ผลของการเสริมเปลือกกุ้งป่นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรขุน

อนุพันธ์ สินสุธาวัลย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์
โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2549

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์

ชื่อเรื่อง

ผลของการเสริมเปลือกกุ้งป่นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และ ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรขุน

โดย

อนุพันธ์ สินสุธาวัลย์

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ศิริ)

วันที่ 7 เดือน ก.ค. พ.ศ. 49

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย เมฆบังวัน)

วันที่ 7 เดือน ก.ค. พ.ศ. 49

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญสม วราเอกศิริ)

วันที่ 7 เดือน ก.ค. พ.ศ. 49

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ)

วันที่ 7 เดือน ก.ค. พ.ศ. 49

โครงการบัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว .....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ พงษ์พานิช)

ประธานกรรมการโครงการบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 12 เดือน ก.ค. พ.ศ. 49

ชื่อเรื่อง	ผลของการเสริมเปลือกกุ้งป่นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโต และระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรขุน
ชื่อผู้เขียน	นายอนุพันธ์ สินสุธาวัลย์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ศิริ

บทคัดย่อ

การศึกษาการเสริมเปลือกกุ้งป่นในอาหาร ที่มีผลต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรขุน ใช้สุกรลูกผสมสามสายพันธุ์ (ดูรอค x ลาร์จไวท์ – แลนด์เรซ) จำนวน 54 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 30 กิโลกรัม แบ่งเป็นเพศผู้ตอน 36 ตัว และเพศเมีย 18 ตัว การทดลองที่ 1 ศึกษาหาความย่อยได้ของโภชนะในอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้ง ใช้สุกรเพศผู้ตอน 18 ตัว ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก ประกอบด้วยสูตรอาหารที่เสริมด้วยเปลือกกุ้ง 6 ระดับคือ 0, 3, 4, 5, 6 และ 7 เปอร์เซ็นต์ และมี 3 บล็อก แบ่งอาหารทดลองเป็น 2 ระยะคือที่สุกรหนัก 30 และ 60 กิโลกรัม ให้ได้รับอาหารที่มีระดับโปรตีนที่ 16 และ 14 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ 3,150 และ 3,100 กิโลแคลลอรี่/กิโลกรัม ตามลำดับ ในการทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต และระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ใช้สุกรเพศผู้ตอน 18 ตัว และเพศเมีย 18 ตัว ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก ประกอบด้วยกลุ่มอาหารทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 เลี้ยงสุกรตั้งแต่น้ำหนัก 30 ถึง 90 กิโลกรัม ระหว่างการเลี้ยงมีน้ำให้กินตลอดเวลา

การทดลองที่ 1 ศึกษาค่าความย่อยได้ของโภชนะ ในระยะสุกรน้ำหนัก 30 กิโลกรัม พบว่าค่าความย่อยได้ของสิ่งแห้ง โปรตีน ไขมัน แคลเซียม ฟอสฟอรัส ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก พลังงาน เถ้า และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) มีแนวโน้มว่าความย่อยได้ของสิ่งแห้ง โปรตีน แคลเซียม ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และพลังงาน สูงที่สุด ส่วนค่าความย่อยได้ของเยื่อใย พบว่าสูตรอาหารที่ 2, 5 และ 6 (เปลือกกุ้ง 3, 6 และ 7 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในระยะสุกรน้ำหนัก 60 กิโลกรัม ค่าความย่อยได้ของ สิ่งแห้ง โปรตีน เยื่อใย เถ้า ฟอสฟอรัส ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก พลังงาน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนค่าความย่อยได้ของไขมัน พบว่าสูตรอาหารที่ 3, 4 และ 5 (เปลือกกุ้ง 4, 5 และ 6 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม และค่าความย่อยได้ของแคลเซียม สูตรอาหารที่ 2, 3, 5 และ 6 (เปลือกกุ้ง 3, 4, 6 และ 7 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนเถ้าที่ไม่ละลายในกรด สูตรอาหารที่ 3 และ 5 (เปลือกกุ้ง 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมและสูตรอาหารที่ 6 (เปลือกกุ้ง 7 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต และระดับคอเลสเตอรอล พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารทดลองทุกสูตรมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการเลี้ยง อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนของปริมาณอาหารที่กินต่อวัน สูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) สำหรับระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกร พบว่าที่สุกรน้ำหนัก 30 กิโลกรัม มีระดับคอเลสเตอรอลในเลือดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม พบว่าสูตรอาหารที่ 6 (เปลือกกุ้ง 7 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำกว่า กลุ่มควบคุม และสูตรอาหารที่ 2, 3 และ 4 (เปลือกกุ้ง 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์) และที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม สูตรอาหารที่ 6 (เปลือกกุ้ง 7 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำกว่า กลุ่มควบคุม และสูตรอาหารที่ 2 (เปลือกกุ้ง 3 เปอร์เซ็นต์) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด พบว่าที่สุกรน้ำหนัก 30 กิโลกรัม มีระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่ได้รับสูตรอาหารที่ 5 (เปลือกกุ้ง 6 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำกว่า กลุ่มควบคุม และสูตรอาหารที่ 2, 3 และ 4 (เปลือกกุ้ง 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และที่สุกรน้ำหนัก 60 กิโลกรัม ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่ได้รับสูตรอาหารที่ 6 (เปลือกกุ้ง 7 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำกว่า กลุ่มควบคุม และสูตรอาหารที่ 2, 3 และ 4 (เปลือกกุ้ง 3, 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และที่สุกรน้ำหนัก 90 กิโลกรัม พบว่าระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง แต่มีแนวโน้มว่าสูตรอาหารทดลองที่ 6 มีระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดต่ำที่สุด

จึงพอสรุปได้ว่า การเสริมเปลือกกุ้งที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารสุกรขุน มีผลต่อการเพิ่มสมรรถภาพการเจริญเติบโต ช่วยทำให้ความย่อยได้ของเยื่อใย ไขมัน และแคลเซียมดีขึ้น และการใช้ในปริมาณ 6-7 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร สามารถลดปริมาณคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรได้

Title	Effects of Shrimp Shell Meal Supplemented in Diets on Growth Performance and Blood Cholesterol Levels in Finishing Pigs
Author	Mr.Anuphan Sinsuthawan
Degree of	Master of Science in Animal Production
Advisory Committee Chairperson	Associate Professor Dr.Suthut Siri

ABSTRACT

A study was conducted to determine the effects of shrimp shell meal (SSM) in diets on growth performance and blood cholesterol in pigs using crossbred pigs (Duroc x Large White – Landrace) at an initial body weight of 30 kg. In the first experiment using a randomized complete block design (RCBD), 54 crossbreds pigs (36 barrows and 18 gilts) were fed diets containing SSM at level of 0, 3, 4, 5, 6 and 7%, respectively, in 3 blocks to test their nutrient digestibility of SSM. Feeds were given *ad libitum* to animals in 2 stages, at 30 and 60 kg with 16 and 14% protein and metabolism energy at 3,150 and 3,100 kcal/kg, respectively. In the second experiment, 36 crossbred pigs (18 barrows and 18 gilts) were assigned in a randomized complete block design (RCBD) to investigate the growing performance and cholesterol levels in blood. Drinking water was provided at all time.

Results in the first experiment showed that at 30 kg body weight, no significant difference was observed in digestibility of dry matter, protein, fat, Ca, P, NFE, energy, ash and AIA ($P>0.05$) although pigs fed with 4% SSM were significantly highest in digestibility of dry matter, protein, Ca, NFE and energy. As an exception, digestibility of crude fiber was significantly different ($P<0.05$). At 60 kg body weight, the digestibility of dry matter, protein, crude fiber, ash, P, NFE and energy were not significantly different ($P>0.05$) except for digestibility of fat which showed significant difference ($P<0.05$) together with the digestibility of Ca and AIA which was highly significantly different ($P<0.01$).

In the second experiment, results showed no significant difference in body weight gain, time raising period, average daily gain, FCR and feed cost per kilogram weight gain ($P>0.05$).

Pigs fed with 4% SSM were significantly highest in feed intake ($P<0.01$). Results of cholesterol levels in pigs at 30 kg body weight also showed no significant difference ($P>0.05$) but in pigs fed with 7% SSM at 60 and 90 kg body weight, significantly lowest blood cholesterol levels ($P<0.05$) were found. In addition, results indicated that triglyceride level was highly significantly different in 30 kg body weight pigs ($P<0.01$) and significantly different in 60 kg body weight pigs ($P<0.05$). Although the triglyceride level at 90 kg body weight of pigs was not significantly different ($P>0.05$), pigs fed with 7% SSM showed the lowest triglyceride lever than other groups.

In summary, pigs fed with 4% SSM showed lesser effect on increasing growth performance and digestibility of CF, fat and Ca than the other groups. Pigs fed with 6-7% SSM can have decreased cholesterol and triglyceride levels in blood.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ศิริ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิชัย เมฆบังวัน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญสม วราเอกศิริ กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาคอยให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยเหลือในเรื่องแนวคิด แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณอาจารย์ และบุคลากรเจ้าหน้าที่ทุก ๆ ท่าน ในสาขาอาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ในการทดลอง และได้กรุณาแนะนำในเรื่องการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณอาจารย์ และพี่ ๆ บุคลากร ในสาขาสุกรที่ช่วยในการให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการเลี้ยงสุกรให้ประสบความสำเร็จ อีกทั้งยังอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ดำเนินการเลี้ยงต่าง ๆ ในสาขาสุกรอย่างเต็มที่

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้อนุเคราะห์เงินทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ รวบทั้งเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยที่คอยให้คำชี้แนะในเรื่องหลักสูตรการเรียนต่าง ๆ ด้วยดี อีกทั้งยังมี พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ นักศึกษาปริญญาตรีสาขาสุกรที่คอยช่วยเหลือในการเลี้ยงและเก็บข้อมูลมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติ และพี่ ๆ ที่คอยอบรมสั่งสอนให้ได้สามารถมาถึงตรงจุดนี้ อีกทั้งยังได้ให้ความช่วยเหลือด้านทุนทรัพย์ และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

อนุพันธ์ สินสุธาวัลย์

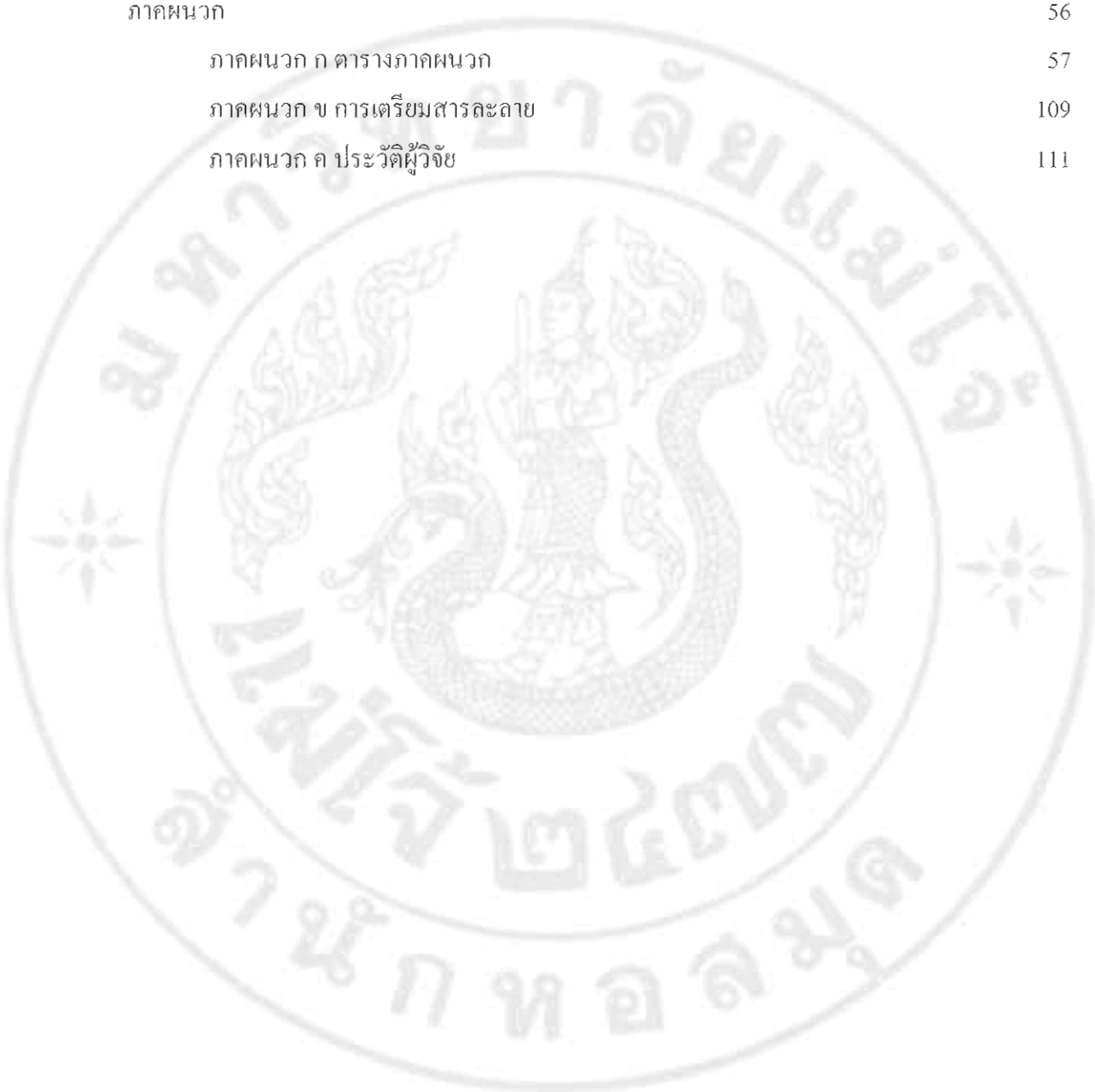
กรกฎาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(4)
ABSTRACT	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(8)
สารบัญ	(9)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(12)
สารบัญตารางภาคผนวก	(13)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	1
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณอาหารที่สุกรกิน	4
การเจริญเติบโต	5
ไขมัน	8
กุ้ง	24
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	29
ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	29
สถานที่ทำการทดลอง	29
อุปกรณ์การทดลองและวิธีการวิจัย	29
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	36
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	49
สรุปผลการทดลอง	49
ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	53

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	56
ภาคผนวก ก ตารางภาคผนวก	57
ภาคผนวก ข การเตรียมสารละลาย	109
ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย	111



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ฮอร์โมนหลักที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อไขมัน และเนื้อแดง	11
2	ความแตกต่างของคุณภาพซาก และเนื้อระหว่างสุกรเพศต่าง ๆ	13
3	ส่วนประกอบในสูตรอาหารสุกรทดลอง สุกรรุ่นระยะ 30-60 กิโลกรัม	34
4	ส่วนประกอบในสูตรอาหารสุกรทดลอง สุกรขุนระยะ 60-90 กิโลกรัม	35
5	ผลการศึกษาความสามารถในการย่อยได้ของสุกรระยะ 30 กิโลกรัม	40
6	ผลการศึกษาความสามารถในการย่อยได้ของสุกรระยะ 60 กิโลกรัม	41
7	ผลการศึกษาด้านสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร	46
8	(ต่อ)	47
9	ผลการศึกษาระดับคอเลสเตอรอลในเลือด	48
10	ผลการศึกษาระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด	48

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เส้นการเจริญเติบโต	7
2	ผลของ GH ต่อการลดการสร้างไขมัน	11
3	สูตรโครงสร้างของคอเลสเตอรอล	17
4	การสังเคราะห์คอเลสเตอรอล	18
5	การเผาผลาญคอเลสเตอรอลในมนุษย์	19
6	ปฏิกริยาทางเคมีของการสังเคราะห์ไตรกลีเซอร์ไรด์	21

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ส่วนประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง ที่ระยะน้ำหนัก 30-60 กิโลกรัม	58
2	ส่วนประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง ที่ระยะน้ำหนัก 30-60 กิโลกรัม	59
3	ค่าเฉลี่ยของส่วนประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ในมูลสุกรที่ได้จากการทดลอง ที่ระยะน้ำหนัก 30 กิโลกรัม	60
4	ค่าเฉลี่ยของส่วนประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ในมูลสุกรที่ได้จากการทดลอง ที่ระยะน้ำหนัก 60 กิโลกรัม	61
5	ค่าความย่อยได้ของวัตถุแห้ง ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	62
6	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของวัตถุแห้ง ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	62
7	ค่าความย่อยได้ของโปรตีน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	63
8	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของโปรตีน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	63
9	ค่าความย่อยได้ของไขมัน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	64
10	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของไขมัน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	64
11	ค่าความย่อยได้ของเยื่อใย ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	65
12	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเยื่อใย ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	65
13	ค่าความย่อยได้ของเถ้า ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	66
14	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเถ้า ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	66
15	ค่าความย่อยได้ของแคลเซียม ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	67
16	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของแคลเซียม ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	67

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
17	ค่าความย่อยได้ของฟอสฟอรัส ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	68
18	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของฟอสฟอรัส ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	68
19	ค่าความย่อยได้ของพลังงาน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	69
20	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของพลังงาน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	69
21	ค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	70
22	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	70
23	ค่าความย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 30 กิโลกรัม	71
24	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	71
25	ค่าความย่อยได้ของวัตถุแห้ง ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	72
26	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของวัตถุแห้ง ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	72
27	ค่าความย่อยได้ของโปรตีน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	73
28	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของโปรตีน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	73
29	ค่าความย่อยได้ของไขมัน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	74
30	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของไขมัน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	74
31	ค่าความย่อยได้ของเยื่อใย ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	75
32	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเยื่อใย ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	75

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
33	ค่าความย่อยได้ของเถ้า ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	76
34	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเถ้า ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	76
35	ค่าความย่อยได้ของแคลเซียม ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	77
36	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของแคลเซียม ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	77
37	ค่าความย่อยได้ของฟอสฟอรัส ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	78
38	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของฟอสฟอรัส ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	78
39	ค่าความย่อยได้ของพลังงาน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	79
40	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของพลังงาน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	79
41	ค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	80
42	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	80
43	ค่าความย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	81
44	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีแอกแทรกซ์ของสุกรที่ระยะการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม	81
45	น้ำหนักสุกร เริ่มต้นที่ 30 กิโลกรัม	82
46	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักสุกร เริ่มต้นที่ 30 กิโลกรัม	82
47	น้ำหนักสุกร ที่ระยะ 60 กิโลกรัม	83
48	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักสุกร ที่ระยะ 60 กิโลกรัม	83
49	น้ำหนักสุกร ที่ระยะ 90 กิโลกรัม	84
50	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักสุกร ที่ระยะ 90 กิโลกรัม	84

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
51	ระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม	85
52	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม	85
53	ระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม	86
54	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม	86
55	ระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม	87
56	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม	87
57	น้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม	88
58	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ ระยะ 30–60 กิโลกรัม	88
59	น้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม	89
60	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ ระยะ 60–90 กิโลกรัม	89
61	น้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม	90
62	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ ระยะ 30–90 กิโลกรัม	90
63	ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม	91
64	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม	91
65	ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม	92
66	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม	92
67	ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม	93
68	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม	93
69	อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม	94

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
70	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม	94
71	อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม	95
72	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม	95
73	อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม	96
74	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม	96
75	อัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม	97
76	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการแลกเนื้อ ใน การเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม	97
77	อัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม	98
78	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยง ที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม	98
79	อัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม	99
80	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยง ที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม	99
81	ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม	100
82	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่ม น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม	100
83	ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม	101
84	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่ม น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม	101

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
85	ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม	102
86	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม	102
87	ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม	103
88	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม	103
89	ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม	104
90	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม	104
91	ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม	105
92	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม	105
93	ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม	106
94	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม	106
95	ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม	107
96	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม	107
97	ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม	108
98	ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม	108

บทที่ 1
บทนำ

เปลือกกุ้ง เป็นผลิตผลที่ได้จากกุ้ง ซึ่งปัจจุบันอุตสาหกรรมการส่งออกและแปรรูปสัตว์น้ำของประเทศไทยได้ขยายตัวเพิ่มการผลิตขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตและแปรรูปกุ้งกุลาดำ ซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่ส่งออกได้มากที่สุด ดังนั้นจึงเกิดของเหลือทิ้งในการแปรรูปผลิตภัณฑ์ สิ่งนั้นก็คือเปลือกกุ้งจะมีประมาณ 40--50 เปอร์เซ็นต์ของตัวกุ้ง ซึ่งอาจเป็นมลพิษได้ถ้านำไปทิ้งหรือกำจัดไม่ถูกวิธี ส่วนใหญ่ก็จะนำไปใช้ในรูปของการทำเป็นอาหารสัตว์และปุ๋ยสำหรับพืช แต่เมื่อมีการทำการศึกษาถึงองค์ประกอบของเปลือกกุ้งแล้วจะพบว่า เปลือกกุ้งมีคุณประโยชน์มหาศาลมากกว่าที่จะเป็นแค่ทำปุ๋ย และอาหารสัตว์โดยทั่วไป คือมีประโยชน์ทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม การแพทย์อุตสาหกรรม รวมถึงประโยชน์ในด้านการเลี้ยงสัตว์ สามารถทำให้สัตว์กินอาหารได้ลดลงแต่มีผลผลิตเพิ่มขึ้น และที่สำคัญคือช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลได้อีกด้วย

สุกรถือเป็นสัตว์เศรษฐกิจอันดับต้น ๆ ของไทยที่มีการผลิตเป็นเนื้อส่งออกไปสู่ตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ เนื้อสุกรยังคงเป็นสิ่งที่ตลาดต้องการสูงอยู่ตลอด ทำรายได้ให้กับประเทศปีละหลายพันล้านบาท ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่จะต้องการคุณภาพเนื้อที่มีสีสันสวยและมีชั้นของไขมันน้อยและระดับคอเลสเตอรอลที่พอเหมาะกับร่างกาย ดังนั้นการที่เราจะทำการผลิตสุกรให้ได้ตรงกับความต้องการโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคทั้งในทางตรงและทางอ้อม และยังช่วยให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ การนำเปลือกกุ้งซึ่งเป็นผลผลิตที่ได้จากกุ้งนำมาใช้เป็นอาหารสุกรจึงน่าจะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจอีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมเปลือกกุ้งที่ระดับต่าง ๆ
2. ศึกษาความย่อยได้ของอาหารสุกร เมื่อเสริมด้วยเปลือกกุ้งระดับต่าง ๆ
3. ศึกษาระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งระดับต่าง ๆ
4. ศึกษาระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งระดับต่าง ๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงระดับความเหมาะสมในการเสริมเปลือกกุ้งในอาหาร ต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร

2. ทราบถึงความย่อยได้ของสุกรขุน ที่น้ำหนัก 30–60 กิโลกรัม และน้ำหนัก 60-90 กิโลกรัม เมื่อได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งระดับต่าง ๆ

3. สามารถใช้เปลือกกุ้งเพื่อลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดสุกร ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค

4. เป็นแนวทางในการศึกษาวิเคราะห์ในด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวเนื่องต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาถึงผลของการเสริมเปลือกกุ้งในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรขุน ที่น้ำหนัก 30–60 กิโลกรัม และน้ำหนัก 60–90 กิโลกรัม

2. ศึกษาถึงผลของการเสริมเปลือกกุ้งในอาหารต่อความย่อยได้ของสุกรขุน ที่น้ำหนัก 30–60 กิโลกรัม และน้ำหนัก 60–90 กิโลกรัม

3. ศึกษาถึงผลของการเสริมเปลือกกุ้งในอาหารต่อระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรขุน ที่น้ำหนัก 30–60 กิโลกรัม และน้ำหนัก 60–90 กิโลกรัม

4. ศึกษาถึงผลของการเสริมเปลือกกุ้งในอาหารต่อระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรขุน ที่น้ำหนัก 30–60 กิโลกรัม และน้ำหนัก 60–90 กิโลกรัม

นิยามศัพท์เฉพาะ

สมรรถภาพการเจริญเติบโต (growth performance); ในการทดลองนี้กล่าวได้ 2 ด้านคือ

1. การเจริญเติบโต (growth) ได้แก่ อัตราการแลกเนื้อ (feed conversion ratio: FCR) น้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain; ADG) และปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (average daily feed intake; ADFI)

2. ความย่อยได้ (digestibility) คือการนำค่าโภชนะในมูลมาหักออกจากค่าโภชนะในอาหารและคิดเป็นร้อยละในอาหาร

เปลือกกุ้ง (shrimp shell) คือ โครงร่างภายนอกของกุ้ง เปลือกจะเป็นสารประกอบพวกไคติน-โปรตีน สร้างเพื่อปกคลุมลำตัวลักษณะเป็นเซลล์บาง, แน่น และแข็ง

ไคโตซาน (chitosan) คือ สารโพลิเมอร์ชีวภาพที่สกัดจากไคติน (chitin) โดยสกัดเอาหมู่อะซิติลออก

คอเลสเตอรอล (cholesterol) คือไขมันในพลาสมา เป็นสารในกลุ่ม steroid สามารถสังเคราะห์ได้ในร่างกาย เพื่อถูกนำไปใช้เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างของเซลล์ และไลโปโปรตีน หรือนำไปเปลี่ยนให้เป็นกรดน้ำดี ไวตามิน ดี และ steroid hormone

ไตรกลีเซอร์ไรด์ (triglyceride) เป็นเอสเทอร์ระหว่างกลีเซอรอลและกรดไขมัน 3 ตัว มีปริมาณน้อยในพลาสมา เนื่องจากเป็นสารที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิกิริยาการสร้างไตรกลีเซอร์ไรด์เท่านั้น

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณอาหารที่สุกรกิน

วินัย (2527) ได้กล่าวไว้ดังนี้ สุกรกินอาหารได้มากจะมีอัตราการเจริญเติบโตดี ตรงกันข้ามสุกรกินอาหารได้น้อยจะมีอัตราการเจริญเติบโตไม่ดี และทำให้ประสิทธิภาพในการใช้อาหารเลว เพราะสุกรใช้อาหารที่กินเข้าไปสำหรับการดำรงชีพส่วนหนึ่ง ถ้าสุกรกินอาหารน้อยอาหารเหล่านั้นจะถูกใช้ในการดำรงชีพ และอาจไม่เหลือเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณอาหารที่สุกรกินมีหลายประการคือ

1. ขนาดและน้ำหนักตัว สุกรที่มีขนาดเล็กต้องการปริมาณอาหารต่อวันน้อยกว่าสุกรที่มีขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม ปริมาณอาหารที่กินของสุกรระยะเจริญเติบโตจะมากขึ้นตามน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

2. ระดับของการให้ผลผลิตหรือระยะการเจริญเติบโต สุกรเล็ก-รุ่น นอกจากใช้อาหารสำหรับดำรงชีพแล้วยังต้องการเพื่อการเจริญเติบโต เมื่อถึงระยะเจริญพันธุ์ใช้อาหารเพื่อการสืบพันธุ์และให้ผลผลิต สำหรับแม่สุกรอุ้มท้องโดยเฉพาะในระยะเดือนสุดท้ายต้องการอาหารปริมาณมากกว่าการอุ้มท้องระยะแรก เพื่อการเจริญเติบโตของลูกสุกร และสำหรับแม่สุกรเลี้ยงลูกต้องการอาหารมากที่สุดของระยะการเลี้ยงลูกทั้งหมด โดยเฉพาะแม่ที่มีลูกมากนอกจากใช้ในการดำรงชีพของแม่สุกรเองแล้วยังต้องใช้ในการผลิตน้ำนมเลี้ยงลูกด้วย

3. เพศ สุกรเพศผู้และเพศผู้ตอนต้องการอาหารปริมาณมากกว่าสุกรเพศเมีย

4. ชนิดและคุณภาพของอาหาร วัตถุดิบบางชนิดอาจมีผลต่อสุกรคือ ทำให้สุกรกินอาหารน้อย นอกจากนั้นในแง่ของคุณภาพของอาหาร เช่น อาหารที่ประกอบมาจากวัตถุดิบใหม่ ๆ ทำให้สุกรกินอาหารได้มาก เพราะอาหารหอมน่ากิน แต่อาหารที่เก็บไว้นานจะมีกลิ่นเหม็นไม่น่ากินและสุกรจะกินอาหารที่มีพลังงานสูงได้น้อยกว่าอาหารที่มีพลังงานต่ำ

5. พันธุ์และสายพันธุ์ สุกรพันธุ์และสายพันธุ์ต่าง ๆ ต้องการอาหารปริมาณแตกต่างกัน เช่น สุกรพื้นเมืองใช้อาหารปริมาณน้อยและสามารถกินอาหารที่มีคุณภาพต่ำ แต่สุกรพันธุ์ที่ปรับปรุงใหม่ที่นำมาจากต่างประเทศต้องการอาหารปริมาณมากกว่า อีกประการหนึ่งเพราะสุกรพันธุ์ขนาดโตกว่าถูกปรับปรุงให้มีอัตราการเจริญเติบโตสูง ดังนั้นจึงต้องการอาหารมากเพื่อการเจริญเติบโต

6. ปัจจัยอื่น ๆ เช่น สภาพของอากาศ อากาศมีอุณหภูมิสูงจะทำให้สุกรกินอาหารได้น้อยกว่าสภาพที่มีอุณหภูมิปกติหรือต่ำกว่า สภาพที่มีอุณหภูมิของอากาศต่ำกว่าจะช่วยกระตุ้นให้สัตว์กินอาหารได้มากขึ้น สุขภาพของสุกร สุกรที่ป่วยอาจติดเชื้อหรือป่วยด้วยโรคไม่ติดเชื้อมีผลทำให้สุกรกินอาหารได้น้อยลง สุกรที่มีความเครียดกินอาหารได้น้อย การเปลี่ยนสูตรอาหารให้สุกรกระทันหัน มีผลต่อปริมาณอาหารที่สุกรกิน ในทางปฏิบัติมีผู้แนะนำว่าเมื่อมีการเปลี่ยนสูตรอาหารให้ค่อย ๆ เปลี่ยน เช่น ใช้สูตรอาหารเดิมผสมกับอาหารสูตรใหม่ให้สุกรกินก่อนที่จะให้อาหารสูตรใหม่ 100 เปอร์เซ็นต์ในทันที

การเจริญเติบโต (Growth)

สัญชัย (2547) กล่าวไว้ว่า การเจริญเติบโต หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของร่างกายให้ใหญ่ขึ้นส่งผลให้โครงร่างของร่างกาย หน้าที่อวัยวะต่าง ๆ สัดส่วน และส่วนประกอบของร่างกายเปลี่ยนแปลงไปด้วย การผลิตสัตว์นั้นเราต้องการให้ร่างกายของสัตว์ขยายใหญ่โตขึ้น หมายถึงต้นทุนการผลิตที่ต่ำแต่ให้ผลตอบแทนสูง วิธีการที่ร่างกายสัตว์มีขนาดใหญ่มีข้อจำกัดอยู่หลายประการ ไม่ว่าจะเป็นชนิดสัตว์ อายุ เพศ การตอบสนองต่ออาหารที่ใช้เลี้ยง และจำเป็นต้องเข้าใจว่าวิธีที่ทำให้ร่างกายสัตว์ขยายใหญ่โตขึ้นมีวิธีใดบ้างที่จะไม่กระทบต่อโครงสร้าง หน้าที่สัดส่วนและองค์ประกอบของร่างกายสัตว์

การเจริญเติบโตในแง่ของการผลิตสัตว์ สัญชัย (2547) กล่าวไว้คือ การที่สัตว์สามารถขยายขนาดของเนื้อเยื่อที่มีอยู่เดิมตามธรรมชาติให้มีขนาดหรือจำนวนมากขึ้นโดยทำได้ 3 วิธีคือ

1. Hypertrophy หมายถึง การที่สัตว์สามารถทำให้ขนาดของเซลล์เพิ่มขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเซลล์กล้ามเนื้อที่เรียกว่า เส้นใยกล้ามเนื้อ (muscle fiber) ที่รวมตัวกันเป็นกลุ่มเรียกว่า muscle bundle แล้วขยายขนาดขึ้น แต่วิธีนี้เกิดได้น้อยมาก เพราะเกิดได้ในช่วงหลังคลอดแล้ว และเมื่อสัตว์เติบโตถึงวัยหนุ่มสาว (maturity) การขยายตัวของเซลล์จะลดลงไปเรื่อย ๆ

2. Hypoplasia หมายถึง การขยายขนาดโดยการเพิ่มจำนวนเซลล์ใหม่เข้าไปในเนื้อเยื่อวิธีนี้เป็นการเพิ่มน้ำหนักกล้ามเนื้อให้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นการกระทำอันเนื่องมาจากยีน (gene) ซึ่งวิธีนี้ในอนาคตสามารถใช้ความรู้ทางด้านวิศวพันธุกรรม (genetic engineering) เข้าไปบังคับยีนจะทำให้ได้สัตว์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นผลมาจากการเพิ่มจำนวนเซลล์ขณะอยู่ในท้องแม่ (prenatal growth)

3. Accretionary growth หมายถึง กระบวนการเพิ่มขนาดโดยการสะสมสารประกอบต่าง ๆ ที่ไม่เกี่ยวกับโครงร่าง (non-cellular structural material) ได้แก่ การสะสมปริมาณไขมัน โปรตีน และน้ำเข้าไปในเซลล์

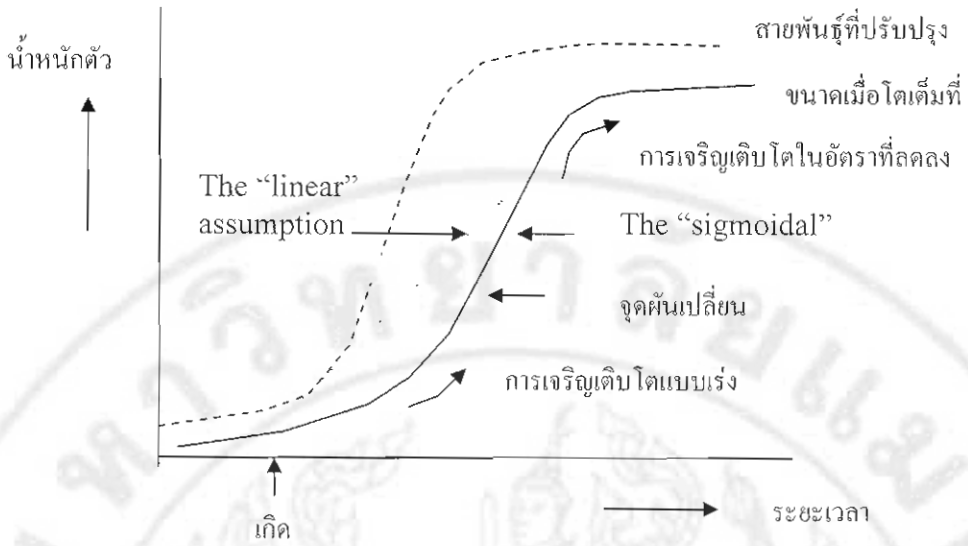
การเจริญเติบโตหลังคลอด (Postnatal Growth)

วันดี (2546) ได้กล่าวไว้ว่า การเจริญเติบโตหลังคลอดเป็นการเพิ่มความยาว และเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้ามเนื้อที่มีอยู่แล้ว เนื่องจากพอหลังจากคลอดแล้วจะไม่มีการสร้างเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อขึ้นมาใหม่ การประเมินขนาดของกล้ามเนื้อทำได้โดยวัดจากอัตราการสังเคราะห์โปรตีนลบด้วยอัตราการสลายโปรตีนในกล้ามเนื้อ ในช่วงของการเจริญเติบโตหลังคลอดเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้นจาก 15 μm $\longrightarrow$ 50 μm และความยาวจะเพิ่มขึ้น 2 – 4 เท่า การเปลี่ยนแปลงทั้งเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวรวมแล้วเทียบได้ประมาณ 100 เท่าเมื่อเทียบกับก่อนคลอด การเพิ่มขึ้นของความยาวกล้ามเนื้อ ปัจจัยแรกที่มีผลเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของความยาวของกระดูก ดังนั้นการพัฒนาของกล้ามเนื้อจึงมีความสำคัญต่อการเจริญของโครงสร้างในร่างกายส่วนอื่นซึ่งจะต้องมีการพัฒนาควบคู่กันไปด้วย

การเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ (Muscle Growth)

วันดี (2546) กล่าวไว้ว่า ปริมาณกล้ามเนื้อของสัตว์เมื่อถึงน้ำหนักส่งตลาดสามารถวัดได้ 2 ชนิดคือ จำนวนของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (number of muscle fiber) และขนาดของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (size of muscle fiber)

สุกรแรกเกิดสามารถเพิ่มน้ำหนักของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ ตั้งแต่ปฏิสนธิจากไม่กี่ไมโครกรัมจนกระทั่งถึงน้ำหนักแรกเกิดประมาณ 1 กิโลกรัม เป็นการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อตั้งแต่เมื่อเริ่มมีการสร้างเซลล์กล้ามเนื้อจนกระทั่งคลอดคือ เพิ่มขึ้นประมาณ 30 เท่า ในขณะที่เมื่อโตถึงน้ำหนัก 100 กิโลกรัม สามารถเพิ่มขนาดได้เพียง 6–8 เท่าเทียบกับเมื่อแรกคลอด ในช่วงของการเจริญหลังคลอดปริมาณการเปลี่ยนแปลงของมวลกล้ามเนื้อ จะคู่ขนานไปกับการเจริญของร่างกายทั้งหมด เนื่องจากกล้ามเนื้อเป็นส่วนประกอบที่ใหญ่ที่สุดของร่างกาย ดังแสดงในแผนภาพที่ 1 โดยปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาศักยภาพของลักษณะการเจริญเติบโตได้แก่ การคัดเลือกพันธุ์ (genetic selection) ปริมาณโภชนะที่ได้รับ (nutrition) ประกอบเข้ากับการพัฒนาในช่วงของการตั้งท้อง (indeed pregnancy) ปัจจัยสภาพแวดล้อม (environment) การปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโต (growth rate improve) และขนาดเมื่อเต็มวัย (mature size) โดยการเพิ่มขนาดเมื่อเต็มวัย เป็นการเพิ่มขนาดของน้ำหนักสูงสุดเมื่อส่งโรงฆ่า



ภาพที่ 1 เส้นกราฟการเจริญเติบโต (growth curve)
ที่มา: วันดี (2546)

กลไกการควบคุมการเจริญของกล้ามเนื้อ (Regulatory Mechanisms of Muscle Growth)

มี 3 กระบวนการหลักที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาของกล้ามเนื้อคือ

(1) ระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine system) ผลิตฮอร์โมนเข้าสู่ระบบหมุนเวียนโลหิตไปมีผลกระตุ้นกับเป้าหมายที่อยู่ไกลออกไปจากต่อมที่ผลิตฮอร์โมน

(2) ระบบการหลั่งสาร (paracrine/autocrine system) เป็นการหลั่งภายในเนื้อเยื่อและไม่ไหลเวียนไปในระบบจะมีผลต่อเนื้อเยื่อของตัวมันเอง มีผลต่อกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการคงตัวของกล้ามเนื้อ การหดตัวคลายตัว โดยการกระตุ้นให้ปล่อยแคลเซียมจากซาโครพลาสมิค เรตติคิวลัม (sarcoplasmic reticulum) นอกจากนี้แคลเซียมยังมีผลไปกระตุ้นการสลายตัวของไกลโคเจน

(3) ระบบประสาท (neural effects) มีผลโดยตรงต่อเนื้อเยื่อเป้าหมาย เช่น การหลั่งสารสื่อประสาทแคทีโคลามีน (cathecholamines)

การควบคุมที่เกิดขึ้นโดย 3 ระบบหลัก ๆ ดังที่กล่าวไปแล้วได้แก่ ในช่วงการพัฒนาของตัวอ่อนจะถูกควบคุมโดยกระบวนการพาราไครน์และออโตไครน์ (paracrine/autocrine processes) โดยมีอินซูลินไลค์โกรธแฟคเตอร์ (insulin-like growth factors; IGF_s) เป็นสารสำคัญที่ทำหน้าที่ทั้งในบทบาทของพาราไครน์และเอ็นโดรไคน์ (endocrine) โดยที่ระบบเอ็นโดรไครน์จะเกิดขึ้นและมี

ผลมากหลังจากคลอดแล้ว (postnatal growth) ระยะตัวอ่อน IGF_S จะกระตุ้นการแบ่งตัวรวมทั้งการพัฒนาของมัยโอบลาส กระตุ้นการใช้สารอาหาร ยับยั้งการสลายตัวของโปรตีน กล้ามเนื้อสามารถสังเคราะห์ IGF I และ IGF II ในกรณีนี้ขึ้นกับโกรธฮอร์โมนและไม่ขึ้นอยู่กับโกรธฮอร์โมน โดยทั่วไป IGF I จะมีบทบาทมากกว่า IGF II ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญและเมทาโบลิซึมของกล้ามเนื้อ

การเจริญของกล้ามเนื้อสรุปได้ดังนี้

- การเจริญของกล้ามเนื้อก่อนคลอด ถูกกำหนดโดยการเพิ่มจำนวน (proliferation) และการแปรเปลี่ยนเป็นลักษณะเฉพาะตัวอย่างสมบูรณ์ของมัยโอบลาส ประกอบกันเข้าเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อ โดยที่เส้นใยกล้ามเนื้อจะมีจำนวนที่คงที่ก่อนที่จะคลอดออกมา หลังจากคลอดแล้วลักษณะของกล้ามเนื้อจะเป็นการเพิ่มเฉพาะความยาวและความกว้าง (หรือเส้นผ่านศูนย์กลาง) ของเส้นใยกล้ามเนื้อ
- การเพิ่มพูนโปรตีน (protein accretion) เกิดขึ้นในขณะที่มีทั้งการสังเคราะห์และสลายโปรตีนเป็นการเกิดการขยายขนาดของกล้ามเนื้อ (muscle hypertrophy) โดยการควบคุมของระบบต่อมไร้ท่อโดยมี IGF_S เป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดการทำงานร่วมของการใช้ประโยชน์จากโภชนะและระบบฮอร์โมน
- การวางแผนเพื่อเพิ่มปริมาณของกล้ามเนื้อจึงควรคำนึงถึงอายุของสัตว์ และระบบการควบคุมที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น ในช่วงการพัฒนาของตัวอ่อนจะเป็นการทำงานของกระบวนการพาราไครน์ และออโตไครน์ ในขณะที่ช่วงการเจริญหลังคลอด ส่วนใหญ่จะเป็นการควบคุมโดยระบบต่อมไร้ท่อ

ไขมัน (Fat) ในร่างกายสัตว์

สัญชัย (2547) กล่าวไว้ว่า ไขมันในตัวสัตว์แปรปรวนมากที่สุด เพราะปริมาณไขมันขึ้นอยู่กับส่วนตัดเนื้อมาจากส่วนใดของซากหรือปริมาณไขมันห่อหุ้มซาก ไขมันทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงานของสัตว์ นอกจากนี้ยังเพิ่มรสชาติแก่เนื้อในกรณีปริมาณไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสันนอก ไขมันในตัวสัตว์จะรวมกันเป็นกลุ่มเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) ซึ่งเนื้อเยื่อไขมันนี้ประกอบไปด้วย โมโน, ได หรือ ไตรกลีเซอไรด์ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ส่วนกรดไขมันอิสระ (free fatty acid) จะอยู่ในรูปกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) ผู้สูงอายุจะวิตกกังวลในเรื่องไขมันอุดตันในเส้นเลือด โดย

ส่วนใหญ่เกิดจากการบริโภคอาหารที่มีคอเลสเตอรอล (cholesterol) และกรดไขมันอิ่มตัวสูง ซึ่งแพทย์มักจะแนะนำให้เว้นการบริโภคไขมันจากเนื้อสัตว์ แต่ให้บริโภคไขมันจากพืชแทน

ชนิดและระดับไขมันในร่างกายสุกร

วันดี (2546) กล่าวว่า ไขมันหรือเนื้อเยื่อไขมันจะพบอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) โดยส่วนมากมีอยู่ใน 3 บริเวณในร่างกายสุกร คือ

1. ใต้ผิวหนังที่เรียกว่าไขมันใต้ผิวหนัง (subcutaneous fat) หรือบางครั้งพบที่เหนือเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหุ้มกล้ามเนื้อ

2. อยู่ในระหว่างก้อนกล้ามเนื้อ ตามปกติจะอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันกล้ามเนื้อ เรียกโดยทั่วไปว่าอินเตอร์ มัสคิวลาร์แฟท (intermuscular fat)

3. อยู่ภายในกล้ามเนื้อ โดยอยู่ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหุ้มกลุ่มของกล้ามเนื้อ (perimysium) และนิยมเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่าอินตร้า มัสคิวลาร์แฟท (intramuscular fat) หรือไขมันแทรก (marbling)

นอกจากนั้น วันดี (2546) ยังกล่าวอีกว่า สุกรแรกเกิดมีส่วนประกอบของไขมันในร่างกายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ สิ่งที่เข้ามาช่วยให้สุกรมีชีวิตรอดอยู่ได้คือปริมาณไขมันนมที่มีอยู่ 7-8 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำนมแม่ หลังจากนั้นจะมีการสะสมไขมันมากขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปมักจะมีไขมันเป็นองค์ประกอบเกิน 15 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงอายุ 21 หรือ 28 วันที่จะหย่านม โดยปัจจัยหลักที่ส่งผลให้สุกรมีการสะสมไขมันเพิ่มมากขึ้นได้แก่

1. เมื่ออาหารไม่มีความสมดุลของโภชนะในทุก ๆ ระยะของสุกร

2. เมื่อปริมาณอาหารที่ได้รับเกินความต้องการสำหรับการดำรงชีพ และการเจริญของเนื้อแดงในทุกช่วงน้ำหนัก

3. ด้วยเหตุทางสรีระวิทยา เช่น มีการสะสมของไขมัน เพื่อจัดลำดับความสำคัญทางสรีระวิทยา เช่น สุกรหลังคลอด มีการสะสมไขมันในอัตราที่สูงกว่า การสะสมโปรตีนในช่วงตั้งท้องและในช่วงให้นม เป็นต้น

4. เมื่อมวลรวมของกล้ามเนื้อถึงระยะเต็มวัย (maturity) แล้วอาหารที่ได้รับเข้าไปไม่มีหน้าที่อื่นมากกว่าจะไปสะสมเป็นไขมัน

ดังนั้นในส่วนของไขมันที่เป็นไขมันทั้งหมดของร่างกายจึงแบ่งออกได้ดังนี้

- ไขมันที่จำเป็น (essential fat) ได้แก่ ไขมันที่ต้องมีสำหรับคงความเป็นปกติของหน้าที่ทางเมทาโบลิซึมคือ ประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว

- ระดับไขมันเป้าหมาย (target fat) ระดับของไขมันในระดับที่ต่ำที่สุด ที่จะส่งเสริมให้ระบบสรีระของร่างกายตอบสนองต่อการใช้ประโยชน์โภชนะเพื่อให้มีเมทาโบลิซึมสูงสุด เพื่อให้สุกรพัฒนาไปถึงศักยภาพของการเจริญของเนื้อแดงสูงสุด ระดับไขมันเป้าหมายที่เพิ่มขึ้น (target fat gain) จึงควรแสดงในรูปของความสัมพันธ์ร่วมกับการเพิ่มของโปรตีน (protein gain) เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของโปรตีนเพิ่มขึ้นจนถึงศักยภาพสูงสุด จนกระทั่งระดับเป้าหมายของไขมันถึงจุดสูงสุด

- ไขมันส่วนเกิน (surplus, depot fat) คือปริมาณไขมันที่มีมากกกว่าระดับไขมันเป้าหมาย

การเจริญเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose Tissue)

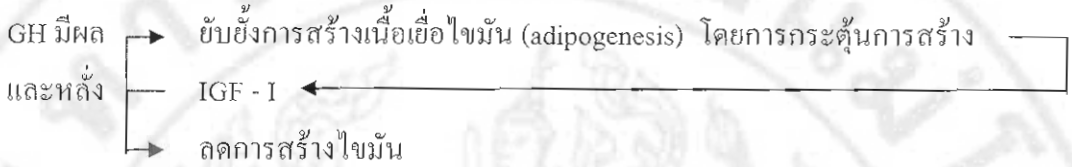
การเจริญของเซลล์เนื้อเยื่อไขมันเกิดขึ้นในระยะลูกอ่อน (fetal phase) เช่นเดียวกับกล้ามเนื้อ การสร้างเซลล์กล้ามเนื้อโดยเซลล์พิเศษ โดยเริ่มต้นจากระยะมีโซเดิร์ม จะมีการพัฒนาไปเป็นพูเล็ก ๆ (lobules) ที่ถูกห่อหุ้มด้วยเส้นใยคอลลาเจน (collagen) โดยเซลล์ต่าง ๆ เหล่านี้จะพบในบริเวณต่าง ๆ ของร่างกายบริเวณที่มีการสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณใต้ผิวหนังระหว่างกล้ามเนื้อและภายในเนื้อเยื่อหุ้มอวัยวะภายใน เมื่อเซลล์เหล่านี้มีการสะสมไขมันจนเต็มที่แล้วจะมีขนาดใหญ่ ที่เรียกว่า อะดิโพไซต์ (adipocyte) และรวมเป็นเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tisssue) (วันดี, 2546)

กลไกการควบคุมการพัฒนาเนื้อเยื่อไขมันในสุกร

การพัฒนาของเนื้อเยื่อไขมันในระยะตัวอ่อน จะเป็นการเกิดขึ้นของการสร้างของกลุ่มก้อนของเซลล์ไขมัน ซึ่งทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นโดยการเพิ่มขึ้นของเซลล์ใหม่ ๆ มีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ที่เป็นการเพิ่มแบบไฮเปอร์โทรฟี่ (การขยายขนาดของเซลล์ที่มีอยู่แล้วให้มีขนาดใหญ่ขึ้นภายในตัวของเซลล์เอง) โดยการพัฒนาทางเมทาโบลิซึมของเนื้อเยื่อไขมันในระยะตัวอ่อน อยู่ภายใต้การควบคุมของต่อมไร้ท่อส่วนกลาง (central endocrine) เข้าไปเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างไขมัน (lipogenesis) และกระบวนการสลายไขมัน (lipolysis) ในช่วงของระยะตัวอ่อน (วันดี, 2546)

กระบวนการสลายไขมัน (Lipolysis หรือ Lipolytic Process)

วันดี (2546) กล่าวไว้ว่า กลไกของต่อมไร้ท่อส่วนกลางเกี่ยวข้องกับการตอบสนองการเกิดการสลายไขมัน ของเนื้อเยื่อไขมันของตัวอ่อน ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อมของเมทาโบลิซึมของเนื้อเยื่อไขมันได้แก่ GH, TH และกลูโค-คอร์ติคอยด์ ตัวอย่างผลของ GH ต่อการลดการสร้างไขมันดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลของ GH ต่อการลดการสร้างไขมัน

ที่มา: วันดี (2546) อ้างตาม Novakofski and McCusker (1993)

ตารางที่ 1 ฮอร์โมนหลักที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อไขมันและเนื้อแดง

ฮอร์โมน	การเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อไขมัน	การเจริญเติบโตของเนื้อแดง
โกรธฮอร์โมน	-	+
โซมาโตมิดิน	+	+
ไทรอยด์ฮอร์โมน	-	+
อินซูลิน	+	+
แคทีโคลามีน	-	+
เอสโตรเจน และแอนโดรเจน	+	+
กลูคากอน	-	+

ที่มา: วันดี (2546) อ้างตาม Novakofski and McCusker (1993)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไขมันในเนื้อและคุณภาพเนื้อ

(Factors that Simultaneously Affect the Fat Content of Meat and Meat Quality)

สัญชัย (2543) กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไขมันในเนื้อและคุณภาพเนื้อไว้ดังนี้

1. พันธุ์และการคัดเลือก (Breed and Selection)

เป็นที่แน่ชัดแล้วว่าพันธุ์และการคัดเลือกสายพันธุ์มีผลต่อองค์ประกอบเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานจุดสุดท้าย เช่น น้ำหนักฆ่าหรืออายุอาจเป็นไปได้ที่สัดส่วนมาก ๆ ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของน้ำหนักโตเต็มวัย สัตว์พันธุ์เล็กจะอ้วนกว่า ฉะนั้นจึงโตเต็มวัยเร็วกว่าสัตว์พันธุ์หนักเมื่อมีการเปรียบเทียบกัน ความแปรปรวนบางอย่างขึ้นกับความแตกต่างทางชีววิทยา หรือเมทาโบลิซึมในส่วนของพลังงานการย่อยในการดูแลรักษา สะสมโปรตีนและการสะสมไขมัน

พันธุกรรมหลัก 2 ตัวที่ควบคุมคุณภาพเนื้อสุกรคือ ยีนควบคุมอาการง่ายต่อความเครียด (PSS; porcine stress syndrome) ซึ่งจะพัฒนาเนื้อให้เกิดลักษณะซีด เหลว ไม่คงรูปได้ (PSE; pale soft exudative) ส่วนยีนอีกตัวคือยีนควบคุมการสะสมไขมันแทรกในเนื้อ

ยีนควบคุม PSE นั้นเป็นที่ทราบกันดีคือ halothane gene หรือ ryanodine receptor gene ซึ่งสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับยีนที่มีผลต่อการสะสมและรูปร่างของกล้ามเนื้อ ดังที่ปรากฏว่าความสัมพันธ์ของคุณภาพเนื้อ โดยเฉพาะ PSE เป็นปฏิภาคทางลบกับความเป็นกล้ามเนื้อของสุกร ความแห้งและความเหนียวของเนื้อ PSE เกิดจากการลดลงของ pH อย่างรวดเร็วหลังสัตว์ตายทำให้เกิดการไหลซึมของน้ำในเนื้อ ซึ่งปกติจะถูกยึดจับโดยโปรตีนในกล้ามเนื้อนั่นเอง สุกรที่มียีน Halothane (nn) แม้เพียงในลักษณะ heterozygous (Nn) สามารถแสดงอาการของ PSE และความเหนียวของเนื้อมากกว่าสุกรปกติ (Homozygous, NN) สุกรพันธุ์ทางการค้าบางสายพันธุ์ได้มีการพยายามกำจัดยีน nn เหล่านี้ออกทั้งหมดโดยการใช้วิธีการทาง DNA แต่บางคนให้ความคิดเห็นว่าสุกรที่เป็นพาหะ gene n นั้นจะปรากฏอาการ PSE เล็กน้อย แต่สามารถชดเชยได้ด้วยกล้ามเนื้อที่มากขึ้น นอกจากนี้สุกรที่มีความเป็นกล้ามเนื้อมากยังมีโอกาสที่จะสูญเสียน้ำมาก และมี pH ต่ำอีกด้วย สำหรับสุกรสายพันธุ์ Duroc จัดเป็นสุกรที่ให้ไขมันแทรกสูง และค่า heritability ของไขมันแทรกมีค่าสูงถึง 0.61 ทำให้การคัดเลือกสุกรที่มีไขมันแทรกสูงจะให้ผลต่อคุณภาพการบริโภคสูงในด้านความนุ่มและความชุ่มฉ่ำ

2. เพศ (Sex)

เพศเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อองค์ประกอบซากและคุณภาพเนื้อ เนื่องจากเพศที่แตกต่างกันมีส่วนให้ผลมากทางด้านการเปลี่ยนแปลงความอ้วน

ตารางที่ 2 ความแตกต่างของคุณภาพซาก และเนื้อระหว่างสุกรเพศต่าง ๆ

ตัวบ่งชี้คุณภาพ	สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับส่วนประกอบซาก
- ไขมันเหลว	- สุกรอ้วนเกิน และสุกรเพศผู้ไม่ตอนจะมีไขมันเหลวกว่า รวมทั้งไขมันสันหลังด้วย (มี C18:2 มากเกินไป)
- ปริมาณผลผลิต	- สุกรอ้วนเกินและสุกรเพศผู้ไม่ตอนจะมีปริมาณผลผลิตต่ำ (มีน้ำในเนื้อเยื่อสูง)
- ส่วนประกอบที่ต้องตัดแต่งในการฆ่า	- เหมือนกันทุกเพศ เมื่อเทียบกับซากที่มีสัดส่วนเหมือนกัน ยกเว้นอัณฑะและอวัยวะเพศ
- การกระจายของเนื้อแดง	- เหมือนกันทุกเพศ
- สัดส่วนเนื้อต่อกระดูก	- ผลส่วนใหญ่โดยส่วนประกอบซาก (ลดลงในซากที่มีเนื้อสูง)
- ความหนาของหนัง	- หนามากในสุกรเพศผู้ แต่ไม่มีผลต่อส่วนประกอบของ ซาก
- Androstenone	- พบมากในสุกรเพศผู้ แต่ไม่มีผลต่อส่วนประกอบของซาก

ที่มา: สัญชัย (2543) อ้างตาม Wood and Enser (1982)

3. การให้อาหาร (Nutritional Treatment)

ผลบวกของอัตราการเจริญเติบโต และพลังงานในอาหารที่กินได้ต่อความนุ่มก็พบเช่นเดียวกันในสุกร สุกรที่ได้รับอาหารเต็มที่จะโตเร็วกว่าและอ้วนกว่า รวมทั้งไขมันแทรกสูง และยังมีผลต่อความนุ่มน้อยกว่าการเจริญเติบโตแบบช้า ๆ โดยการจำกัดอาหาร ซึ่งช่วยอธิบายว่าทำไมเนื้อสุกรบางชนิดจึงมีระดับไขมันแทรกต่ำ แต่ไม่เหนียว ตัวอย่างเช่นเนื้อสุกรเพศผู้ กับสุกรเพศเมียนั่นเอง ซึ่งสรุปได้ว่า ผลร่วมของอัตราการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อสูง และไขมันแทรกสูง นับว่าเป็นข้อดีของคุณภาพการบริโภคในสุกร

ผลทางบวกของปริมาณกรดโอเลอิคต่อความนุ่ม และกลิ่นก็พบได้ในเนื้อสุกรเช่นเดียวกัน ถึงแม้ว่าไม่ทราบเหตุผลที่ชัดเจน แต่ได้มีการคาดผลของความแตกต่างระหว่างกรดไขมันต่อกลิ่นเป็นสาเหตุให้ผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน โดยมีการรวมตัวกันในขบวนการ maillard reaction ที่เกิดระหว่างการปรุงอาหาร (สัญชัย, 2543)

สัญชัย (2543) กล่าวไว้ว่า ความพยายามที่จะให้อาหารสุกรที่มีระดับไขมันสูงเพื่อลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหารและยังมีผลต่อคุณภาพไขมันในซากเนื่องจากกรดไขมัน นอกจากการใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานแล้วยังสามารถสะสมเป็นไขมันในร่างกายอีกด้วย หลายประเทศในทวีปยุโรปได้ผลิตสุกรที่ให้ซากมีไขมันต่ำ อย่างไรก็ตามผลดังกล่าวนำไปสู่คุณภาพไขมันที่ต่ำลง ดังนั้นทั้งพ่อค้าและผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อระดับไขมันต่ำที่ยังคงให้คุณภาพซากและคุณภาพการบริโภคที่ดี

คุณภาพไขมันในการผลิตเนื้อสัตว์ (Fat Quality in Meat Production)

สัญชัย (2543) กล่าวไว้ว่า การศึกษาเพื่อแก้ปัญหาไขมันเหลวเยิ้มในสุกร โดยการปล่อยเลี้ยงหรือการให้อาหารมีปริมาณถั่วลิสงหรือถั่วเหลืองสูง ซึ่งมีระดับของ linoleic ในน้ำมันจากพืชเหล่านี้สูง และให้ความสำคัญต่อ linoleic ในอาหารในการตัดสินคุณภาพไขมันในซาก ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. Linoleic มีผลเล็กน้อยต่อจุดหลอมเหลวของเนื้อเยื่อไขมัน ถ้ามีปริมาณไตรกลีเซอร์ไรด์ต่ำกว่า 150 mg/g ที่ระดับค่านี้โมเลกุลของไตรกลีเซอร์ไรด์ มีทั้ง oleic และ linoleic ไม่เพียงพอโดยเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อจุดหลอมเหลว ทั้งส่วนผสมไขมันทั้งหมด ถ้ามีคุณค่าสูงกว่านี้มีโมเลกุลที่เพียงพอจะบรรจุทั้งกรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งจะมีผลอย่างสูง ดังนั้นกรด linoleic ประมาณ 100–150 mg/g ในไขมันสุกร ที่ได้รับจากอาหารทั่ว ๆ ไป (อาหารไขมันน้อยกว่า 40 g/kg) จุดหลอมเหลวจะใช้ stearic บ่งชี้ หรือสัดส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวพันธะเดี่ยวต่อกรดไขมันอิ่มตัว (C 16:1 + C 18:1 ต่อ saturated fatty acid)

2. กรด linoleic มากกว่า 110 mg/g กรดไขมันร่างกายสุกรโดยที่สุกรได้รับอาหารไขมันสูงกว่า 40 g/kg ทำให้ได้ค่า linoleic ประมาณ 16 mg/g ในอาหารไขมันจากพืช

3. ปริมาณ linoleic ในไขมันร่างกายสุกรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณที่กินเข้าไป หรือมากกว่า โดยเฉพาะปริมาณที่กินสามารถสะสมเป็นไขมันได้ ปริมาณของกรดไขมันจากอาหารในไขมันแทรกจะมีผลกระทบน้อยกว่าไขมันใต้ผิวหนัง อาจเพราะไขมันใต้ผิวหนังสะสมได้เร็วกว่าไขมันแทรก

4. ความสัมพันธ์ระหว่างการกิน linoleic กับปริมาณไขมันในร่างกาย เหมือนกันตรงที่ไม่เสถียร เมื่อกินอาหารเข้าไปและอัตราการสะสมไขมันลดระดับต่ำลง ภายในสภาพนี้เช่น ปริมาณไขมันในร่างกายเพิ่มในอาหารที่มีกรดไขมัน 400 g/kg ยังคงสะสมต่อไป มีข้อสังเกตว่าการลดการสังเคราะห์ไขมันในอาหารไขมันต่ำ พบว่ามีความสัมพันธ์ตรงข้ามกัน

5. กรด linoleic สะสมเกือบทุกที่ของไขมัน เมื่อเปรียบเทียบกับกรดไขมันชนิดอื่นที่เป็นทั้งโภชนะ และผลผลิตของการสังเคราะห์โปรตีนแบบ de novo การสะสมในร่างกายจะเพิ่มอย่างรวดเร็วถ้าได้รับจากอาหารมาก ทั้งนี้เนื่องจากการขัดขวางการสังเคราะห์กรด linoleic และเอนไซม์ที่ย่อยกรดไขมันอิ่มตัว ทำให้การผลิตกรดไขมันตัวอื่น ๆ เพิ่มสูงขึ้น และกรด linoleic สามารถย่อยได้สูงขึ้นอีกด้วย

6. เพื่อที่จะได้รับความเข้มข้นของอาหารพลังงานซึ่งปราศจากคุณภาพซากต่ำ โดยระดับ linoleic สูง ในไขมันสันหลัง จึงแนะนำแหล่งไขมันอิ่มตัว เช่น ไขมันจากปลาทะเลที่เติมไฮโดรเจน และไขมันโคที่เติมไฮโดรเจน แต่ข้อด้อยของไขมันอิ่มตัวจริง ๆ คือ การย่อยได้ต่ำ จึงต้องหาไขมันไม่อิ่มตัวบางชนิดมาผสมให้อยู่ในรูปธรรมชาติมากที่สุด เพื่อแก้ปัญหาไขมันสันหลังเหลวได้

การเก็บตัวอย่างเลือดในสุกร

อรรณพ (2545) ได้กล่าวว่า การเก็บตัวอย่างเลือดในสุกร ในขณะที่สัตว์ยังมีชีวิตอยู่มักจะใช้เพื่อการวินิจฉัย วิจัย และศึกษา สภาพต่าง ๆ ของสุกรทั้งทางด้านการสืบพันธุ์และด้านอื่น ๆ โดยมีวิธีการเก็บดังนี้

1. เก็บจากเส้นเลือดดำที่ใบหู มีวิธีทำและขั้นตอนดังนี้

- บังคับสุกรให้ยืนนิ่ง โดยการมัดปากแล้วดึง
- ทำความสะอาดบริเวณหลังใบหู
- ใช้เข็มเบอร์ 19 หรือ 20 แทงเข้าไปในเส้นเลือดดำ โดยกดเส้นด้านโคนหูไว้ให้มีการบวม
- ค่อย ๆ ดูดเอาเลือดออกมา อย่าดูดแรง อาจทำให้เส้นตีบ
- การเก็บวิธีนี้เก็บได้ประมาณ 1–5 มิลลิลิตร

2. เก็บจากเส้นเลือดดำที่คอ มักจะเก็บจากการเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำ 2 เส้น คือ เส้นเลือดดำที่คอ (external jugular vein) และเส้นเลือดดำไปสู่หัวใจ (vena cava) ซึ่งการเจาะ อาจใช้ได้ทั้งแบบนอนหงาย สำหรับสุกรขนาดเล็กและแบบยืนในสุกรขนาดใหญ่ การเก็บวิธีนี้เก็บได้เกิน 10 มิลลิลิตร

3. เก็บจากเส้นเลือดที่หาง เส้นเลือดที่จะเก็บที่หางคือ เส้นเลือดแดงหรือเส้นเลือดดำที่ไปหล่อเลี้ยงบริเวณหาง การเจาะใช้เข็มเบอร์ 20 ยาว 1 นิ้ว ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย และสะดวก

4. เก็บจากแอ่งเลือดในกระบอกตา (orbital sinus) วิธีนี้ไม่นิยมทำในฟาร์ม แต่จะทำในศูนย์วิจัยหรือสถานีทดลองกับสุกรที่มีขนาดตั้งแต่ 10–100 กิโลกรัม

ไขมันในพลาสมา

ในพลาสมาประกอบด้วยไขมันชนิดต่าง ๆ ซึ่งจะละลายได้ไม่ดีในน้ำ ถึงแม้ว่าไขมันบางชนิดจะมี ฟอสโฟลิปิด หรือไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบอยู่ก็ตาม (นันทยา, 2532 อ้างโดย ยุวฉัตร, 2543) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. ฟอสโฟลิปิด (Phospholipids) เป็นไขมันที่พบได้มากที่สุดในพลาสมา โดยฟอสโฟลิปิดทำหน้าที่เป็นตัวฟอก (detergent) ทำให้ความสามารถในการละลายของไขมันอื่น ๆ ดีขึ้น และฟอสโฟลิปิดเป็นไขมันที่พบได้ในเซลล์ทุก ๆ ชนิด ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วยกลีเซอรอล ยกเว้น sphingomyelin และมีการเรียงตัวแบบ L-isomer ปัจจุบันพบฟอสโฟลิปิดอยู่ 5 ชนิด คือ

ก. Phosphatidic acid เป็นสารที่เกิดระหว่างปฏิกริยา โดยในโมเลกุลจะประกอบด้วยหมู่ฟอสเฟต และกลีเซอรอลอย่างละ 1 ตัว และมีกรดไขมันอีก 2 ตัว ซึ่งอาจเป็นชนิดเดียวกัน หรือต่างชนิดกันก็ได้เกาะอยู่ด้วย

ข. Lecithin หรือ phosphatidyl choline เป็นเอสเทอร์ของกรดฟอสฟาทิดิคกับโคลีนทำให้มีคุณสมบัติเป็นสารที่มีประจุได้ในพลาสมา ซึ่งมีประโยชน์ในการทำให้สารประกอบไขมันคงสภาพเป็นสารละลายได้ในร่างกาย เลซิทินเป็นฟอสโฟลิปิดที่มีมากที่สุดในร่างกาย สามารถละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ทั่ว ๆ ไป ยกเว้น อะซีโตน

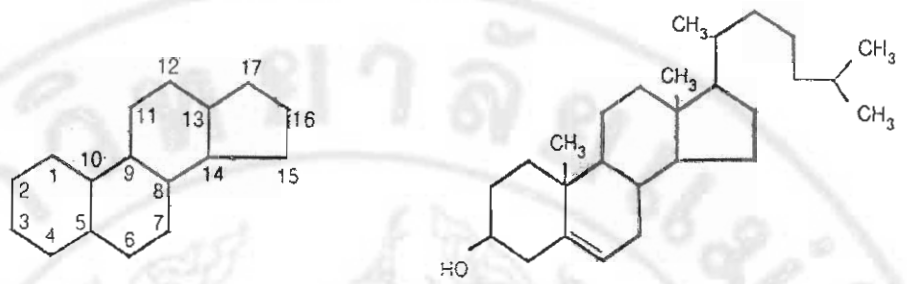
ค. Cephalin หรือ phosphatide เป็นกลุ่มที่มี ethanolamine serine หรือ inositol แทนที่กลุ่มโคลีนของเลซิทิน พบในเนื้อเยื่อทั่วไปของร่างกาย แต่มีมากในสมองและเนื้อเยื่อระบบประสาท สารกลุ่มนี้ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแข็งตัวของเลือด

ง. Plasmalogen พบได้ในกล้ามเนื้อ หัวใจ สมอง และตับ ยังไม่ทราบหน้าที่ของสารกลุ่มนี้ ซึ่งจะมีส่วนที่ต่างจากสารกลุ่มอื่น คือ กรดไขมันที่ตำแหน่งที่ 1 ของกลุ่มนี้จะเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว

จ. Sphingomyelins เป็นฟอสโฟลิปิดที่พบได้ในเนื้อเยื่อทั่ว ๆ ไป โดยเฉพาะในสมอง และระบบประสาท ในโมเลกุลประกอบด้วย long chain amino alcohol หรือ sphingosine เมื่อรวมกับกรดไขมันแล้วเรียกว่า ceramide และเมื่อมีกรดฟอสฟอริคและโคลีนด้วย เรียกว่า sphingosine

2. คอเลสเตอรอล (Cholesterol) เป็นไขมันในพลาสมาที่พบรองลงมาจากฟอสโฟลิปิด โดยคอเลสเตอรอลเป็นสารในกลุ่ม steroid สามารถสังเคราะห์ได้ในร่างกาย เพื่อที่จะถูกนำไปใช้เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างของเซลล์ และไลโปโปรตีน หรือนำไปเปลี่ยนให้เป็นกรดน้ำดี ไวตามิน ดี และ สเตรียรอยด์ฮอร์โมน ซึ่งคอเลสเตอรอลมีโครงสร้างเป็น 4 วงแหวน มีส่วนที่เป็น

นิวเคลียส คือ perhydrocyclopentanophenanthrene ประกอบด้วยคาร์บอน 27 อะตอม และมีส่วนที่มีขั้ว (polar) คือ หมู่ – OH ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติเป็น secondary alcohol และมีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 5-6 ด้วย



Perhydrocyclopentanophfnanthrene Cholesterol

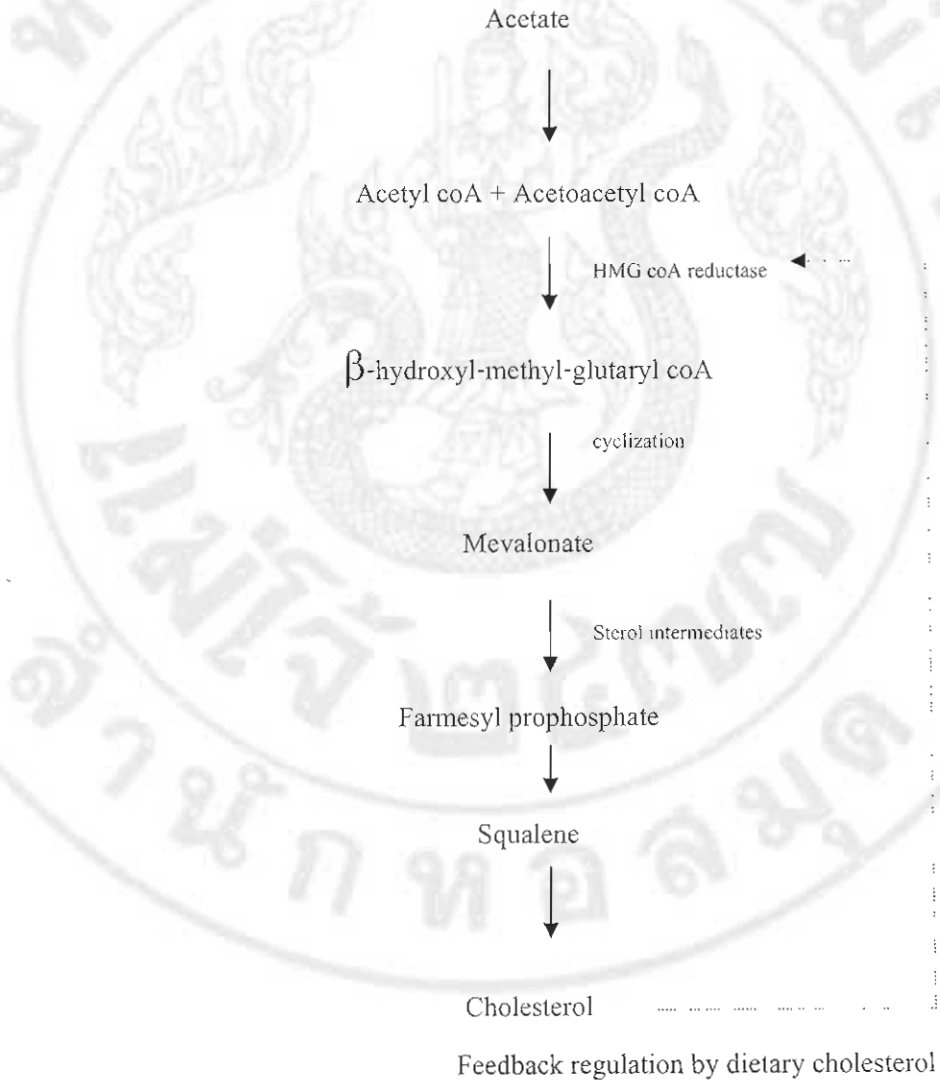
ภาพที่ 3 สูตรโครงสร้างของคอเลสเตอรอล
ที่มา: ยุวฉัตร (2543) อ้างตาม Voet and Voet (1995)

การสังเคราะห์คอเลสเตอรอล

คอเลสเตอรอลในร่างกายมีแหล่งมาจากอาหาร และการสังเคราะห์จาก acetyl coA ซึ่งได้มาจากขบวนการเมทาบอลิสม์ของคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน และกรดไขมัน โดยอวัยวะหลักที่สังเคราะห์คอเลสเตอรอล คือ ตับ ส่วนที่ลำไส้เล็กอาจมีการสังเคราะห์ได้บ้าง นอกจากนี้ต่อมต่าง ๆ ที่มีการสร้างสเตรียรอยด์ฮอร์โมนก็สามารถสร้างคอเลสเตอรอลได้เช่นกัน การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลจะเกิดขึ้นในส่วนไซโตพลาสซึม (cytoplasm) แต่เอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาอยู่ใน endoplasmic reticulum ซึ่งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกายจะสังเคราะห์จากหน่วยย่อยเรียกว่า isoprene ขึ้นมาก่อน หลังจากนั้นจึงนำไปสร้างคอเลสเตอรอลและลิปิดอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างไอโซพรีนในโมเลกุล (ยุวฉัตร, 2543 อ้างตาม Voet and Voet, 1995)

การควบคุมการสังเคราะห์คอเลสเตอรอล

การสังเคราะห์คอเลสเตอรอลจะถูกควบคุมโดยปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหาร จำนวนแคลอรี่จากอาหาร ฮอร์โมน และกรดน้ำดี พบว่าเมื่อปริมาณคอเลสเตอรอลจากอาหารมีมาก คอเลสเตอรอลจากการดูดซึม ซึ่งอยู่ในรูปไคโลไมครอน (chylomycron) จะยับยั้งเอนไซม์ HMG CoA reductase (hydroxyl-methyl-glutaryl coA reductase) ที่ตับ และฮอร์โมนอินซูลินจะเพิ่มศักยภาพของเอนไซม์ให้ดีขึ้นในขณะที่ฮอร์โมนกลูคากอน หรือ คอร์ติซอล จะลดศักยภาพของเอนไซม์นี้ลง ซึ่งการควบคุมการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลจะเกิดขึ้นที่ตับเป็นสำคัญ

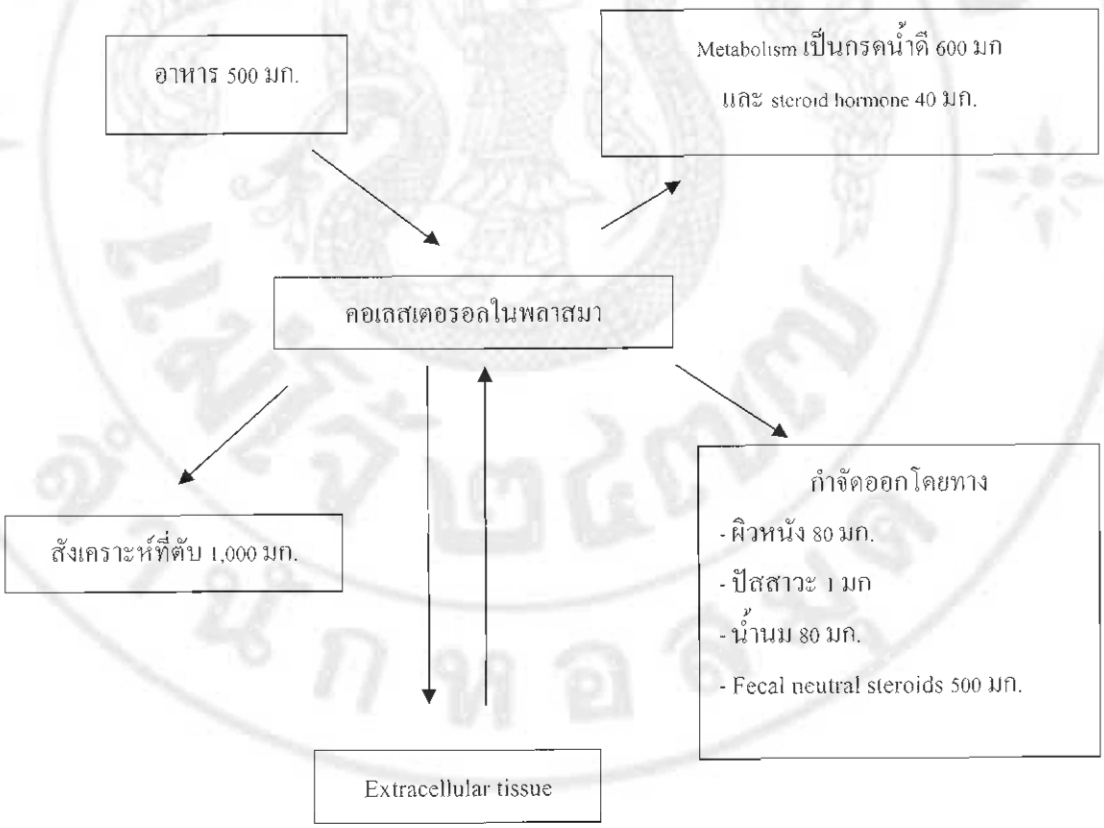


ภาพที่ 4 การสังเคราะห์คอเลสเตอรอล

ที่มา: ยุวฉัตร (2543) อ้างตาม Voet and Voet (1995)

การสลายคอเลสเตอรอล

คอเลสเตอรอลในร่างกายจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดน้ำดีเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งกรดน้ำดีสามารถถูกสังเคราะห์โดยตรงจากคอเลสเตอรอลที่ตับ ได้เป็นกรดน้ำดีชนิด primary acid ได้แก่ glycocholic acid และ chenodeoxycholic acid ซึ่งเป็นกรดน้ำดีที่พบได้ในคน กรดน้ำดีที่สร้างจากตับจะถูกส่งไปเก็บที่ถุงน้ำดี (gall bladder) และหลั่งไปที่ลำไส้เล็กเพื่อช่วยย่อยไขมัน และที่ลำไส้เล็กกรดน้ำดีชนิด primary bile acid จะถูกเปลี่ยนเป็น secondary bile acid คือ deoxycholic และ lithocholic acid จากนั้นกรดน้ำดีบางส่วนจะถูกดูดซึมกลับที่ลำไส้ใหญ่แล้วกลับไปที่ตับ และบางส่วนจะขับออกไปกับอุจจาระ (enterohepation of bile acid) ดังนั้นกรดน้ำดีจึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยควบคุมระดับคอเลสเตอรอลในร่างกายให้เป็นปกติ เพราะคอเลสเตอรอลไม่สามารถออกซิไดซ์ (oxidized) จนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำได้



ภาพที่ 5 การเผาผลาญคอเลสเตอรอลในมนุษย์

ที่มา: อุษณีย์ (2538)

3. Triglyceride หรือ Triacylglycerol

ยุวฉัตร (2543) อ้างตาม Voet and Voet (1995) กล่าวว่า ไตรกลีเซอร์ไรด์เป็นเอสเทอร์ระหว่างกลีเซอรอลและกรดไขมัน 3 ตัว มีปริมาณน้อยในพลาสมา เนื่องจากเป็นสารที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิกิริยาการสร้างไตรกลีเซอร์ไรด์เท่านั้น โดยไตรกลีเซอร์ไรด์อาจจะเป็นของเหลว หรือของแข็งที่อุณหภูมิห้องก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมันอิสระที่มาเกาะ ไตรกลีเซอร์ไรด์ในพลาสมาได้มาจากหลายทาง ซึ่งทางแรกได้มาจากการดูดซึมที่ลำไส้เล็ก โดยจะเข้ามาในกระแสเลือดในรูปไคโลไมครอน และอีกทางหนึ่งคือ การสร้างขึ้นที่ตับและเซลล์ลำไส้จากคาร์โบไฮเดรตและกรดไขมัน ไตรกลีเซอร์ไรด์บางส่วนจะเก็บสะสมไว้ในร่างกายที่เนื้อเยื่อไขมัน เพื่อเป็นแหล่งพลังงานและนำเอามาใช้ได้เมื่อร่างกายต้องการ

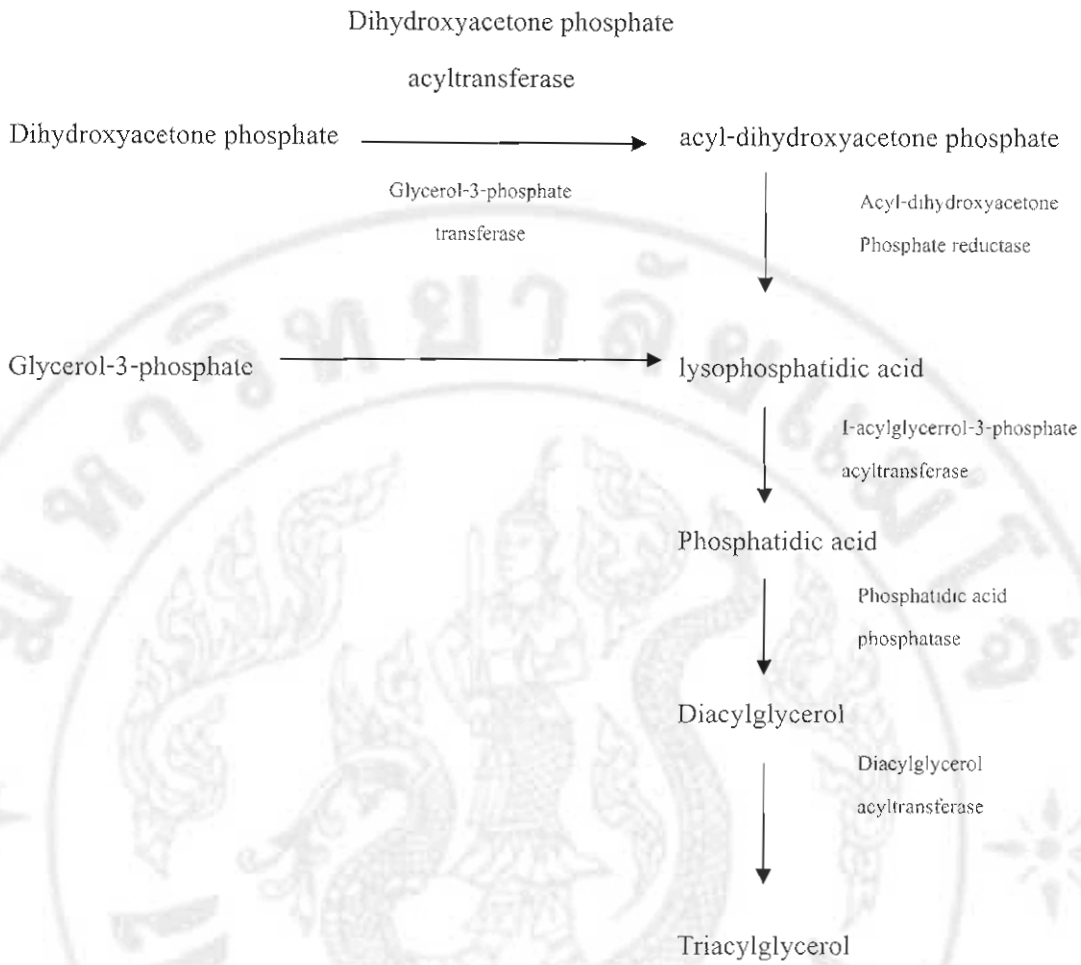
การสังเคราะห์ไตรกลีเซอร์ไรด์ ในร่างกายเกิดได้ 2 วิธีคือ

วิธีที่ 1 เกิดขึ้นที่เซลล์ลำไส้เล็กโดยอาศัย 2-monoacylglycerol ที่เป็นสารตัวกลาง ซึ่งเกิดจากการย่อยอาหารไขมันที่ลำไส้เล็ก โดยจะจับตัวกับกรดไขมันอีก 2 โมเลกุลที่ตำแหน่ง 1 และ 3 ของ monoacylglycerol เรียกว่า การสังเคราะห์โดย 2-monoacylglycerol pathway

วิธีที่ 2 เป็นการสังเคราะห์ไตรกลีเซอร์ไรด์ขึ้นใหม่โดยอาศัย L-glycerol-3-phosphate ผ่านสารตัวกลางคือ phosphatidic acid และ 1,2–diacylglycerol จากนั้นจะมีการเติมกรดไขมันตัวที่ 3 เข้าไปใน 1,2-diacylglycerol ได้เป็น triacylglycerol เรียกการสังเคราะห์แบบนี้ว่า de novo synthesis สามารถเกิดขึ้นได้ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ เช่น ตับ กล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อไขมัน เป็นต้น

4. กรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid)

กรดไขมันอิสระในพลาสมาจะมีเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันทั้งหมดในพลาสมา (ประมาณ 10-15 มก./ดล.) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ที่สำคัญคือ กรดพาลมิติค (palmitic acid) และกรดสเตียริค (stearic acid) มีมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันอิสระที่มี ในพลาสมา ถึงแม้จะมีกรดไขมันอิสระเพียงเล็กน้อยในพลาสมา แต่ก็เป็นส่วนสำคัญในกระบวนการเมทาบอลิซึมของไขมันในพลาสมา โดยกรดไขมันอิสระจะถูกขับออกมาจากเนื้อเยื่อไขมันแล้วรวมตัวกับอัลบูมินในพลาสมาอย่างหลวม ๆ และมีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมาก และเกิดการออกซิไดส์เพื่อเป็นพลังงานในระยะหลังการดูดซึม



ภาพที่ 6 ปฏิกิริยาทางเคมีของการสังเคราะห์ไตรกลีเซอร์ไรด์
ที่มา: ยุวฉัตร (2543) อ้างตาม Voet and Voet (1995)

การตรวจหาระดับคอเลสเตอรอล

De La Salle สามารถแยกคอเลสเตอรอลได้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1879 และ Corradi กับ Cambell ได้คิดวิธีเพื่อวัดระดับคอเลสเตอรอลในพลาสมาและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ต่อมาได้มีการคิดค้นกันต่ออย่างมากมายจนถึงปัจจุบัน การหาระดับคอเลสเตอรอลสามารถทำได้หลายวิธีซึ่ง นันทยา (2532) และยุวฉัตร (2543) กล่าวไว้ดังนี้

การทำให้เกิดสี (colorimetry) มีหลักการโดยทั่วไปคือ ให้คอเลสเตอรอลซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ ทำปฏิกิริยากับกรดแก่เข้มข้นจะได้สารที่มีสีเกิดขึ้น ปฏิกิริยาที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือ

1. Liebermann-Burchard (L-B) reaction คอเลสเตอรอลทำปฏิกิริยากับอะซิติคแอนไฮโดรด์ (acetic anhydride) โดยมีกรดกำมะถันและกรดอะซิติคอยู่ด้วย จะได้สารสีเขียว วัดการดูดกลืนแสงได้ที่ 620 นาโนเมตร ปฏิกิริยานี้ มีข้อผิดพลาดเกิดได้จากการมีบิลิรูบินอยู่ในสารตัวอย่าง พบว่าบิลิรูบิน 1 มก. จะเกิดสีได้เท่ากับคอเลสเตอรอล 5-6 มก. นอกจากนั้น ปฏิกิริยายังเปลี่ยนไปได้มาก ขึ้นกับความเข้มข้นของกรดกำมะถัน กรดอะซิติค อะซิติคแอนไฮไดรด์ อุณหภูมิ แสงสว่าง และเวลา สีที่เกิดขึ้นก็ไม่คงตัวคอเลสเตอรอลรูปอิสระและเอสเทอร์จะให้สีได้ไม่เท่ากันในปฏิกิริยานี้

ข้อดีของวิธีนี้ คือเป็นวิธีที่รวดเร็ว ง่าย สะดวก สามารถนำไปปรับปรุงใช้กับเครื่องมืออัตโนมัติได้ วิธีที่ปรับปรุงโดยใช้หลักการดังกล่าวที่ให้ผลดี คือวิธีของ Abell *et al.* (1952) อ้างโดย ยุวฉัตร (2543)

2. Zak-Zlakis reaction หรือ $FeCl_3$-H_2SO_4 reaction คอเลสเตอรอลทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถัน เฟอริคคอลไรด์ และกรดอะซิติคเข้มข้น ให้สารสุดท้ายมีสีม่วง ซึ่งคงตัววัดสีได้ที่ 560 นาโมเมตร ปฏิกิริยานี้มีความไวกว่า L-B reaction 4-5 เท่า คอเลสเตอรอลอิสระและเอสเทอร์ให้สีได้เท่า ๆ กัน การเกิดสีสมบูรณ์นั้น ขึ้นกับอุณหภูมิ และความเข้มข้นของกรดกำมะถัน ส่วนบิลิรูบินยังสามารถรบกวนได้ ต่อมาได้มีวิธีการปรับปรุงเพื่อป้องกันการรบกวนจากบิลิรูบิน โดยวิธีการดังกล่าวคือวิธีของ Jung *et al.* (1975) อ้างโดย ยุวฉัตร (2543)

การตรวจหาระดับไตรกลีเซอไรด์

นันทยา (2532) กล่าวไว้ว่า ไตรกลีเซอร์ไรด์ในพลาสมา ส่วนใหญ่ได้มาจากอาหารที่กินเข้าไปและถูกดูดซึมเข้าไปสู่กระแสโลหิต เรียกว่า exogenous triglycerides และจากการสร้างขึ้นที่ตับเรียกว่า endogenous triglycerides ทั้งหมดจะอยู่ในพลาสมาโดยรวมตัวกับโปรตีนและสารไขมันอื่น ๆ เป็นสารประกอบไลโปโปรตีน

ในพลาสมาจะมีระดับไตรกลีเซอไรด์สูงกว่าในเซรุ่มเล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีการจับเอาสารไขมันพวกนี้ไปในระหว่างการแข็งตัวของเลือด หรือมีการสลายตัวของไขมันในระหว่างนั้น อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่จะนิยมหาปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเซรุ่มมากกว่าในพลาสมา ระดับของไตรกลีเซอไรด์จะสูงสุดเมื่อกินอาหารแล้วประมาณ 4-6 ชั่วโมง แล้วจะค่อย ๆ ลดลงช้า ๆ การหาปริมาณสำหรับการวินิจฉัยโรคให้ถูกต้อง ควรเจาะเลือดหลังจากกินอาหารแล้วประมาณ 12 ชั่วโมง การหาปริมาณไตรกลีเซอไรด์ คือหาในรูปของไตรกลีเซอไรด์ หรือกลีเซอรอล และการหาทางอ้อม คือ หาค่าไขมันทั้งหมดแล้วหักออกด้วยค่าคอเลสเตอรอล คอเลสเตอรอลเอสเทอร์ ฟอสโฟไลปิด

และกรดไขมันอิสระต่าง ๆ แต่วิธีหลังไม่นิยม เพราะยุ่งยากและผิดพลาดได้มาก เนื่องจากไตรกลีเซอไรด์ในพลาสมาอยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าว และมีสารหลายตัวที่สามารถเข้ามาปะปนในวิธีการหาไตรกลีเซอไรด์ได้ เพราะส่วนใหญ่เราจะย่อยโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ให้เป็นกลีเซอรอล ซึ่งสารฟอสโฟไลปิดหรือคาร์โบไฮเดรตบางตัวสามารถถูกย่อยให้กลีเซอรอลได้เช่นเดียวกัน นอกจากนั้นโปรตีนและกรดอะมิโนบางชนิด สามารถปะปนเข้ามาทำให้เกิดปฏิกิริยาผิดพลาดหรือเกิดความขุ่นได้ ดังนั้นจึงต้องมีวิธีการกำจัดสารเหล่านั้นออก หรือใช้วิธีการหาที่เหมาะสม การตรวจหาไตรกลีเซอไรด์มีวิธีการหลายวิธีด้วยกันดังนี้คือ

1. ใช้ปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ โดยทั่วไปนิยมทำ 2 แบบ คือ

1. ใช้เอ็นไซม์กลีเซอรอลไคเนส (glycerol kinase, GK) อาศัยหลักการเปลี่ยน กลีเซอรอลด้วย GK โดยมี ATP อยู่ด้วยให้เป็นกลีเซอรอลฟอสเฟต ขณะเดียวกัน ATP จะถูกเปลี่ยนเป็น ADP- และไปช่วยในปฏิกิริยาการเปลี่ยน phosphoenolpyruvate โดย pyruvate kinase (PK) ไปเป็น ไพรูเวท และเมื่อมีเอนไซม์ lactate dehydrogenase (LD) และ NADH ที่ทราบปริมาณจะทำให้ไพรูเวทเปลี่ยนเป็น lactate และ coenzyme NADH ถูกเปลี่ยนเป็น NAD^+ เราสามารถวัดปริมาณ NADH ที่ลดลงโดยการวัดการดูดกลืนแสงที่ลดลงที่ 340 นาโนเมตร ซึ่งจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณกลีเซอรอลที่เกิดขึ้น

2. ใช้เอนไซม์ glycerol phosphate dehydrogenase (GPD) ย่อย glycerol phosphate ต่อไปให้ dihydroxy acetonephosphate ซึ่งจะมี Co-enzyme NAD^+ ถูกเปลี่ยนเป็น NADH ดังนั้นเราจึงวัดปริมาณกลีเซอรอลที่เกิดขึ้น โดยเทียบปริมาณ NADH ที่เพิ่มขึ้น หรือ absorbance ที่เพิ่มขึ้นที่ 340 นาโนเมตร

วิธีใช้เอนไซม์ ถือเป็นวิธีที่ถูกต้องและแม่นยำ เพราะมีความจำเพาะสูง แต่ต้องระมัดระวังมากในการทำ และเครื่องมือที่ใช้มีราคาแพง เพราะการวัดปริมาณ NADH ต้องใช้คลื่นแสงที่ 340 นาโนเมตร นอกจากนั้น ยังต้องควบคุมสภาพการทำให้เหมาะสม สารที่ใช้ ได้แก่ เอนไซม์ และ Co-enzyme มีราคาแพงและเสื่อมสภาพได้ง่าย จะต้องระมัดระวังในการเก็บรักษาอย่างดีด้วย

2. ใช้ปฏิกิริยาเทียบสี โดยทั่วไปจะออกซิไดซ์กลีเซอรอล ให้เป็นฟอร์มาลดีไฮด์เสียก่อนด้วย periodic acid แล้วหาปริมาณฟอร์มาลดีฮายด์ที่เกิดขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปมีด้วยกันหลายวิธีการแต่ที่นิยมมีวิธีการของ Van Handel และ Zilversmit กับวิธีการของ Hantzch (นันทนา, 2532) มีวิธีการดังนี้คือ

1. วิธีของ Van Handel และ Zilversmit โดยใช้ฟอร์มาลดีฮายด์ทำปฏิกิริยากับ chromotropic acid หรือ 4, 5 –Dihydroxy-2, 7-naphthalene disulfonic acid โดยมีกรดกำมะถันอยู่ด้วย จะได้สารละลายสีชมพูซึ่งไม่ทราบโครงสร้าง แล้ววัดสีที่เกิดขึ้นเทียบกับสารละลายมาตรฐาน

2. วิธีของ Hantzch โดยให้ฟอร์มาลดีไฮด์ condense กับ acetylacetone หรือ 2,4-Pentanedione โดยมี ammonium ion อยู่ด้วยใน pH ที่เหมาะสม จะได้สาร lutidine มีสีเหลืองจาง วัดสีเทียบได้กับสารมาตรฐาน

กุ้ง (Shrimp)

ประจวบ (2537) ได้กล่าวไว้ดังต่อไปนี้

1. รายละเอียดเกี่ยวกับกุ้ง

กุ้งเป็นสัตว์น้ำซึ่งเป็นได้ทั้งสัตว์น้ำจืดและน้ำเค็ม จัดอยู่ในไฟลัมอาร์โทรโปดา (phylum arthropoda) คลาสครัสเตเซีย (class crustacea) ลักษณะลำตัวจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนหัวและอกเชื่อมติดกันกับส่วนท้อง มีตาประกอบติดด้านบนบริเวณหัว มีหนวด 1-2 คู่ มีระยางค์เป็นข้อ ๆ ลำตัวมีสมมาตรแบบ bilateral ระบบทางเดินอาหารเป็นแบบสมบูรณ์ ระบบหมุนเวียนเลือดเป็นแบบเปิด ระบบประสาทประกอบด้วยปมประสาทขนาดใหญ่ที่เรียกว่า สมอง (brain) และมีปมประสาทอีกทุก ๆ ปล้อง เชื่อมกับเส้นประสาทด้านท้อง 2 เส้น ลำตัวแบ่งเป็นปล้องมีเปลือกแข็งหุ้มตัว

2. โครงสร้างของเปลือกกุ้ง

เปลือกเป็นโครงร่างภายนอกของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง โดยเฉพาะพวกกุ้งนั้นเปลือกจะเป็นสารประกอบพวกไคติน-โปรตีน สร้างเพื่อปกคลุมลำตัวลักษณะเป็นเซลล์บาง แน่น แข็ง เนื่องจากมีการดึงเกลือแคลเซียมเข้ามาเป็นองค์ประกอบและในกลุ่มนี้มีการลอกคราบ หรือสลัดเปลือกเก่าทิ้งเพื่อการเจริญเติบโต จึงให้เปลือกของกุ้งแบ่งออกเป็น 2 ชั้น ซ้อนกันอยู่ คือ ชั้นนอก (epicuticle หรือ cuticle) และชั้นใน (endocuticle) ซึ่งมีไคตินเป็นองค์ประกอบ เปลือกกุ้งมีการแบ่งตามลักษณะขององค์ประกอบของไคตินเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นนอกไม่มีไคติน เรียกว่า epicuticle ส่วนอีกชั้นมีไคติน เรียกว่า endocuticle และชั้นนี้ยังแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นที่มีสี (pigmented layer) ชั้นที่มีแคลเซียม (calcified layer) และชั้นในสุดไม่มีแคลเซียม (uncalcified layer)

3. ลักษณะและองค์ประกอบของเปลือกแต่ละชั้น

1. เอพิคิวติเคิล (epicuticle) ผนังชั้นนอกสุดของเปลือกมีลักษณะคล้ายกับผนังด้านในของกระเพาะส่วนหน้า ไม่มีไคตินอยู่เลย เปลือกชั้นนี้ประกอบด้วยไลปิด สีเหลืองเข้ม

2. เอนโดคิวติเคิล (endocuticle) เปลือกชั้นในนี้มีอยู่ 3 ชั้น

- ชั้นที่สะสมสี (pigmented layer) ชั้นนี้เป็นที่สะสมของเม็ดสีดำ (melanin pigment) ซึ่งเป็นจุดกำเนิดของสีต่าง ๆ และมีไคตินรวมอยู่

- ชั้นที่มีการสะสมของแคลเซียม (calcified layer) ชั้นนี้จะมีการสะสมเกลือแคลเซียม พร้อมกับไคติน

- ชั้นที่ไม่มีการสะสมแคลเซียม (uncalcified layer) เป็นชั้นในสุดของเปลือกประกอบด้วยสารไคติน-โปรตีน และไม่มีการสะสมเกลือแคลเซียม

4. องค์ประกอบของเปลือกกุ้ง

จิราภรณ์ (2544) กล่าวไว้ว่า ในเปลือกของพวกครัสเตเซีย (crustacea) ประเภทกุ้งจะมีองค์ประกอบที่สำคัญโดยรวม ดังนี้

- ไคติน	20-30 เปอร์เซ็นต์
- โปรตีน	30-40 เปอร์เซ็นต์
- แคลเซียมคาร์บอเนต	30-50 เปอร์เซ็นต์
- แมกนีเซียม	1-2 เปอร์เซ็นต์
- ฟอสฟอรัส	1-2 เปอร์เซ็นต์

- สารอื่น ๆ เช่น รงควัตถุและไขมัน

ความหมายของไคโตซาน

ไคโตซาน (chitosan) คือสารโพลิเมอร์ชีวภาพที่สกัดจากไคติน (chitin) โดยสกัดเอาหมู่อะซิติลออก โดยไคตินมีชื่อทางเคมีว่า Poly (2-acetamino-2-deoxy-D-glucose) หรือ Poly (N-acetylglucosamine) มีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส ส่วนไคโตซานมีชื่อทางเคมีว่า Poly [(1-4)-2 amino-2 deoxy-β-D-glucan] หรือที่เรียกง่าย ๆ ว่าพอร์ลิเมอร์ของ glucosamine

วิธีการสกัดไคตินและไคโตซานจากเปลือกกุ้ง

สุวลี (2544) อ้างตาม สายทอง (2544) ระบุว่ากรรมวิธีการสกัดสารไคติน - ไคโตซานทำได้ด้วยวิธีทางเคมีและเทคโนโลยีชีวภาพโดยการใช้สารเคมี ได้แก่ ด่างและกรดโดยมีหลักสำคัญคือ

วิธีที่ 1 แยกโดยอาศัยสารเคมี ประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้

1. กระบวนการกำจัดโปรตีน โดยทำปฏิกิริยากับด่างซึ่งส่วนใหญ่ใช้โซดาไฟ (NaOH) ในกระบวนการนี้โปรตีนส่วนใหญ่จะถูกขจัดออกไปจากวัตถุดิบ

2. กระบวนการกำจัดเกลือ นำวัตถุซึ่งผ่านกระบวนการกำจัดโปรตีนมาทำปฏิกิริยากับกรดซึ่งส่วนมากใช้กรดเกลือ จะได้เป็นไคติน

3. กระบวนการกำจัดหรือลดหมู่อะซิติล เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยใช้ด่างซึ่งจะลดหมู่ที่มีอยู่บนโมเลกุลของไคตินเพื่อให้เกิดเป็นไคโตซานซึ่งเป็นการเพิ่มหมู่อะมิโน

วิธีที่ 2 สกัดแยกโดยการหมัก

การหมักเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถเป็นไคตินได้โดยใช้เชื้อแบคทีเรียที่ชื่อว่า *Lactobacillus* ซึ่งจะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของเปลือกกุ้งลดลงให้เหลือค่า pH ที่ 6.0 แล้วเพิ่มน้ำตาลกูลโคส 5 เปอร์เซ็นต์ ลงไปร่วมกับกรด acetic ที่ 75-86 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้โปรตีนถูกกำจัดออกโดยสามารถกำจัดโปรตีนได้ถึง 88-90 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นก็ทำตามขั้นตอนการใช้สารเคมีเพื่อทำให้ได้ไคโตซานต่อไป

ประโยชน์ของไคโตซาน

ไคโตซานสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายไม่ว่าจะใช้ในด้านโภชนาการ, ด้านสิ่งแวดล้อม, ด้านการแพทย์, ด้านอุตสาหกรรมอาหารและด้านอื่นๆ อีกมากมาย

- ด้านโภชนะ ใช้เป็นแหล่งอาหารเสริม ลดคอเลสเตอรอล เป็นสารเสริมแบคทีเรียในลำไส้ ลดอาการท้องร่วง เป็นสารช่วยลดน้ำหนัก

- ด้านการแพทย์ ใช้เป็นพรีไบโอติกส์เกี่ยวกับการย่อยในลำไส้ ช่วยต่อต้านมะเร็ง ลดและยับยั้งเชื้อ ซัลโมเนลลาและเชื้อ อีโคไล ช่วยในการห้ามเลือดและระยะเวลาในการขนส่งยา ปรับ pH และสามารถนำมาทำคอนแท็คเลนส์เพื่อรักษาโรคต้อกระจกได้

- ด้านอุตสาหกรรมอาหาร ใช้เสริมใยอาหารในผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากแป้ง เช่น ก๋วยเตี๋ยว มะกะโรนี คุกกี้ บะหมี่ และขนมปัง เป็นต้น ช่วยเพิ่มความเหนียวของลูกชิ้น ไส้กรอกแทนสารบอร์แรกซ์ ใช้ในการทำไวน์ น้ำผลไม้ สุรา และเบียร์ ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารที่ใช้ควบคุมไขมันและคอเลสเตอรอลในร่างกายได้

การศึกษาการใช้เปลือกกุ้งในสัตว์ต่าง ๆ

การศึกษาการใช้ไคโตซานกับสุกรแต่ละระยะพบว่า สุกรมีอัตราการแลกเนื้อเพิ่มขึ้นและสามารถลดปริมาณการใช้ยาปฏิชีวนะลงได้ในปริมาณมาก โดยการเพิ่มปริมาณการใช้ไคโตซานจากที่ไม่ได้ใช้เลยไปเป็น 1.5 กิโลกรัมต่อตัน และเป็น 2 กิโลกรัม/ตัน ทำให้การใช้ยาปฏิชีวนะ amoxy ลดลงจาก 300 ppm ต่อตัน เหลือเพียง 100 ppm ต่อตัน และการใช้ยาปฏิชีวนะ chlortetracycline (CTC) 15 เปอร์เซ็นต์ ลดลงจาก 2 กิโลกรัม/ตัน เหลือเพียง 1 กิโลกรัม/ตัน เป็นผลทำให้สุกรมีสุขภาพดีขึ้น อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และอาจจะทำให้ลดต้นทุนการผลิตลงได้ (ปิยะบุตร, 2543)

การทดลองเปรียบเทียบแหล่งโปรตีนระหว่างแกลบกุ้งกับกากมะพร้าวในสูตรอาหารที่มีสัดส่วนของพลังงานต่อโปรตีนเท่ากัน โดยใช้สุกรหย่านมเป็นเวลา 70 วัน ผลปรากฏว่า แกลบกุ้ง

ให้ผลดีกว่าทั้งด้านการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Santiago, 1926 อ้างโดยวิเชียร, 2529)

การทดลองการใช้แกลบกุ้งแทนที่อาหารหลักในระดับ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารทดลองกับสุกรอายุ 2.5–9 เดือน ผลปรากฏว่า อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารจะดีที่สุดในกลุ่มที่ใช้แกลบกุ้งระดับ 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้ที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ จะโตดีที่สุดในช่วงแรกแล้วจะลดลงในช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งพอสรุปได้ว่าแกลบกุ้งควรใช้ผสมในอาหารในระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ จะเหมาะสมที่สุด (Angel, 1935)

การทดลองเปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ใช้แหล่งโปรตีนแตกต่างกัน 6 ชนิดคือ เลือดป่น, แกลบกุ้ง, กากถั่วเหลือง, เนื้อป่น, เคซีน และกลูเตน ผลปรากฏว่า การใช้กากถั่วเหลือง มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีที่สุด รองลงมาคือแกลบกุ้ง ซึ่งสรุปได้ว่าแกลบกุ้งสามารถนำมาใช้เป็นอาหารของสัตว์ได้ดีหากใช้ร่วมกับแหล่งโปรตีนอื่น ๆ (Kondos, 1977)

ผลของการใช้แกลบกุ้งในอาหารสุกรระยะเติบโต--หนุ่มสาว (15 – 90 กก.) ผลปรากฏว่าสามารถใช้แกลบกุ้งผสมในสูตรอาหารได้ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโต แต่มีแนวโน้มว่าสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมแกลบกุ้งในระดับที่สูงขึ้นจะกินอาหารได้มากขึ้น และมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงอาหารต่ำลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแกลบกุ้งมีพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ต่ำกว่าอาหารสูตรเปรียบเทียบ ส่วนสูตรอาหารที่เหมาะสมที่สุดคือ การใช้แกลบกุ้งประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร (วิเชียร, 2529)

การใช้สารไคโตซานเสริมในอาหารไก่เนื้อที่ช่วงอายุ 7 – 49 วัน ในระดับ 0.6 เปอร์เซ็นต์ของสูตรอาหาร ผลการทดลองปรากฏว่า การเสริมไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากแตกต่างจากกลุ่มควบคุมที่ไม่เสริม ยกเว้นไขมันในช่องท้องมีปริมาณลดลง รวมทั้งคอเลสเตอรอลในซีรั่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (สุคีพ, 2546)

การทดลองเลี้ยงลูกไก่ระยะ 70 วันแรกด้วยอาหารผสมเปลือกกุ้ง 5 ระดับ โดยใช้แกลบกุ้งแทนปลาป่นในระดับ 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ (ทำให้อาหารมีแกลบกุ้งเป็นส่วนผสมอยู่ 0, 4, 8, 12 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ผลปรากฏว่า ยิ่งใช้แกลบกุ้งในระดับที่สูงขึ้นจะยิ่งทำให้สมรรถภาพการผลิตต่ำลง และการใช้แกลบกุ้งแทนปลาป่นที่ระดับ 25 เปอร์เซ็นต์ จะให้ผลดีใกล้เคียงกับกลุ่มที่ใช้ปลาป่นล้วนทั้งในแง่อัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร (เยาวมาลย์, 2510 อ้างโดย วิเชียร, 2529)

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

ระยะเวลาที่ทำการวิจัยครั้งนี้ เริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2547 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2549

เริ่มดำเนินการทดลอง วันที่ 1 กันยายน 2547
เสร็จสิ้นการทดลอง วันที่ 30 ธันวาคม 2548

สถานที่ทำการทดลอง

ทำการเลี้ยงสุกรทดลอง ณ ฟาร์มสุกร สาขาการผลิตสุกร ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

ทำการตรวจวิเคราะห์โภชนะในอาหาร ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ สาขาอาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

อุปกรณ์การวิจัยและวิธีการวิจัย

อุปกรณ์การทดลอง

1. ใช้สุกรลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ดูรอค x ลาร์จไวท์ - แลนด์เรซ) ในการทดลองจำนวน 54 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นการทดลองประมาณ 30 กิโลกรัม เป็นเพศผู้ตอน 36 ตัว และ เพศเมีย 18 ตัว

2. อาหารสำหรับสุกรรุ่นน้ำหนัก 30–60 กิโลกรัม มีโปรตีนรวม 16 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงาน 3,150 Kcal ME/kg และสุกรขุนน้ำหนัก 60–90 กิโลกรัม มีโปรตีนรวม 14 เปอร์เซ็นต์ มีพลังงาน 3,100 Kcal ME/kg มีกรดอะมิโนที่จำเป็น แร่ธาตุ และวิตามิน ไม่ต่ำกว่าตามคำแนะนำของ NRC (1998) รวมอาหารสุกรจำนวนประมาณ 9,300 กิโลกรัม

3. เปลือกกุ้งป่น จำนวน 390 กิโลกรัม

4. เครื่องชั่งน้ำหนักสุกร ขนาด 500 กิโลกรัม (ละเอียด 100 กรัม) จำนวน 1 เครื่อง เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 50 กรัม (ละเอียด 0.01 กรัม) จำนวน 1 เครื่อง

5. กรงทดลองขนาด 1.5x2.0 ตารางเมตร พร้อมอุปกรณ์ให้น้ำและอาหารแบบอัตโนมัติ และอุปกรณ์ในการเลี้ยง เช่น ที่ตักอาหาร อุปกรณ์ทำความสะอาดและอื่น ๆ จำนวน 18 กรง

6. กรงทดลองหาความย่อยได้ (metabolism cage) พร้อมอุปกรณ์ให้น้ำอัตโนมัติ จำนวน 6 กรง

7. อุปกรณ์การจดบันทึก เช่น กระดาษ ดินสอ ปากกา สมุด ไม้บรรทัด เป็นต้น

8. เครื่องมือในการเก็บตัวอย่างเลือด จำนวน 108 ชุด

9. เครื่องมือพร้อมสารเคมีในการวิเคราะห์หาคอเลสเตอรอล

10. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส จำนวน 1 ตู้

11. เครื่องมือพร้อมสารเคมีในการวิเคราะห์หาปริมาณโภชนะในอาหารและมูล ด้วยวิธีการ proximate analysis

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาทดลองครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อย คือ

การทดลองที่ 1 ศึกษาการย่อยได้ของอาหารที่เสริมด้วยเปลือกกุ้ง

ทำการทดลอง 2 ระยะ เมื่อสุกรมีขนาดน้ำหนักตัวประมาณ 30 กิโลกรัม จำนวน 18 ตัว และน้ำหนักตัวประมาณ 60 กิโลกรัม จำนวน 18 ตัว โดยใช้สุกรเพศผู้ตอน ลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ดูรอก x ลาร์จไวท์ - แลนด์เรซ) ทำการสุ่มสุกรทดลองเข้าเลี้ยงในคอกหาการย่อยได้ (metabolic cages) โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Blocks Design (RCBD) แบ่งเป็น 6 กลุ่ม (treatment) ซึ่งประกอบด้วยสูตรอาหาร 6 สูตร และมี 3 blocks ดังมีรายละเอียดดังนี้

สูตรอาหารสุกรรุ่นขนาดน้ำหนักตัวประมาณ 30 กิโลกรัม อาหารมีโปรตีนรวม 16 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 3,150 Kcal ME/kg จำนวน 6 สูตรคือ

สูตรที่ 1 อาหารไม่ผสมเปลือกกุ้ง (control)

สูตรที่ 2 อาหารผสมเปลือกกุ้ง 3.00 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 อาหารผสมเปลือกกุ้ง 4.00 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4 อาหารผสมเปลือกกุ้ง 5.00 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 5 อาหารผสมเปลือกกุ้ง 6.00 เปอร์เซ็นต์
สูตรที่ 6 อาหารผสมเปลือกกุ้ง 7.00 เปอร์เซ็นต์

สูตรอาหารสุกรขุนขนาดน้ำหนักตัวประมาณ 60 กิโลกรัม อาหารมีโปรตีนรวม 14 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 3,100 Kcal ME/kg จำนวน 6 สูตรคือ

สูตรที่ 1 อาหารไม่ผสมเปลือกกุ้ง (control)
สูตรที่ 2 อาหารผสมเปลือกกุ้ง 3.00 เปอร์เซ็นต์
สูตรที่ 3 อาหารผสมเปลือกกุ้ง 4.00 เปอร์เซ็นต์
สูตรที่ 4 อาหารผสมเปลือกกุ้ง 5.00 เปอร์เซ็นต์
สูตรที่ 5 อาหารผสมเปลือกกุ้ง 6.00 เปอร์เซ็นต์
สูตรที่ 6 อาหารผสมเปลือกกุ้ง 7.00 เปอร์เซ็นต์

สุ่มสูตรอาหารให้กับสุกรทดลองในกลุ่ม โดยแบ่งได้ 6 กลุ่มการทดลอง ซึ่งแต่ละกลุ่มจะใช้ระยะเวลาในการทดลอง 7 วัน โดยข้อมูลที่ได้จะแตกต่างกันตามระยะเวลาที่ได้ทำการทดลอง ซึ่งในการทดลองการย่อยได้จะใช้เวลาในการปรับสูตรอาหาร 4 วัน ก่อนเก็บข้อมูล เพื่อให้สุกรคุ้นเคยกับอาหารแล้วจึงจะเก็บข้อมูลในวันที่ 5-7 โดยสุกรได้รับอาหารวันละ 2 เวลา (07.00 น. และ 16.30 น) ให้กินเต็มที่ประมาณ 1 ชั่วโมง และให้น้ำอย่างเต็มที่ตลอดเวลา ทำการจดบันทึกข้อมูลการกินของอาหารที่ให้ และทำการเก็บมูลของสุกรทดลองทุกตัว โดยจะเก็บใน 3 วันสุดท้ายของสัปดาห์ มูลแยกใส่ถุงปิดให้สนิทและเติมกรดซัลฟิวริค (H_2SO_4) ชั่งน้ำหนักและนำเข้าเก็บไว้ในตู้ที่มีอุณหภูมิ –20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

การวิเคราะห์ทางเคมี นำมูลสุกรที่ได้มาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60–70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง หรือตากแดดเป็นเวลา 2–3 วัน ชั่งน้ำหนักแล้วนำไปบดให้ละเอียด จากนั้นนำไปวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีเช่นเดียวกับอาหารทดลอง โดยการวิเคราะห์หาปริมาณโภชนะต่าง ๆ ในอาหารทดลองและมูลสุกรด้วยวิธีการ proximate analysis (นรินทร์ และเผ่าพงษ์. 2540) และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าการย่อยได้ของโภชนะชนิดต่าง ๆ

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

การทดลองที่ 2 ศึกษาการเจริญเติบโตและระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกร

ใช้สุกรลูกผสม 3 สายพันธุ์ (ดูรอค x ลาร์จไวท์ - แลนด์เรซ) ขนาดน้ำหนักตัวประมาณ 30 กิโลกรัม แบ่งเป็นเพศผู้ตอนจำนวน 18 ตัว และเพศเมียจำนวน 18 ตัว ทำการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Blocks Design (RCBD) ประกอบด้วย 6 กลุ่มทดลอง (treatment) ตามสูตรอาหาร และมี 3 blocks ทำการสุ่มสุกรทดลองเข้าเลี้ยงในคอกทดลองโดยการเข้าขังแยก เพศผู้ตอน กับเพศเมีย คอกละ 1 ชุด และสุ่มอาหารทดลองให้สุกรทดลองในแต่ละกลุ่ม โดยใช้สูตรอาหารทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

ระหว่างการเลี้ยงมีน้ำให้สุกรกินตลอดเวลา ทำการชั่งน้ำหนักตัว และจดบันทึกปริมาณการกินอาหารทุกสัปดาห์ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักเพิ่มเฉลี่ยต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ (FCR) และปริมาณอาหารที่กินต่อวันของสุกร เลี้ยงจนสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 60 กิโลกรัมจึงเปลี่ยนเป็นสูตรอาหารระยะที่ 2 (สุกรขุน) เลี้ยงจนสุกรมีน้ำหนักตัวประมาณ 90 กิโลกรัม จึงทำการสุ่มหรือเก็บข้อมูลสุกรทั้งหมด เพื่อคำนวณหาปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด น้ำหนักสุดท้าย จากนั้นทำการฆ่าชำแหละและศึกษาคุณภาพซากต่อไป ซึ่งสุกรทดลองทั้ง 2 ระยะจะได้รับการปฏิบัติดูแลเหมือนกันทุกอย่างตลอดการทดลอง

การเก็บตัวอย่างเลือดสุกร ทำการเก็บ 3 ครั้งโดยทำการเก็บในช่วงสุกรน้ำหนักประมาณ 30 กิโลกรัม 60 กิโลกรัม และ 90 กิโลกรัม โดยเก็บตรงบริเวณเส้นเลือดดำที่คอ และนำเข้าเก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

การวิเคราะห์หาระดับคอเลสเตอรอล ทำโดยใช้วิธีของ วรรณรัตน์ (2545) ซึ่งมีวิธีการดังนี้คือ

1. เตรียมหลอดทดลอง 4 หลอด หลอดที่ 1 เติมน้ำกลั่น หลอดที่ 2 เติมสารละลายมาตรฐานคอเลสเตอรอล หลอดที่ 3 และ 4 เติมพลาสมาที่ต้องการวิเคราะห์ หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร

2. เติม isopropanol หลอดละ 5 มิลลิกรัม เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

3. นำเฉพาะหลอดที่บรรจุพลาสมาไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที และดูดเอาเฉพาะส่วนใส 1 มิลลิลิตร มาใส่หลอดทดลองใหม่

4. เติม glacial acetic acid 3 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด เขย่าให้เข้ากัน แล้วเติม iron reagent 0.3 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 3 มิลลิลิตร ผสมสารละลายแต่ละหลอดให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมแบบสั่นสะเทือน (vortex mixer) ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที

5. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร โดยใช้หลอดที่ 1 ปรับค่าการดูดกลืนแสงเป็นศูนย์ แล้วคำนวณความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในพลาสมา

คอเลสเตอรอลรวมเป็น มก./100 มล. $= \frac{Au \times C_s}{As}$

เมื่อ Au เป็นค่าการดูดกลืนแสงจากปริมาณคอเลสเตอรอลในพลาสมา

As เป็นค่าการดูดกลืนแสงจากสารละลายมาตรฐานคอเลสเตอรอล

C_s เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานคอเลสเตอรอล (200 มก./100 มล.)

การวิเคราะห์หาระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ทำโดยใช้วิธีของ วรรณรัตน์ (2545) เช่นเดียวกัน ซึ่งมีวิธีการดังนี้คือ

1. เตรียมหลอดทดลอง 4 หลอด หลอดที่ 1 เติมน้ำกลั่น หลอดที่ 2 เติมสารละลายมาตรฐานไตรโอเลอีน หลอดที่ 3 และ 4 เติมพลาสมาที่ต้องการวิเคราะห์ หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร

2. เติม isopropanol หลอดละ 5 มิลลิลิตร และผงอลูมินา (alumina) หลอดละประมาณ 400 มิลลิกรัม (หนึ่งช้อนเล็ก) เขย่าแรง ๆ หลาย ๆ ครั้ง แล้วตั้งทิ้งไว้ 15 นาที

3. นำหลอดทั้งหมดไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที และดูดเอาเฉพาะส่วนใส (Supernatant) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร มาใส่หลอดทดลองใหม่ 4 หลอด

4. เติม alcoholic KOH 0.6 มิลลิลิตร ลงในสารละลายใสแต่ละหลอด นำไปแช่ในอ่างอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

5. เติมสารละลาย sodium periodate หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

6. เติมสารละลาย acetylacetone หลอดละ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน นำไปแช่ในอ่างน้ำอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

7. วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแต่ละหลอดที่ความยาวคลื่น 405 นาโนเมตร โดยใช้หลอดที่ 1 ตั้งค่าการดูดกลืนแสงเป็นศูนย์ แล้วคำนวณความเข้มข้นของไตรกลีเซอร์ไรด์ในพลาสมา

ไตรกลีเซอร์ไรด์รวมเป็น มก./100 มล. $= \frac{Au \times C_s}{As}$

เมื่อ Au เป็นค่าการดูดกลืนแสงจากปริมาณไตรกลีเซอร์ไรด์ในพลาสมา

As เป็นค่าการดูดกลืนแสงจากสารละลายมาตรฐานไตรกลีเซอร์ไรด์

C_s เป็นค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไตรกลีเซอร์ไรด์ (200 มก./100 มล.)

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบในสูตรอาหารสุกรทดลอง สุกรรุ่น (ระยะ 30–60 กิโลกรัม)

รายการวัตถุดิบ	สูตรอาหารทดลอง (กิโลกรัม)					
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6
ข้าวโพด	37.45	37.30	37.04	37.09	36.51	36.24
ปลายข้าว	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
รำละเอียด	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
เปลือกกุ้งบดละเอียด	0.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
กากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์	15.05	12.70	11.96	11.16	10.49	9.76
ปลาป่น 60 เปอร์เซ็นต์	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
ไขมันสัตว์	2.00	2.00	2.00	2.00	2.25	2.25
ไดแคลเซียม	1.50	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75
แอล–ไลซีน	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ดีแอล–เมทไธโอนีน	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
เกลือ	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ส่วนประกอบทางเคมีโดยการคำนวณ (เปอร์เซ็นต์)						
โปรตีน	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
แคลเซียม	0.66	0.63	1.03	1.09	1.21	1.33
ฟอสฟอรัส	0.69	0.63	0.64	0.60	0.61	0.62
ไลซีน	1.00	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
เมทไธโอนีน + ซีสทีน	0.73	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
ทรีปโตเฟน	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17
ทรีโอนีน	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
พลังงาน Kcal ME/kg	3149	3143	3137	3137	3145	3138

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบในสูตรอาหารสุกรทดลอง สุกรขุน (ระยะ 60–90 กิโลกรัม)

รายการวัตถุดิบ	สูตรอาหารทดลอง (กิโลกรัม)					
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	สูตร 6
ข้าวโพด	44.56	44.09	43.83	43.89	43.30	43.36
ปลายข้าว	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
รำละเอียด	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
เปลือกกุ้งบดละเอียด	0.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00
กากถั่วเหลือง 44 เปอร์เซ็นต์	8.44	6.16	5.42	4.61	3.95	3.14
ปลาป่น 60 เปอร์เซ็นต์	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
ไขมันสัตว์	1.75	1.75	1.75	1.75	2.00	2.00
ไดแคลเซียม	1.25	1.00	1.00	0.75	0.75	0.50
แอล–ไลซีน	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ดีแอล–เมทไธโอนีน	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
เกลือ	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
พรีมิกซ์	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
รวม	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
ส่วนประกอบทางเคมีโดยการคำนวณ (เปอร์เซ็นต์)						
โปรตีน	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
แคลเซียม	0.58	0.89	1.01	1.07	1.20	1.26
ฟอสฟอรัส	0.69	0.67	0.68	0.65	0.66	0.62
ไลซีน	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.84
เมทไธโอนีน + ซีสทีน	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
ทรีปโตเฟน	0.15	0.15	0.14	0.14	0.14	0.14
ทรีโอนีน	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
พลังงาน Kcal ME/kg	3100	3088	3082	3082	3089	3090

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาหาความย่อยได้ของอาหาร

ความย่อยได้ของสุกรที่ระยะ 30 กิโลกรัม

การศึกษาผลของการใช้เปลือกกุ้งป่นในอาหารต่อความย่อยได้ของสิ่งแห้ง ความย่อยได้ของสิ่งแห้งในอาหารทดลองที่เสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นระดับต่าง ๆ กัน 6 ระดับคือ 0, 3, 4, 5, 6 และ 7 เปอร์เซ็นต์ในอาหารนั้น ผลการทดลองได้แสดงในตารางที่ 5 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีแนวโน้มว่า สูตรอาหารทดลองที่ 3 และสูตรอาหารที่ 2 มีค่าความย่อยได้ของสิ่งแห้งดีที่สุดคือ 91.89 และ 91.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของโปรตีน ความย่อยได้ของโปรตีนในอาหารทดลอง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสังเกตุได้ว่าที่สูตรการทดลองที่ 3 มีแนวโน้มที่มีค่าความย่อยได้ของโปรตีนดีที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสูตรอาหารที่ 1, 2, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 82.96, 88.22, 86.31, 87.13 และ 87.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของไขมัน ความย่อยได้ของไขมันในอาหารทดลองที่เสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นระดับต่าง ๆ กันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งมีแนวโน้มว่าสูตรอาหารทดลองที่ 2 มีค่าความย่อยได้ของไขมันดีที่สุดคือ 88.09 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่รองลงมาก็คือสูตรอาหารทดลองที่ 6 และ 4 มีค่าความย่อยได้เท่ากับ 87.81 และ 87.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของเยื่อใย ความย่อยได้ของเยื่อใยในอาหาร พบว่า มีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยกลุ่มควบคุม มีค่าความย่อยได้ของเยื่อใยต่ำที่สุดคือ 64.43 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสูตรอาหารที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 นั้นมีค่าเท่ากับ, 73.62, 70.80, 68.85, 76.73 และ 74.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของเถ้าและฟอสฟอรัส ความย่อยได้ของเถ้าและฟอสฟอรัสในอาหารทดลองผลปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีแนวโน้มว่ากลุ่มควบคุม มีค่าความย่อยได้ของทั้งเถ้าและฟอสฟอรัสดีที่สุดคือ 67.56 และ 49.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนรองลงมาก็คือ สูตรอาหารที่ 3 มีค่าเท่ากับ 64.07 และ 45.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของแคลเซียม ความย่อยได้ของแคลเซียมในอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งพบว่ามีแนวโน้มที่สูตรอาหารที่ 3 มีค่าความย่อยได้ของแคลเซียม

มากที่สุดคือ 79.13 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มควบคุม และสูตรอาหารที่ 2, 4, 5 และ6 นั้นมีค่าเท่ากับ 68.30, 66.95, 65.05, 66.17 และ 68.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของพลังงานและไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก ค่าความย่อยได้ของพลังงานและไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกในอาหารทดลองนั้น ผลปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสูตรอาหารที่ 3 มีแนวโน้มให้ค่าความย่อยได้ของทั้งพลังและไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก ดีที่สุดคือ 91.89 และ 96.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสูตรอาหารที่ 6 และ 3 มีค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรดดีที่สุดคือ 89.34 และ 89.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของสุกรที่ระยะ 60 กิโลกรัม

ความย่อยได้ของสิ่งแห้ง ความย่อยได้ของสิ่งแห้งในอาหารทดลองที่เสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นระดับต่าง ๆ กัน ผลการทดลองได้แสดงในตารางที่ 6 พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีแนวโน้มว่า สูตรอาหารที่ 3 และสูตรอาหารที่ 4 มีค่าความย่อยได้ของสิ่งแห้งดีที่สุดคือ 91.14 และ 90.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของโปรตีน ความย่อยได้ของโปรตีนในอาหารทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบว่าได้ว่าที่สูตรการทดลองที่ 4 และ 3 มีแนวโน้มที่มีค่าความย่อยได้ของโปรตีนดีที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 87.87 และ 87.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มควบคุมและสูตรอาหารที่ 2, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 85.04, 84.96, 86.48 และ 86.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของไขมัน ความย่อยได้ของไขมันในอาหารทดลองที่เสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นระดับต่าง ๆ กัน พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสูตรอาหารทดลองที่ให้ค่าความย่อยได้ของไขมันดีที่สุดคือสูตรอาหารที่ 4 มีค่าเท่ากับ 82.69 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มควบคุม มีค่าความย่อยได้ของไขมันได้เพียง 69.14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในสูตรอาหารทดลองอื่น ๆ มีค่าความย่อยได้ของไขมันเท่ากับ 76.18, 79.75, 78.98 และ 72.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของเยื่อใย ความย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารทดลอง พบว่ามีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยกลุ่มควบคุม มีค่าความย่อยได้ของเยื่อใยต่ำที่สุดเช่นเดียวกับช่วงการทดลองที่สุกรระยะ 30 กิโลกรัมคือ 65.27 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสูตรอาหารที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 นั้นมีค่าเท่ากับ 70.73, 72.55, 72.83, 74.91 และ 70.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของเถ้าและฟอสฟอรัส ความย่อยได้ของเถ้าและฟอสฟอรัสในอาหารทดลอง ผลปรากฏว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีแนวโน้มว่ากลุ่ม

ควบคุม มีค่าความย่อยได้ของทั้งเถ้าและฟอสฟอรัสดีที่สุดคือ 62.59 และ 38.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของแคลเซียม ความย่อยได้ของแคลเซียมในอาหารมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) ซึ่งพบว่าสูตรอาหารทดลองที่ 2 มีค่าความย่อยได้ของแคลเซียมมากที่สุดคือ 77.91 เปอร์เซ็นต์ และสูตรอาหารที่มีค่าความย่อยได้ของแคลเซียมต่ำที่สุดคือ กลุ่มควบคุม ซึ่งมีเพียง 47.94 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสูตรอาหารที่ 3, 4, 5 และ6 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.18, 58.16, 69.60 และ 70.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ความย่อยได้ของพลังงานและไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก ค่าความย่อยได้ของพลังงานและไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกในอาหารทดลองนั้น ผลปรากฏว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสูตรอาหารที่ 3 มีแนวโน้มให้ค่าความย่อยได้ของทั้งพลังงานและไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก ดีที่สุดเช่นเดียวกับการทดลองเลี้ยงในช่วงสุกรระยะ 30 กิโลกรัมคือ 91.00 และ 96.36 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยสูตรอาหารที่ 3 มีค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรดดีที่สุดคือ 90.83 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มควบคุมและสูตรอาหารทดลองที่ 2, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 84.38, 86.40, 87.28, 89.42 และ 85.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ที่ระยะการทดลอง 30 กิโลกรัม มีความย่อยได้ของ สิ่งแห้ง โปรตีน เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส เถ้าที่ไม่ละลายในกรด ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และพลังงาน โดยสูตรอาหารที่ 3 และกลุ่มควบคุม มีแนวโน้มว่าจะมีความย่อยได้ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม งานทดลองศึกษาความย่อยได้ของโปรตีนในครั้งนี้ ได้ขัดแย้งกับงานทดลองของ วิเชียร (2529) ที่ได้กล่าวไว้ดังนี้คือ การใช้แกลบกุ้งในระดับที่สูงขึ้นกว่าระดับควบคุม จะทำให้ความย่อยได้ของโปรตีนลดลง ซึ่งวิเชียร (2529) ยังกล่าวอีกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุใหญ่ ๆ 2 ประการคือ แกลบกุ้งมีไคติน ซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนรวมอยู่ด้วย จึงทำให้สัตว์แทบไม่สามารถย่อยได้เลย และอีกประการหนึ่งก็คือ เมื่อเปลือกกุ้งมีเยื่อใยสูงจะเป็นผลให้ความย่อยได้ของโปรตีนจะลดลง

ส่วนความย่อยได้ของเยื่อใย สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 มีค่าการย่อยได้สูงที่สุด ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากเปลือกกุ้งมีเยื่อใยเพิ่มขึ้นตามระดับของสูตรอาหาร ซึ่งได้มีผู้ทดลองไว้และเป็นที่ยอมรับกันว่า อาหารที่มีเยื่อใยเพิ่มขึ้นจะทำให้ความย่อยได้ของเยื่อใยเพิ่มสูงขึ้น (วิเชียร, 2529 และ Angel, 1935) แต่ความย่อยได้ของอาหารที่กินจะลดลง (Eggum *et al.*, 1982) ซึ่งอาหารสุกรระยะเจริญเติบโตไม่ควรให้มีเยื่อใยเกินกว่า 5-6 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร (วินัย, 2527) สุกรจึงจะมีประสิทธิภาพในการย่อยอาหารได้ดีที่สุด ส่วนที่ระยะการทดลอง 60 กิโลกรัม พบว่า มีความย่อยได้

เหมือนกันกับที่ระยะ 30 กิโลกรัม ในส่วนของความย่อยได้ของสิ่งแห้ง ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และพลังงาน ซึ่งสูตรอาหารที่ 3 มีค่าความย่อยได้สูงที่สุด ส่วนความย่อยได้ของเยื่อใย สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 มีค่าการย่อยได้สูงที่สุดซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในช่วงของสุกรระยะ 30 กิโลกรัมเช่นกัน แนวโน้มของผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า สูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) มีค่าการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ สูงที่สุด และในขณะที่ อาหารที่มีระดับเปลือกกุ้งเพิ่มมากขึ้นการย่อยได้ของเยื่อใยก็จะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ วิเชียร (2529) และ Angel (1935) กล่าวไว้ว่า การใช้แกลบกุ้งเสริมลงในอาหารที่เหมาะสม ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ จะมีค่าการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ดีที่สุด และการใช้แกลบกุ้งเพิ่มสูงขึ้นจะมีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะบางตัวลดลง การเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการเปลี่ยนแปลงอาหารลดต่ำลง แต่อย่างไรก็ตาม การทดลองครั้งนี้อาจเนื่องจาก สุกรไม่สามารถย่อยและใช้ประโยชน์จากอาหารได้ดีเท่าที่ควร เพราะว่าได้ใช้ระยะเวลาการปรับตัวของสุกรเพียง 4 วันและเก็บข้อมูลอีก 3 วัน ซึ่งระยะเวลาที่ใช้ในการปรับตัวของสุกรอาจจะสั้นเกินไป จึงทำให้สุกรปรับตัวให้คุ้นเคยกับอาหารได้ไม่ดีเท่าที่ควร อาจส่งผลกระทบให้ค่าการทดลองที่ได้คลาดเคลื่อนได้

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาความสามารถในการย่อยได้ของสุกรระยะ 30 กิโลกรัม

	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	SEM
ความย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%)	90.21	91.37	91.89	91.19	90.48	90.35	0.88
ความย่อยได้ของโปรตีน (%)	82.96	88.22	88.89	86.31	87.13	87.73	1.28
ความย่อยได้ของไขมัน (%)	85.48	88.09	86.30	87.65	83.75	87.81	1.22
ความย่อยได้ของเยื่อใย (%)[1]	64.43[b]	73.62[a]	70.80[ab]	68.85[ab]	76.73[a]	74.91[a]	2.46
ความย่อยได้ของเถ้า (%)	67.56	58.64	64.07	54.79	62.34	51.33	4.46
ความย่อยได้ของแคลเซียม (%)	68.31	66.95	79.13	65.05	66.16	68.09	4.81
ความย่อยได้ของฟอสฟอรัส (%)	49.45	41.07	45.42	31.09	37.23	44.48	6.90
ความย่อยได้ของพลังงาน (%)	90.00	91.53	91.89	91.19	90.37	90.56	0.88
ความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด(%)	85.73	87.65	89.16	86.05	86.85	89.34	1.29
ความย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก(%)	95.63	96.05	96.46	95.95	95.65	95.49	0.54

[1] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันมีอักษรต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 6 ผลการศึกษาความสามารถในการย่อยได้ของสุกรระยะ 60 กิโลกรัม

	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6	SEM
ความย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%)	89.32	90.28	91.14	90.77	89.86	88.67	0.67
ความย่อยได้ของโปรตีน (%)	85.04	84.96	87.50	87.87	86.49	86.11	1.10
ความย่อยได้ของไขมัน (%)[1]	69.14 ^{c}	76.18 ^{abc}	79.75 ^{ab}	82.69 ^{a}	78.98 ^{ab}	72.28 ^{bc}	2.31
ความย่อยได้ของเยื่อใย (%)	65.27	70.72	72.55	72.83	74.92	70.74	2.70
ความย่อยได้ของเถ้า (%)	50.12	57.03	57.14	55.99	57.93	62.59	3.25
ความย่อยได้ของแคลเซียม (%)[2]	47.94 ^{c}	77.91 ^{a}	66.18 ^{ab}	58.16 ^{bc}	69.60 ^{ab}	70.98 ^{ab}	3.49
ความย่อยได้ของฟอสฟอรัส (%)	22.35	32.21	30.29	34.48	19.03	38.48	5.40
ความย่อยได้ของพลังงาน (%)	88.79	90.09	91.00	90.54	89.35	88.91	0.67
ความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (%)[2]	84.38 ^{c}	86.40 ^{bc}	90.83 ^{a}	87.28 ^{abc}	89.42 ^{ab}	85.13 ^{c}	0.83
ความย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก(%)	95.69	96.12	96.36	95.99	95.38	95.36	0.38

[1] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันมีอักษรต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[2] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันมีอักษรต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

การทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

1. การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโต

จากการศึกษาผลของการเสริมเปลือกกุ้งป่นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกรขุน (ที่น้ำหนักตัวเริ่มต้น 30 กิโลกรัม ถึงน้ำหนัก 90 กิโลกรัมก่อนส่งตลาด) โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงการทดลอง 30 กิโลกรัม ถึง 60 กิโลกรัม และ 60 กิโลกรัม ถึง 90 กิโลกรัม ใช้อาหารทดลอง 6 สูตรที่มีระดับเปลือกกุ้งป่น 6 ระดับคือ 0, 3, 4, 5, 6 และ 7 เปอร์เซ็นต์ในอาหารนั้น แสดงไว้ในตารางที่ 7 พบว่า ทั้ง 2 ช่วงการทดลองการเสริมเปลือกกุ้งป่นมีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ทั้งนี้มีแนวโน้มว่า สูตรอาหารที่ 2 มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีที่สุดในช่วงแรกคือ 32.42 กิโลกรัมต่อตัวและสูตรอาหารที่ 6 มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีที่สุดในช่วงที่ 2 ของการเลี้ยงคือ 29.14 กิโลกรัมต่อตัว ส่วนการเสริมเปลือกกุ้งป่นตลอดระยะเวลาการเลี้ยงนั้น มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสูตรอาหารที่ดีที่สุดคือสูตรที่ 2 มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มเท่ากับ 60.08 กิโลกรัมต่อตัว

ระยะเวลาในการเลี้ยง การให้อาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นนั้น พบว่า ทั้ง 2 ช่วงการทดลองมีผลต่อระยะเวลาในการเลี้ยงอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยในช่วงการทดลองแรกนั้นกลุ่มควบคุมและสูตรอาหารทดลองที่ 3 ใช้ระยะเวลาการเลี้ยงน้อยที่สุดคือ 45.50 วัน ส่วนในช่วงการทดลองที่ 2 นั้น สูตรที่มีแนวโน้มในการใช้เวลาเลี้ยงสั้นที่สุดคือ สูตรอาหารที่ 3 คือ 35 วัน สรุปตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ในส่วนของระยะเวลาในการเลี้ยงมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสูตรที่ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 3 มีระยะเวลาการเลี้ยง 80.50 วัน ตามลำดับ ซึ่งสุกรที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารทดลองที่ 6 จะใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงนานที่สุดถึง 103 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากว่า สุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรที่ 6 มีปริมาณการกินอาหารต่อวันที่น้อยกว่า มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่าและจึงมีผลให้อัตราการแลกเนื้อที่สูงกว่าด้วย และวินัย (2527) ก็ได้กล่าวไปในทำนองเดียวกันว่าถ้าหากเป็นการเลี้ยงในสภาวะอากาศเขตร้อน ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการกินอาหารนั้น ขึ้นกับอุณหภูมิระหว่างเลี้ยงด้วย โดยถ้าเป็นการเลี้ยงในเขตร้อนก็ย่อมทำให้สุกรกินอาหารลดลง และโตช้ากว่าเป็นธรรมดา

ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน การให้สุกรได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นนั้น จากการศึกษาพบว่า ในช่วงการทดลองแรกนั้น ปริมาณอาหารที่กินต่อวันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยสูตรอาหารที่ 3 จะมีปริมาณการกินอาหารต่อวันมากที่สุดคือ 2.242 กิโลกรัม ส่วนกลุ่มควบคุมและสูตรอาหารที่ 2, 4, 5 และ 6 มีปริมาณการกินอาหารเท่ากับ 1.988, 2.023, 2.165, 2.036 และ 1.929 กิโลกรัม ตามลำดับ และช่วงการทดลองที่ 2 ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน มี

ความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีแนวโน้มว่าสูตรอาหารที่มีปริมาณการกินต่อวันมากที่สุดต่อวันคือสูตรอาหารที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2.412 กิโลกรัม สรุปตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ในส่วนของปริมาณอาหารที่กินต่อวัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยสูตรอาหารที่มีปริมาณการกินอาหารมากที่สุดคือ สูตรอาหารที่ 3 เท่ากับ 2.308 กิโลกรัม ส่วนกลุ่มควบคุมและสูตรอาหารที่ 2, 4, 5 และ 6 มีปริมาณการกินอาหารต่อวันเท่ากับ 2.044, 2.217, 2.274, 2.166 และ 2.093 กิโลกรัม ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ซึ่งการทดลองครั้งนี้ได้ขัดแย้งกับการทดลองของ วิเชียร (2529) ที่กล่าวไว้ว่าสุกรที่ได้รับแกลบกุ้งในระดับสูงขึ้นจะมีปริมาณการกินอาหารสูงขึ้นด้วย แต่ในการทดลองครั้งนี้ปริมาณการกินอาหารต่อวันมากที่สุดจะอยู่ในสุกรที่ได้รับสูตรอาหารที่ 2 และสูตรอาหารที่ 3 จึงทำให้สุกรที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารทั้ง 2 สูตรนี้ มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุดเช่นกัน

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน การให้อาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่น ผลปรากฏว่า ในช่วงระยะการเลี้ยงช่วงแรก อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสูตรอาหารที่ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีที่สุดคือ 0.668 กรัม ส่วนกลุ่มควบคุมและสูตรอาหารที่ 3, 4, 5 และ 6 นั้นมีค่าเท่ากับ 0.662, 0.659, 0.591, 0.566 และ 0.503 กรัม ตามลำดับ ส่วนในช่วงการทดลองที่ 2 อัตราการเจริญเติบโตต่อวันมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสูตรอาหารที่ 3 มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีที่สุดคือ 0.817 กรัม ซึ่งเมื่อสรุปตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ในส่วนของอัตราการเจริญเติบโตต่อวันนั้น ก็พบว่า มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสูตรที่มีอัตราการเจริญดีที่สุดคือสูตรอาหารทดลองที่ 3 คือ 0.738 กรัม ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ วิเชียร (2529) ที่ว่าสุกรทุกกลุ่มการทดลองเมื่อเลี้ยงด้วยแกลบกุ้งจะมีอัตราการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันในทุก ๆ กลุ่ม

อัตราการแลกเนื้อ การเสริมอาหารด้วยเปลือกกุ้งป่นในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อ ในช่วงแรก พบว่า อัตราการแลกเนื้อมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยกลุ่มควบคุม มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุดเท่ากับ 3.003 ส่วนสูตรอาหารที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 3.028, 3.402, 3.663, 3.597 และ 3.835 ตามลำดับ ส่วนช่วงการทดลองที่ 2 นั้นพบว่า การเสริมอาหารด้วยเปลือกกุ้งป่นในอาหารต่ออัตราการแลกเนื้อ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยมีแนวโน้มว่า สูตรอาหารที่ 3 มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุดคือ 2.906 สรุปตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ในส่วนของอัตราการแลกเนื้อ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสูตรอาหารที่ 3 มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุดเท่ากับ 3.163 ส่วนสูตรอาหารอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 3.276, 3.178, 3.284, 3.307 และ 3.602 ตามลำดับ

ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม การเลี้ยงด้วยอาหารเสริมเปลือกกุ้งป่นต่อต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมนั้น ปรากฏว่า ช่วงการทดลองแรก ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยกลุ่มควบคุม มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุดคือ 26.21 บาท ในช่วงการทดลองที่ 2 พบว่า ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยที่สูตรอาหารที่ 3 มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุดคือ 25.30 บาท ส่วนกลุ่มควบคุมและสูตรอาหารทดลองที่ 2, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 29.80, 28.21, 26.21, 27.33 และ 30.50 บาท ตามลำดับ สรุปตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ในส่วนของต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยกลุ่มควบคุม มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุดคือ 27.81 บาท ส่วนสูตรอาหารที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 27.84, 28.13, 29.51, 30.00 และ 33.12 บาท ตามลำดับ ซึ่งจะสอดคล้องกับการทดลองของวิเชียร (2529) และ Angel (1935) ได้กล่าวไว้ว่า สูตรอาหารที่เสริมด้วยแกลบกุ้งจะมีต้นทุนสูงกว่ากลุ่มควบคุม เพราะว่าต้องมีการเสริมฟอสฟอรัสเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของสุกรมากขึ้น และอาจเกิดจากการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารที่ลดลง และจะเติบโตดีในช่วงแรกแล้วจะลดลงในช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ก็ได้ขัดแย้งกับงานทดลองของ ปิยะบุตร (2543) ที่กล่าวไว้ว่าเมื่อสุกรได้รับการเสริมไคโตซาน จะส่งผลให้สุกรมีสุขภาพดีขึ้น จึงอาจจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้

2. ระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด

2.1 ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม พบว่าคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัมมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยสูตรอาหารที่ 2 จะมีระดับคอเลสเตอรอลน้อยที่สุดในช่วงแรกของการเลี้ยงคือ 158.30 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร ส่วนกลุ่มควบคุมและสูตรอาหารที่ 3, 4, 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 199.10, 192.33, 171.97, 182.43 และ 165.70 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ

ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม ปรากฏว่าระดับคอเลสเตอรอลในเลือดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสูตรอาหารทดลองที่ 6 และ 5 นั้นมีค่าที่ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลต่ำที่สุดคือ 97.67 และ 135.97 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร ส่วนกลุ่มควบคุมและสูตรอาหารที่ 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 181.60, 200.27, 190.37 และ 203.03 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ

ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม พบว่า ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เช่นเดียวกับระดับคอเลสเตอรอลที่ระยะ 60 กิโลกรัม โดยสูตรอาหารที่ 6 มีค่าระดับคอเลสเตอรอลต่ำที่สุดคือ 110.13 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร ส่วนสูตรอาหารที่ 5, 4, 3, 2 และกลุ่มควบคุม มีค่าระดับคอเลสเตอรอลลดลงตามลำดับคือ 124.90, 140.47, 143.07, 161.60 และ 187.93 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 9

2.2 ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด

ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม พบว่า ไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยสูตรอาหารที่มีค่าระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ต่ำสุดคือ สูตรอาหารที่ 5 และ 6 มีค่าเท่ากับ 63.67 และ 99.30 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร ส่วนกลุ่มควบคุมและสูตรอาหารที่ 2, 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 114.90, 121.97, 162.43 และ 137.10 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ

ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม ผลปรากฏว่า ระดับไตรกรีเซอร์ไรด์ในเลือดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ซึ่งสูตรอาหารที่ทำให้ระดับไตรกรีเซอร์ไรด์มีค่าลดต่ำที่สุดคือสูตรอาหารที่ 6 มีค่าเท่ากับ 71.03 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร และรองลงมาก็คือสูตรอาหารที่ 5 มีค่าเท่ากับ 100.00 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร

ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม พบว่า ไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่าสูตรอาหารที่ 6 สามารถทำให้ระดับไตรกรีเซอร์ไรด์ต่ำที่สุดคือ 99.23 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร ส่วนกลุ่มควบคุมและสูตรอาหารที่ 2, 3, 4 และ 5 นั้นมีค่าเท่ากับ 127.73, 110.33, 129.97, 111.67 และ 119.10 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 10

ซึ่งสังเกตุเห็นว่า สุกรขุนที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นนั้น จะสามารถทำให้ระดับของคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอร์ไรด์ลดต่ำลงตลอดช่วงอายุการเลี้ยง โดยจะลดลงตามระดับของการเสริมเปลือกกุ้งที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลมาจากในเปลือกกุ้ง มีสารที่เรียกว่า ไคโตซาน ซึ่งสามารถที่จะช่วยในการจับไขมันในกระแสเลือดให้ตกตะกอนออกนอกร่างกาย (ปิยะบุตร, 2544) จึงส่งผลให้คอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอร์ไรด์ลดลงด้วย ซึ่งจะสอดคล้องกับงานทดลองของ สุคีพ (2546) ที่กล่าวไว้ว่า การเสริมไคโตซานในอาหารไก่เนื้อ ที่ระดับ 0.6 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร สามารถที่จะลดปริมาณไขมันช่องท้อง รวมทั้งคอเลสเตอรอลในซีรั่มได้

ตารางที่ 7 ผลการศึกษาด้านสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร

	สูตรอาหารที่ 1	สูตรอาหารที่ 2	สูตรอาหารที่ 3	สูตรอาหารที่ 4	สูตรอาหารที่ 5	สูตรอาหารที่ 6	SEM
น้ำหนักสุกรเริ่มต้นการทดลอง (Kg)	30.83	29.75	31.33	30.58	31.58	28.42	1.33
น้ำหนักสุกรที่ระยะ 60 กิโลกรัม	60.83	62.17	59.75	58.75	58.92	58.33	0.88
น้ำหนักสุกรสิ้นสุดการทดลอง (Kg)	87.83	89.83	87.83	87.00	86.67	87.50	1.22
ระยะเวลาในการเลี้ยงที่ ระยะ 30 – 60 กิโลกรัม	45.50	49.00	45.50	49.00	49.00	59.50	4.07
ระยะเวลาในการเลี้ยงที่ ระยะ60 – 90 กิโลกรัม	47.83	39.67	35.00	36.17	37.33	44.33	4.62
ระยะเวลาในการเลี้ยงที่ ตลอดการทดลอง	93.33	88 67	80.50	85.17	85.17	103 83	5.72
น้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ ระยะ 30 – 60 กิโลกรัม	30.00	32.42	28.42	28.17	27.50	29.92	1.76
น้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ ระยะ 60 - 90 กิโลกรัม	27 00	27.67	28.08	28.25	27.75	29.17	1.47
น้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นตลอดระยะ การทดลอง (Kg)	57.00	60.08	56.50	56.42	55.25	59.08	1.36
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ใน การเลี้ยงที่ระยะ 30 – 60 กิโลกรัม [1]	1.988 [bc]	2.023 [bc]	2.242 [a]	2.165 [ab]	2.036 [bc]	1.929 [c]	5.85
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ใน การเลี้ยงที่ระยะ 60 – 90 กิโลกรัม	2 100	2.412	2 374	2 383	2.296	2.258	8 66

[1] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันมีอักษรต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 8 (ต่อ)

	สูตรอาหารที่ 1	สูตรอาหารที่ 2	สูตรอาหารที่ 3	สูตรอาหารที่ 4	สูตรอาหารที่ 5	สูตรอาหารที่ 6	SEM
ปริมาณอาหารที่กินต่อวันตลอดระยะการทดลอง (Kg)[2]	2.044 [c]	2.217 [ab]	2.308 [a]	2 274 [ab]	2.166 [bc]	2.093 [c]	0.04
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30 - 60 กิโลกรัม	0.662	0.668	0.659	0.591	0.566	0.503	3.99
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 60 – 90 กิโลกรัม	0 607	0.737	0.817	0.801	0 744	0.670	4.88
อัตราการเจริญเติบโตต่อวันตลอดระยะการทดลอง (Kg)	0.635	0.702	0.738	0.696	0.655	0.586	3.48
อัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยงที่ระยะ 30 – 60 กิโลกรัม	3.003	3.028	3.402	3.663	3.597	3.835	0.28
อัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยงที่ระยะ 60 – 90 กิโลกรัม	3.460	3.273	2.906	2.975	3 086	3.370	0.24
อัตราการแลกเนื้อตลอดระยะการทดลอง (Kg)	3.219	3.158	3.127	3.267	3.307	3.572	0.20

[2] ค่าเฉลี่ยในแนวนอนเดียวกันมีอักษรต่างกัน แสดงถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ตารางที่ 9 ผลการศึกษาระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรขุน

	น้ำหนัก 30 กก.	น้ำหนัก 60 กก.[1]	น้ำหนัก 90 กก.[1]
สูตรอาหารที่ 1	199.10	181.60 [a]	187.93 [a]
สูตรอาหารที่ 2	158.30	200.27 [a]	161.60 [ab]
สูตรอาหารที่ 3	192.33	190.37 [a]	143.07 [abc]
สูตรอาหารที่ 4	171.97	203.03 [a]	140.47 [abc]
สูตรอาหารที่ 5	182.43	135.97 [ab]	124.90 [bc]
สูตรอาหารที่ 6	165.70	97.67 [b]	110.13 [c]
SEM	13.03	23.12	14.91

[1] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน มีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 10 ผลการศึกษาระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในสุกรขุน

	น้ำหนัก 30 กก.[2]	น้ำหนัก 60 กก.[1]	น้ำหนัก 90 กก.
สูตรอาหารที่ 1	114.90 [b]	128.87 [ab]	127.73
สูตรอาหารที่ 2	121.97 [ab]	169.50 [a]	110.33
สูตรอาหารที่ 3	162.43 [a]	154.80 [a]	129.97
สูตรอาหารที่ 4	137.10 [ab]	130.50 [ab]	111.67
สูตรอาหารที่ 5	63.67 [c]	100.00 [bc]	119.10
สูตรอาหารที่ 6	99.30 [bc]	71.03 [c]	99.23
SEM	9.70	15.32	17.34

[1] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน มีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

[2] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกัน มีอักษรต่างกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

ผลของการเสริมเปลือกกุ้งป่นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรขุน การศึกษาทดลองในครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลองย่อย ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาหาความย่อยของอาหาร

ความย่อยได้ของสุกรระยะ 30 กิโลกรัม

1. ความย่อยได้ของสิ่งแห้ง โปรตีน ไขมัน เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส เถ้าที่ไม่ละลายในกรด ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และพลังงาน ของสุกรขุนที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นนั้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) มีค่าความย่อยได้ดีที่สุดในส่วนของ สิ่งแห้ง โปรตีน แคลเซียม ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และพลังงาน ส่วนค่าความย่อยได้ของไขมัน สูตรอาหารที่มีค่าความย่อยได้ดีที่สุดคือสูตรอาหารที่ 2 (เปลือกกุ้ง 3 เปอร์เซ็นต์) สำหรับค่าความย่อยได้ของเถ้า ฟอสฟอรัส นั้นกลุ่มควบคุม มีค่าความย่อยได้ดีที่สุดแต่ก็ไม่ต่างกับสูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) มากนัก ส่วนเถ้าที่ไม่ละลายในกรดนั้น สูตรที่มีค่าความย่อยได้ดีที่สุดคือสูตรอาหารที่ 6 (เปลือกกุ้ง 7 เปอร์เซ็นต์)

2. ความย่อยได้ของเยื่อใย ของสุกรขุนที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรที่ 5 (เปลือกกุ้ง 6 เปอร์เซ็นต์) มีค่าความย่อยได้สูงที่สุด

ความย่อยได้ของสุกรระยะ 60 กิโลกรัม

1. ความย่อยได้ของสิ่งแห้ง โปรตีน เยื่อใย เถ้า ฟอสฟอรัส ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และพลังงาน ของสุกรขุนที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นนั้น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) มีค่าความย่อยได้สูงที่สุด ในส่วนของสิ่งแห้ง ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก และพลังงาน ส่วนค่าความย่อยได้ของโปรตีน สูตรอาหารที่ 4 (เปลือกกุ้ง 5 เปอร์เซ็นต์) มีค่าความย่อยได้ดีที่สุด ส่วนค่าความย่อยได้ของเยื่อใยที่ดีที่สุดคือ สูตร

อาหารที่ 5 (เปลือกกุ้ง 6 เปอร์เซ็นต์) สำหรับค่าความย่อยได้ของเถ้า และฟอสฟอรัสนั้น สูตรอาหารที่มีค่าความย่อยได้สูงที่สุดคือ สูตรอาหารที่ 6 (เปลือกกุ้ง 7 เปอร์เซ็นต์)

2. ความย่อยได้ของไขมัน ของสุกรขุนที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสูตรอาหารที่ 4 (เปลือกกุ้ง 5 เปอร์เซ็นต์) มีค่าความย่อยได้ของไขมันดีที่สุดถึง 83 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มควบคุม มีค่าความย่อยได้ต่ำที่สุดเพียง 69 เปอร์เซ็นต์

3. ความย่อยได้ของแคลเซียม และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของสุกรขุนที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่น พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยสูตรอาหารที่ที่มีความย่อยได้ดีที่สุด ในส่วนของแคลเซียมคือ สูตรอาหารที่ 2 (เปลือกกุ้ง 3 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีความย่อยได้ถึง 78 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กลุ่มควบคุม มีความย่อยได้เพียง 48 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรดนั้น พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) มีความย่อยได้ดีที่สุด

การทดลองที่ 2 ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกร

1. ด้านสมรรถภาพการเจริญเติบโต

1.1 น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการเลี้ยง อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน อัตราการแลกเนื้อ และต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ของสุกรขุนที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่น พบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้ง 2 ช่วงการทดลอง สูตรอาหารที่ 2 (เปลือกกุ้ง 3 เปอร์เซ็นต์) มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีที่สุดในช่วงแรก และสูตรอาหารที่ 6 (เปลือกกุ้ง 7 เปอร์เซ็นต์) มีผลต่อน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นดีที่สุดในช่วงที่ 2 ของการเลี้ยง ส่วนระยะเวลาในการเลี้ยง สุกรที่ได้รับอาหารสูตรที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) จะมีช่วงระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นที่สุด ตลอดทั้ง 2 ช่างการทดลอง สำหรับอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในช่วงแรก สูตรอาหารที่ 2 (เปลือกกุ้ง 3 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีที่สุด หลังจากนั้นสุกรที่ได้รับสูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) จะมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีที่สุด เป็นผลให้ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง สูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) จะให้อัตราการเจริญต่อวันมากที่สุด และอัตราการแลกเนื้อ สุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม จะมีอัตราการแลกเนื้อมากที่สุด ในช่วงแรกของการเลี้ยง และช่วงที่ 2 นั้น สูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) มีอัตราการแลกเนื้อดีที่สุด ส่วนต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมนั้น กลุ่มควบคุม มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุดในช่วงการทดลองแรก ส่วนในช่วงการทดลองที่ 2 สูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) มี

ต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด สรุปตลอดระยะเวลาในการเลี้ยง ในส่วนของต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม พบว่ากลุ่มควบคุม มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด

1.2 ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ของสุกรขุนที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่น ปริมาณอาหารที่กินต่อวันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในส่วนของช่วงการทดลองที่ 1 โดยสูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์) จะมีปริมาณการกินอาหารต่อวันมากที่สุด ส่วนช่วงการทดลองที่ 2 นั้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่าสูตรอาหารที่มีปริมาณการกินมากที่สุดต่อวันคือสูตรอาหารที่ 2 (เปลือกกุ้ง 3 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสรุปตลอดระยะเวลาในการเลี้ยงในส่วนของปริมาณอาหารที่กินต่อวัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยสูตรอาหารที่มีปริมาณการกินอาหารมากที่สุดคือ สูตรอาหารที่ 3 (เปลือกกุ้ง 4 เปอร์เซ็นต์)

2. ระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรขุน

2.1 ระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

2.1.1 ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม ที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่น มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรอาหารที่ 2 (เปลือกกุ้ง 3 เปอร์เซ็นต์) มีระดับคอเลสเตอรอลน้อยที่สุดในช่วงแรกของการเลี้ยง

2.1.2 ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60-90 กิโลกรัม ที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่น พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสุกรที่เลี้ยงด้วยสูตรอาหารที่ 6 (เปลือกกุ้ง 7 เปอร์เซ็นต์) สามารถที่จะช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลได้มากที่สุด

2.2 ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด

2.2.1 ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม ที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยสูตรอาหารที่มีค่าระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ต่ำสุดคือ สูตรอาหารที่ 5 (เปลือกกุ้ง 6 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 64 มิลลิกรัม/เลือด 100 มิลลิลิตร

2.2.2 ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 และ 90 กิโลกรัม ที่ได้รับอาหารเสริมด้วยเปลือกกุ้งป่น พบว่าไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสูตรอาหารที่ทำให้ระดับไตรกรีเซอร์ไรด์ มีค่าลดต่ำที่สุดคือสูตรอาหารที่ 6 (เปลือกกุ้ง 7 เปอร์เซ็นต์) ส่วนสุกรที่น้ำหนัก 90 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีแนวโน้มว่า สูตรอาหารทดลองที่ 6 (เปลือกกุ้ง 7 เปอร์เซ็นต์) ทำให้ระดับไตรกรีเซอร์ไรด์ต่ำที่สุด ซึ่งจะสังเกตุได้ว่า ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์จะลดลงสอดคล้องกับระดับคอเลสเตอรอลที่ลดลง ทั้งในช่วงระยะเวลาการเลี้ยงที่ 60 กิโลกรัม และ 90 กิโลกรัม

ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองศึกษาผลของการเสริมเปลือกกุ้งป่นต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตและระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรขุน ได้ทำการทดลองโดยมีช่วงเวลานำสุกรเข้าเลี้ยงแตกต่างกันในแต่ละบล็อก เพราะว่าเกิดจากการที่ต้องใช้สุกรทดลองถึง 36 ตัว ซึ่งปัญหาตรงนี้อาจ มีเรื่องฤดูกาล อุปกรณ์ สถานที่เลี้ยง เข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งอาจทำให้ข้อมูลที่ได้มีความแปรปรวนขึ้นได้ โดยได้สังเกตเห็นว่าการเลี้ยงใน บล็อกที่ 3 นั้นจะอยู่ในช่วงของฤดูหนาวซึ่งข้อมูลที่เก็บได้จะต่ำกว่า การทดลองในช่วงแรก ๆ

อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองที่ได้ก็นับว่าออกมาได้เป็นที่น่าพึงพอใจในส่วนของ อัตราการแลกเนื้อ และระยะเวลาการเลี้ยง เมื่อใช้เปลือกกุ้งที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอร์ไรด์ ในเลือดของสุกรทุกช่วงอายุ ตั้งแต่เริ่มเลี้ยงจนสิ้นสุดการทดลอง เมื่อใช้ปริมาณเปลือกกุ้งเสริมในอาหารเพิ่มสูงขึ้น ก็จะสามารถที่ช่วยให้ระดับคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอร์ไรด์ลดลงได้ดี แต่เมื่อมาคำนึงถึงต้นทุนการผลิตต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมนั้นจะเห็นได้ว่า สูตรอาหารที่ระดับเปลือกกุ้ง 7 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร มีต้นทุนในการเลี้ยงสูงที่สุด ซึ่งอาจจะเป็นเพราะว่า ใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงจนสิ้นสุดการทดลองนานที่สุดด้วยเช่นกัน ดังนั้นผู้ที่จะทำการเลี้ยงสุกรโดยใช้เปลือกกุ้งในครั้งต่อ ๆ ไป อาจต้องคำนึงถึงผลตอบแทนที่ได้รับเมื่อต้องมีค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงเพิ่มขึ้น ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ พอจะสรุปได้ว่าการเสริมเปลือกกุ้งป่นในอาหาร เพื่อการค้าและยังสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลได้ดี จะมีความเหมาะสมที่ระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

บรรณานุกรม

จิราภรณ์ เชาวลิตสุขุมาวาสี. 2544. ไคติน–ไคโตซาน สารมหัศจรรย์จากธรรมชาติ. **วารสารเพื่อส่งเสริมการวิเคราะห์วิจัยทางวิทยาศาสตร์ของไทย**. 1(2): 12–13.

ชนาธิป อภิวงศ์งาม. 2544. **การวิเคราะห์หาปริมาณคอเลสเตอรอลในตับสัตว์**. เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเชียงใหม่. 65 น.

ถวัลย์ วรรณกุล. 2526. **การจัดฟาร์มเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสุกรพันธุ์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ศรีวิศวกรรม. 287 น.

ทิวารัตน์ ทุนอินทร์. 2543. **การใช้ไลโบโซมเป็นสารช่วยกระตุ้นในการผลิตแอนติบอดีต่อคอเลสเตอรอลในนกกระทา ไก่พื้นเมือง และหนูขาว**. เชียงใหม่: ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 42 น.

นันทยา ชนะรัตน์. 2532. **คู่มือเคมีคลินิก**. เชียงใหม่: คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 118 น.

ประจวบ หลำอุบล. 2534. **สรีรวิทยาของกุ้ง**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 312 น.

ประสบ บูรณมานัส. 2519. **สุกรและการรักษาโรค**. เชียงใหม่: ฝ่ายเผยแพร่วิชาการสโมสรนิสิต คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 195 น.

ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2543. **รายงานการประชุมสัมนาเกษตรยุคใหม่เรื่อง ไคติน–ไคโตซาน**. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC). 132 น.

————————. 2544. **เรื่องน่ารู้ ไคติน-ไคโตซาน**. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC). 46 น.

ฟ้าใส คันธวงศ์. 2542. **การเตรียมซีรั่มควบคุมคุณภาพสำหรับใช้ควบคุมการวิเคราะห์คอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ (ไขมันในเส้นเลือด) ในซีรั่มผู้ป่วยโรคหัวใจ**. เชียงใหม่: คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 29 น.

ยุวฉัตร วุฒิธรรมคณาพร. 2543. **การศึกษาเปรียบเทียบการวิเคราะห์คอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์และไลโปโปรตีน โดยวิธีใช้ Enzyme และวิธี Colorimetry ในพลาสมา ของสุกรขุน**. เชียงใหม่: ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 47 น.

รัตติกาล มหาวรรณ์. 2544. **การวิเคราะห์หาปริมาณคอเลสเตอรอลในน้ำมันและอาหารบางชนิด**. เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเชียงใหม่. 45 น.

วรรณรัตน์ โต้งสูงเนิน. 2545. **คู่มือปฏิบัติการชีวเคมี**. เชียงใหม่: ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 106 น.

วันดี ทาตระกูล. 2546. **สุกรและการผลิตสุกร**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 374 น.

วิเชียร ทองสิน. 2529. **ผลของการใช้แกลบกุ้งในอาหารสุกรระยะเติบโต-หนุ่มสาว (15-90 กก.)**. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 175 น.

วินัย ประลมพ์กาญจน์. 2527. **อาหารและการให้อาหารสุกร**. สงขลา: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. 258 น.

สัญชัย จตุรสิทธา. 2543. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 244 น.

————————. 2547. **การจัดการเนื้อสัตว์**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 171 น.

สายทอง ปาใหญ่. 2544. **การสกัดและศึกษาสมบัติในการดูดซึมตะกั่วของไคโตซาน**. เชียงใหม่: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเชียงใหม่. 47 น.

สุทัศน์ ศิริ. 2540. **การจัดการฟาร์มสุกร**. เชียงใหม่: ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 154 น.

สุคีพ ไชยมณี, สุชน ตั้งทวีวิพัฒน์ และ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. **เอกสารประกอบการประชุมไคติน-ไคโตซานแห่งประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: ศูนย์วัสดุชีวภาพไคติน-ไคโตซาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 174 น.

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

อรรณพ คุณาวงษ์กฤต. 2537. **วิทยาการสืบพันธุ์สุกร**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 408 น.

————————. 2545. **วิทยาการสืบพันธุ์สุกร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 408 น.

Angel, M. G. 1935. The effect of various amounts of shrimp as a supplement in ration for growing gigs. **Phillip. Agric.**, 24: 488–497.

Eggum, B.O., Grete Thorbeck, R.M. Beames, A. Chwalibog and S. Henckel. 1982. Influence of diet and microbial activity in the digestion metabolism in rats and pigs. **Br. J. Nutr.**, 48: 161-175.

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

Kobayashi S., Y. Terashima and H. Itoh. 2002. Effects of dietary chitosan on fat deposition and lipase activity in digesta in broiler chickens. **Br. Poult. Sci.**, 43(2): 270-273.

Kondos, A. C. 1977. Nutritional evaluation of six protein concentrates for the pig. **Aus. J. Exp. Agric. and Anim. Hus.**, 17: 872–879.

NRC. 1998. Nutrient Requirement of Swine. **Nutrient Requirement of Domestic Animals. 10th Ed.** Washington, D.C., U.S.A.: National Academy Press. 189 p.

Razdan, A., D. Petterson and J. Petterson. 1997. Broiler chicken body weights, feed Intake, plasma lipid and small intestinal bile acid concentration in response to feeding of chitosan and pectin. **Br. J. Nutr.**, 78: 283–291.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง ที่ระยะน้ำหนัก 30–60 กิโลกรัม

รายการ	สูตรอาหารที่ 1	สูตรอาหารที่ 2	สูตรอาหารที่ 3	สูตรอาหารที่ 4	สูตรอาหารที่ 5	สูตรอาหารที่ 6
โปรตีน (%)	13.32	16.37	15.64	13.92	14.93	16.64
ไขมัน (%)	7.24	5.74	4.84	5.51	5.94	6.12
เยื่อใย (%)	3.07	3.36	2.89	2.58	3.74	3.38
เถ้า (%)	6.19	4.75	5.53	4.74	6.41	5.14
เถ้าไม่ละลายในกรด (%)	1.61	1.93	2.19	1.70	1.83	2.28
พลังงาน (Kcal GE/kg)	4129	4246	4164	4225	4192	4276
แคลเซียม (%)	1.27	1.44	2.00	1.40	1.90	1.74
ฟอสฟอรัส (%)	0.54	0.54	0.57	0.43	0.51	0.55
ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (%)	70.18	69.78	71.10	73.25	68.98	68.72

ตารางภาคผนวกที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ของสูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง ที่ระยะน้ำหนัก 60 - 90 กิโลกรัม

รายการ	สูตรอาหารที่ 1	สูตรอาหารที่ 2	สูตรอาหารที่ 3	สูตรอาหารที่ 4	สูตรอาหารที่ 5	สูตรอาหารที่ 6
โปรตีน (%)	13.64	13.13	13.56	12.92	12.55	13.74
ไขมัน (%)	5.17	5.65	6.19	6.78	5.88	5.47
เยื่อใย (%)	3.37	3.53	3.24	3.43	3.85	3.91
เถ้า (%)	4.69	4.93	4.60	5.21	6.21	7.35
เถ้าไม่ละลายในกรด (%)	1.81	1.87	2.19	1.74	2.16	1.75
พลังงาน (Kcal GE/kg)	4134	4223	4223	4130	4109	4353
แคลเซียม (%)	0.81	1.84	1.31	1.27	2.03	2.31
ฟอสฟอรัส (%)	0.50	0.53	0.47	0.55	0.48	0.69
ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (%)	73.13	72.76	72.41	71.66	71.51	69.53

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าเฉลี่ยของส่วนประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ในมูลสุกรที่ได้จากการทดลอง ที่ระยะน้ำหนัก 30 กิโลกรัม

รายการ	สูตรอาหารที่ 1	สูตรอาหารที่ 2	สูตรอาหารที่ 3	สูตรอาหารที่ 4	สูตรอาหารที่ 5	สูตรอาหารที่ 6
โปรตีน (%)	23.86	23.67	22.51	22.62	20.95	22.19
ไขมัน (%)	11.21	8.43	8.57	8.02	10.78	8.18
เยื่อใย (%)	11.60	10.88	10.89	9.61	9.47	9.24
เถ้า (%)	21.39	23.74	25.64	25.13	25.92	27.07
เถ้าไม่ละลายในกรด (%)	2.47	2.91	3.05	2.75	2.60	2.58
พลังงาน (Kcal GE/kg)	4356.00	4371.33	4357.00	4389.33	4440.33	4353.33
แคลเซียม (%)	4.28	5.77	5.38	5.67	6.89	5.98
ฟอสฟอรัส (%)	3.46	3.86	4.01	3.50	3.43	3.31
ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (%)	31.93	33.27	32.38	34.62	32.85	33.32

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าเฉลี่ยของส่วนประกอบทางเคมีโดยการวิเคราะห์ในมูลสุกรที่ได้จากการทดลอง ที่ระยะน้ำหนัก 60 กิโลกรัม

รายการ	สูตรอาหารที่ 1	สูตรอาหารที่ 2	สูตรอาหารที่ 3	สูตรอาหารที่ 4	สูตรอาหารที่ 5	สูตรอาหารที่ 6
โปรตีน (%)	19.91	21.17	19.90	17.59	19.90	17.59
ไขมัน (%)	15.50	14.34	14.59	13.14	14.59	13.14
เยื่อใย (%)	11.35	11.25	10.52	10.62	10.52	10.62
เถ้า (%)	22.74	23.00	23.56	25.85	23.56	25.85
เถ้าไม่ละลายในกรด (%)	2.74	2.76	2.41	2.52	2.41	2.52
พลังงาน (Kcal GE/kg)	4502.33	4498.33	4502.33	4420.67	4502.33	4420.67
แคลเซียม (%)	4.09	4.38	5.33	6.01	5.33	6.01
ฟอสฟอรัส (%)	3.78	3.90	3.91	4.07	3.91	4.07
ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (%)	30.50	30.24	31.43	32.80	33.41	30.65

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่าความย่อยได้ของวัตถุแห้ง ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	88.31	92.47	92.11	89.71	89.85	92.05
2	91.65	90.27	91.51	90.25	89.18	87.94
3	90.67	91.37	92.04	93.60	92.43	1.05
รวม	270.11	274.11	275.66	273.56	271.46	271.04
เฉลี่ย	90.21	91.37	91.89	91.19	90.49	90.35

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของวัตถุแห้ง ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	9.188	4.594	1.97^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	6.685	1.337	0.57^{ns}	3.33	5.64
Error	10	23.302	2.330			
Total	17	39.175	2.304			

Grand Mean = 90.91

CV = 1.68 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 2.78

LSD .01 = 3.95

SEM = 0.88

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 7 ค่าความย่อยได้ของโปรตีน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	79.19	88.11	88.21	83.47	84.41	89.15
2	85.63	87.27	90.48	86.37	87.01	84.69
3	84.07	89.29	87.98	89.09	89.98	89.34
รวม	248.89	264.67	266.67	258.93	261.40	263.18
เฉลี่ย	82.96	88.22	88.89	86.31	87.13	87.73

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของโปรตีน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	24.692	12.346	2.52^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	66.872	13.374	2.73^{ns}	3.33	5.64
Error	10	48.943	4.894			
Total	17	140.507	8.265			

Grand Mean = 86.87

CV = 2.55 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 4.02

LSD .01 = 5.72

SEM = 1.28

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่าความย่อยได้ของไขมัน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	84.44	86.74	86.03	83.80	79.81	88.05
2	86.25	86.83	86.62	88.48	87.08	85.34
3	85.75	90.71	86.25	90.66	84.35	90.04
รวม	256.44	264.28	258.90	262.94	251.24	263.43
เฉลี่ย	85.48	88.09	86.30	87.65	83.75	87.81

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของไขมัน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	30.316	15.158	3.40^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	42.690	8.538	1.92^{ns}	3.33	5.64
Error	10	44.559	4.456			
Total	17	117.565	6.916			

Grand Mean = 86.51

CV = 2.44 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 3.84

LSD .01 = 5.46

SEM = 1.22

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 11 ค่าความย่อยได้ของเยื่อใย ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	61.37	76.09	69.80	66.05	77.92	78.51
2	69.10	75.23	69.77	66.48	70.99	69.87
3	62.82	69.53	72.85	74.03	81.29	76.35
รวม	193.29	220.85	212.42	206.56	230.20	224.73
เฉลี่ย	64.43 [b]	73.62 [a]	70.81 [ab]	68.85 [ab]	76.73 [a]	74.91 [a]

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเยื่อใย ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	19.878	9.939	0.55 [ns]	4.10	7.56
Treatment	5	302.839	60.568	3.34 [*]	3.33	5.64
Error	10	181.452	18.145			
Total	17	504.169	29.657			

Grand Mean = 71.56

CV = 5.95 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 7.75

LSD .01 = 11.02

SEM = 2.46

[ns] = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

[*] = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

T1	T2	T3	T4	T5	T6
64.43 [b]	73.62 [a]	70.81 [ab]	68.85 [ab]	76.73 [a]	74.91 [a]

ตารางภาคผนวกที่ 13 ค่าความย่อยได้ของเถ้า ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	66.45	67.03	65.95	48.67	63.07	61.85
2	72.04	49.93	58.73	47.16	50.36	39.57
3	64.20	58.96	67.53	68.54	73.60	52.57
รวม	202.69	175.92	192.21	164.37	187.03	153.99
เฉลี่ย	67.56	58.64	64.07	54.79	62.34	51.33

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเถ้า ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	431.929	215.965	3.62^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	549.470	109.894	1.84^{ns}	3.33	5.64
Error	10	597.123	59.712			
Total	17	1578.523	92.854			

Grand Mean = 59.79

CV = 12.92 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 14.06

LSD .01 = 19.99

SEM = 4.46

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 15 ค่าความย่อยได้ของแคลเซียม ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	68.04	74.49	82.88	62.68	64.87	70.72
2	75.11	63.73	77.67	54.65	56.11	56.54
3	61.76	62.63	76.86	77.82	77.52	77.01
รวม	204.91	200.85	237.41	195.15	198.50	204.27
เฉลี่ย	68.30	66.95	79.14	65.05	66.17	68.09

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของแคลเซียม ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	231.504	115.752	1.67^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	395.649	79.130	1.14^{ns}	3.33	5.64
Error	10	693.392	69.339			
Total	17	1320.545	77.679			

Grand Mean = 68.94

CV = 12.08 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 15.15

LSD .01 = 21.55

SEM = 4.81

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 17 ค่าความย่อยได้ของฟอสฟอรัสของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	50.29	53.30	45.90	21.51	40.08	53.65
2	57.06	34.78	41.08	24.34	14.97	30.68
3	41.02	35.14	49.27	47.43	56.65	49.10
รวม	148.37	123.22	136.25	93.28	111.70	133.43
เฉลี่ย	49.46	41.07	45.42	31.09	37.23	44.48

ตารางภาคผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของฟอสฟอรัส ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	541.381	270.691	1.90^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	642.553	128.511	0.90^{ns}	3.33	5.64
Error	10	1427.466	142.747			
Total	17	2611.400	153.612			

Grand Mean = 41.46

CV = 28.82 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 21.73

LSD .01 = 30.91

SEM = 6.90

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 19 ค่าความย่อยได้ของพลังงาน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	88.18	92.82	92.26	90.00	89.72	92.46
2	91.37	90.31	91.70	90.15	89.78	87.88
3	90.45	91.44	91.71	93.41	91.61	91.34
รวม	270.00	274.57	275.67	273.56	271.11	271.68
เฉลี่ย	90.00	91.52	91.89	91.19	90.37	90.56

ตารางภาคผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของพลังงาน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	6.411	3.206	1.37 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	7.964	1.593	0.68 ^{ns}	3.33	5.64
Error	10	23.481	2.348			
Total	17	37.856	2.227			

Grand Mean = 90.92

CV = 1.69 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 2.79

LSD .01 = 3.96

SEM = 0.88

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 21 ค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	85.39	87.70	89.18	81.18	87.56	91.67
2	84.34	84.99	87.03	86.01	82.88	84.73
3	87.46	90.27	91.28	90.97	90.10	91.62
รวม	257.19	262.96	267.49	258.16	260.54	268.02
เฉลี่ย	85.73	87.65	89.16	86.05	86.85	89.34

ตารางภาคผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	84.956	42.478	8.55**	4.10	7.56
Treatment	5	35.462	7.093	1.43ns	3.33	5.64
Error	10	49.690	4.969			
Total	17	170.109	10.006			

Grand Mean = 87.46

CV = 2.55 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 4.06

LSD .01 = 5.77

SEM = 1.29

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 23 ค่าความย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	94.17	97.05	96.87	95.45	95.60	96.60
2	96.42	95.38	96.03	95.14	94.97	94.19
3	96.31	95.72	96.48	97.25	96.37	95.69
รวม	286.90	288.15	289.38	287.84	286.94	286.48
เฉลี่ย	95.63	96.05	96.46	95.95	95.65	95.49

ตารางภาคผนวกที่ 24 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	2.763	1.382	1.55^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	1.902	0.381	0.43^{ns}	3.33	5.64
Error	10	8.908	0.891			
Total	17	13.573	0.798			

Grand Mean = 95.87

CV = 0.98 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 1.72

LSD .01 = 2.44

SEM = 0.54

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 25 ค่าความย่อยได้ของวัตถุแห้ง ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	89.25	91.58	90.62	89.58	91.33	88.13
2	89.94	88.64	89.92	90.66	88.50	87.91
3	88.79	90.63	92.89	92.08	89.75	89.96
รวม	267.98	270.85	273.43	272.32	269.58	266.00
เฉลี่ย	89.33	90.28	91.14	90.77	89.86	88.67

ตารางภาคผนวกที่ 26 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของวัตถุแห้ง ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	6.111	3.056	2.25^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	12.708	2.542	1.87^{ns}	3.33	5.64
Error	10	13.583	1.358			
Total	17	32.401	1.906			

Grand Mean = 90.01

CV = 1.29 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 2.12

LSD .01 = 3.02

SEM = 0.67

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 27 ค่าความย่อยได้ของโปรตีน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	83.63	85.49	86.01	85.51	88.43	84.60
2	84.22	80.58	85.54	87.33	85.21	85.39
3	87.27	88.80	90.94	90.78	85.81	88.35
รวม	255.12	254.87	262.49	263.62	259.45	258.34
เฉลี่ย	85.04	84.96	87.50	87.87	86.48	86.11

ตารางภาคผนวกที่ 28 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของโปรตีน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	51.337	25.668	7.05*	4.10	7.56
Treatment	5	22.091	4.418	1.21^{ns}	3.33	5.64
Error	10	36.412	3.641			
Total	17	109.840	6.461			

Grand Mean = 86.33

CV = 2.21 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 3.47

LSD .01 = 4.94

SEM = 1.10

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 29 ค่าความย่อยได้ของไขมัน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	66.91	78.25	76.43	79.10	78.74	72.30
2	71.78	67.48	74.60	81.69	78.08	67.43
3	68.74	82.81	88.21	87.30	80.12	77.10
รวม	207.43	228.54	239.24	248.09	236.94	216.83
เฉลี่ย	69.14 ^{c}	76.18 ^{abc}	79.75 ^{ab}	82.70 ^{a}	78.98 ^{ab}	72.28 ^{bc}

ตารางภาคผนวกที่ 30 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของไขมัน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	168.962	84.481	5.27*	4.10	7.56
Treatment	5	381.448	76.290	4.76*	3.33	5.64
Error	10	160.251	16.025			
Total	17	710.661	41.804			

Grand Mean = 76.50

CV = 5.23 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 7.28

LSD .01 = 10.36

SEM = 2.31

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

T1	T2	T3	T4	T5	T6
69.14 ^{c}	76.18 ^{abc}	79.75 ^{ab}	82.70 ^{a}	78.98 ^{ab}	72.28 ^{bc}

ตารางภาคผนวกที่ 31 ค่าความย่อยได้ของเยื่อใย ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	65.87	74.22	67.22	67.97	80.42	68.68
2	68.77	71.19	71.76	77.70	71.82	70.83
3	61.18	66.77	78.67	72.83	72.50	72.72
รวม	195.82	212.18	217.65	218.50	224.74	212.23
เฉลี่ย	65.27	70.73	72.55	72.83	74.91	70.74

ตารางภาคผนวกที่ 32 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเยื่อใย ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	6.332	3.166	0.14 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	161.499	32.300	1.48 ^{ns}	3.33	5.64
Error	10	218.791	21.879			
Total	17	386.622	22.743			

Grand Mean = 71.17

CV = 6.57 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 8.51

LSD .01 = 12.10

SEM = 2.70

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 33 ค่าความย่อยได้ของเถ้า ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	46.69	62.22	61.09	48.57	63.05	60.22
2	52.99	55.97	49.25	55.13	55.73	60.16
3	50.69	52.69	61.09	64.26	55.01	67.39
รวม	150.37	171.10	171.43	167.96	173.79	187.77
เฉลี่ย	50.12	57.03	57.14	55.99	57.93	62.59

ตารางภาคผนวกที่ 34 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเถ้า ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	41.042	20.521	0.65^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	240.638	48.128	1.52^{ns}	3.33	5.64
Error	10	316.108	31.611			
Total	17	597.787	35.164			

Grand Mean = 56.80

CV = 9.90 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 10.23

LSD .01 = 14.55

SEM = 3.25

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 35 ค่าความย่อยได้ของแคลเซียม ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	40.32	84.06	73.36	54.52	71.86	71.63
2	54.74	76.82	58.18	54.20	68.39	70.71
3	48.77	72.85	67.01	65.75	68.56	70.62
รวม	143.83	233.73	198.55	174.47	208.81	212.96
เฉลี่ย	47.94 ^{c}	77.91 ^{a}	66.18 ^{ab}	58.16 ^{bc}	69.60 ^{ab}	70.99 ^{ab}

ตารางภาคผนวกที่ 36 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของแคลเซียม ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	15.390	7.695	0.21 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	1688.274	337.655	9.24 **	3.33	5.64
Error	10	365.277	36.528			
Total	17	2068.940	121.702			

Grand Mean = 65.13

CV = 9.28 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 10.99

LSD .01 = 15.64

SEM = 3.49

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

T1	T2	T3	T4	T5	T6
47.94 ^{c}	77.91 ^{a}	66.18 ^{ab}	58.16 ^{bc}	69.60 ^{ab}	70.99 ^{ab}

ตารางภาคผนวกที่ 37 ค่าความย่อยได้ของฟอสฟอรัส ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	16.21	41.70	35.33	24.74	28.94	37.15
2	24.97	30.31	17.76	32.81	18.81	31.52
3	25.88	24.61	37.76	45.89	9.35	46.77
รวม	67.06	96.62	90.85	103.44	57.10	115.44
เฉลี่ย	22.35	32.21	30.28	34.48	19.03	38.48

ตารางภาคผนวกที่ 38 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของฟอสฟอรัส ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	109.868	54.934	0.63 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	822.006	164.401	1.88 ^{ns}	3.33	5.64
Error	10	875.529	87.553			
Total	17	1807.402	106.318			

Grand Mean = 29.47

CV = 31.75 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 17.02

LSD .01 = 24.21

SEM = 5.40

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 39 ค่าความย่อยได้ของพลังงาน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	88.77	91.27	90.18	89.46	90.86	88.67
2	89.37	88.08	90.03	90.22	87.66	88.26
3	88.22	90.91	92.78	91.95	89.52	89.80
รวม	266.36	270.26	272.99	271.63	268.04	266.73
เฉลี่ย	88.79	90.09	91.00	90.54	89.35	88.91

ตารางภาคผนวกที่ 40 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของพลังงาน ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	7.689	3.845	2.84^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	12.265	2.453	1.81^{ns}	3.33	5.64
Error	10	13.553	1.355			
Total	17	33.507	1.971			

Grand Mean = 89.78

CV = 0.30 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 2.12

LSD .01 = 3.01

SEM = 0.67

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 41 ค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	83.58	88.01	90.81	85.75	89.83	87.13
2	86.37	86.01	90.30	87.90	89.33	83.52
3	83.18	85.19	91.38	88.21	89.09	84.74
รวม	253.13	259.21	272.49	261.86	268.25	255.39
เฉลี่ย	84.38 ^{c}	86.40 ^{bc}	90.83 ^{a}	87.29 ^{abc}	89.42 ^{ab}	85.13 ^{c}

ตารางภาคผนวกที่ 42 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	0.919	0.459	0.22 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	92.937	18.587	9.05 **	3.33	5.64
Error	10	20.533	2.053			
Total	17	114.388	6.729			

Grand Mean = 87.24

CV = 1.64 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 2.61

LSD .01 = 3.71

SEM = 0.83

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

T1	T2	T3	T4	T5	T6
84.38 ^{c}	86.40 ^{bc}	90.83 ^{a}	87.29 ^{abc}	89.42 ^{ab}	85.13 ^{c}

ตารางภาคผนวกที่ 43 ค่าความย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	96.23	97.03	96.19	95.92	96.28	95.29
2	96.13	95.49	96.09	95.83	94.18	95.05
3	94.72	95.85	96.81	96.23	95.68	95.75
รวม	287.08	288.37	289.09	287.98	286.14	286.09
เฉลี่ย	95.69	96.12	96.36	95.99	95.38	95.36

ตารางภาคผนวกที่ 44 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ค่าความย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกของสุกรที่ระยะการเลี้ยง 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	1.453	0.726	1.71^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	2.507	0.501	1.18^{ns}	3.33	5.64
Error	10	4.256	0.426			
Total	17	8.216	0.483			

Grand Mean = 95.82

CV = 0.68 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 1.19

LSD .01 = 1.69

SEM = 0.38

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 45 น้ำหนักสุกร เริ่มต้นที่ 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	31.50	33.00	32.25	34.00	32.75	31.75
2	29.25	25.00	31.25	27.00	33.50	27.00
3	31.75	31.25	30.50	30.75	28.50	26.50
รวม	92.50	89.25	94.00	91.75	94.75	85.25
เฉลี่ย	30.83	29.75	31.33	30.58	31.58	28.42

ตารางภาคผนวกที่ 46 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักสุกร เริ่มต้นที่ 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	43.896	21.948	4.17*	4.10	7.56
Treatment	5	20.542	4.108	0.78ns	3.33	5.64
Error	10	52.688	5.269			
Total	17	117.125	6.890			

Grand Mean = 30.42

CV = 7.55 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 4.18

LSD .01 = 5.94

SEM = 1.33

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 47 น้ำหนักสุกร ที่ระยะ 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	63.00	60.50	58.25	59.50	59.25	56.50
2	59.75	62.50	59.75	57.50	57.50	59.50
3	59.75	63.50	61.25	59.25	60.00	59.00
รวม	182.50	186.50	179.25	176.25	176.75	175.00
เฉลี่ย	60.83	62.17	59.75	58.75	58.92	58.33

ตารางภาคผนวกที่ 48 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักสุกร ที่ระยะ 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	4.021	2.010	0.87^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	32.115	6.423	2.79^{ns}	3.33	5.64
Error	10	23.021	2.302			
Total	17	59.156	3.480			

Grand Mean = 59.79

CV = 2.54 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 2.76

LSD .01 = 3.93

SEM = 0.88

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 49 น้ำหนักสุกร ที่ระยะ 90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	86.50	89.75	87.00	87.50	89.00	87.50
2	88.50	89.50	86.50	87.00	88.00	90.50
3	88.50	90.25	90.00	86.50	83.00	84.50
รวม	263.50	269.50	263.50	261.00	260.00	262.50
เฉลี่ย	87.83	89.83	87.83	87.00	86.67	87.50

ตารางภาคผนวกที่ 50 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักสุกร ที่ระยะ 90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	4.465	2.233	0.50^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	18.444	3.689	0.82^{ns}	3.33	5.64
Error	10	44.826	4.483			
Total	17	67.736	3.985			

Grand Mean = 87.78

CV = 2.41 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 3.85

LSD .01 = 5.48

SEM = 1.22

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 51 ระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	45.50	49.00	56.00	42.00	49.00	56.00
2	49.00	56.00	38.50	56.00	42.00	63.00
3	42.00	42.00	42.00	49.00	56.00	59.50
รวม	136.50	147.00	136.50	147.00	147.00	178.50
เฉลี่ย	45.50	49.00	45.50	49.00	49.00	59.50

ตารางภาคผนวกที่ 52 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	16.333	8.167	0.16 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	398.125	79.625	1.60 ^{ns}	3.33	5.64
Error	10	498.167	49.817			
Total	17	912.625	53.684			

Grand Mean = 49.58

CV = 14.23 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 12.84

LSD .01 = 18.26

SEM = 4.07

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 53 ระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	31.50	42.00	35.00	35.00	38.50	49.00
2	66.50	35.00	38.50	42.00	42.00	49.00
3	45.50	42.00	31.50	31.50	31.50	35.00
รวม	143.50	119.00	105.00	108.50	112.00	133.00
เฉลี่ย	47.83	39.67	35.00	36.17	37.33	44.33

ตารางภาคผนวกที่ 54 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	283.111	141.556	2.21 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	381.111	76.222	1.19 ^{ns}	3.33	5.64
Error	10	639.722	63.972			
Total	17	1303.944	76.703			

Grand Mean = 40.06

CV = 19.97 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 14.55

LSD .01 = 20.70

SEM = 4.62

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 55 ระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	77.00	91.00	91.00	77.00	87.50	105.00
2	115.50	91.00	77.00	98.00	84.00	112.00
3	87.50	84.00	73.50	80.50	87.50	94.50
รวม	280.00	266.00	241.50	255.50	259.00	311.50
เฉลี่ย	93.33	88.67	80.50	85.17	86.33	103.83

ตารางภาคผนวกที่ 56 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระยะเวลาในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	430.111	215.056	2.19^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	991.569	198.314	2.02^{ns}	3.33	5.64
Error	10	982.722	98.272			
Total	17	2404.403	141.436			

Grand Mean = 89.64

CV = 11.06 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 18.03

LSD .01 = 25.65

SEM = 5.72

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 57 น้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	31.50	27.50	26.00	25.50	26.50	24.75
2	30.50	37.50	28.50	30.50	24.50	32.50
3	28.00	32.25	30.75	28.50	31.50	32.50
รวม	90.00	97.25	85.25	84.50	82.50	89.75
เฉลี่ย	30.00	32.42	28.42	28.17	27.50	29.92

ตารางภาคผนวกที่ 58 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	53.799	26.899	2.90^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	47.476	9.495	1.02^{ns}	3.33	5.64
Error	10	92.743	9.274			
Total	17	194.017	11.413			

Grand Mean = 29.40

CV = 10.36 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 5.54

LSD .01 = 7.88

SEM = 1.76

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 59 น้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	23.50	29.25	28.75	28.00	29.75	31.00
2	28.75	27.00	26.75	29.50	30.50	31.00
3	28.75	26.75	28.75	27.25	23.00	25.50
รวม	81.00	83.00	84.25	84.75	83.25	87.50
เฉลี่ย	27.00	27.67	28.08	28.25	27.75	29.17

ตารางภาคผนวกที่ 60 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	16.549	8.274	1.27^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	7.809	1.562	0.24^{ns}	3.33	5.64
Error	10	65.201	6.520			
Total	17	89.559	5.268			

Grand Mean = 27.99

CV = 9.12 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 4.64

LSD .01 = 6.61

SEM = 1.47

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 61 น้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	55.00	56.75	54.75	53.50	56.25	55.75
2	59.25	64.50	55.25	60.00	55.00	63.50
3	56.75	59.00	59.50	55.75	54.50	58.00
รวม	171.00	180.25	169.50	169.25	165.75	177.25
เฉลี่ย	57.00	60.08	56.50	56.42	55.25	59.08

ตารางภาคผนวกที่ 62 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของน้ำหนักที่ เพิ่มขึ้นในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	54.361	27.181	4.91*	4.10	7.56
Treatment	5	49.778	9.956	1.80ns	3.33	5.64
Error	10	55.389	5.539			
Total	17	159.528	9.384			

Grand Mean = 57.39

CV = 4.10 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 4.28

LSD .01 = 6.09

SEM = 1.36

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 63 ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	1.991	2.090	2.421	2.376	2.074	2.021
2	2.224	2.121	2.387	2.307	2.080	2.076
3	1.748	1.858	1.919	1.812	1.953	1.689
รวม	5.963	6.069	6.727	6.495	6.107	5.786
เฉลี่ย	1.988 ^{bc}	2.023 ^{bc}	2.242 ^{a}	2.165 ^{ab}	2.036 ^{bc}	1.929 ^{c}

ตารางภาคผนวกที่ 64 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	0.496	0.248	24.14**	4.10	7.56
Treatment	5	0.206	0.041	4.01*	3.33	5.64
Error	10	0.103	0.010			
Total	17	0.805	0.047			

Grand Mean = 2.06

CV = 4.91 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 0.18

LSD .01 = 0.26

SEM = 5.85

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

T1	T2	T3	T4	T5	T6
1.988 ^{bc}	2.023 ^{bc}	2.242 ^{a}	2.165 ^{ab}	2.036 ^{bc}	1.929 ^{c}

ตารางภาคผนวกที่ 65 ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	2.313	2.439	2.457	2.339	2.359	2.432
2	1.961	2.312	2.136	2.425	2.402	2.283
3	2.026	2.484	2.530	2.385	2.126	2.059
รวม	6.300	7.235	7.123	7.149	6.887	6.774
เฉลี่ย	2.100	2.412	2.374	2.383	2.296	2.258

ตารางภาคผนวกที่ 66 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	0.067	0.034	1.50^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	0.200	0.040	1.78^{ns}	3.33	5.64
Error	10	0.225	0.023			
Total	17	0.492	0.029			

Grand Mean = 2.30

CV = 6.51 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 0.27

LSD .01 = 0.39

SEM = 8.66

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 67 ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	2.152	2.264	2.439	2.358	2.217	2.226
2	2.093	2.216	2.261	2.366	2.241	2.179
3	1.887	2.171	2.224	2.099	2.039	1.874
รวม	6.132	6.651	6.924	6.823	6.497	6.279
เฉลี่ย	2.044 ^{c}	2.217 ^{ab}	2.308 ^{a}	2.274 ^{ab}	2.166 ^{bc}	2.093 ^{c}

ตารางภาคผนวกที่ 68 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของปริมาณอาหารที่กินต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	0.171	0.085	20.18**	4.10	7.56
Treatment	5	0.159	0.032	7.50**	3.33	5.64
Error	10	0.042	0.004			
Total	17	0.372	0.022			

Grand Mean = 2.18

CV = 2.98 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 0.12

LSD .01 = 0.17

SEM = 0.04

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

T1	T2	T3	T4	T5	T6
2.044 ^{c}	2.217 ^{ab}	2.308 ^{a}	2.274 ^{ab}	2.166 ^{bc}	2.093 ^{c}

ตารางภาคผนวกที่ 69 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	0.694	0.565	0.493	0.607	0.551	0.442
2	0.625	0.670	0.751	0.574	0.583	0.518
3	0.667	0.768	0.732	0.591	0.563	0.549
รวม	1.986	2.003	1.976	1.772	1.697	1.509
เฉลี่ย	0.662	0.668	0.659	0.591	0.566	0.503

ตารางภาคผนวกที่ 70 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	0.024	0.012	2.48 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	0.067	0.013	2.78 ^{ns}	3.33	5.64
Error	10	0.048	0.005			
Total	17	0.138	0.008			

Grand Mean = 0.61

CV = 11.37 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 0.13

LSD .01 = 0.18

SEM = 3.99

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 71 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	0.754	0.696	0.836	0.810	0.774	0.649
2	0.433	0.810	0.698	0.720	0.726	0.633
3	0.635	0.704	0.916	0.873	0.732	0.729
รวม	1.822	2.210	2.450	2.403	2.232	2.011
เฉลี่ย	0.607	0.737	0.817	0.801	0.744	0.670

ตารางภาคผนวกที่ 72 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	0.032	0.016	2.24^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	0.094	0.019	2.64^{ns}	3.33	5.64
Error	10	0.072	0.007			
Total	17	0.198	0.012			

Grand Mean = 0.73

CV = 11.59 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 0.15

LSD .01 = 0.22

SEM = 4.88

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 73 อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	0.724	0.631	0.665	0.708	0.662	0.545
2	0.529	0.740	0.724	0.647	0.655	0.575
3	0.651	0.736	0.824	0.733	0.647	0.639
รวม	1.904	2.107	2.213	2.088	1.964	1.759
เฉลี่ย	0.635	0.702	0.738	0.696	0.655	0.586

ตารางภาคผนวกที่ 74 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	0.012	0.006	1.69 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	0.044	0.009	2.44 ^{ns}	3.33	5.64
Error	10	0.036	0.004			
Total	17	0.093	0.006			

Grand Mean = 0 .67

CV = 9.02 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 0.11

LSD .01 = 0.16

SEM = 3.48

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 75 อัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	2.869	3.699	4.911	3.914	3.764	4.572
2	3.558	3.166	3.178	4.019	3.568	4.008
3	2.621	2.419	2.622	3.066	3.469	3.077
รวม	9.048	9.284	10.711	10.999	10.801	11.657
เฉลี่ย	3.016	3.095	3.570	3.666	3.600	3.886

ตารางภาคผนวกที่ 76 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	3.582	1.791	7.80*	4.10	7.56
Treatment	5	1.756	0.351	1.53ns	3.33	5.64
Error	10	2.298	0.230			
Total	17	7.636	0.449			

Grand Mean = 3.47

CV = 13.81 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 0.87

LSD .01 = 1.24

SEM = 0.28

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 77 อัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	3.068	3.504	2.939	2.888	3.048	3.747
2	4.529	2.854	3.060	3.368	3.309	3.607
3	3.191	3.528	2.762	2.732	2.904	2.824
รวม	10.788	9.886	8.761	8.988	9.261	10.178
เฉลี่ย	3.596	3.295	2.920	2.996	3.087	3.393

ตารางภาคผนวกที่ 78 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	0.649	0.325	1.80 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	1.003	0.201	1.11 ^{ns}	3.33	5.64
Error	10	1.801	0.180			
Total	17	3.453	0.203			

Grand Mean = 3.21

CV = 13.20 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 0.77

LSD .01 = 1.10

SEM = 0.24

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 79 อัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	2.972	3.588	3.668	3.331	3.349	4.084
2	3.957	2.995	3.123	3.657	3.421	3.790
3	2.899	2.950	2.699	2.864	3.151	2.933
รวม	9.828	9.533	9.490	9.852	9.921	10.807
เฉลี่ย	3.276	3.178	3.163	3.284	3.307	3.602

ตารางภาคผนวกที่ 80 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของอัตราการแลกเนื้อ ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	1.339	0.670	5.79*	4.10	7.56
Treatment	5	0.378	0.076	0.65ns	3.33	5.64
Error	10	1.157	0.116			
Total	17	2.874	0.169			

Grand Mean = 3.30

CV = 10.30 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 0.62

LSD .01 = 0.88

SEM = 0.20

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 81 ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	24.932	33.154	44.793	36.111	34.968	42.954
2	30.919	28.377	28.987	37.079	33.147	37.655
3	22.776	21.681	23.915	28.287	32.227	28.908
รวม	78.627	83.212	97.695	101.477	100.342	109.517
เฉลี่ย	26.209	27.737	32.565	33.826	33.447	36.506

ตารางภาคผนวกที่ 82 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	299.871	149.935	7.88**	4.10	7.56
Treatment	5	231.800	46.360	2.44ns	3.33	5.64
Error	10	190.309	19.031			
Total	17	721.980	42.469			

Grand Mean = 31.71

CV = 13.76 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 7.94

LSD .01 = 11.29

SEM = 2.52

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางภาคผนวกที่ 83 ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	25.421	29.991	25.463	25.264	26.984	33.689
2	37.527	24.427	26.512	29.463	29.295	32.431
3	26.441	30.196	23.930	23.900	25.709	25.391
รวม	89.389	84.614	75.905	78.627	81.988	91.511
เฉลี่ย	29.796	28.205	25.302	26.209	27.329	30.504

ตารางภาคผนวกที่ 84 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 60–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	48.424	24.212	1.86^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	61.212	12.242	0.94^{ns}	3.33	5.64
Error	10	129.963	12.996			
Total	17	239.598	14.094			

Grand Mean = 27.89

CV = 12.93 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 6.56

LSD .01 = 9.33

SEM = 2.08

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 85 ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	25.226	31.434	32.620	29.936	30.382	37.544
2	33.587	26.239	27.773	32.865	31.035	34.841
3	24.607	25.845	24.002	25.739	28.586	26.963
รวม	83.420	83.518	84.395	88.540	90.003	99.348
เฉลี่ย	27.807	27.839	28.132	29.513	30.001	33.116

ตารางภาคผนวกที่ 86 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ในการเลี้ยงที่ระยะ 30–90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	106.825	53.412	5.96*	4.10	7.56
Treatment	5	62.297	12.459	1.39ns	3.33	5.64
Error	10	89.590	8.959			
Total	17	258.719	15.218			

Grand Mean = 29.40

CV = 10.18 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 5.45

LSD .01 = 7.74

SEM = 1.73

ns = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 87 ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	191.90	160.60	225.70	202.20	171.20	186.80
2	238.60	169.90	173.30	151.40	190.60	169.60
3	166.80	144.40	178.00	162.30	185.50	140.70
รวม	597.30	474.90	577.00	515.90	547.30	497.10
เฉลี่ย	199.10	158.30	192.33	171.97	182.43	165.70

ตารางภาคผนวกที่ 88 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	2290.888	1145.444	2.25^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	3736.590	747.318	1.47^{ns}	3.33	5.64
Error	10	5096.793	509.679			
Total	17	11124.270	654.369			

Grand Mean = 178.31

CV = 12.66 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 41.07

LSD .01 = 58.42

SEM = 13.03

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตารางภาคผนวกที่ 89 ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	160.20	140.90	199.40	185.70	179.20	93.70
2	178.50	238.10	226.60	172.10	127.20	98.80
3	206.10	221.80	145.10	251.30	101.50	100.50
รวม	544.80	600.80	571.10	609.10	407.90	293.00
เฉลี่ย	181.60[a]	200.27[a]	190.37[a]	203.03[a]	135.97[ab]	97.67[b]

ตารางภาคผนวกที่ 90 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	638.761	319.380	0.20[ns]	4.10	7.56
Treatment	5	26779.433	5355.887	3.34[*]	3.33	5.64
Error	10	16037.994	1603.799			
Total	17	43456.188	2556.246			

Grand Mean = 168.15

CV = 23.82 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 72.85

LSD .01 = 103.62

SEM = 23.12

[ns] = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

[*] = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

T1	T2	T3	T4	T5	T6
181.60[a]	200.27[a]	190.37[a]	203.03[a]	135.97[ab]	97.67[b]

ตารางภาคผนวกที่ 91 ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	151.20	165.30	163.60	175.00	159.30	102.50
2	216.10	148.00	148.20	130.30	112.00	111.10
3	196.50	171.50	117.40	116.10	103.40	116.80
รวม	563.80	484.80	429.20	421.40	374.70	330.40
เฉลี่ย	187.93 ^{a}	161.60 ^{ab}	143.07 ^{abc}	140.47 ^{abc}	124.90 ^{bc}	110.13 ^{c}

ตารางภาคผนวกที่ 92 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับคอเลสเตอรอลในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	756.693	378.347	0.57 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	11286.638	2257.328	3.39 *	3.33	5.64
Error	10	6668.114	666.811			
Total	17	18711.446	1100.673			

Grand Mean = 144.68

CV = 17.84 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 46.98

LSD .01 = 66.82

SEM = 14.91

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

T1	T2	T3	T4	T5	T6
187.93 ^{a}	161.60 ^{ab}	143.07 ^{abc}	140.47 ^{abc}	124.90 ^{bc}	110.13 ^{c}

ตารางภาคผนวกที่ 93 ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	131.50	105.50	147.40	161.20	71.30	123.00
2	110.00	145.60	179.30	134.10	62.70	89.40
3	103.20	114.80	160.60	116.00	57.00	85.50
รวม	344.70	365.90	487.30	411.30	191.00	297.90
เฉลี่ย	114.90^{b}	121.97^{ab}	162.43^{a}	137.10^{ab}	63.67^{c}	99.30^{bc}

ตารางภาคผนวกที่ 94 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 30 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	998.738	499.369	1.77^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	16961.563	3392.313	12.02**	3.33	5.64
Error	10	2821.423	282.142			
Total	17	20781.723	1222.454			

Grand Mean = 116.56

CV = 14.41 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 30.56

LSD .01 = 43.46

SEM = 9.70

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

** = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

T1	T2	T3	T4	T5	T6
114.90^{b}	121.97^{ab}	162.43^{a}	137.10^{ab}	63.67^{c}	99.30^{bc}

ตารางภาคผนวกที่ 95 ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	97.90	204.40	164.40	136.60	89.60	63.00
2	117.10	166.50	141.00	112.10	65.60	61.10
3	171.60	137.60	159.00	142.80	144.80	89.00
รวม	386.60	508.50	464.40	391.50	300.00	213.10
เฉลี่ย	128.87 ^{ab}	169.50 ^{a}	154.80 ^{a}	130.50 ^{ab}	100.00 ^{bc}	71.03 ^{c}

ตารางภาคผนวกที่ 96 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 60 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	2742.524	1371.262	1.95 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	19341.632	3868.326	5.50 *	3.33	5.64
Error	10	7037.489	703.749			
Total	17	29121.645	1713.038			

Grand Mean = 125.78

CV = 21.09 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 48.26

LSD .01 = 68.64

SEM = 15.32

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

* = มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

T1	T2	T3	T4	T5	T6
128.87 ^{ab}	169.50 ^{a}	154.80 ^{a}	130.50 ^{ab}	100.00 ^{bc}	71.03 ^{c}

ตารางภาคผนวกที่ 97 ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม

Treatment	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Block 1	100.30	152.10	146.40	119.20	84.60	81.70
2	138.40	91.40	126.60	107.40	176.00	124.30
3	144.50	87.50	116.90	108.40	96.70	91.70
รวม	383.20	331.00	389.90	335.00	357.30	297.70
เฉลี่ย	127.73	110.33	129.97	111.67	119.10	99.23

ตารางภาคผนวกที่ 98 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ ของระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดของสุกรที่น้ำหนัก 90 กิโลกรัม

SOV	df	SS	MS	F	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
Block	2	1215.365	607.682	0.67 ^{ns}	4.10	7.56
Treatment	5	2021.009	404.202	0.45 ^{ns}	3.33	5.64
Error	10	9016.289	901.629			
Total	17	12252.663	720.745			

Grand Mean = 116.34

CV = 25.81 เปอร์เซ็นต์

LSD .05 = 54.62

LSD .01 = 77.69

SEM = 17.34

^{ns} = มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารละลาย

สารละลายมาตรฐานคอเลสเตอรอล (200 มก./100 มล.)

ละลาย cholesterol 200 มิลลิกรัม ใน isopropanal 100 มิลลิลิตร

สารละลายมาตรฐานไตรโอเลอิน (200 มก./100 มล.)

ละลาย triolein 200 มิลลิกรัม ใน isopropanal 100 มิลลิลิตร

ผงอลูมินา

ล้างผงอลูมินาด้วยน้ำกลั่น 2-3 ครั้ง นำไปอบที่อุณหภูมิ 100-110 องศาเซลเซียส 1 คืน ผงอลูมินาที่ล้างแล้วสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้อย่างน้อย 6 เดือน

Acetylacetone reagent

ละลาย acetylacetone 7.5 มิลลิลิตร ลงใน isopropanal 200 มิลลิลิตร เขย่าให้ผสมกัน แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

Iron reagent

ละลาย $FeCl_3 \cdot 6\ H_2O$ 2.5 กรัม ใน 85 % phosphoric acid 100 มิลลิลิตร
เก็บในขวดสีน้ำตาล

Saponification reagent

ละลาย potassium hydroxide 50 กรัม ในน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร แล้วเติม isopropanal จนครบ 1 ลิตร

ภาคผนวก ค
ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายอนุพันธ์ สินสุธาวัลย์
เกิดเมื่อ	18 กุมภาพันธ์ 2524
สถานที่เกิด	จังหวัดสงขลา
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2539 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์
	พ.ศ. 2542 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์
	พ.ศ. 2545 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตรสุขภาพสัตว์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต ปทุมธานี
	พ.ศ. 2546 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
	คาดว่าจะจบการศึกษาในเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2549
ประวัติการฝึกงาน	พ.ศ. 2539 นักศึกษาฝึกงาน ศูนย์เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์
	พ.ศ. 2542 นักศึกษาฝึกงาน ศูนย์เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งจังหวัดจันทบุรี
	พ.ศ. 2544 นักศึกษาฝึกงาน บริษัทสหฟาร์มจำกัด