพอใจเพิ่มขึ้น ขี้เหล็ก *Cassia siamea* เป็นสมุนไพรที่มีสาร (barakol)มีฤทธิ์กดประสาทส่วนกลาง ทำให้สัตว์ทดลองมีอาการซึม เคลื่อนไหวช้า ชอบซุกตัวแต่ไม่หลับ การในศึกษาโดยใช้กับผู้ป่วยที่มีอาการนอนไม่หลับ พบว่าสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์จากใบขี้เหล็กมีฤทธิ์สงบประสาทได้ดี ช่วยให้นอนหลับสบายและระงับอาการตื่นตัวทางประสาทได้ แต่ไม่ใช่ยานอนหลับโดยตรง การทดลองใช้ยาน้ำเชื่อม (syrup) ขี้เหล็ก และยาเม็ดขี้เหล็กทางคลินิก เพื่อรักษาอาการนอนไม่หลับ โดยใช้ยาดังกล่าวให้มี baracol 10 มก./dose มีผู้ป่วยหลังการผ่าตัด 22 ราย ที่ได้รับยาน้ำเชื่อมครั้งเดียว ก่อนนอน และผู้ป่วยนอก 20 ราย ได้รับยาเม็ดไปรับประทาน 1 ครั้งก่อนนอน ผลการทดสอบพบว่า การนอนหลับดีขึ้น 59 และ 69% ในผู้ป่วยที่ได้รับยาน้ำเชื่อมและยาเม็ดตามลำดับ ส่วนผลข้างเคียงพบในกลุ่มที่ได้รับยาเม็ดเท่านั้น คือ อึดอัดในท้อง (6%) สอดคล้องกับมนฤดี และ ชัยโย (2547) ทดสอบฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทส่วนกลางของสารสกัดจากใบและยอดอ่อนของต้นขี้เหล็ก โดยมุ่งเน้นการทดสอบฤทธิ์กดประสาทของสารบาราคอลที่ได้จากการสกัดใบขี้เหล็ก เนื่องจากมีการใช้ใบขี้เหล็กในสรรพคุณช่วยนอนหลับในการสาธารณสุขมูลฐาน และการแพทย์แผนไทย วัดผลของสารสกัดจากใบขี้เหล็กต่อพฤติกรรมการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติ ผลเพิ่มการนอนหลับ ฤทธิ์ต้านกังวล ฤทธิ์ต้านชัก และผลยับยั้งต่อระบบโดปามีนในหนูถีบจักร นอกจากนี้ยังศึกษาผลของบาราคอลต่อการหลั่งสารสื่อประสาทโดปามีนในภาวะปกติและภาวะที่ถูกกระตุ้นด้วยสารเมทแอมเฟตามีนในหนูขาว พบว่าบาราคอลซึ่งสกัดได้จากใบขี้เหล็กมีฤทธิ์ยับยั้งระบบประสาทส่วนกลาง ลดพฤติกรรมการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติโดยที่ไม่มีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและทำให้หลับมากขึ้น และไม่มีฤทธิ์ต้านกังวลแต่มีฤทธิ์ลดการหลั่งสารโดปามีน เชื่อว่าฤทธิ์กดประสาทส่วนกลางเนื่องมาจากการลดการหลั่งโดปามีนนั่นเองนอกจากนั้นผลการทดสอบของบาราคอลที่มีต่อระบบประสาทส่วนกลาง พบว่าบาราคอลสามารถลดพฤติกรรมการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติของสัตว์ทดลองได้อย่างมีนัยสำคัญเทียบกับกลุ่มควบคุมโดยไม่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อและการทรงตัว ไม่มีฤทธิ์ต้านกังวลและไม่มีฤทธิ์ลดการหลั่งสารโดปามีนผลวิจัยชี้ให้เห็นชัดเจนว่าทั้งบาราคอลซึ่งสกัดได้จากใบขี้เหล็กมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของระบบประสาทส่วนกลาง ผลวิจัยนี้จึงช่วยสนับสนุนการใช้ใบขี้เหล็กเพื่อช่วยการนอนหลับ ช่วยในการลดความเครียด และช่วยในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตของสุกร

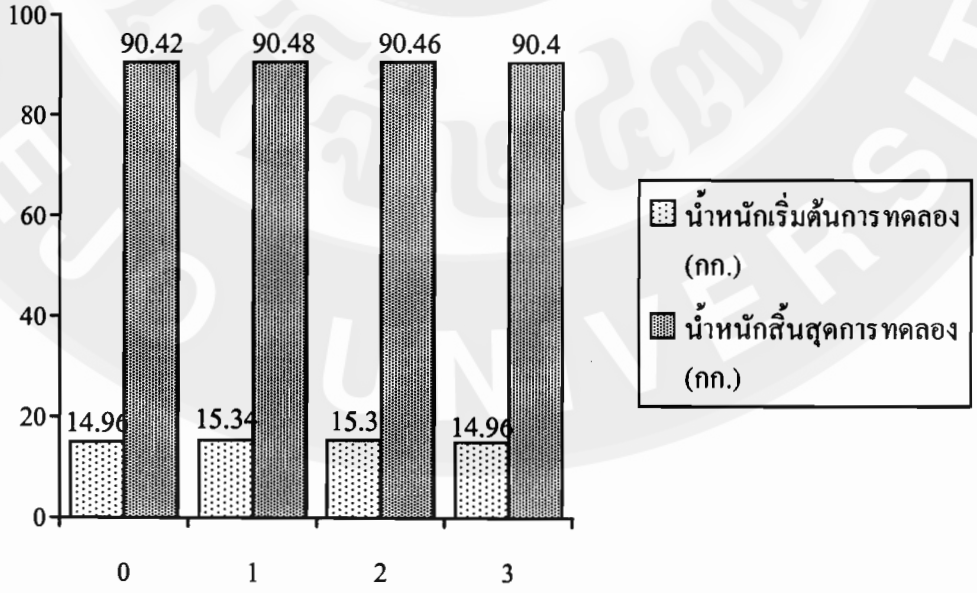
ตาราง 8 ผลการศึกษาที่มีต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับใบขี้เหล็กในสูตรอาหาร (%)				SEM
	0	1	2	3	
สุกรระยะเล็ก (15 กก.)					
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.)	14.96	15.34	15.30	14.96	0.31
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	30.30	29.76	30.10	30.18	0.26
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.)	15.34	14.42	14.80	15.22	0.35
ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยง (วัน)	33.00	32.40	32.80	33.40	0.48
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กก.)	1.57	1.64	1.66	1.57	0.04
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก.)	0.47	0.44	0.45	0.46	0.01
อัตราแลกน้ำหนัก (FCR)	3.38	3.69	3.68	3.44	0.11
สุกรระยะรุ่น (30 กก.)					
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.)	30.30	29.76	30.10	30.18	0.26
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	60.35	60.26	60.33	60.19	0.12
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.)	30.05	30.42	30.23	30.01	0.23
ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยง (วัน)*	44.80^{a}	44.20^{b}	43.00^{b}	43.40^{b}	0.46
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กก.)	2.15	2.14	2.15	2.15	0.04
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน(กก)*	0.67^{b}	0.69^{b}	0.70^{a}	0.69^{b}	0.01
อัตราแลกน้ำหนัก (FCR)	3.19	3.11	3.09	3.10	0.04
สุกรระยะขุน (60 กก.)					
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.)	60.35	60.26	60.33	60.19	0.12
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	90.42	90.48	90.46	90.40	0.06
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.)	30.07	30.07	30.13	30.21	0.11
ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยง (วัน)*	46.00^{a}	44.20^{b}	43.00^{b}	43.40^{b}	0.07
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กก.)	2.98	3.03	3.09	3.18	0.04
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก.)**	0.66^{b}	0.68^{b}	0.70^{a}	0.69^{b}	0.01
อัตราแลกน้ำหนัก (FCR)	4.58	4.43	4.54	4.57	0.11

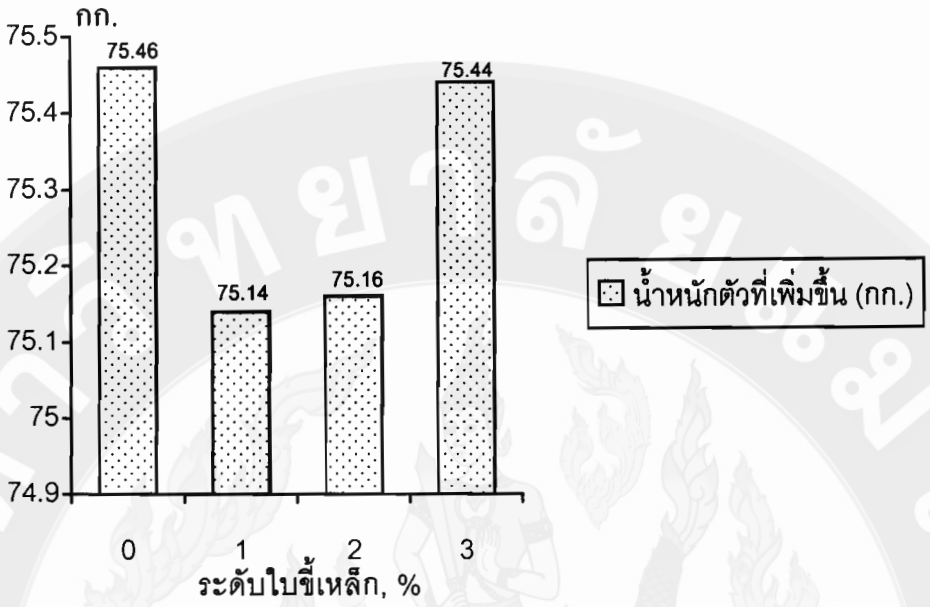
ตาราง 8 (ต่อ)

ลักษณะที่ศึกษา	ระดับใบขี้เหล็กในสูตรอาหาร (%)				SEM
	0	1	2	3	
สุกรระยะเล็ก-ขุน (15-90 กก.)					
น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.)	14.96	15.34	15.30	14.96	0.31
น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.)	90.42	90.48	90.46	90.40	6.89
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.)	75.46	75.14	75.16	75.44	0.30
ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยง (วัน) **	123.80[a]	120.80[b]	118.80[b]	120.20[b]	0.65
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กก.)	2.30	2.33	2.35	2.32	0.02
ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (กก.)	279.60	279.20	280.40	280.00	1.82
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก.)**	0.61[b]	0.62[a]	0.63[a]	0.62[a]	0.01
อัตราแลกน้ำหนัก (FCR)	3.75	3.76	3.72	3.76	0.04
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (กก.)	34.61	33.87	33.49	33.90	0.43

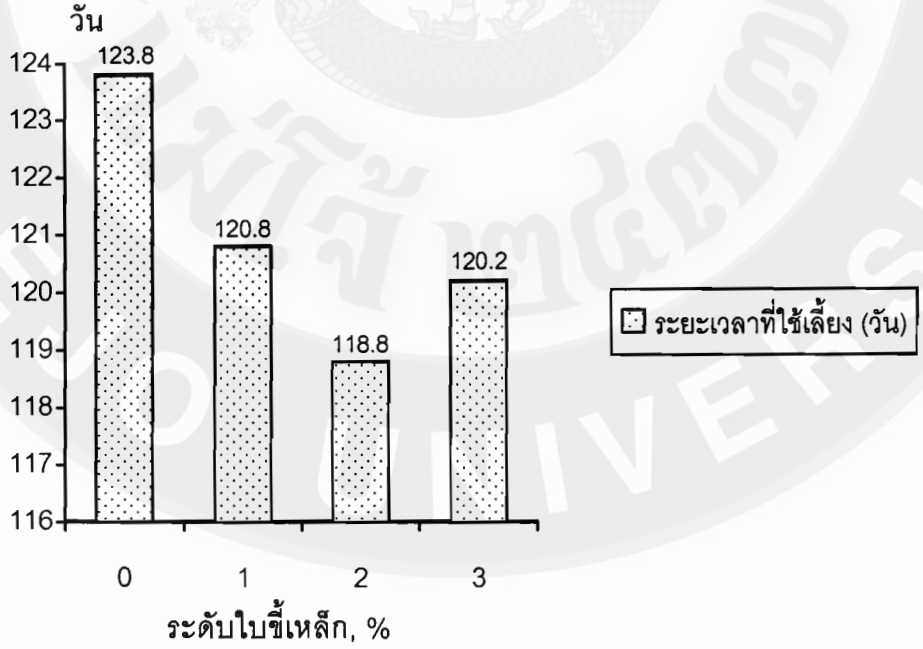
หมายเหตุ: [a, b] = ค่าเฉลี่ยในแถวนอนเดียวกันมีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **P<0.01



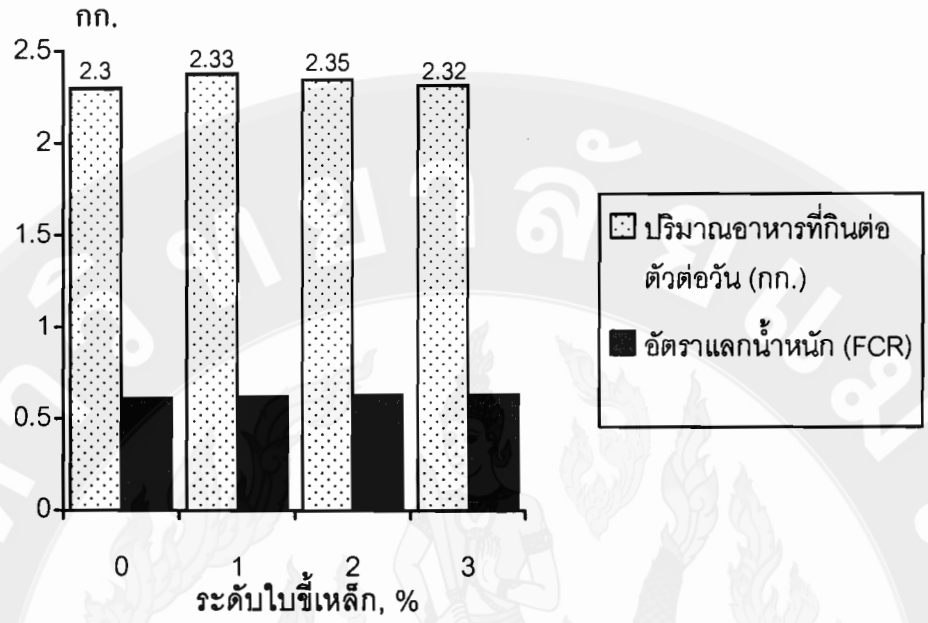
ภาพ 6 กราฟน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง และน้ำหนักสิ้นสุดการทดลองของสุกร



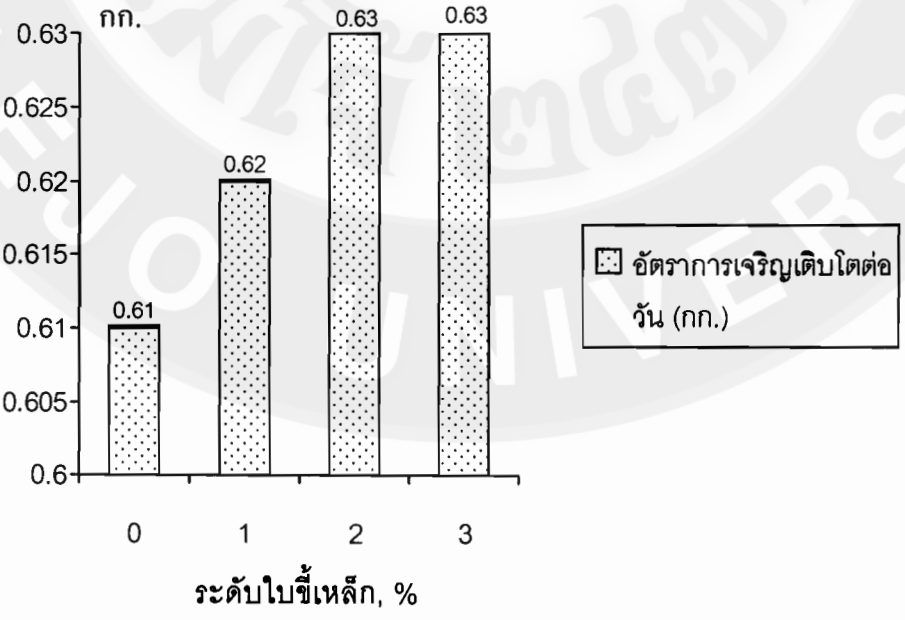
ภาพ 7 กราฟน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของสุกรระยะเล็ก-ระยะขุน



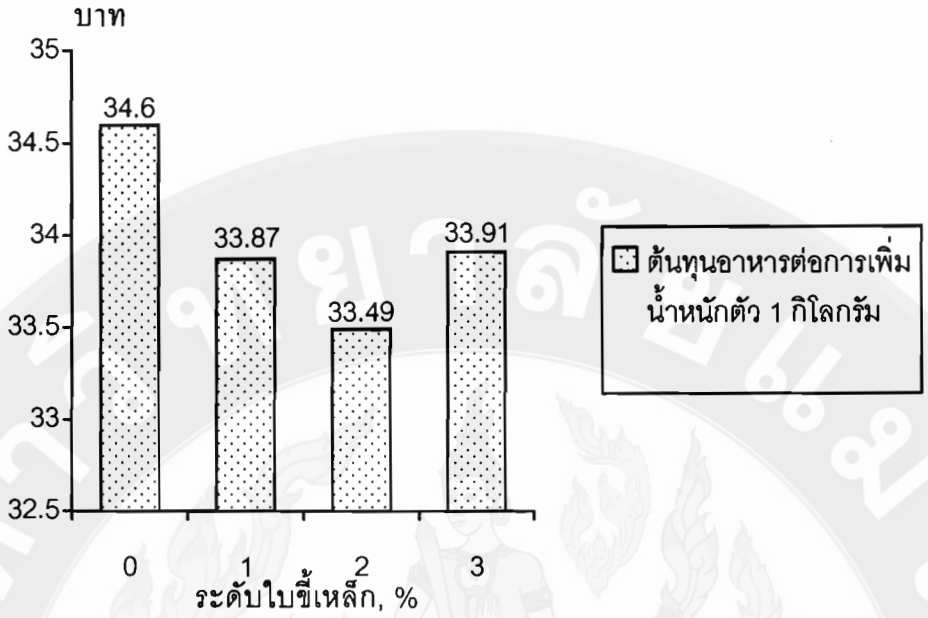
ภาพ 8 กราฟระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงของสุกรจากระยะเล็กถึงน้ำหนักฆ่า



ภาพ 9 กราฟปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน และอัตราการแลกน้ำหนักของสุกรตลอดการทดลอง



ภาพ 10 กราฟอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของสุกรตลอดการทดลอง



ภาพ 11 กราฟต้นทุนอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม (บาท) ของสุกรตลอดการทดลอง

2. การศึกษาคุณภาพซากของสุกร

ผลการศึกษาคุณภาพซาก แสดงไว้ในตาราง 9 ปรากฏว่า

น้ำหนักซากสุกร จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อน้ำหนักซากสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มน้ำหนักซากสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 64.58, 64.50, 64.82 และ 64.16 กิโลกรัม ตามลำดับ (ดังภาพ 12)

เปอร์เซ็นต์ซาก จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซากสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 71.33, 71.28, 71.68 และ 70.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ดังภาพ 13)

ความยาวซาก จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อความยาวซากสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มความยาวซากสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 73.77, 74.11, 74.66 และ 74.59 เซนติเมตร ตามลำดับ (ดังภาพ 14)

น้ำหนักไขมันในช่องท้อง จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อน้ำหนักไขมันในช่องท้องของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหาร มีแนวโน้มน้ำหนักไขมันในช่องท้อง สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 1.36, 1.36, 1.35 และ 1.33 กิโลกรัม ตามลำดับ (ดังภาพ 15)

พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกของสุกรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 42.00, 43.60, 45.40 และ 43.80 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (ดังภาพ 16)

ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น (pH แรก) ของเนื้อสันนอกของสุกร เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ทำการฆ่าแบบไทย และจำหน่ายซากได้ในลักษณะเนื้อสด ดังนั้นจึงสุ่มวัด pH จากเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 และวัด pH หลังจากที่ตัวอย่างของชิ้นเนื้อทำการตัดแบ่งแช่ในตู้ควบคุมความเย็น การวัด pH ครั้งแรกคือภายหลังจากการฆ่า 45 นาที นับเป็น pH แรกและวัด pH ของตัวอย่างชิ้นเนื้อทุกๆ 1 ชั่วโมงจำนวน 5 ครั้ง หลังจากวัดครั้งแรก และนับเป็น pH สุดท้าย ในที่นี้ขออธิบายผลเฉพาะ pH แรก และ pH สุดท้ายเท่านั้น เนื่องจากค่า pH ที่วัดได้หลังจาก pH แรก ถึง pH สุดท้าย มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ผลการศึกษาพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อค่า pH แรก แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มค่า pH แรก สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 6.80, 6.83, 6.78 และ 6.79 ตามลำดับ (ดังภาพ 17)

ค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้าย (pH สุดท้าย) จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างสุดท้ายของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มค่า pH สุดท้าย สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 5.69, 5.78, 5.69 และ 5.74 ตามลำดับ (ดังภาพ 17)

น้ำหนักตับ จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อน้ำหนักตับของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มน้ำหนักตับ สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 1.56, 1.57, 1.69 และ 1.62 กิโลกรัม ตามลำดับ (ดังภาพ 19)

น้ำหนักไต จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อน้ำหนักไตของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มน้ำหนักไต สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.33, 0.33, 0.34 และ 0.35 กิโลกรัม ตามลำดับ (ดังภาพ 18)

น้ำหนักกระเพาะ จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อน้ำหนักกระเพาะของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มน้ำหนักกระเพาะ สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.54, 0.56, 0.55และ 0.54 กิโลกรัม ตามลำดับ (ดังภาพ 18)

น้ำหนักม้าม จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อน้ำหนักม้ามของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มน้ำหนักม้าม สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.22, 0.22, 0.22 และ 0.23 กิโลกรัม ตามลำดับ (ดังภาพ 20)

น้ำหนักปอด จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อน้ำหนักปอดของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มน้ำหนักปอด สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 1.51, 1.59, 1.48และ 1.51 กิโลกรัม ตามลำดับ (ดังภาพ 19)

น้ำหนักสันใน จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อน้ำหนักสันในของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มน้ำหนักสันใน สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.99, 1.03, 1.07 และ 1.02 กิโลกรัม ตามลำดับ (ดังภาพ 20)

น้ำหนักหัวใจ จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อน้ำหนักหัวใจของสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มน้ำหนักหัวใจ สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 0.38, 0.38, 0.37 และ 0.38 กิโลกรัม ตามลำดับ (ดังภาพ 21)

ความหนาไขมันสันหลัง จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อความหนาไขมันสันหลังของสุกรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) พบว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหาร มีความหนาไขมันสันหลัง สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มี

ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 2.49, 2.33, 2.29 และ 2.31 เซนติเมตร ตามลำดับ (ดังภาพ 22)

เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง จากผลการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงของสุกรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 47.85, 48.48, 48.62 และ 48.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความเข้มของสีเนื้อสันนอก ในการทดลองครั้งนี้ได้ใช้การวัดสีโดยใช้ระบบสีของฮันเตอร์ (Hunter color system) ซึ่งระบบของฮันเตอร์ประกอบด้วยตัวแปรของสี 3 ตัว คือ L, a และ b ซึ่งมีความหมายดังนี้

L คือ ความสว่างของสีซึ่งมีค่าจาก 0 คือ สีดำ ถึง 100 คือ สีขาว (lightness)

a คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเขียวและสีแดง (redness)

b คือ ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน (yellowness)

จากการวัดสีจะตัดเนื้อบริเวณเนื้อสันนอก 3 ชิ้น โดยมีความหนาประมาณ 2 เซนติเมตร จากนั้นนำเนื้อสันนอกมาวัดค่าสี

ค่าสี L จากการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อค่า L ของเนื้อสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มค่า L ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 46.58, 46.46, 46.38 และ 45.96 ตามลำดับ

ค่าสี a ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีแดง (redness) จากการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อค่าสี a ของเนื้อสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มค่าสี a สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 15.74, 15.48, 15.56 และ 15.97 ตามลำดับ

ค่าสี b ค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลือง (yellowness) จากการทดลองพบว่า สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อค่าสี b ของเนื้อสุกรแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) พบว่ากลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กเสริมลงไปในอาหารที่ระดับ 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มค่าสี b สูงกว่ากลุ่มอื่นๆ มีค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 2.17, 2.18, 2.33และ 2.33 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 9

จากผลการทดลองข้างต้นเป็นการศึกษาความเข้มของสีเนื้อของสุกรโดยไม่ใช้สารเร่งเนื้อแดงชนิดต่าง ๆ ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค โดยลักษณะสีเนื้อของสุกรที่ต้องการคือเนื้อควรมีสีชมพูอมแดง (จุฑารัตน์, 2532) ตามระบบการวัดสีที่ใช้วัดเนื้อสุกรในการทดลองครั้งนี้ค่าตัวแปร

ที่สำคัญ คือ L และ a หมายความว่า เนื้อสุกรที่ดีมีสีชมพูอมแดง ค่าตัวแปร L และ a จะเป็นบวก โดยมีค่า a สูงและค่า L ต่ำในทางตรงข้ามหากเนื้อมีลักษณะซีดขาวจะมีค่าตัวแปร L สูง ค่า a ต่ำ แสดงถึงความมีสีขาวในเนื้อมากมีสีแดงน้อย และค่า b จะบ่งบอกถึงความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงินอย่างเด่นชัด แต่จะมีความสำคัญในการวัดสีของผลไม้ที่มีสีผิวเวลาสุกเป็นสีเหลือง

จะเห็นได้ว่าสุกรขุนที่ได้รับใบขี้เหล็กในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร มีปริมาณเนื้อแดง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และความหนาของไขมันสันหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) กลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ (T3) มีปริมาณเนื้อแดง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และความหนาของไขมันสันหลังสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ รองลงมาคือกลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กในระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ (T4) แต่พบว่า เปอร์เซ็นต์ซาก ความยาวซาก น้ำหนักสันนอก น้ำหนักสันใน น้ำหนักไขมันในช่องท้อง pH แรก pH สุดท้าย สีของเนื้อ และอวัยวะภายใน มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) พบว่า กลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ (T3) มีแนวโน้มว่า เปอร์เซ็นต์ซากสูงกว่า ความยาวซากมากกว่า น้ำหนักสันในมากกว่า น้ำหนักสันนอกมากกว่า น้ำหนักตับมากกว่า pH แรกน้อยกว่า pH สุดท้ายน้อยกว่า ค่า L น้อยกว่า ค่า b มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ส่วนกลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กในระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ (T4) มีแนวโน้มว่า น้ำหนักไขมันในช่องท้องน้อยกว่า น้ำหนักไตมากกว่า น้ำหนักม้ามมากกว่า น้ำหนักหัวใจมากกว่า และค่า a มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ และกลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กในระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ (T2) มีแนวโน้มว่า น้ำหนักกระเพาะมากกว่า และน้ำหนักปอดมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ

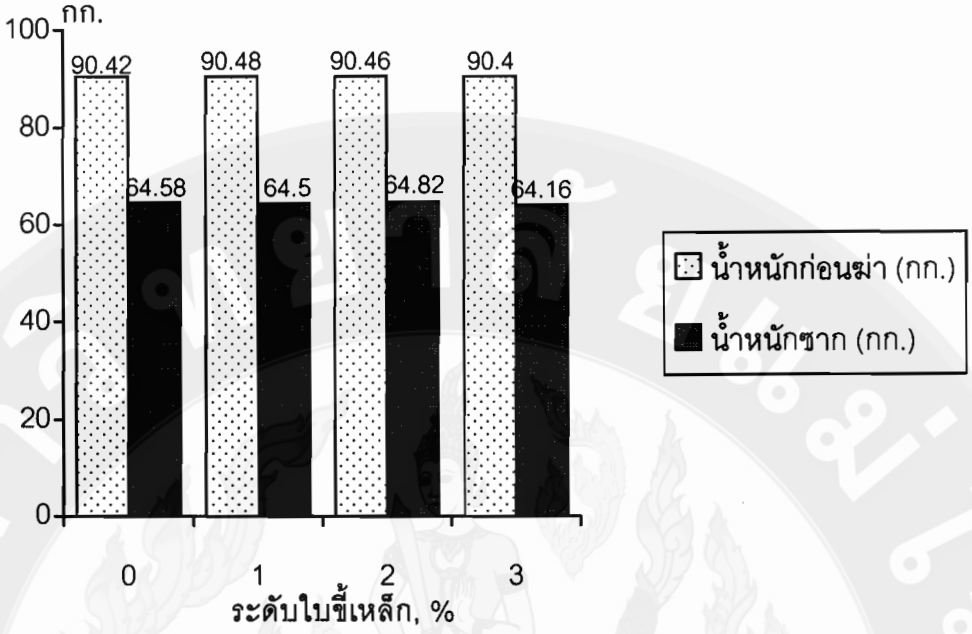
เมื่อรวมตลอดระยะเวลารุ่น-ขุน พบว่าสูตรอาหารที่เหมาะสมสำหรับเลี้ยงสุกรขุนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพอัตราการเจริญเติบโต และปรับปรุงคุณภาพซากสุกรขุน คือ กลุ่มที่ได้รับใบขี้เหล็กในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร (T3) สูตรนี้สามารถทำให้ปริมาณเนื้อแดง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก เพิ่มมากขึ้น และความหนาของไขมันสันหลังลดลง การทำให้สุกรเครียดน้อยลงส่งผลต่อคุณภาพซากดีขึ้น

ตาราง 9 ผลการศึกษาคุณภาพซากสุกรขุน

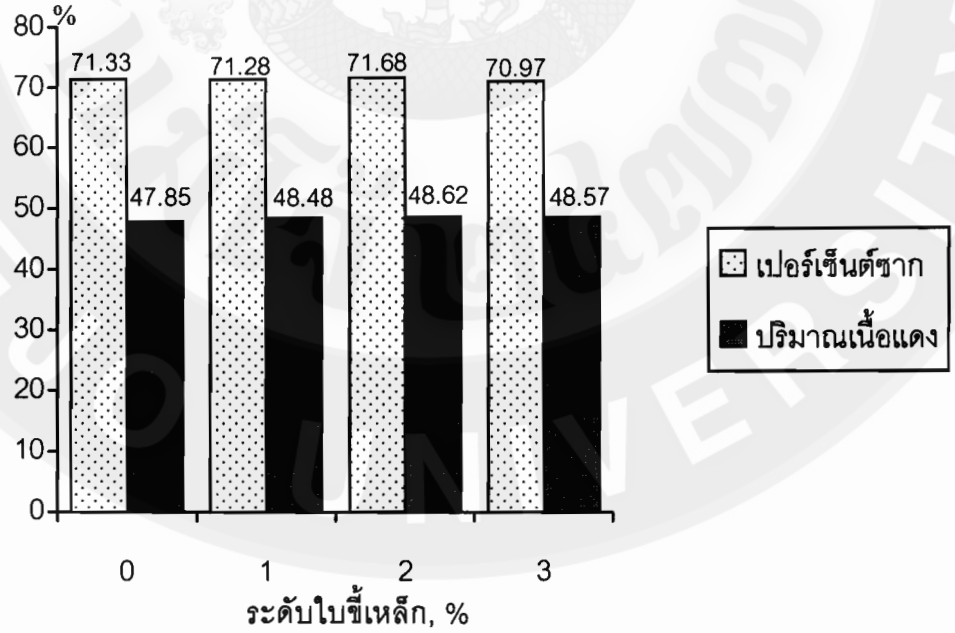
ลักษณะที่ศึกษา	ระดับใบขี้เหล็กในสูตรอาหาร (%)				SEM
	0	1	2	3	
น้ำหนักก่อนฆ่า (กก.)	90.42	90.48	90.46	90.40	0.06
น้ำหนักซาก (กก.)	64.58	64.50	64.82	64.16	0.61
เปอร์เซ็นต์ซาก (%)	71.33	71.28	71.68	70.97	0.70
ความยาวซาก (ซม.)	73.17	74.11	74.66	74.59	0.59
น้ำหนักไขมันในช่องท้อง (กก.)	1.36	1.36	1.35	1.33	0.01
พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอก(ตร. ซม.)**	42.00^{b}	43.60^{ab}	45.40^{a}	43.80^{ab}	0.61
pH แรก	6.80	6.83	6.78	6.79	0.04
pH สุดท้าย	5.69	5.78	5.69	5.74	0.04
น้ำหนักตับ (กก.)	1.56	1.57	1.69	1.62	0.04
น้ำหนักไต (กก.)	0.33	0.34	0.35	0.35	0.26
น้ำหนักกระเพาะ (กก.)	0.54	0.56	0.55	0.54	0.01
น้ำหนักม้าม (กก.)	0.22	0.22	0.22	0.23	0.01
น้ำหนักปอด (กก.)	1.51	1.59	1.48	1.51	0.04
น้ำหนักสันใน (กก.)	0.99	1.03	1.07	1.02	0.02
น้ำหนักสันนอก (กก.)	3.21	3.23	3.27	3.24	0.03
น้ำหนักหัวใจ (กก.)	0.38	0.38	0.37	0.38	0.01
ปริมาณเนื้อแดง (%)**	47.85^{b}	48.48^{a}	48.62^{a}	48.57^{a}	0.13
ความหนาไขมันสันหลัง (ซม.)**	2.49^{a}	2.33^{b}	2.29^{b}	2.31^{b}	0.04
Lightness (L)	46.58	46.46	46.38	45.96	0.21
Redness (a)	15.74	15.48	15.56	15.97	0.23
Yellowness (b)	2.17	2.18	2.33	2.33	0.04

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแถวนอนเดียวกันมีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

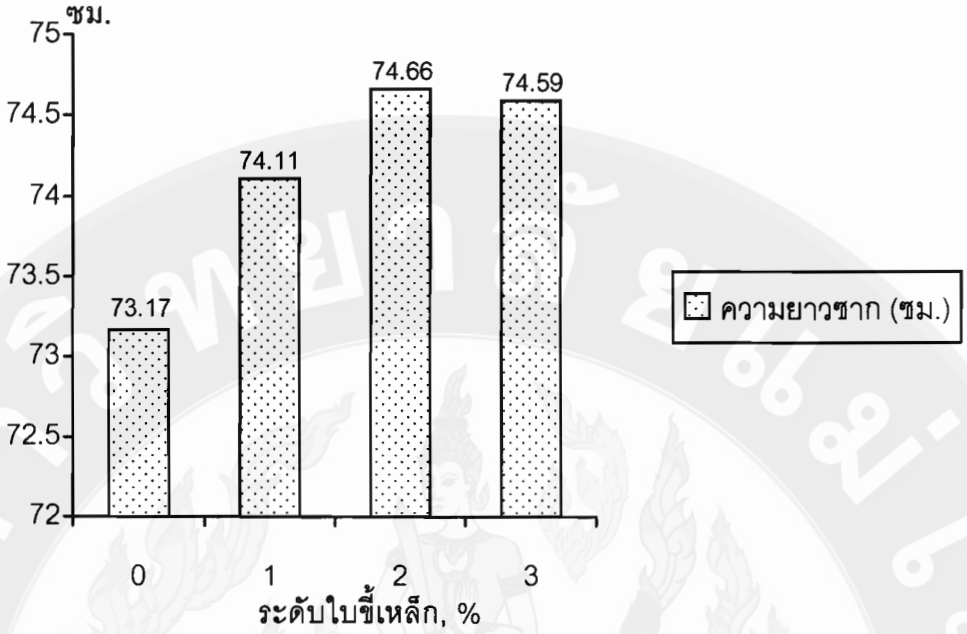
*P<0.05 และ **P<0.01



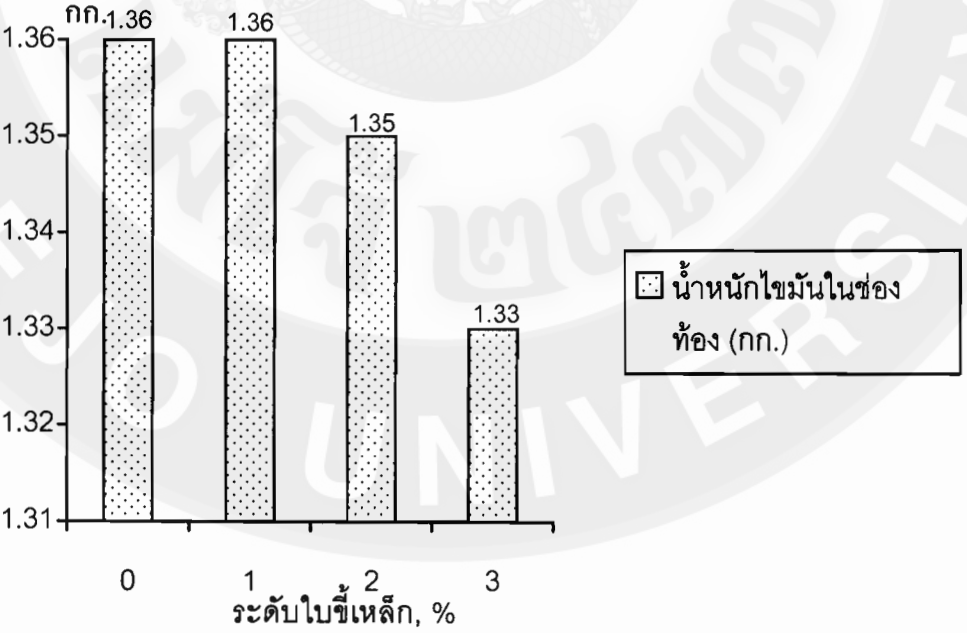
ภาพ 12 กราฟน้ำหนักก่อนฆ่า และน้ำหนักซากของสุกรขุน



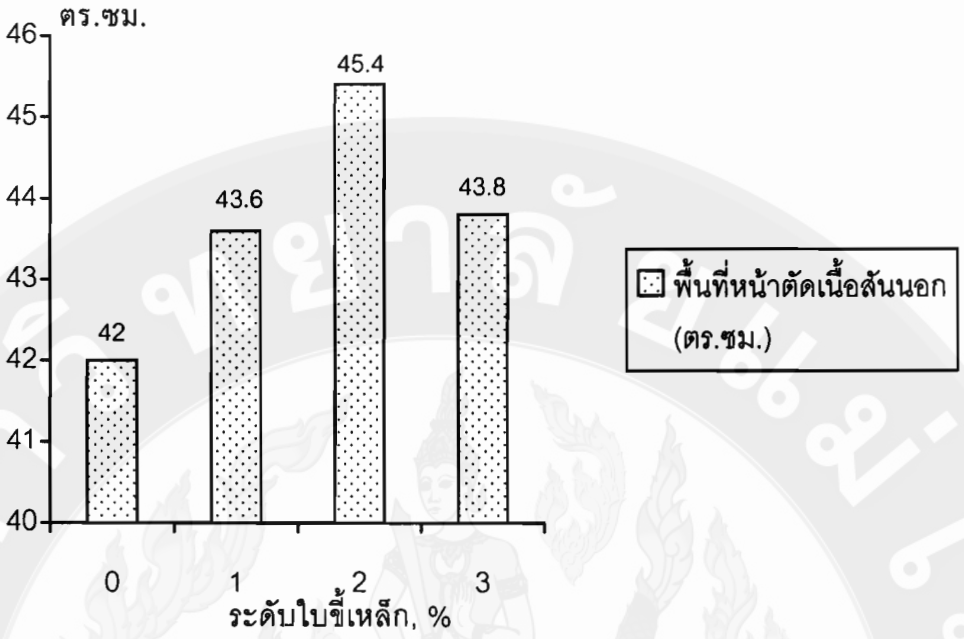
ภาพ 13 กราฟเปอร์เซ็นต์ซาก และปริมาณเนื้อแดง



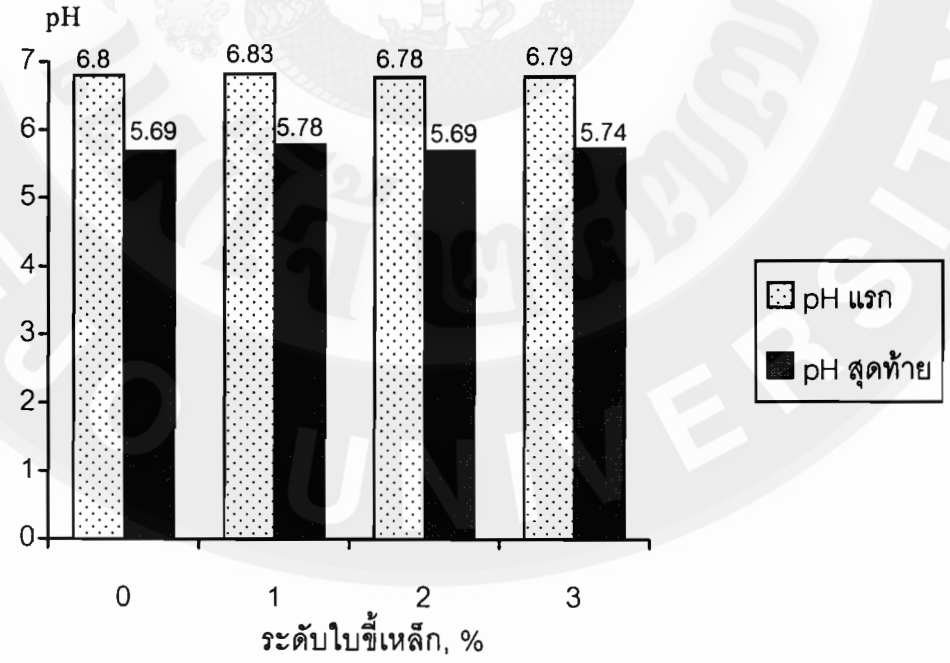
ภาพ 14 กราฟความยาวซากของสุกรขุน



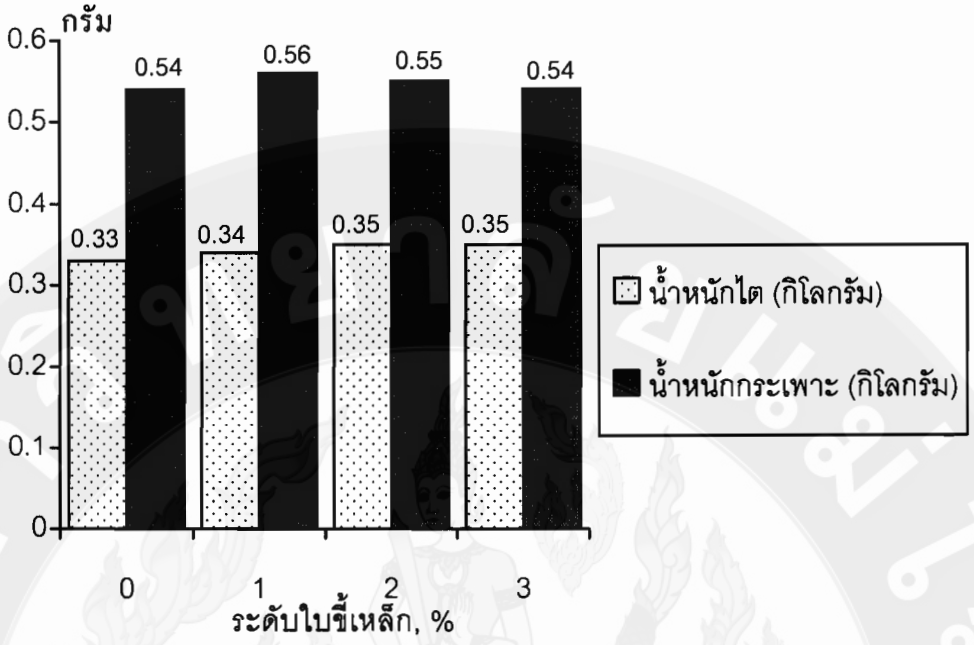
ภาพ 15 กราฟน้ำหนักไขมันในช่องท้องของสุกรขุน



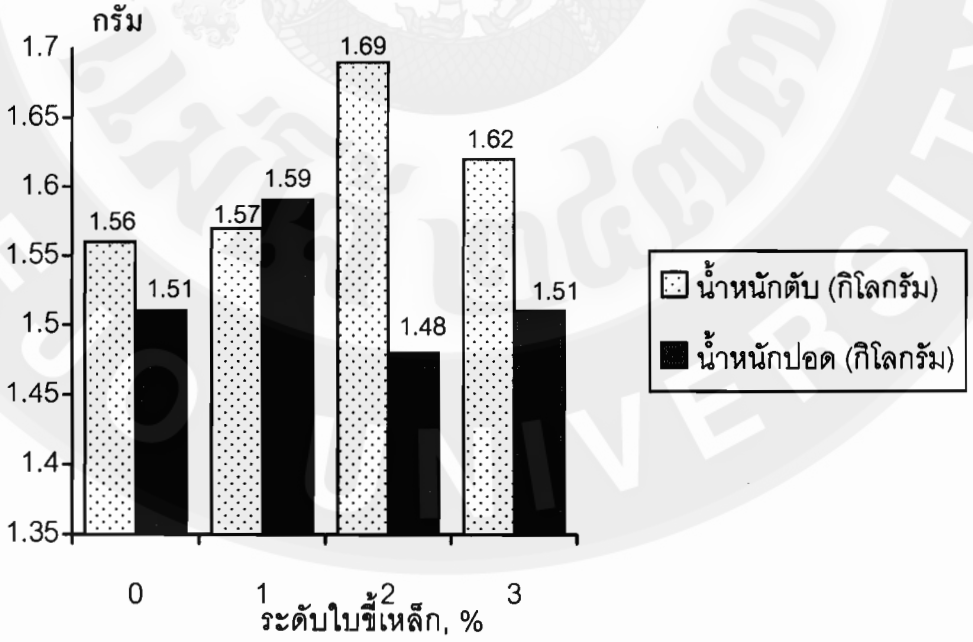
ภาพ 16 กราฟพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกของสุกรขุน



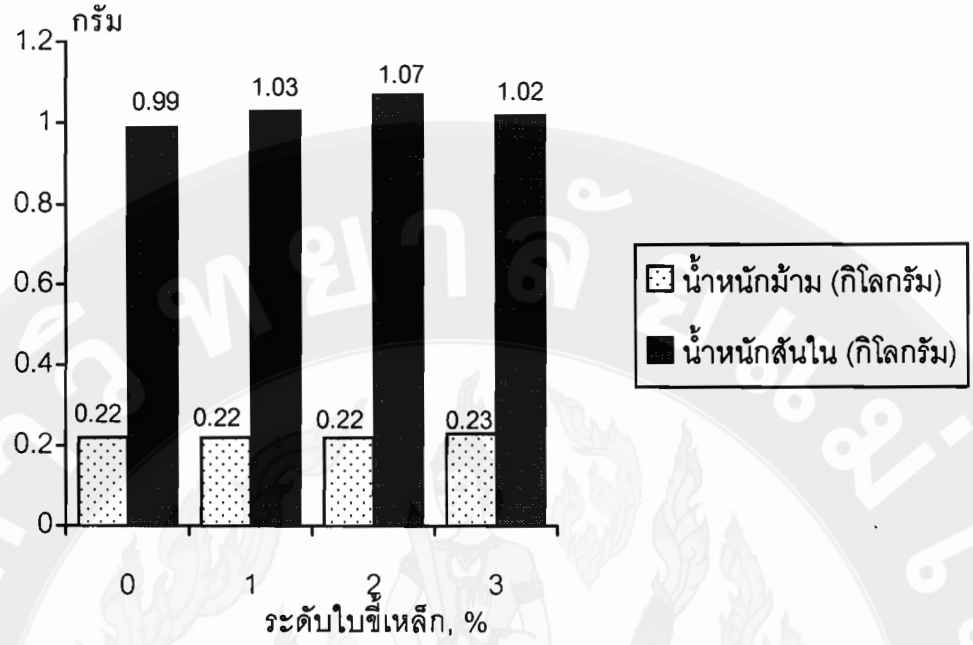
ภาพ 17 กราฟความเป็น กรด-ด่าง ของเนื้อสันนอกของสุกรขุน



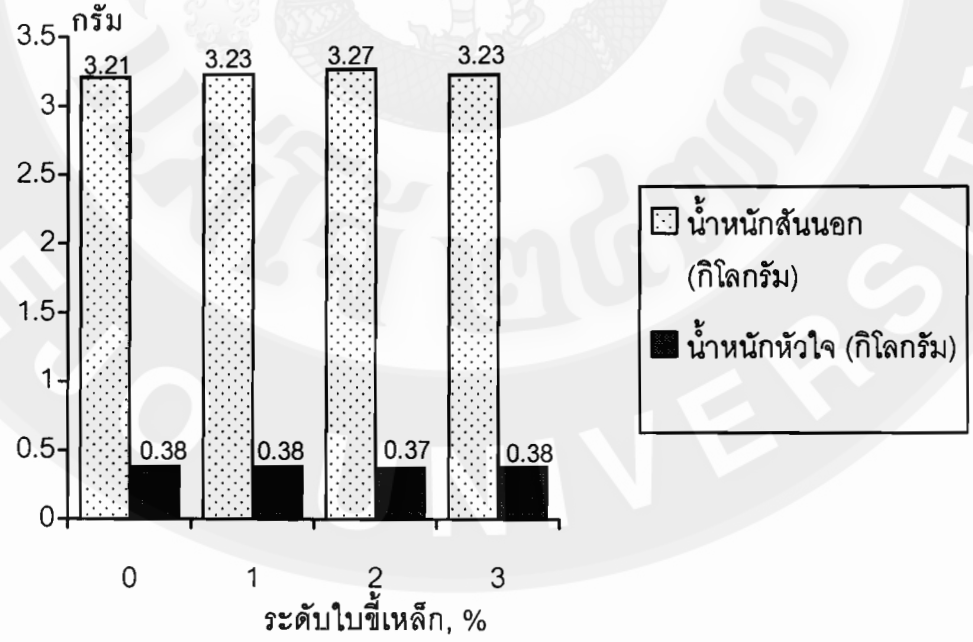
ภาพ 18 กราฟน้ำหนักไต และน้ำหนักกระเพาะของสุกรขุน



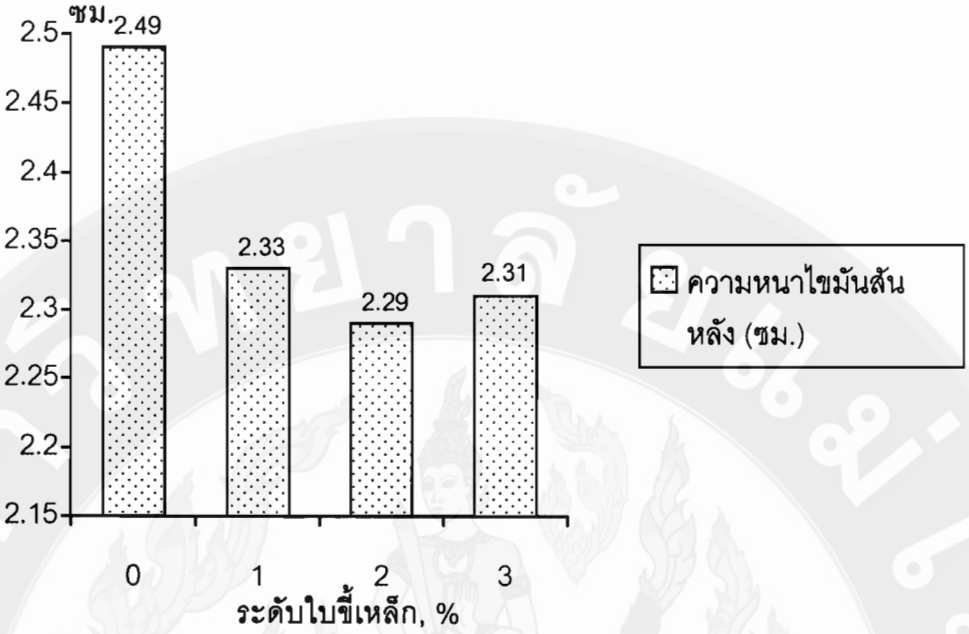
ภาพ 19 กราฟน้ำหนักตับ และน้ำหนักปอดของสุกรขุน



ภาพ 20 กราฟน้ำหนักม้าม และน้ำหนักสันในของสุกรขุน



ภาพ 21 กราฟน้ำหนักสันนอก และน้ำหนักหัวใจของสุกรขุน



ภาพ 22 กราฟความหนาไขมันสันหลังของสุกรขุน

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลการใช้ใบขี้เหล็กในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของสุกรระยะเล็กถึงขุน การทดลองในครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อย ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

สรุปผลการทดลอง

1. สุกรรุ่นและสุกรขุนที่ได้รับอาหารที่ไม่มีการเสริมใบขี้เหล็กมีการย่อยได้ของเถ้ามากกว่ากลุ่มที่เสริมใบขี้เหล็ก
2. การใช้ใบขี้เหล็กในระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร ทำให้สุกรมีการเจริญเติบโตมากกว่า และระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงน้อยกว่าสุกรที่ไม่ได้รับการเสริมใบขี้เหล็ก
3. คุณภาพซากของสุกรที่ได้รับอาหารที่มีการเสริมใบขี้เหล็กดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม โดยมีปริมาณเนื้อแดงมากกว่า พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันนอกมากกว่า และไขมันสันหลังบางกว่า

ดังนั้นการที่สุกรได้การเสริมใบขี้เหล็กในอาหาร มีการเลี้ยงดูที่ดี การดูแลจัดการที่ดี ทำให้สุกรมีความเครียดลดลง ส่งผลต่อการกินอาหารได้เพิ่มขึ้น ทำให้คุณภาพซากดี การเสริมใบขี้เหล็กในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารสุกร เป็นระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงสุกรเพื่อให้มีอัตราการเจริญเติบโตของสุกรสูงและคุณภาพซากที่ดีโดยเฉพาะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง การลดลงของไขมันสันหลังให้บางลง และยังช่วยในการลดความเครียดของสุกรอีกด้วย สุกรที่ได้รับใบขี้เหล็กผสมในอาหารมีผลต่อค่าสีของเนื้อสุกรมีแนวโน้มแดงขึ้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ข้อเสนอแนะ

การเสริมใบขี้เหล็กในอาหารที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารสุกร เป็นระดับที่น่าจะนำมาใช้ในทางปฏิบัติ เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตของสุกรและคุณภาพซากที่ดีโดยเฉพาะพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง และการลดลงของไขมันสันหลังให้บางลง ค่าสีของเนื้อสุกรมีแนวโน้มแดงขึ้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยไม่มีผลกระทบต่อ

สุกร และไม่เกิดการตกค้างของสารเคมีในเนื้อ เพราะใบขี้เหล็กเป็นสมุนไพรสามารถนำมาใช้ผสมในอาหารของสุกรที่ระดับ 2 เปอร์เซ็นต์ และไม่ควรเพิ่มใบขี้เหล็กลงไปอีกเพราะจะทำให้อาหารมีความฟ่ามไม่มีความน่ากิน ควรจะมีการอัดเม็ดจะทำให้สุกรกินได้ง่ายขึ้น

บรรณานุกรม

จรัญ จันทลักขณา. 2539. **สถิติวิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย.** กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช. 442 น.

จัตุพร อยู่นิยม. 2547. ความสัมพันธ์ทางด้านโภชนศาสตร์ ระหว่างวิตามิน อี และซีลีเนียม. **ธุรกิจอาหารสัตว์** 11 (38) : 31-39.

จุฑารัตน์ วรรณกุล. 2548. **การจัดการฟาร์มเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสุกรพันธุ์.** กรุงเทพฯ: ศรีวิศวกรรม. 287 น.

จุฑารัตน์ ศรีพรหมมา. 2542. การเปรียบเทียบวิธีการวัดซากเพื่อประเมินคุณภาพซากสุกร. **แก่นเกษตร**. 14 (2) : 97 – 103 น.

จุฑารัตน์ ศรีพรหมมา และ ทรงศักดิ์ ตันพิพัฒน์. 2549. การเปรียบเทียบวิธีการวัดซากเพื่อประเมินคุณภาพซากสุกร. **แก่นเกษตร** 14 (2) : 104 – 158 น.

ชัยณรงค์ คันธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์.** กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช. 276 น.

ชัยณรงค์ คันธพนิต และ นันทนา นิรมิตเจียรพันธุ์. 2544. สมการคาดคะเนเปอร์เซ็นต์กล้ามเนื้อจากซากสุกร. **สุกรสาส์น** 17 (67) : 27 – 33 น.

ชูเกียรติ มณีธร. 2546. **หลักโภชนา.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 194 หน้า.

นรินทร์ ทองวิทยา และ เผ่าพงษ์ ปูระณะพงษ์. 2540. **คู่มือวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนะของอาหารสัตว์.** เชียงใหม่ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 36 น.

นาม ศิริเสถียร. 2542. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพซากและการวัดซาก. **ธุรกิจอาหารสัตว์** 2(4): 65 – 77.

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2541. **โภชนศาสตร์สัตว์.** เชียงใหม่: ภาควิชาสุตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 170 น.

บุญเสริม ชีวะอิสระกุล และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2542. **พื้นฐานสัตวศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2 เชียงใหม่: ธนบรรณการพิมพ์. 186 น.

ปราโมทย์ วานิชพงษ์พันธุ์. 2542. **รายงานการประชุมสัมมนาเกษตรยุคใหม่.** กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 275 น.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. **หลักการอาหารสัตว์เล่ม 2 หลักโภชนะศาสตร์และการประยุกต์** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์. 576 น.

_____ . 2543. ทางออกของการทำให้เนื้อสุกรแดงโดยคุณภาพเนื้อดีกว่าเดิม. **ธุรกิจอาหารสัตว์** 17(70) : 30 – 35 น.

พิกุล จันทรโยธา. 2531. **ฤทธิ์ของบาราคอล สารสกัดจากใบของต้นขี้เหล็ก ต่อระบบประสาทส่วนกลาง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 127 น.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2539. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 504 น.

มนฤดี สุขมา และ ชัยโย ชัยชาญทิพยุทธ. 2547. ฤทธิ์ช่วยนอนหลับจากใบขี้เหล็ก **วารสารวิชาการนานาชาติ มหาวิทยาลัยศิลปากร** 83(1-2): 87-94.

เยาวลักษณ์ คันธวงศ์. 2546. **การเตรียมซีรั่มควบคุมคุณภาพสำหรับใช้ควบคุมการวิเคราะห์ไตรกลีเซอไรด์.** เชียงใหม่: คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 30 น.

รัชนี มีวุธ. 2543. การออกฤทธิ์ของสารสกัดจากใบขี้เหล็กต่อระบบประสาท. **วารสารปศุสัตว์** 8(3): 9-19

วินัย วงค์คำ. 2547. **ผลของ β-adrenergic agonist ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากในสุกรขุน (น้ำหนัก 60-90 กก.).** ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

วนิดา จันทรเทพเทวัญ. 2545. **ขี้เหล็กยาคลายเครียด.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.mahidol.ac.th/mahidol/ra/rapc/v4518.html (17 สิหาคม 2551).

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2547. **การผลิตสุกร.** สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 335 น.

วีระสิงห์ อินทิแสง, รวีวรรณ์ จรัสกำจรกุล และ ภาวดี ภัคดี. 2543. คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้เป็นอาหาร. **ธุรกิจอาหารสัตว์** 15(60) : 18-27.

วัชรีวรรณ อุไรกุล และ กุสุมา จันทอง. 2543. ระดับการป้อนสารสกัดใบขี้เหล็กในหนูขาว. **สุกรสาส์น.** 24(75): 12-17.

สมชัย ชนะรัตน์. 2542. **สุกรและการรักษาโรค.** เชียงใหม่: ฝ่ายเผยแพร่วิชาการสโมสรนิสิตคณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 195 น.

สมชัย อุดมประเสริฐ. 2549. **การจัดการสุขภาพและผลผลิตในฟาร์มสุกร.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาสูติศาสตร์ เธนุเวชวิทยาและวิทยาการสืบพันธุ์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 199 น.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2540. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์.** เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 244 น.

สุนทร ปาใหญ่. 2542. **การสกัดและศึกษาสมบัติในการดูดซึมตะกั่วของไคโตซาน.** เชียงใหม่: สาขาวิชาการศึกษาโปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเชียงใหม่. 47 น.

สุนทรี ศรีปราโมช. 2545. **การเลี้ยงสุกร.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โครงการหนังสือเกษตรชุมชน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 96 น.

สุทัศน์ ศิริ. 2524. **สมการคาดคะเนส่วนประกอบของซากสุกรบางลักษณะ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 134 น.

สุทัศน์ ศิริ. 2525. **การเจริญเติบโตของสัตว์.** เอกสารประกอบการสอน. เชียงใหม่: สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. 43 น.

อุไร จิรมงคลการ. 2542. ผลของการใช้สารสกัดใบขี้เหล็กในอาหารของการนอนหลับ. **สุกรสาส์น** 17(27): 9-17

Bailey, A.J. and N.D. Light. 1989. **Connective tissue in meat and meat products.** London: Elsevier Applied Science. 272 p.

Bulyalert, D. 2002. Effect of barakol on the central nervous system : Quantitative analysis of EEG in the rat. **เชียงใหม่เวชสาร** 32(4): 191-196.

Chaichantipyuth, C. A. 1998. **Phytochemical study of the leaves of *Cassia siamea* and *Cassia spectabilis*.** Master degree. Chulalongkorn University 178 p.

Dancan, D.B. 1955. Multiple range and multiple-F tests. **Biometrics.** 11:1-42.

Dransfield, E. 1996. Calpains from thaw rigor muscle. ***Meat Science.*** 43 :311–320.

Garnet, A.G. 2001. The effect of using different levels of shrimp meal in laying hen diets. **Poultry Science.** 80(5): 633-636.

Greef. K.H.de, M.W.A. Verstegen, B. Kemp and P.L. der Togt. 1994. The effect of body weight and energy intake on the composition of deposited tissue in pigs **Animal. Science.** 58: 263-270.

Hassanali-Walji A., T.J. King and S.C. Wallwork. 1996. Barakol, a novel dioxaphenalene derivative from *Cassia siamea*. **Journal of the Chemical Society, Chemical Communications** 12: 678.

Kondos, A.C. 1977. Nutritional Evaluation of Six Protein Concertrates for the Pig. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry** 17: 872-879.

Pond, W. G., K. R. Pond and D. C. Church. 1995. **Basic Animal Nutrition and Feeding.** United stated of America: John Wiley & Sons, Inc. 615 p.

Poonyachoti S, W. Thongsaard and C. Deachapunya. 2002. The prokinetic effects of barakol in rat intestine (Abstract). ***The Pharmacologist*** 44: 35-36.

Prakob P.B.,T. Pimolvan and H. Teris. 2003. Hypnotic effect of modified herbal extract from *Cassia siamea* in human subjects. **Journal Psychiatric Assoc. Thailand** 45(3):251-259.

Suwan G, R. Sudsuang, D. Ghumma-Upakorn , and C. Werawong. 1992. Hypertensive effects of barakol extracted from leaves of *Cassia siamea* Lam. in rats and cats. **Thai Journal Physiology Science.** 5 : 53-65.

Thiel-Cooper, R.L. 2004. *Cassia siamea* (Lamk.) of rats performance and carcass composition. **Journal. Animal. Science.** 79:1821-1828.

Thongsaard W., C. Deachapunya, S. Pongsakorn, E.A. Boyd, G.W. Bennett and C.A. Marden. 1998. Barakol : A potential anxiolytic extracted from *Cassia siamea.* **Pharmacology. Biochemist. and Behav.** 53(3): 753-758.

Warriss, P. D., C. P Dudley. and S. N. Brown. 1983 . Reduction of carcass yield in transported pigs. **Journal of the Science of Food and Agriculture** . 34: 351–356.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางผนวก

ตารางผนวก 1 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง		T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก (%)		0	1	2	3
Block	1	85.95	85.92	85.32	85.28
	2	85.22	85.51	85.44	85.42
	3	85.65	85.09	85.08	85.10
	4	85.81	85.14	85.60	85.16
	5	85.71	85.67	85.23	85.48
รวม		428.34	427.33	426.67	426.44
เฉลี่ย		85.67	85.47	85.33	85.29

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.43	0.14	2.40^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.33	0.08	1.39^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.72	0.06			
Total	19	1.49				

SEM = 0.11

CV = 0.29%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 2 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (CP) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	90.49	90.21	90.03	89.94
2	90.79	90.29	90.08	90.21
3	90.01	90.13	90.50	90.71
4	90.05	90.25	90.39	91.00
5	91.00	91.16	90.65	90.43
รวม	452.34	452.04	451.65	452.29
เฉลี่ย	90.47	90.41	90.33	90.46

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.05	0.01	0.15^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.91	0.22	1.77^{ns}	3.26	5.41
Error	12	1.55	0.12			
Total	19	2.52				

SEM = 0.16

CV = 0.39%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 3 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย (CF) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	43.42	43.86	44.64	41.86
2	35.51	40.23	45.58	40.41
3	42.17	39.61	37.44	46.09
4	40.16	41.11	44.38	38.07
5	41.01	38.22	38.89	44.76
รวม	202.27	203.03	210.93	211.19
เฉลี่ย	40.45	40.61	42.19	42.24

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	14.21	4.73	0.44^{ns}	3.49	5.95
Block	4	23.20	5.80	0.54^{ns}	3.26	5.41
Error	12	128.83	10.73			
Total	19	166.25				

SEM = 1.46

CV = 7.92%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 4 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (EE) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	86.29	87.68	85.39	85.55
2	87.01	86.28	87.27	87.10
3	85.16	87.13	86.94	85.54
4	87.38	86.06	87.47	86.32
5	85.22	88.19	86.04	87.03
รวม	431.06	435.34	433.11	431.54
เฉลี่ย	86.21	87.07	86.62	86.31

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	2.23	0.74	0.81^{ns}	3.49	5.95
Block	4	1.74	0.43	0.47^{ns}	3.26	5.41
Error	12	11.03	0.91			
Total	19	15.01				

SEM = 0.43

CV = 1.11%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 5 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้า (Ash) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	51.62	57.04	48.55	48.97
2	56.90	47.49	50.03	47.23
3	58.95	47.73	49.35	48.44
4	60.54	46.69	48.75	47.94
5	60.21	48.99	48.31	48.18
รวม	288.22	247.94	244.99	240.76
เฉลี่ย	57.64[a]	49.59[b]	48.99[b]	48.15[b]

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	3.16	0.78	0.08	3.49	5.95
Block	4	291.09	97.03	9.24**	3.26	5.41
Error	12	126.07	10.51			
Total	19	420.33				

SEM = 1.45

CV = 6.34%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวก 6 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (NFE) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	90.62	91.53	91.28	91.29
2	90.57	91.48	90.67	90.82
3	90.91	90.48	91.21	90.36
4	90.65	91.01	90.98	91.18
5	90.85	90.90	91.14	90.45
รวม	453.60	454.59	455.28	489.74
เฉลี่ย	90.72	91.08	91.06	90.82

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.47	0.15	1.40^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.43	0.10	0.98^{ns}	3.26	5.41
Error	12	1.34	0.11			
Total	19	2.25				

SEM = 0.15

CV = 0.37%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 7 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน (DE) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	86.68	87.21	87.03	86.34
2	86.25	85.91	86.39	86.21
3	86.78	85.77	86.83	86.09
4	87.15	86.05	86.42	86.35
5	86.75	86.67	86.21	56.48
รวม	433.61	431.61	432.88	401.47
เฉลี่ย	86.72	86.32	86.58	86.29

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.63	0.21	1.62^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.84	0.21	1.61^{ns}	3.26	5.41
Error	12	1.57	0.13			
Total	19	3.05				

SEM = 0.16

CV = 0.42%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 8 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DM) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	98.76	98.43	98.79	98.33
2	99.05	98.80	98.86	98.86
3	98.82	98.85	98.75	98.80
4	98.75	98.84	99.02	98.88
5	98.68	98.86	98.79	98.79
รวม	494.06	493.78	494.21	493.66
เฉลี่ย	98.81	98.76	98.84	98.73

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.03	0.01	0.70^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.25	0.06	2.44^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.21	0.01			
Total	19	0.50				

SEM = 0.04

CV = 0.14%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางผนวก 9 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (CP) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	92.09	92.69	92.55	92.23
2	92.73	92.58	92.03	92.33
3	92.67	92.73	91.95	91.89
4	92.95	93.03	92.95	92.41
5	92.99	92.21	91.95	92.59
รวม	463.43	463.24	461.43	461.45
เฉลี่ย	92.69	92.65	92.29	92.29

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.72	0.24	2.28^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.67	0.16	1.60^{ns}	3.26	5.41
Error	12	1.26	0.10			
Total	19	2.66				

SEM = 0.14

CV = 0.35%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 10 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย (CF) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	43.93	41.69	40.88	42.52
2	44.48	42.32	39.78	42.27
3	46.47	43.06	45.73	40.73
4	40.21	46.47	46.67	47.11
5	46.43	44.24	46.91	44.74
รวม	221.52	217.78	219.97	217.37
เฉลี่ย	44.30	43.56	43.99	43.47

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	2.26	0.75	0.13^{ns}	3.49	5.95
Block	4	39.35	9.83	1.64^{ns}	3.26	5.41
Error	12	71.84	5.98			
Total	19	113.46				

SEM = 1.03

CV = 5.58%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 11 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (EE) ในสุกรรุ่น (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	90.03	90.02	89.25	90.97
2	90.51	89.36	89.98	89.54
3	89.44	90.91	90.54	90.30
4	90.59	90.19	90.78	89.60
5	90.58	89.86	89.19	90.93
รวม	451.45	450.34	449.74	451.34
เฉลี่ย	90.23	90.07	89.95	90.27

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.33	0.11	0.23^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.54	0.13	0.29^{ns}	3.26	5.41
Error	12	5.72	0.47			
Total	19	6.60				

SEM = 0.31

CV = 0.77%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 12 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเถ้า (Ash) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	72.42	66.59	65.92	64.15
2	76.32	65.17	68.47	64.32
3	72.26	66.40	64.03	64.76
4	68.81	69.39	64.31	65.44
5	73.24	69.19	64.84	64.63
รวม	363.05	336.74	327.57	318.30
เฉลี่ย	72.61[a]	67.35[b]	65.51[b]	64.66[b]

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	8.35	2.09	0.52	3.49	5.95
Block	4	190.70	63.57	15.83**	3.26	5.41
Error	12	48.19	4.02			
Total	19	247.25				

SEM = 0.89

CV = 2.97%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวก 13 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (NFE) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	89.66	91.17	90.69	91.05
2	88.32	90.18	90.44	91.04
3	89.86	89.86	90.38	89.41
4	90.29	86.36	89.64	89.65
5	89.63	89.71	90.72	90.23
รวม	447.76	447.28	451.87	451.74
เฉลี่ย	89.49	89.46	90.37	90.28

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	3.64	1.21	1.15^{ns}	3.49	5.95
Block	4	5.74	1.43	1.36^{ns}	3.26	5.41
Error	12	12.67	1.05			
Total	19	22.07				

SEM =0.46

CV =1.14%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 14 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของพลังงาน (DE) ในสุกรขุน (เปอร์เซ็นต์) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	90.30	90.57	90.84	90.97
2	90.83	91.45	90.51	90.87
3	90.51	90.66	90.64	90.86
4	91.20	91.11	90.73	90.50
5	90.58	90.56	91.10	90.90
รวม	453.42	454.35	453.82	454.10
เฉลี่ย	90.68	90.87	90.76	90.82

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.09	0.03	0.31^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.21	0.05	0.53^{ns}	3.26	5.41
Error	12	1.21	0.10			
Total	19	1.53				

SEM = 0.14

CV = 0.35%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 15 น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	14.60	15.90	14.00	15.70
2	14.90	16.00	16.00	14.60
3	15.00	15.50	15.70	14.70
4	15.70	14.50	16.00	14.80
5	14.60	14.80	14.80	15.00
รวม	74.80	76.70	76.50	74.80
เฉลี่ย	14.96	15.34	15.30	14.96

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.65	0.21	0.46^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.79	0.19	0.42^{ns}	3.26	5.41
Error	12	5.64	0.47			
Total	19	7.08				

SEM = 0.31

CV = 4.53%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 16 น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	30.50	29.80	29.50	30.20
2	29.50	29.50	30.00	29.50
3	30.00	30.00	31.00	29.70
4	31.00	30.50	29.50	31.00
5	30.50	29.00	30.50	30.50
รวม	151.50	148.80	150.50	150.90
เฉลี่ย	30.30	29.76	30.10	30.18

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.80	0.26	0.78^{ns}	3.49	5.95
Block	4	1.60	0.40	1.17^{ns}	3.26	5.41
Error	12	4.11	0.34			
Total	19	6.52				

SEM = 0.26

CV = 1.94%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 17 ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	35.00	32.00	33.00	33.00
2	32.00	32.00	34.00	35.00
3	33.00	33.00	31.00	32.00
4	32.00	32.00	33.00	34.00
5	33.00	33.00	33.00	33.00
รวม	165.00	162.00	164.00	167.00
เฉลี่ย	33.00	32.40	32.80	33.40

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	2.60	0.86	0.72^{ns}	3.49	5.95
Block	4	2.80	0.70	0.58^{ns}	3.26	5.41
Error	12	14.40	12.00			
Total	19	19.80				

SEM = 0.48

CV = 3.32%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 18 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	15.90	13.90	15.50	14.50
2	14.60	13.50	14.00	14.90
3	15.00	14.50	15.30	15.00
4	15.30	16.00	15.30	16.20
5	15.90	14.20	15.70	15.50
รวม	76.70	72.10	75.80	76.10
เฉลี่ย	15.34	14.42	14.80	15.22

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	2.64	0.88	1.38^{ns}	3.49	5.95
Block	4	2.88	0.72	1.13^{ns}	3.26	5.41
Error	12	7.66	0.63			
Total	19	13.18				

SEM = 0.35

CV = 5.34%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 19 ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กก.) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	1.49	1.69	1.61	1.61
2	1.59	1.72	1.62	1.46
3	1.55	1.55	1.77	1.69
4	1.66	1.66	1.67	1.53
5	1.58	1.58	1.61	1.55
รวม	7.87	8.20	8.28	7.84
เฉลี่ย	1.57	1.64	1.66	1.56

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.03	0.01	1.61^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0098	0.0025	0.39^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0753	0.0063			
Total	19	0.11				

SEM = 0.04

CV = 4.92%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 20 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก.) ของสุกรเล็ก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	0.45	0.43	0.47	0.44
2	0.46	0.42	0.41	0.43
3	0.45	0.44	0.49	0.47
4	0.49	0.50	0.41	0.48
5	0.48	0.43	0.48	0.47
รวม	2.33	2.22	2.26	2.29
เฉลี่ย	0.47	0.44	0.45	0.46

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0013	0.0004	0.57^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0042	0.0011	1.39^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0092	0.0008			
Total	19	0.0147				

SEM = 0.01

CV = 6.06%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 21 อัตราแลกน้ำหนักของสุกรเล็ก และการเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	3.27	3.88	3.42	3.66
2	3.49	4.07	3.93	3.42
3	3.40	3.51	3.59	3.60
4	3.46	3.31	4.07	3.21
5	3.27	3.66	3.38	3.29
รวม	17.89	18.43	18.39	17.18
เฉลี่ย	3.38	3.69	3.68	3.44

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.38	0.12	2.19^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.22	0.05	0.95^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.70	0.05			
Total	19	1.31				

SEM = 0.11

CV = 6.85%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 22 น้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	30.50	29.80	29.50	30.20
2	29.50	29.50	30.00	29.50
3	30.00	30.00	31.00	29.70
4	31.00	30.50	29.50	31.00
5	30.50	29.00	30.50	30.50
รวม	120.81	148.80	150.50	150.90
เฉลี่ย	30.30	29.76	30.10	30.18

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.80	0.26	0.78^{ns}	3.49	5.95
Block	4	1.60	0.40	1.17^{ns}	3.26	5.41
Error	12	4.11	0.34			
Total	19	6.52				

SEM = 0.26

CV = 1.96%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 23 น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	60.36	60.39	60.20	60.40
2	60.13	60.45	60.37	60.00
3	60.47	59.70	60.40	59.50
4	60.36	60.42	60.27	60.45
5	60.43	60.35	60.40	60.60
รวม	301.75	301.31	301.64	300.95
เฉลี่ย	60.35	60.26	60.33	60.19

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.07	0.02	0.37^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.44	0.11	1.55^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.85	0.07			
Total	19	1.37				

SEM = 0.12

CV = 0.42%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 24 ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	46.00	45.00	43.00	43.00
2	47.00	44.00	43.00	43.00
3	46.00	45.00	45.00	45.00
4	42.00	44.00	43.00	43.00
5	43.00	43.00	43.00	43.00
รวม	224.00	221.00	217.00	217.00
เฉลี่ย	44.80	44.20	43.40	43.40

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	9.75	3.25	3.12^{ns}	3.49	5.95
Block	4	14.30	3.57	2.43^{ns}	3.26	5.41
Error	12	12.50	1.04			
Total	19	36.55				

SEM = 0.46

CV = 2.33%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 25 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	29.86	30.59	30.70	30.20
2	30.63	30.55	30.37	30.50
3	30.47	29.70	29.40	29.80
4	29.36	29.92	30.77	29.45
5	29.93	31.35	29.90	30.10
รวม	150.25	152.11	151.44	122.87
เฉลี่ย	30.05	30.42	30.23	30.01

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.53	0.17	0.66^{ns}	3.49	5.95
Block	4	1.44	0.36	1.34^{ns}	3.26	5.41
Error	12	3.24	0.27			
Total	19	5.22				

SEM = 0.23

CV = 1.72

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 26 ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กก.) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	2.09	2.09	2.12	2.16
2	1.99	2.16	2.19	2.21
3	2.07	2.11	2.09	2.00
4	2.36	2.20	2.19	2.12
5	2.26	2.16	2.16	2.26
รวม	10.77	10.72	10.75	10.75
เฉลี่ย	2.15	2.14	2.15	2.15

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0003	0.0001	0.01^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0654	0.0163	2.42^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0811	0.0068			
Total	19	0.1467				

SEM = 0.04

CV = 3.82%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 27 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก.) ของสุกรรุ่น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	0.64	0.68	0.71	0.70
2	0.65	0.70	0.71	0.71
3	0.66	0.66	0.67	0.66
4	0.69	0.68	0.73	0.68
5	0.69	0.73	0.70	0.70
รวม	3.33	3.45	3.52	3.45
เฉลี่ย	0.67	0.69	0.70	0.69

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0037	0.0012	2.90^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0041	0.0010	2.14^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0043	0.0004			
Total	19	0.0122				

SEM = 0.01

CV = 2.75%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 28 อัตราแลกน้ำหนักของสุกรรุ่นและการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	3.22	3.07	2.96	3.07
2	3.04	3.07	3.09	3.11
3	3.12	3.19	3.19	3.02
4	3.37	3.24	3.24	3.08
5	3.24	2.96	2.96	3.22
รวม	15.99	15.53	15.44	15.50
เฉลี่ย	3.19	3.11	3.09	3.10

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.03	0.01	1.15^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.06	0.01	1.51^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.13	0.01			
Total	19	0.23				

SEM = 0.04

CV = 3.38%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 29 หนักเริ่มต้นการทดลอง (กก.) ของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	60.36	60.39	60.20	60.40
2	60.13	60.45	60.37	60.00
3	60.47	59.70	60.40	59.50
4	60.36	60.42	60.27	60.45
5	60.43	60.35	60.40	60.60
รวม	301.75	301.31	301.64	300.95
เฉลี่ย	60.35	60.26	60.33	60.19

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.07	0.02	0.37^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.44	0.11	1.55^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.85	0.07			
Total	19	1.37				

SEM = 0.12

CV = 0.44%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 30 น้ำหนักสิ้นสุดการทดลอง (กก.) ของสุกรขุนและการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	90.50	90.70	90.50	90.60
2	90.40	90.50	90.40	90.50
3	90.30	90.50	90.50	90.20
4	90.10	90.30	90.50	90.30
5	90.80	90.40	90.40	90.40
รวม	452.10	452.40	452.30	452.00
เฉลี่ย	90.42	90.48	90.46	90.40

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.02	0.01	0.28^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.18	0.04	1.93^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.28	0.02			
Total	19	0.48				

SEM = 0.06

CV = 0.17%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 31 ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน) ของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	46.00	45.00	43.00	43.00
2	46.00	44.00	43.00	43.00
3	46.00	45.00	44.00	45.00
4	46.00	44.00	42.00	43.00
5	46.00	43.00	43.00	43.00
รวม	230.00	221.00	215.00	217.00
เฉลี่ย	46.00[a]	44.20[b]	43.00[b]	43.40[b]

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	26.55	8.85	28.70**	3.49	5.95
Block	4	4.30	1.07	3.49*	3.26	5.41
Error	12	3.70	0.30			
Total	19	34.55				

SEM = 0.07

CV = 1.25%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวก 32 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.) ของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	30.14	30.31	30.30	30.20
2	30.27	30.05	30.03	30.50
3	29.83	30.08	30.10	30.70
4	29.74	29.88	30.23	29.85
5	30.37	30.05	30.00	29.80
รวม	150.35	150.37	150.66	151.05
เฉลี่ย	30.07	30.07	30.13	30.21

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.06	0.02	0.32^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.27	0.06	1.00^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.81	0.06			
Total	19	1.14				

SEM = 0.11

CV = 0.86%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 33 ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กก.) ของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	3.04	3.22	3.02	3.14
2	2.94	3.07	3.26	3.14
3	2.94	2.78	3.07	3.22
4	3.04	2.96	3.21	3.26
5	2.94	3.14	2.91	3.16
รวม	11.96	15.17	15.47	15.92
เฉลี่ย	2.98	3.03	3.09	3.18

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.11	0.03	2.53^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.04	0.03	0.67^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.18	0.01			
Total	19	0.33				

SEM = 0.04

CV = 3.99%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 34 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก.) ของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	0.66	0.67	0.70	0.70
2	0.66	0.68	0.70	0.70
3	0.65	0.68	0.68	0.68
4	0.65	0.68	0.69	0.69
5	0.66	0.69	0.69	0.69
รวม	3.28	3.40	3.46	3.46
เฉลี่ย	0.66^{b}	0.68^{b}	0.69^{a}	0.69^{b}

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0055	0.0018	23.74^{**}	3.49	5.95
Block	4	0.0005	0.0001	1.52^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0009	0.0001			
Total	19	0.0069				

SEM = 0.01

CV = 1.29%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวก 35 อัตราแลกน้ำหนักของสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	4.64	4.78	4.29	4.47
2	4.56	4.49	4.66	4.43
3	4.53	4.05	4.89	4.72
4	4.70	4.35	4.67	4.69
5	4.45	4.49	4.17	4.56
รวม	22.88	22.16	20.68	18.44
เฉลี่ย	4.58	4.43	4.54	4.57

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.06	0.02	0.41^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.07	0.01	0.33^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.66	0.05			
Total	19	0.80				

SEM = 0.11

CV = 5.19%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 36 ระยะเวลาในการเลี้ยง (วัน) ของสุกรเล็ก – สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	127.00	122.00	119.00	119.00
2	125.00	120.00	120.00	121.00
3	125.00	123.00	119.00	122.00
4	120.00	120.00	117.00	120.00
5	122.00	119.00	119.00	119.00
รวม	619.00	604.00	594.00	601.00
เฉลี่ย	123.80[a]	120.80[b]	118.80[b]	120.20[b]

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	66.60	22.20	10.49**	3.49	5.95
Block	4	27.80	6.9500	3.28*	3.26	5.41
Error	12	25.40	2.1167			
Total	19	119.80				

SEM = 0.65

CV = 1.20%

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางผนวก 37 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กก.) ของสุกรเล็ก – สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	75.90	74.80	76.50	74.90
2	75.50	74.50	74.40	75.90
3	75.30	75.00	75.00	75.50
4	74.40	75.80	74.50	75.50
5	76.20	75.60	75.60	75.40
รวม	377.30	375.70	376.00	380.20
เฉลี่ย	75.46	75.14	75.16	75.44

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.45	0.15	0.34^{ns}	3.49	5.95
Block	4	1.38	0.34	0.78^{ns}	3.26	5.41
Error	12	5.34	0.44			
Total	19	7.18				

SEM = 0.30

CV = 0.88%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 38 ปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวัน (กก.) ของสุกรเล็ก – สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	2.30	2.39	2.26	2.36
2	2.29	2.33	2.45	2.32
3	2.28	2.25	2.37	2.25
4	2.31	2.31	2.32	2.35
5	2.34	2.35	2.36	2.33
รวม	11.54	11.63	11.76	11.61
เฉลี่ย	2.30	2.33	2.35	2.32

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0059	0.0020	0.77^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0093	0.0023	0.91^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0305	0.0025			
Total	19	0.0457				

SEM = 0.02

CV = 2.17%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 39 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กก.) ของสุกรเล็ก – สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	0.61	0.63	0.63	0.63
2	0.61	0.61	0.63	0.63
3	0.60	0.62	0.63	0.62
4	0.61	0.63	0.64	0.63
5	0.62	0.63	0.63	0.62
รวม	3.05	3.12	3.16	3.13
เฉลี่ย	0.61^{b}	0.62^{a}	0.63^{a}	0.62^{a}

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0013	0.0004	11.56^{**}	3.49	5.95
Block	4	0.0003	0.0001	1.80^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0004	0.0002			
Total	19	0.0020				

SEM = 0.01

CV = 0.98%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวก 40 อัตราแลกน้ำหนักของสุกรเล็ก – สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	3.92	3.91	3.58	3.75
2	3.77	3.80	3.88	3.70
3	3.81	3.63	3.77	3.83
4	3.92	3.69	3.68	3.75
5	3.78	3.70	3.69	3.81
รวม	19.20	18.77	18.60	18.84
เฉลี่ย	3.84	3.75	3.72	3.77

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0399	0.0133	1.27^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0061	0.0015	0.15^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.1257	0.0105			
Total	19	0.1717				

SEM = 0.04

CV = 2.71%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 41 น้ำหนักซาก (กก.) สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	66.60	62.20	64.90	63.40
2	64.70	65.80	65.20	63.40
3	62.40	65.20	64.50	62.70
4	63.70	64.50	64.20	63.90
5	65.50	64.80	65.30	67.40
รวม	322.90	322.50	324.10	320.80
เฉลี่ย	64.58	64.50	64.82	64.16

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	1.11	0.37	0.20^{ns}	3.49	5.95
Block	4	10.03	2.50	1.33^{ns}	3.26	5.41
Error	12	22.71	1.89			
Total	19	33.86				

SEM = 0.61

CV = 2.13%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 42 เปอร์เซ็นต์ซาก (%) สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	73.67	68.58	71.71	69.98
2	71.41	72.71	72.36	70.06
3	68.72	72.04	71.19	69.51
4	70.70	71.43	70.94	70.76
5	72.14	71.68	72.24	74.56
รวม	356.64	356.44	358.44	354.87
เฉลี่ย	71.3288	71.29	71.69	70.97

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	1.28	0.42	0.17^{ns}	3.49	5.95
Block	4	12.10	3.02	1.22^{ns}	3.26	5.41
Error	12	29.77	2.48			
Total	19	43.16				

SEM = 0.70

CV = 2.21%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 43 ความยาวซาก (ซม.) สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	75.43	73.18	74.97	76.57
2	73.67	74.49	73.46	75.47
3	72.94	72.54	74.91	73.18
4	74.12	73.84	75.45	72.47
5	72.67	76.49	74.49	75.28
รวม	368.83	370.54	373.28	372.97
เฉลี่ย	73.77	74.11	74.66	74.59

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	2.66	0.88	0.50^{ns}	3.49	5.95
Block	4	6.64	1.66	0.94^{ns}	3.26	5.41
Error	12	21.25	1.77			
Total	19	30.57				

SEM = 0.59

CV = 1.79%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 44 น้ำหนักไขมันในช่องท้อง (กิโลกรัม) สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	1.33	1.34	1.38	1.36
2	1.37	1.35	1.35	1.32
3	1.34	1.37	1.32	1.35
4	1.37	1.38	1.36	1.32
5	1.38	1.35	1.32	1.29
รวม	6.82	6.81	6.76	6.66
เฉลี่ย	1.36	1.36	1.35	1.33

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0012	0.003	0.45^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0030	0.0010	1.58^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0076	0.0006			
Total	19	0.0118				

SEM = 0.01

CV = 1.86%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 45 พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (ตร.ซม.) สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	41.00	44.00	44.00	44.00
2	42.00	43.00	46.00	46.00
3	42.00	44.00	46.00	43.00
4	42.00	42.00	46.00	45.00
5	43.00	45.00	45.00	41.00
รวม	210.00	218.00	227.00	219.00
เฉลี่ย	42.00^{b}	43.60^{ab}	45.40^{a}	43.80^{ab}

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	29.00	9.66	5.04**	3.49	5.95
Block	4	2.20	0.55	0.29^{ns}	3.26	5.41
Error	12	23.00	1.91			
Total	19	54.20				

DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST.

ระดับความเชื่อมั่น	T1	T2	T3	T4
	42.00	43.60	45.40	43.80
p<0.05	b	ab	a	ab
p<0.01	b	ab	a	ab

SEM = 0.61

CV = 3.16%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวก 46 pH แรก สุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	6.68	6.71	6.81	6.87
2	6.75	6.85	6.90	6.69
3	6.84	6.98	6.73	6.83
4	6.90	6.82	6.73	6.74
5	6.85	6.79	6.72	6.82
รวม	34.02	34.08	33.89	33.97
เฉลี่ย	6.80	6.83	6.78	6.79

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.01	0.01	0.29^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.01	0.01	0.36^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.10	0.01			
Total	19	0.12				

SEM = 0.04

CV = 1.36%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 47 pH สุดท้ายสุกรขุน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	5.67	5.87	5.72	5.57
2	5.74	5.81	5.83	5.69
3	5.68	5.61	5.61	5.77
4	5.76	5.84	5.63	5.79
5	5.69	5.76	5.67	5.87
รวม	28.54	28.89	28.46	28.69
เฉลี่ย	5.69	5.78	5.69	5.74

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0265	0.0088	1.02^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0239	0.0060	0.69^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.1039	0.0087			
Total	19	0.1543				

SEM = 0.04

CV = 1.62%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 48 น้ำหนักตับ และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	1.51	1.51	1.56	1.68
2	1.53	1.56	1.65	1.75
3	1.61	1.53	1.81	1.45
4	1.57	1.75	1.70	1.50
5	1.60	1.53	1.76	1.75
รวม	7.82	7.88	8.48	8.13
เฉลี่ย	1.56	1.57	1.69	1.63

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.05	0.02	1.57^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.02	0.01	0.42^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.14	0.01			
Total	19	0.21				

SEM = 0.04

CV = 6.76%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 49 น้ำหนักไต และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	0.32	0.31	0.36	0.33
2	0.34	0.32	0.33	0.39
3	0.32	0.36	0.35	0.33
4	0.35	0.35	0.37	0.36
5	0.32	0.35	0.32	0.35
รวม	1.63	1.69	1.73	1.76
เฉลี่ย	0.33	0.34	0.35	0.35

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0014	0.0005	1.08^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0018	0.0004	1.05^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0051	0.0004			
Total	19	0.0083				

SEM = 0.26

CV = 6.03%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 50 น้ำหนักกระเพาะ และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	0.49	0.59	0.54	0.49
2	0.54	0.57	0.54	0.59
3	0.59	0.56	0.57	0.53
4	0.51	0.51	0.50	0.56
5	0.56	0.59	0.59	0.55
รวม	2.69	2.76	2.74	2.72
เฉลี่ย	0.54	0.56	0.55	0.54

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0019	0.0006	0.61^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0086	0.0022	2.13^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.1222	0.0010			
Total	19	0.0227				

SEM = 0.01

CV = 5.39%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 51 น้ำหนักม้าม และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	0.21	0.22	0.23	0.22
2	0.22	0.22	0.21	0.23
3	0.22	0.21	0.23	0.23
4	0.22	0.22	0.23	0.22
5	0.23	0.23	0.21	0.24
รวม	1.10	1.10	1.11	1.14
เฉลี่ย	0.22	0.22	0.22	0.23

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0002	0.0001	0.85^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0002	0.0001	0.45^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0010	0.0001			
Total	19	0.0014				

SEM = 0.01

CV = 3.79%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 52 น้ำหนักปอด และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	1.52	1.57	1.36	1.65
2	1.54	1.66	1.47	1.55
3	1.54	1.62	1.53	1.49
4	1.50	1.44	1.59	1.49
5	1.47	1.67	1.47	1.38
รวม	7.57	7.96	7.42	7.56
เฉลี่ย	1.51	1.59	1.48	1.51

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0323	0.0108	1.33^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0098	0.0025	0.30^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0968	0.0081			
Total	19	0.1389				

SEM = 0.04

CV = 5.94%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 53 น้ำหนักสันใน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	0.98	0.97	1.12	0.93
2	0.94	0.98	1.03	1.04
3	1.03	1.09	1.13	0.99
4	1.04	1.03	1.01	1.09
5	0.95	1.07	1.09	1.03
รวม	4.94	5.14	5.38	5.08
เฉลี่ย	0.99	1.03	1.07	1.02

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0202	0.0067	2.42^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0120	0.0030	1.07^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0334	0.0028			
Total	19	0.0656				

SEM = 0.02

CV = 5.04%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 54 น้ำหนักสันนอก และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	3.15	3.27	3.29	3.27
2	3.24	3.24	3.28	3.28
3	3.16	3.25	3.21	3.17
4	3.39	3.19	3.27	3.25
5	3.12	3.21	3.30	3.21
รวม	16.06	13.57	16.87	16.18
เฉลี่ย	3.21	3.23	3.27	3.24

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0087	0.0029	0.73^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0173	0.0043	1.09^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0476	0.0040			
Total	19	0.0736				

SEM = 0.03

CV = 1.91%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 55 น้ำหนักหัวใจ และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	0.37	0.37	0.36	0.39
2	0.39	0.39	0.38	0.38
3	0.39	0.39	0.38	0.37
4	0.39	0.38	0.36	0.39
5	0.38	0.38	0.39	0.38
รวม	1.92	1.91	1.87	1.91
เฉลี่ย	0.38	0.38	0.37	0.38

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.0003	0.0001	0.90^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.0004	0.0001	0.96^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.0012	0.0001			
Total	19	0.0019				

SEM = 0.01

CV = 2.77%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 56 เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (%) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	47.95	48.46	48.66	48.58
2	48.07	48.73	48.30	48.42
3	47.80	48.42	48.58	48.27
4	47.87	48.34	48.73	48.23
5	47.56	48.46	48.85	49.36
รวม	239.25	242.41	243.12	242.86
เฉลี่ย	47.85[b]	48.48[a]	48.62[a]	48.57[a]

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	1.93	0.64	7.43**	3.49	5.95
Block	4	0.21	0.05	0.61ns	3.26	5.41
Error	12	1.04	0.08			
Total	19	3.19				

SEM = 0.13

CV = 0.60%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05)

ตารางผนวก 57 ความหนาไขมันสันหลัง (ซม.) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	2.47	2.34	2.29	2.31
2	2.44	2.27	2.38	2.35
3	2.51	2.35	2.31	2.39
4	2.49	2.37	2.27	2.40
5	2.57	2..34	2.24	2.11
รวม	12.48	11.67	11.49	11.56
เฉลี่ย	2.50[a]	2.33[b]	2.29[b]	2.31[b]

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.12	0.04	7.40**	3.49	5.95
Block	4	0.01	0.01	0.61ns	3.26	5.41
Error	12	0.06	0.01			
Total	19	0.20				

SEM = 0.04

CV = 3.20%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05)

ตารางผนวก 58 ค่าความเข้มของสีเนื้อสันนอก (L, lightness) และการวิเคราะห์ความ แปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	46.63	46.12	46.63	45.62
2	46.61	46.03	46.62	45.54
3	46.57	46.01	46.51	46.63
4	46.56	47.67	46.45	45.84
5	46.52	46.48	45.71	46.19
รวม	232.89	232.31	231.92	229.82
เฉลี่ย	46.58	46.46	46.38	45.9640

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	1.07	0.35	1.51^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.53	0.13	0.56^{ns}	3.26	5.41
Error	12	2.84	0.23			
Total	19	4.44				

SEM = 0.21

CV = 1.05%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 59 ค่าความเข้มของสีเนื้อสันนอก (a, redness) และการวิเคราะห์ความ แปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	15.47	15.75	15.13	16.28
2	15.97	15.89	15.46	16.35
3	16.00	15.92	15.53	15.13
4	15.58	14.83	15.57	16.66
5	15.67	15.02	16.09	15.41
รวม	78.69	77.41	77.78	79.83
เฉลี่ย	15.74	15.48	15.56	15.97

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.69	0.23	0.87^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.30	0.07	0.28^{ns}	3.26	5.41
Error	12	3.20	0.26			
Total	19	4.20				

SEM = 0.23

CV = 3.29%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 60 ค่าความเข้มของสีเนื้อสันนอก (b, yellowness) และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	2.20	2.24	2.34	2.24
2	2.21	2.04	2.44	2.26
3	2.25	2.05	2.27	2.34
4	2.04	2.11	2.23	2.39
5	2.14	2.44	2.36	2.40
รวม	10.84	10.88	11.64	11.63
เฉลี่ย	2.17	2.17	2.33	2.33

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.12	0.04	3.38^{ns}	3.49	5.95
Block	4	0.04	0.01	0.94^{ns}	3.26	5.41
Error	12	0.14	0.01			
Total	19	0.30				

SEM = 0.04

CV = 4.48%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางผนวก 61 ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

กลุ่มการทดลอง	T1	T2	T3	T4
ระดับใบขี้เหล็ก	0	1	2	3
Block 1	35.30	35.25	32.24	33.76
2	33.98	34.89	34.95	33.32
3	34.35	32.65	33.93	34.45
4	35.32	33.24	33.13	33.75
5	34.08	33.33	33.21	34.26
รวม	173.03	169.36	167.46	169.54
เฉลี่ย	34.61	33.87	33.49	33.90

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

SOV	df	SS	MS	F-ratio	F0.05	F0.01
Treatment	3	0.8700	0.2175	0.24	3.26	5.41
Block	4	3.2321	1.0774	1.19	3.49	5.95
Error	12	10.8831	0.9069			
Total	19	14.9853				

SEM = 0.43

CV = 2.80%

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ภาคผนวก ข

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ สกุล :	นายธีรพันธ์ พงษ์ดง
วัน เดือน ปี เกิด :	วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดเชียงใหม่
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2545 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนจักรคำคณาทร ลำพูน
ประวัติการฝึกอบรม	พ.ศ. 2550 อบรมหลักสูตร "ผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงโคนมและการผลิตน้ำนมดิบของประเทศไทย"
	พ.ศ. 2550 อบรมหลักสูตร "ผู้ประกอบการมาตรฐานฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อ"
	พ.ศ. 2551 อบรมหลักสูตร "ผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่"
	พ.ศ. 2552 อบรมหลักสูตร "ผู้ประกอบการมาตรฐานฟาร์มเลี้ยงสุกร"
ผลงานวิชาการ	พ.ศ. 2549 ศึกษาผลของการเสริมใบขี้เหล็กในอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและคุณภาพซากของสุกรขุน
	พ.ศ. 2549 ศึกษาผลกระทบของใบแคหมักต่อการย่อยได้ของโภชนะในอาหารไก่เนื้อ
	พ.ศ. 2549 ศึกษาพฤติกรรมเกี่ยวกับความร้อนของสุกรรุ่นในการตอบสนองต่ออุณหภูมิ และความชื้นสูง
	พ.ศ. 2550 ศึกษาการใช้เปลือกมังคุดในการรักษาแผลจากการตอนของลูกสุกร