



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

ปริญญา

.....
โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์

.....
สัตว์บาล

.....
สาขา

.....
ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบในอาหารสุกรระยะ
20-100 กิโลกรัม

Study of Crude Palm Oil and Crude Rice Bran Oil Ratio in 20-100 Kg Pig Diets

นามผู้วิจัย นางสาวอิงครัตน์ ธัญศิริธนารมย์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาตมางกูร, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยุวเรศ เรืองพานิช, Ph.D)

หัวหน้าภาควิชา

.....
(รองศาสตราจารย์เนรมิตร สุขมณี, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....
(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบในอาหารสุกร
ระยะ 20-100 กิโลกรัม

Study of Crude Palm Oil and Crude Rice Bran Oil Ratio in 20-100 Kg Pig Diets

โดย

นางสาวอิงครัตน์ ธัญศิริธนาภรณ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

พ.ศ. 2556

อิงครัตน์ ธัญศิริธรรม 2556: การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าว
ดิบในอาหารสุกรระยะ 20–100 กิโลกรัม ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และ
เทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขาวิชาโภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์
ที่ปรีกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาคมางกูร, Ph.D. 62 หน้า

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบ
โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ 1) ทดสอบหาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมัน
รำข้าวดิบของสุกรรุ่น และ 2) การทดสอบหาสมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก-ขุน คุณภาพซากและกรดไขมัน
ในไขมันสันหลังของสุกรขุน การทดลองที่ 1 ใช้สุกรสามสาย (DxLWxLR) เพศผู้ตอน น้ำหนัก 55 กก. จำนวน
24 ตัว แบ่งเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว ซ้ำละ 1 ตัว เลี้ยงบนกรงศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ หาค่า ME โดย
substitution method ในอาหารพื้นฐานผสม celite ซึ่งเป็น indigestible marker ในระดับ 1.5% พบว่าค่า ME
ของน้ำมันปาล์มดิบ (T1) และน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันรำข้าวดิบในสัดส่วน 75:25 (T2), 50:50 (T3),
25:75 (T4) มีค่าเท่ากับ 9,374 , 9,303 , 9,399 และ 9,076 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มี
นัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และค่า ME ของน้ำมันรำข้าวดิบ (T5) มีค่าเท่ากับ 8,499 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งต่ำกว่า
กลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันในแต่ละกลุ่ม
ทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

การทดลองที่ 2 ใช้สุกรสามสาย (DxLWxLR) จำนวน 80 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 20 กก. แบ่งเป็น 5 กลุ่ม
กลุ่มละ 4 ตัว เลี้ยงในโรงเรือนระบบปิดและการคำนวณสูตรอาหารสำหรับเลี้ยงสุกรได้กำหนดค่า
ME ของน้ำมันปาล์มดิบเท่ากับ 9,375 แคลอรีต่อกรัม และ ME ของน้ำมันรำข้าวดิบเท่ากับ 8,500 แคลอรีต่อ
กรัม โดยใช้ไขมันระดับ 4 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารพบว่า อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร
และปริมาณอาหารที่กินต่อวัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านคุณภาพซาก
สุกรขุน พบว่าความหนาไขมันสันหลัง เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความเป็นกรดของกล้ามเนื้อสันนอก สีเนื้อและ
ค่าการสูญเสียของเนื้อ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) องค์ประกอบของกรดไขมันใน
ไขมันสันหลังพบว่า สัดส่วนกรดไขมันชนิดอิ่มตัวของสุกรที่ได้รับอาหารสูตรน้ำมันปาล์มดิบมีแนวโน้มสูง
กว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรน้ำมันรำข้าวดิบ ($P=0.12$) และพบว่าสัดส่วนกรดไขมัน C18:0, C18:1 และ C18:2
ที่สะสมในไขมันสันหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่พบว่ากรดไขมัน C14:0,
C16:0, C18:3 และ C20:1 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

Aingkharat Thansirathanarom 2013: Study of Crude Palm Oil and Crude Rice Bran Oil Ratio in 20-100 Kg Pig Diets. Master of Science (Animal Nutrition and Feed Technology), Major Field: Animal Nutrition and Feed Technology, Department of Animal Science. Thesis Nutrition and Feed Technology, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Seksom Attamangkune, Ph.D. 62 pages.

The objective of this study is to elucidate the dietary ratio of crude palm oil to crude rice bran oil in pig diets. Two experiments were conducted in order to determine the metabolizable energy values of crude palm oil (CPO) and crude rice bran oil (CRBO) in growing pigs and the effects of dietary lipid sources on growth performance, carcass quality and fatty acid composition in backfat. In Exp. 1 twenty four, 55 Kg BW D x LW x LR pigs were divided into 6 groups. Each group consisted of 4 replications. Each pig was kept individually in metabolic cage. To determine ME values, substitution method was performed for the basal diets which contained 1.5% celite as indigestible marker. Results of exp. 1 showed that ME of CPO (T1) and CPO blended with CRBO in ratio of 75:25 (T2), 50:50 (T3), 25:75 (T4) had ME values of 9,374, 9,303, 9,399 and 9,076 cal/g, respectively, which were not significantly different ($P>0.05$). ME value of CRBO (T5) was 8,499 cal/g which was lower than the other groups ($P<0.05$). However, the digestibility of oils in different dietary treatments were not significantly different ($P>0.05$).

In Exp 2. Eighty, 20 Kg BW D x LW x LR pigs were randomly divided into 5 dietary treatments with 4 replications per treatment and were kept in evaporative cooling house. Pigs were fed with diets formulated by using ME value of CPO at 9,375 cal/g and ME value of CRBO at 8,500 cal/g. The studied fat level in all diets was at 4%. It was found that, ADG, FCR and ADFI were similar for all treatments ($P>0.05$). The carcass quality such as backfat thickness, lean percentage, pH of *Longissimus dorsi*, meat color and drip loss were not significantly different ($P>0.05$). The study of fatty acid composition in back fat demonstrated that pigs fed CPO diet tended to show higher saturated fatty acid ratio than CRBO diets ($P=0.12$). The ratio of C18:0, C18:1 and C18:2 deposited in backfat were significantly different ($P<0.05$) but not in C14:0, C16:0, C18:3 and C20:1.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. เสกสม อาตมางกูร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผศ.ดร. ชูเรศ เรืองพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ อบรม สั่งสอน และเรียบเรียงตรวจทานวิทยานิพนธ์จนสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. เนรมิตร สุขุมณี ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือตลอดการทดลอง ขอกราบขอบพระคุณ คุณวัชร เตชะสัตยา และขอขอบคุณพนักงานบริษัทวิชีเอฟ จำกัด และเพื่อนร่วมงานที่วีระชัยฟาร์มทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ เอาใจใส่ ดูแลในช่วงระยะเวลาของการทดลองตลอดจนเอื้อเฟื้องบประมาณและสถานที่ทำการทดลอง ขอขอบคุณบริษัทไอลีนที่สนับสนุนน้ำมันปาล์มดิบสำหรับงานทดลองที่ 1 มา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณข้าราชการและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่สถานีวิจัยทับกวาง อ.แก่งคอย จ.สระบุรี ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และดูแลตลอดระยะเวลาที่อยู่เก็บข้อมูล ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องวิเคราะห์อาหารสัตว์ เจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำงานในห้องปฏิบัติการ

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้การสนับสนุน ญาติพี่น้องที่เป็นกำลังใจ รวมถึงเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาแด่ คุณพ่อ คุณแม่ คณาจารย์ เพื่อนๆ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ ช่วยเหลือ หากบกพร่องประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับไว้เพียงผู้เดียว

อิงครัตน์ ธัญศิริชนารมย์

ธันวาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	16
ผลและวิจารณ์	32
ผล	32
วิจารณ์	41
สรุปและข้อเสนอแนะ	50
สรุป	50
ข้อเสนอแนะ	52
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	53
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	62

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าว	9
2	ส่วนประกอบของสูตรอาหารพื้นฐานสำหรับสุกรรุ่น (50-80 กิโลกรัม) (as fed basis)	19
3	องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบที่ใช้ในการทดลอง	19
4	ส่วนประกอบของสูตรอาหารพื้นฐานสำหรับสุกรเล็ก (20-50 กิโลกรัม) (as fed basis)	24
5	ปริมาณโภชนะที่ได้จากการคำนวณ (อาหารสุกรเล็ก)	25
6	ส่วนประกอบของสูตรอาหารพื้นฐานสำหรับสุกรรุ่น (50-80 กิโลกรัม) (as fed basis)	26
7	ปริมาณโภชนะที่ได้จากการคำนวณ (อาหารสุกรรุ่น)	27
8	ส่วนประกอบของสูตรอาหารพื้นฐานสำหรับสุกรขุน (80-105 กิโลกรัม) (as fed basis)	27
9	ปริมาณโภชนะที่ได้จากการคำนวณ (อาหารสุกรขุน)	28
10	องค์ประกอบของกรดไขมันในสูตรอาหาร	28
11	ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมัน ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร ค่าพลังงานย่อยได้ ค่าพลังงานในปัสสาวะ และค่าการย่อยได้แบบปรากฏของน้ำมัน เมื่อใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกัน	33
12	ผลของการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตสุกรเล็ก ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน	34
13	ผลของการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตสุกรรุ่น ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน	35
14	ผลของการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตสุกรขุน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน	36

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ผลของการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตสุกรเล็ก-ขุน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน	37
16	ผลของการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่อคุณภาพซากสุกรขุน	38
17	ผลการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไขมัน สันหลังสุกรขุน	40
18	องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันที่เสริมในสูตรอาหาร	48

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของโลก	4
2	ลักษณะผลปาล์มน้ำมัน (ก) ดูรา (ข) ฟิลีเฟอรา และ (ค) เทเนอรา	6
3	ระบบอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย	7
4	ลักษณะกายภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม	8
5	พลังงานในอาหารไก่และสุกรกับสัดส่วนที่แตกต่างกันของ UFA:SFA	13
6	การสังเคราะห์กรดไขมันในสุกร	15
7	ลักษณะโรงเรือน กรง และสัตว์ที่ใช้ในงานทดลอง	17
8	น้ำมันตัวอย่างที่ใช้ในงานทดลอง	18
9	การเก็บปัสสาวะ และการวัดค่ากรดต่างในปัสสาวะ	21
10	ลักษณะโรงเรือน คอก และสัตว์ทดลอง	23
11	ระดับกรดไขมันบริเวณไขมันสันหลัง (C18:0, C18:1 และ C18:2) จากการเสริมส่วนผสมน้ำมันที่สัดส่วนแตกต่างกัน	40
12	ตะกอนที่แทรกในน้ำมันรำข้าวดิบ	42
13	ระดับกรดไขมัน (C18:0, C18:1 และ C18:2) ที่อยู่ในน้ำมัน อาหาร และบริเวณไขมันสันหลังของสุกรขุน ต่อการเสริมน้ำมันมีสัดส่วนแตกต่างกัน	49

การศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบในอาหารสุกร ระยะ 20-100 กิโลกรัม

Study of Crude Palm Oil and Crude Rice Bran Oil Ratio in 20-100 Kg Pig Diets

คำนำ

สภาวะโลกร้อนก่อให้เกิดความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศทั่วโลก ส่งผลต่อการเกษตรกรรมและผลผลิตทางการเกษตรในหลายประเทศ ซึ่งผลิตผลทางการเกษตรโดยเฉพาะธัญพืชที่เป็นแหล่งพลังงานให้ผลผลิตลดลง บางส่วนเกิดความเสียหายในด้านคุณค่าโภชนะทำให้การใช้ประโยชน์จากธัญพืชเหล่านั้นลดลง ในขณะที่ความต้องการใช้พลังงานกลับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ อีกทั้งรัฐบาลมีนโยบายเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยนำพืชผลทางการเกษตร เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง มาผลิตเอทานอลมากขึ้น เกิดการแย่งชิงทรัพยากรวัตถุดิบระหว่างภาคอาหารและพลังงานภายในประเทศ ส่งผลให้หลายภาคส่วนเกิดความกังวลต่อความมั่นคงทางอาหารและแหล่งพลังงานในอนาคต

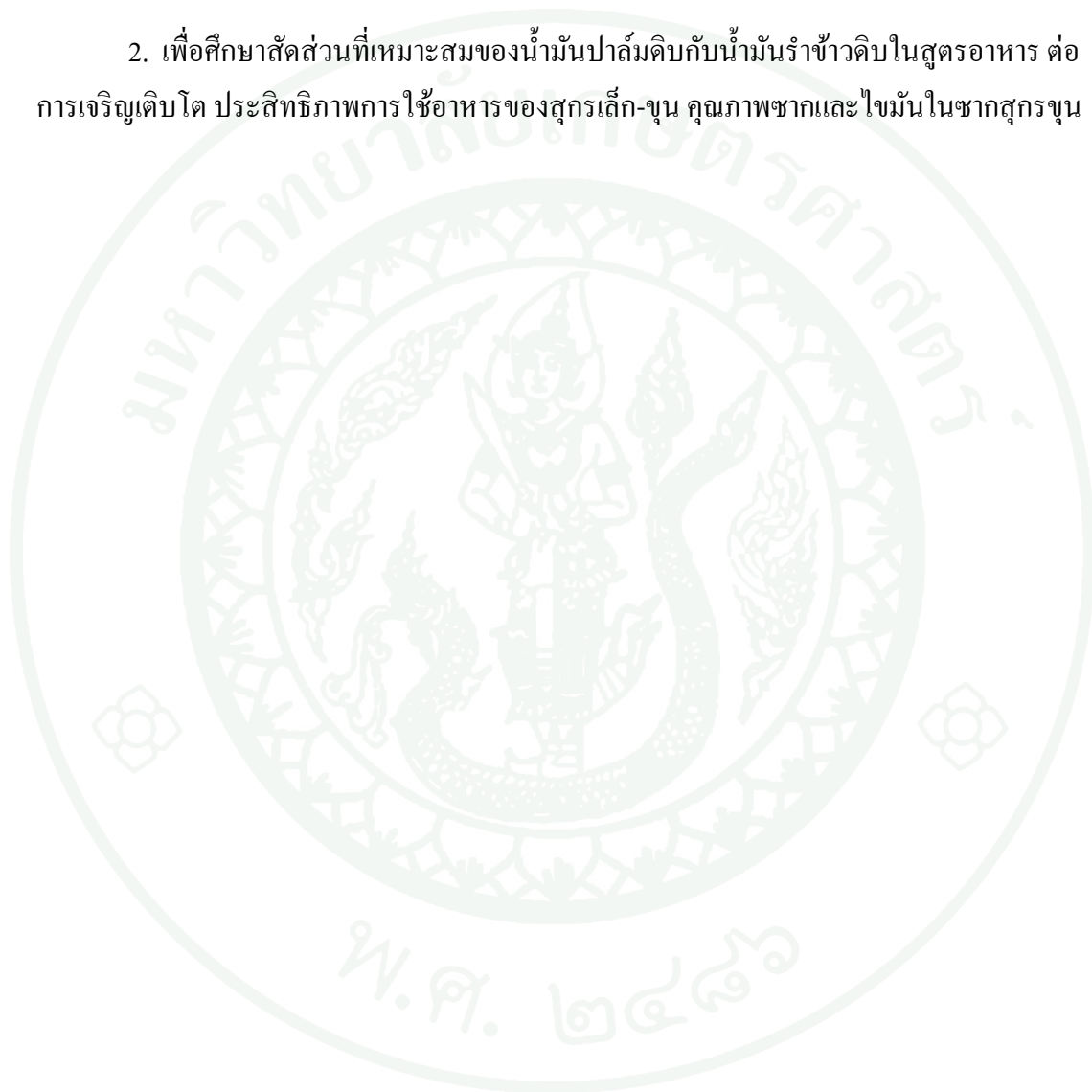
หากพิจารณาถึงแหล่งพลังงานในองค์ประกอบของอาหารสัตว์ น้ำมันเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สัตว์ได้รับพลังงานตามความต้องการ ซึ่งแหล่งของน้ำมันที่ใช้ในอาหารสัตว์มีหลายชนิด แต่แหล่งที่มีความน่าสนใจคือ น้ำมันปาล์ม เนื่องจากสามารถผลิตได้ในประเทศ และมีแนวโน้มการปลูกปาล์มน้ำมัน การผลิตน้ำมันปาล์ม และผลิตภัณฑ์จากปาล์มน้ำมันที่สูงขึ้น ตามนโยบายการส่งเสริมของรัฐบาลไทย สถานการณ์การผลิตน้ำมันปาล์มต่อน้ำมันพืชของโลกมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและรวดเร็วในช่วงปี พ.ศ. 2519-2543 เพิ่มขึ้น 11.7% เป็น 27.5% ในช่วงปี พ.ศ. 2544-2548 และคาดว่าจะสูงขึ้นเป็น 31.2% ในช่วงปี พ.ศ. 2559-2563 ประเทศผู้ผลิตน้ำมันปาล์มรายใหญ่คือ อินโดนีเซียและมาเลเซีย คิดเป็น 87% ของการผลิตทั้งหมด ซึ่งมากกว่ากำลังการผลิตในประเทศไทย 15-16 เท่า (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร, 2554) อุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มของไทยมีอัตราขยายตัวค่อนข้างสูง ในปี พ.ศ. 2520 มีพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นจาก 69,625 ไร่ เป็น 2.7 ล้านไร่ในปี พ.ศ. 2548 และในปี พ.ศ. 2555 มีพื้นที่ปลูก 4.285 ล้านไร่ (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร, 2555) ปัจจุบันมีความต้องการน้ำมันปาล์มสูงขึ้นทั้งความต้องการบริโภค ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ และใช้เพื่อเป็นพลังงานทดแทน ในวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2547

คณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบในแผนปฏิบัติการ การพัฒนาและส่งเสริมการใช้ไบโอดีเซลตาม กระทรวงพลังงานนำเสนอ และมอบหมายให้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์เป็นหน่วยงานหลักในการขยายพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน 10 ล้านไร่ ในปี พ.ศ. 2572 (สุพัตรา, 2548)

ผลผลิตปาล์มน้ำมัน 11.619 ล้านตัน (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร, 2555) สามารถผลิตน้ำมันปาล์มดิบได้ 1.975 ล้านตัน หรือคิดเป็น 17% ของผลผลิต น้ำมันปาล์มดิบสามารถนำไปบริโภคและอุปโภค เช่น น้ำมันปาล์มโอเลอิน สบู่ ผงซักฟอก เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ สารหล่อลื่นสำหรับเครื่องจักร เครื่องสำอาง เป็นต้น (Hartley, 1988; Corley and Tinker, 2003) ส่วนหนึ่งของน้ำมันปาล์มดิบถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ แต่ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างในเรื่องขององค์ประกอบหรือสัดส่วนของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมากกว่า 50-60% อาจส่งผลต่อคุณค่าของพลังงานและคุณภาพซากของสุกรได้ หากมีการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานให้กับสุกร ทั้งนี้ควรนำไปผสมกับน้ำมันที่มีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง เช่น น้ำมันรำข้าว เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานให้มากขึ้น ดังนั้นควรมีการศึกษาเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบ ที่จะทำให้น้ำมันปาล์มดิบมีค่าการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานสูงสุดและไม่ส่งผลต่อการผลิตและคุณภาพซากของสุกร

วัตถุประสงค์

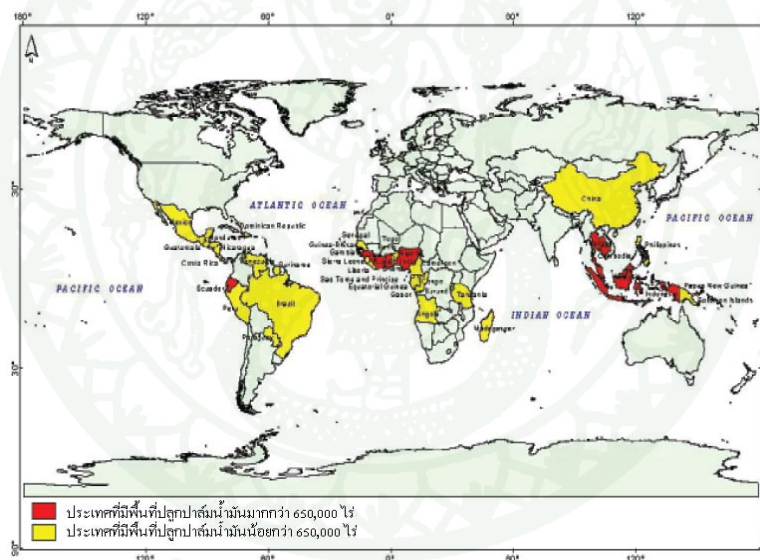
1. เพื่อศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบในสูตรระยะรุ่น
2. เพื่อศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมของน้ำมันปาล์มดิบกับน้ำมันรำข้าวดิบในสูตรอาหาร ต่อการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรเล็ก-ขุน คุณภาพซากและไขมันในซากสุกรขุน



การตรวจเอกสาร

ปาล์มน้ำมัน

ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นพืชที่มีปริมาณการผลิตน้ำมันและการบริโภคจัดเป็นอันดับสองของโลกรองมาจากถั่วเหลือง (Jaligot *et al.*, 2000; Moretzsohn *et al.*, 2002) แต่เป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตน้ำมันต่อพื้นที่สูงสุด (512 กก./ไร่) เนื่องจากเป็นพืชยืนต้นที่ลงทุนเพียงครั้งเดียวแต่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้นาน 20 ปี และยังมีความทนทานต่อผลกระทบจากภัยธรรมชาติ และเมื่อเทียบผลผลิตกับกลุ่มพืชที่ให้น้ำมันที่สำคัญ เช่น ถั่วเหลือง เรพซิด และทานตะวัน เป็นต้น ซึ่งจะให้น้ำมันประมาณ 51-89 กก./ไร่ (ชาย, 2548)



ภาพที่ 1 พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของโลก

ที่มา ชีระ (2548)

ปาล์มน้ำมันสามารถปลูกได้ดีในประเทศเขตร้อนชื้นที่อยู่ในช่วงเส้นละติจูด 20 องศาเหนือ-ใต้ (ภาพที่ 1) และมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูง (Maizura *et al.*, 2006) มีถิ่นกำเนิดในแถบแอฟริกาตะวันตก เข้ามาในทวีปเอเชียโดยชาวโปรตุเกส โดยเริ่มปลูกที่สวนพฤกษศาสตร์ เมืองโบกอร์ ประเทศอินโดนีเซีย ในปี พ.ศ. 2391 (Cochard *et al.*, 2009) และแพร่กระจายพันธุ์มายังเกาะ

สุมาตราในช่วงปี พ.ศ. 2396-2400 และเริ่มปลูกเป็นการค้าในปี พ.ศ. 2454 สำหรับประเทศมาเลเซียได้นำพันธุ์ปาล์มน้ำมันมาปลูกครั้งแรกที่สวนพฤกษศาสตร์สิงคโปร์ราวปี พ.ศ. 2413 (ธีระ และคณะ, 2546) ต่อมาได้รับความสนใจมีการค้นคว้าและวิจัยครั้งแรกในรัฐเซลังงอ และเริ่มปลูกในเชิงการค้าครั้งแรกในปี พ.ศ. 2460 (Maizura *et al.*, 2006) สำหรับประเทศไทยเริ่มมีการนำมาปลูกครั้งแรกที่สถานีทดลองยางคองหงส์ จังหวัดสงขลา และสถานีถลางสิรินธร จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2472 โดยปลูกเป็นปาล์มประดับ และต่อมาได้ส่งเสริมให้ปลูกเป็นพื้นที่ใหญ่ในปี พ.ศ. 2511 โดยโครงการนิคมสร้างตนเองและพัฒนาภาคใต้จังหวัดสตูล และโครงการบริษัทอุตสาหกรรมน้ำมันและสวนปาล์มจำกัด จังหวัดกระบี่ ซึ่งมีการส่งเสริมและขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้นเรื่อยๆ (ธีระ และคณะ, 2546) จนในปี พ.ศ. 2553 มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมดประมาณ 4.1 ล้านไร่ โดยจังหวัดที่ปลูกมากที่สุดคือ กระบี่ สุราษฎร์ธานี และชุมพร ตามลำดับ (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ปัจจุบันการผลิตน้ำมันปาล์มของประเทศไทยจัดอยู่ในอันดับ 3 ของโลก รองจากประเทศอินโดนีเซีย และมาเลเซีย แต่ผลผลิตน้ำมันปาล์มที่ได้ส่วนใหญ่พอเพียงเพื่อการบริโภคและอุปโภคภายในประเทศ หรือขาดแคลนเล็กน้อยในบางครั้ง (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, ม.ป.ป.) ทั้งนี้ นอกจากภาคใต้แล้วยังมีการส่งเสริมและขยายพื้นที่การปลูกไปยังภาคอื่นๆ ของประเทศด้วย

ปาล์มน้ำมันแบ่งออกเป็น 3 ชนิด โดยพิจารณาจากความหนาของกะลา (endocarp) ดังนี้

1. ชนิดดुरา (dura) มีกะลาหนาประมาณ 2-8 มิลลิเมตรและไม่มีวงเส้นประสีดำอยู่รอบกะลา มีลักษณะทางพันธุกรรมเป็น homozygous dominance (Sh^+/Sh^+) ผลมีเปลือกชั้นนอกน้อยจนถึงปานกลาง (35-60% ของผล) (Hartley, 1988) ดังภาพที่ 2 (ก)

2. ชนิดพิสิเฟอร์รา (pisifera) มีลักษณะทางพันธุกรรมเป็น homozygous recessive (Sh^-/Sh^-) ลักษณะผลมีเปลือกชั้นนอกหนา กะลาบางมากหรือไม่มีกะลา เมล็ดเนื้อในมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับสายพันธุ์ดुरาและเทนอรา ไม่นิยมปลูกเนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การฟ่อของดอกตัวเมียสูง ทำให้จำนวนทะลายต่อต้นน้อย (Corley and Tinker, 2003) ดังภาพที่ 2 (ข)

3. ชนิดเทนอรา (tenera) กะลาหนาประมาณ 0.5-4 มิลลิเมตร และจะพบวงแหวนของเส้นใย (fiber ring) ในเปลือกชั้นนอกที่ล้อมรอบกะลาในผลปาล์มน้ำมัน มีลักษณะทางพันธุกรรมเป็น heterozygous (Sh^+/Sh^-) เป็นลูกผสมที่ได้จากการผสมระหว่างแม่ดुरาและพ่อพิสิเฟอร์รา ลักษณะของผลมีเปลือกชั้นนอกหนา (60-90% ของผล) ชนิดเทนอราเป็นที่นิยมปลูกในปัจจุบันมากกว่า

ชนิดดูลา เนื่องจากมีจำนวนทะลายต่อต้นสูงกว่าและบริเวณของเปลือกชั้นนอกหนากว่า แต่ขนาดของทะลายเล็กกว่าชนิดดูลา (Sambanthamurthi *et al.*, 2009) ดังภาพที่ 2 (ก)

ผลปาล์มน้ำมันมีลักษณะเป็นรูปไข่ ความยาว 2-5 เซนติเมตร น้ำหนัก 3-30 กรัม ประกอบด้วย ผิวเปลือกนอก (exocarp) ชั้นเปลือกนอก (mesocarp) และชั้นกะลาและเนื้อใน (endocarp) ในชั้น mesocarp มีลักษณะที่เป็นเนื้อเยื่อเส้นใยสีส้มแดงเมื่อสุกและมีน้ำมันอยู่ในชั้นนี้ สำหรับชั้น endocarp ประกอบด้วยกะลาคือ หนาประมาณ 1-8 มิลลิเมตร และอาหารต้นอ่อน (endosperm) หรือเนื้อในมีสีขาวอมเทาซึ่งมีน้ำมันสะสมอยู่เต็มภายในกะลา มีเยื่อ (testa) สีน้ำตาลแก่หุ้มอยู่ บริเวณเปลือกชั้นนอกมีลักษณะเป็นผิวมัน มีสารสีพวง carotene อยู่ทำให้ส่วนผลที่สัมผัสแสงจะมีสีส้มเข้มหรือส้มแดงและส่วนที่อยู่ด้านในที่สัมผัสกับแสงแดงจะไม่มีสี (Hartley, 1988)



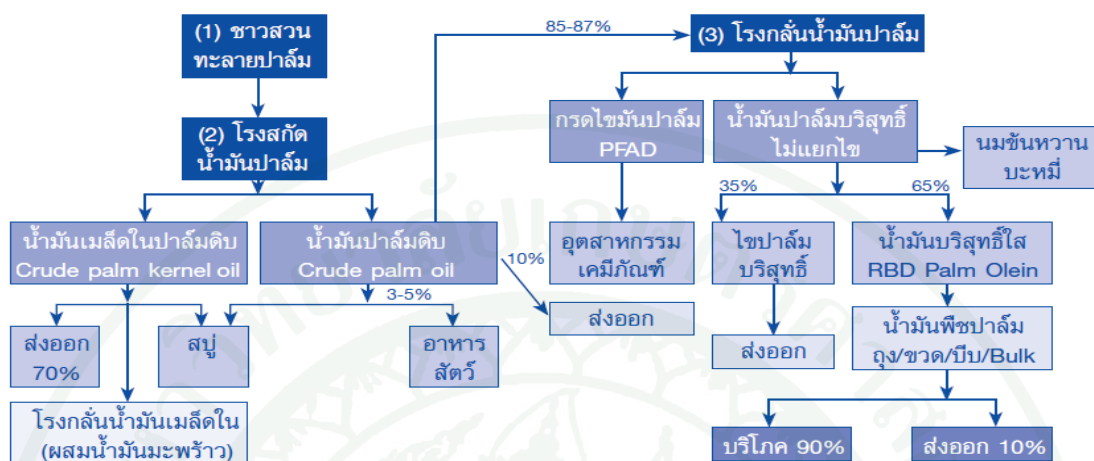
ภาพที่ 2 ลักษณะผลปาล์มน้ำมัน (ก) ดูลา (ข) พืชเฟอรา และ (ค) เทเนอรา

ที่มา ชีระพงษ์ (2553)

อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมัน

อุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ประกอบด้วยอุตสาหกรรมขั้นต้นคือ เกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันที่เป็นธุรกิจส่วนตัว กิจกรรมนิคมสหกรณ์ หรือกิจการบริษัท ซึ่งเกษตรกรชาวสวนปาล์มจะนำผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ส่งไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เมื่อผ่านกระบวนการสกัดเป็นน้ำมันปาล์มดิบแล้ว จะขายต่อไปให้กับโรงกลั่นซึ่งเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลาง เพื่อนำน้ำมันปาล์มดิบเข้าสู่กระบวนการกลั่นจนเป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ โดยแยกเอาสิ่งเจือปนในน้ำมัน เช่น เศษผง กาก กรด เป็นต้น ออกจากน้ำมันดิบ สำหรับน้ำมันที่ผ่านขั้นตอนนี้แล้วจะเรียกว่า น้ำมันอาร์บีดี (refining bleaching deodorization, RBD) น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์จะจำหน่ายโดยตรงเพื่อการบริโภค และอีกส่วนหนึ่งจะขายให้กับอุตสาหกรรมขั้นปลาย เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปาล์มเป็นวัตถุดิบ เพื่อการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ

เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับน้ำมันปาล์ม เช่น เนยขาว เนยเทียม นมข้นหวาน ครีมเทียม ไอศกรีม สบู่ อาหารสัตว์ อุตสาหกรรมโอเลโอเคมีคอล เป็นต้น ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ระบบอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันของไทย

ทิมา ชีระ (2548)

กระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มประกอบด้วย 2 กระบวนการหลัก คือ กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม และกระบวนการกลั่นบริสุทธิ์น้ำมันปาล์ม สำหรับน้ำมันปาล์มดิบได้จากขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์ม (mill processing) หลังการเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน เกษตรกรจะขนส่งผลผลิตเข้าสู่โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มภายใน 24 ชั่วโมง เนื่องจากหลังเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มจะบอบช้ำ ทำให้มีการสร้างกรดไขมันอิสระขึ้น และส่งผลเสียต่อคุณภาพของน้ำมัน

กระบวนการสกัดน้ำมันมี 2 แบบ คือ แบบมาตรฐาน มีการแยกชนิดของน้ำมันปาล์ม และแบบหีบน้ำมันผสม น้ำมันที่ได้เป็นน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์ม สำหรับการสกัดโดยทั่วไปในโรงงานแบบมาตรฐานมี 4 ขั้นตอนคือ

1. การอบทะลายด้วยไอน้ำ (sterilization) ที่อุณหภูมิ 130-135 องศาเซลเซียส ความดัน 2.5-3 บาร์ นาน 50-75 นาที การอบทะลายจะช่วยหยุดปฏิกิริยาไลโปไลซิส ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกรดไขมันอิสระในผลปาล์ม นอกจากนั้นการอบไอน้ำยังช่วยให้ผลปาล์มอ่อนนุ่ม หลุดออกจากช่อดูได้ง่าย

2. การแยกผล (stripping) เป็นการนำทะลายเข้าเครื่องแยกผลปาล์มออกจากทะลาย นำผลปาล์มที่ได้ไปเข้าเครื่องย่อยผลปาล์ม เพื่อให้ส่วนเปลือกแยกออกจากเมล็ด สำหรับทะลายเปล่าจะถูกแยกออกไปเป็นเชื้อเพลิง

3. การสกัดน้ำมัน (oil extraction) นำส่วนเปลือกอบที่อุณหภูมิ 90-100 องศาเซลเซียส นาน 20-30 นาที จากนั้นผ่านเข้าเครื่องหีบแบบเกลียวอัดคู่ จะได้น้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งมีองค์ประกอบคือน้ำมันประมาณ 60% น้ำ 24% และของแข็ง 10%

4. การทำความสะอาดน้ำมันปาล์มดิบ (clarification) นำน้ำมันปาล์มที่ได้ เข้าถังกรองเพื่อแยกน้ำและของแข็งออก แล้วนำเข้าเครื่องเหวี่ยงเพื่อทำความสะอาดอีกครั้งและไล่น้ำออก จากนั้นนำไปกลั่นหรือจำหน่ายต่อไป น้ำมันปาล์มดิบแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนบนมีลักษณะเป็นของเหลวสีแดง (crude palm oil olein) ส่วนล่างมีลักษณะเป็นไขสีเหลืองส้ม (crude palm oil stearin) สำหรับเมล็ดผลปาล์มจะถูกนำมาแยกเส้นใยออกจากเมล็ด นำเมล็ดที่ได้มาอบแห้งและทำความสะอาด จากนั้นนำมาเข้าเครื่องกะเทาะเพื่อแยกกะลาออกและนำเมล็ดในมาอบแห้ง มีความชื้นไม่เกิน 7% เพื่อรอจำหน่ายหรือหีบน้ำมันต่อไป (ชาย, 2548)



ภาพที่ 4 ลักษณะกายภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม

ที่มา สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร (2554)

น้ำมันปาล์มดิบ (Crude palm oil)

โดยทั่วไปน้ำมันปาล์มดิบมีองค์ประกอบดังนี้ (1) glycerides ประมาณ 95% (2) fatty acids ประมาณ 3-5% (3) minor and trace component 1% ซึ่งประกอบด้วย phytonutrient ที่มีคุณค่าทางอาหาร และสารอื่นๆ เช่น carotene, tocopherols, tocotrienols, sterols, triterpene alcohols, phospholipids, glycolipids, terpenic, hydrocarbons, waxes และ impurities (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมัน สุราษฎร์ธานี, ม.ป.ป.) Gunstone (1987) รายงานว่าน้ำมันปาล์มดิบมีค่าพลังงานที่สัตว์ใช้ประโยชน์ได้ในสัตว์ปีกประมาณ 36.4-37.2 MJ/Kg. (8,692-8,883 cal/g) สำหรับในสุกรมีค่าประมาณ 36.0-36.8 MJ/Kg. (8,597-8,788 cal/g) และองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าว

กรดไขมัน		น้ำมันปาล์มดิบ (%)	น้ำมันรำข้าว (%)
Capric	C10:0	-*	0.31
Lauric	C12:0	0.23 (0.1-1.0)	-*
Myristic	C14:0	1.09 (0.9-1.5)	0.02
Palmitic	C16:0	44.02 (41.8-46.8)	16.74
Palmitoleic	C16:1	0.12 (0.1-0.3)	0.22
Heptadecanoic	C17:0	-*	0.07
Stearic	C18:0	4.54 (3.7-5.6)	1.79
Oleic	C18:1	39.15 (37.3-40.8)	42.79
Linoleic	C18:2	10.12 (9.1-11.0)	34.65
Linolenic	C18:3	0.37 (<0.05-0.6)	0.19
Arachidic	C20:0	0.38 (0.2-0.7)	0.64

ที่มา: ดัดแปลงจาก Gunstone (1987) และ Tahira (2007) (*ไม่มีข้อมูล)

แคโรทีนที่พบในน้ำมันปาล์มมากกว่า 90% อยู่ในรูป α -carotene และ β -carotene (Mortensen, 2005) ซึ่งเบต้าแคโรทีน (β -carotene; $C_{40}H_{56}$) เป็นแคโรทีนอยด์มีความสำคัญต่อร่างกาย เนื่องจากเบต้าแคโรทีนเมื่อถูกย่อยสลายแล้วกลายเป็นวิตามินเอ ซึ่งช่วยบำรุงสายตาและลดความ

เลื่อมของเซลล์ลูกตา (Manorama and Rukmini, 1991) และยังมีผลในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน เนื่องจากเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ รวมทั้งยังช่วยป้องกันการเกิดมะเร็ง (Lietz and Henry, 1997) โดยแหล่งของเบต้าแคโรทีนที่พบมากที่สุด คือ น้ำมันปาล์ม (30,000 ppm) ซึ่งพบมากกว่าพืชผักทั่วไป 15-300 เท่า (Zeb and Mehmood, 2004) นอกจากแคโรทีนอยด์แล้วในน้ำมันปาล์มยังอุดมไปด้วยวิตามินอี (tocopherol) ถูกสกัดจากคิสทิลเลท (distilled) ของน้ำมันปาล์ม ซึ่งได้จากการบวนการกลั่นน้ำมันโอเลอิน โดยทั่วไปสามารถพบวิตามินอีประมาณ 0.39-0.50% วิตามินอีที่สกัดได้นั้นมีความคงตัวที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 120 วันในขวดสีชา โดยความเข้มข้นของวิตามินอีลดลงเพียงเล็กน้อยวิตามินอีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถป้องกันการหืน เป็นสารต้านมะเร็งและเนื้องอก สามารถยับยั้งการสังเคราะห์คอเรสเตอรอล ป้องกันโรคหัวใจ และเป็นสารป้องกันการจับตัวของเกล็ดเลือด (พัชรินทร์, 2552)

น้ำมันรำข้าว (rice bran oil)

รำข้าวเป็นเชื้อสีน้ำตาลที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าว ซึ่งสามารถผลิตเป็นน้ำมันรำข้าวดิบประมาณ 16-17 เปอร์เซ็นต์ และผลิตเป็นน้ำมันบริสุทธิ์เพื่อการบริโภคประมาณ 11-12 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันรำข้าวดิบได้จากการบีบอัดหรือใช้สารละลายสกัดจากรำข้าว ในกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายมักนิยมใช้เฮกเซนหรือปิโตรเลียมอีเทอร์ ซึ่งทำโดยการแช่รำข้าวในตัวทำละลาย น้ำมันในรำข้าวจะถูกละลายออกมาปนกับตัวทำละลายซึ่งเรียกว่า มิสเซลลา (miscella) หลังจากนั้นจะเป็นขั้นตอนกรองแยกรำข้าวออกจากมิสเซลลา และแยกน้ำมันออกจากตัวทำละลาย ทำให้น้ำมันรำข้าวดิบ จากนั้นจะนำน้ำมันรำข้าวดิบไปผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ เพื่อใช้สำหรับบริโภคต่อไป น้ำมันรำข้าวดิบนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่น ๆ และใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานที่ดีในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์ เนื่องจากน้ำมันรำข้าวประกอบด้วยพลังงานที่สัตว์ใช้ประโยชน์ได้มีค่าประมาณ 8,500 cal/g ในสัตว์ปีก (Kunasekar, 2007) น้ำมันรำข้าวมีส่วนประกอบของกรดไขมันชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 1 และเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น ได้แก่ กรดไขมันไลโนเลอิก (linoleic fatty acid; C18:2) 32-38% และกรดไขมันไลโนเลนิก (linolenic fatty acid; C18:3) 1-2% พบวิตามิน เอ ดี อี และเค โดยเฉพาะวิตามินอีรวม มีมากกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

น้ำมันรำข้าวดิบประกอบด้วย กลีเซอไรด์ประมาณ 88-93 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันอิสระประมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์, จีฟีนประมาณ 3-4 เปอร์เซ็นต์, โกลโคลิปิดประมาณ 6-7 เปอร์เซ็นต์ และฟอสโฟลิปิดประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ (Orthofer, 1996) นอกจากนั้นในน้ำมันรำข้าวยังพบ

วิตามินอี สารโอรีซานอล (oryzanol) สารโพลีฟีนอลและสารแอนโทไซยานิน ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วย ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์น้ำมันรำข้าวดิบถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานเสริมให้กับสัตว์ อีกทั้งยังช่วยลดความเป็นฝุ่นของอาหาร เพิ่มความน่ากินของอาหาร และทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นในการอัดเม็ดอาหาร

การใช้ไขมันในอาหารสุกร

โดยทั่วไปอาหารสำหรับสุกรมักมีไขมันน้อยกว่า 50 g/Kg. DM (Doreau and Chilliard, 1997) เนื่องจากอาหารที่ใส่ไขมันต่ำแล้วมีคาร์โบไฮเดรตสูงมีความคุ้มทุนทางเศรษฐกิจมากกว่าอาหารที่ประกอบด้วยไขมันสูงแต่คาร์โบไฮเดรตต่ำ (Mitchaothai, 2007) ไขมันเป็นอาหารที่มีความเข้มข้นของพลังงานสูงกว่าคาร์โบไฮเดรต 2.25 เท่า การเติมไขมันลงในอาหารสัตว์มีจุดประสงค์หลักคือ เพื่อเพิ่มระดับพลังงานในอาหาร ลดความเป็นฝุ่นและปรับปรุงรสชาติอาหารให้ดีขึ้น เพิ่มความหนาแน่นของอาหาร ช่วยลดปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากการเผาผลาญ (heat increment) นอกจากนี้การเติมไขมันยังเป็นการเพิ่มระดับของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของวิตามินที่ละลายในไขมันให้สูงขึ้นด้วย (พันทิพา, 2539; นวลจันทร์, 2544; สาโรช, 2547)

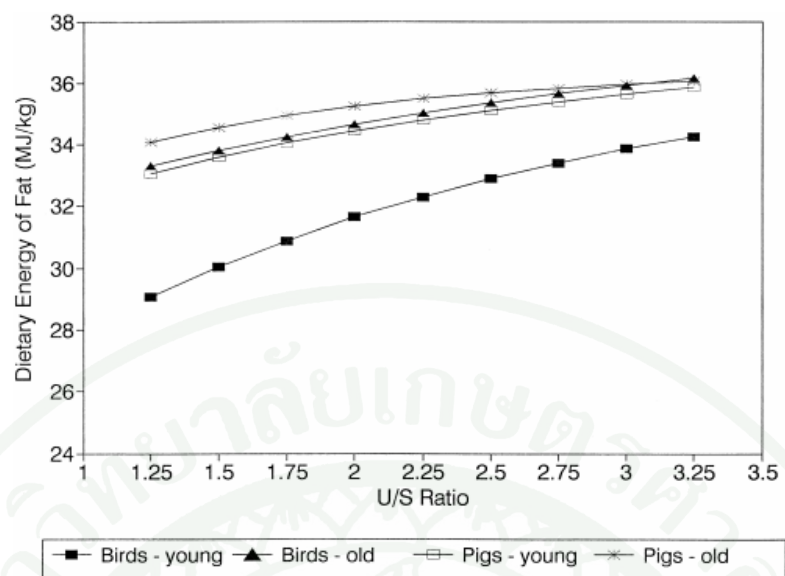
ปัจจัยที่มีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการของไขมัน

โดยทั่วไปสัตว์ไม่สามารถใช้พลังงานทั้งหมดจากอาหารที่กินเข้าไปได้ เนื่องจากประสิทธิภาพในการย่อยและการส่งต่อของพลังงานน้อยกว่า 100% ซึ่งเกิดจากการสูญเสียพลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึม Maynard (1979) รายงานว่าพลังงานสูญเสียในรูปมูล 20%, ปัสสาวะ 2-3%, สูญเสียในรูปแก๊สเล็กน้อย และสูญเสียในรูปความร้อนประมาณ 15-40% สำหรับการย่อยได้ของไขมันมีผลต่อระดับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของไขมันในสัตว์ มีหลายปัจจัยเกี่ยวข้อง ได้แก่ โครงสร้างทางเคมีของไขมัน อายุของสัตว์ และการสกัดไขมันออกจากมูลสัตว์ ในส่วนของโครงสร้างของไขมันและกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบ (fat structure and fatty acid profile) มีผลต่อการย่อยและการดูดซึมของไขมัน ซึ่งกรดไขมันที่มีสายสั้นและยาว ปานกลาง ความยาวของคาร์บอนในโครงสร้างของกรดไขมัน (chain length) ไม่เกิน 12 และ 14 คาร์บอนอะตอม (Garrett and Young, 1974) จะสามารถดูดซึมผ่านผนังลำไส้ได้ ไม่จำเป็นต้องสร้างไมเซลล์ (micelles) (Gu and Li, 2003) แต่กรดไขมันสายยาวมีอัตราการดูดซึมและค่าของพลังงานลดลงเมื่อกรดไขมันมี

ความยาวเพิ่มขึ้น (สาโรช, 2547) เช่น กรดปาล์มติกและกรดสเตียริก จะจับตัวเป็นไมเซลล์ได้ดีกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว ถ้าในอาหารมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวและ โมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) ปริมาณสูงช่วยให้กรดไขมันอิ่มตัวดูดซึมได้ดีขึ้น (Carlson and Bayley, 1968)

กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid; UFA) มีความสามารถรวมตัวกับเกลือน้ำดีใน รูปไมเซลล์ในลำไส้เล็ก ซึ่งดูดซึมได้ดีและเร็วกว่ากรดไขมันที่อิ่มตัว (saturated fatty acid; SFA) (Wiseman *et al.*, 1998) นอกจากนั้นยังสามารถลำเลียงไปใช้ประโยชน์ในการให้พลังงานได้ดีกว่า กรดไขมันอิ่มตัว (สาโรช, 2547) และพบว่าหากเติม UFA ลงในอาหารหรือเติม UFA ร่วมกับ SFA จะทำให้การดูดซึม การใช้ประโยชน์ และค่าพลังงานของ SFA รวมทั้งค่าพลังงานของส่วนผสม เพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกว่า synergistic effect ระหว่าง UFA และ SFA (Wiseman and Lessire, 1987) ไขมันไม่อิ่มตัวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์และเพิ่มค่าพลังงานของไขมันอิ่มตัวให้ สูงขึ้นด้วย synergistic effect ของไขมันที่เกิดขึ้นจะค่อยๆ ลดลงหากระดับของไขมันไม่อิ่มตัวที่ ผสมเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ สัดส่วนการผสมระหว่างไขมันไม่อิ่มตัวต่อไขมันอิ่มตัวที่จะให้ synergistic effect สูงสุดควรเป็น UFA:SFA ที่ 2.15-2.62:1 และ 3:1 เมื่อเติมไขมันในอาหารจะเกิด synergism ระหว่างไขมันที่เติมและไขมันที่มีอยู่ในอาหาร (สาโรช, 2547) และพบว่าหากเสริมน้ำมันผสม ระหว่างน้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันปาล์มในสัดส่วน 50:50 จะช่วยให้การย่อยได้ของไขมันได้ดีกว่า กลุ่มที่เสริมน้ำมันชนิดเดียว เนื่องจากสัดส่วน UFA:SFA แตกต่างกัน เนื่องจากน้ำมันปาล์มมีไขมัน อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบสูง ไม่สามารถใช้เป็นแหล่งไขมันแหล่งเดียว (single fat source) แต่ควรใช้ เมื่อมีสัดส่วนของ UFA:SFA เป็น 2.25 ในอาหาร ซึ่งสามารถทำได้โดยการเสริมน้ำมันที่มีไขมันไม่ อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบสูง เช่น น้ำมันถั่วเหลือง (Doppenberg and Van Der Aar, 2010)

จากภาพที่ 5 ได้มีการทดลองหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงาน (ME) ในไก่เนื้อและค่า การย่อยได้ของพลังงาน (DE) ในสุกร โดยมีการผสมน้ำมันถั่วเหลืองกับไขมันในสัดส่วนของ UFA:SFA ที่แตกต่างกันตั้งแต่ 1-3.5 โดยไก่เนื้อระยะเล็กและระยะเต็มวัย มีอายุ 1.5 และ 7.5 สัปดาห์ ตามลำดับ สุกรเล็กและสุกรรุ่นมีน้ำหนัก 15 และ 30-85 กิโลกรัม ตามลำดับ พบว่าการย่อย ได้ของไก่เนื้อเต็มวัยและสุกรเป็นไปในทิศทางเดียวกัน สามารถย่อยได้ 94-95% แต่การย่อยได้ของ ไก่เล็กจะต่ำกว่าสัตว์กลุ่มอื่น 5-15%



ภาพที่ 5 พลังงานในอาหารไก่และสุกรกับสัดส่วนที่แตกต่างกันของ UFA:SFA

ที่มา Wiseman *et al.* (1998)

ปริมาณของกรดไขมันอิสระที่ปะปน (level of free fatty acid) มีผลต่อสัดส่วน glycerol:FFA หากปริมาณของ FFA มากขึ้นทำให้การดูดซึมและใช้ประโยชน์ได้น้อยลง (Wiseman *et al.*, 1998) และพบว่าถ้า FFA ของไขว้เพิ่มจาก 200 เป็น 970 g/Kg จะมีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ในอาหารไก่ไข่ลดลงจาก 34.3 เป็น 30.0 MJ/Kg (Shannon, 1971) นอกจาก FFA เป็นแหล่งที่ให้พลังงานได้น้อยกว่าไตรกลีเซอไรด์ FFA สามารถเกิดการหืนและรวมตัวกับแร่ธาตุ เช่น แคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นสบู่ได้ง่าย ซึ่งทำให้การได้รับพลังงานของไขมันลดต่ำลง การหืนของไขมัน (rancidity and oxidation) มีผลทำให้คุณค่าของการให้พลังงานและการใช้โปรตีนในอาหารลดลง และสูญเสียโภชนะอื่นๆ ที่ละลายในไขมัน เช่น กรดไขมันจำเป็น วิตามิน สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นต้น นอกจากนั้นอาหารที่มีกลิ่นหืนจะมีกลิ่นและรสชาติไม่ดี เนื่องจากเกิดหมู่แอลดีไฮด์และคีโตน ทำให้สัตว์กินอาหารน้อยลงหรือหยุดกินอาหารได้ นอกจากนั้นแอลดีไฮด์บางตัวเข้าทำปฏิกิริยาจับตัวกับกรดอะมิโนในโปรตีน ทำให้การละลายได้ของโปรตีนลดลง นำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้

ตำแหน่งของกรดไขมันที่จับอยู่บนโมเลกุลของกลีเซอรอล กรดไขมันที่เกาะในตำแหน่งคาร์บอนที่ (C2) ซึ่งอยู่ในรูป 2-monoglycerol ดูดซึมและใช้ประโยชน์ได้ดีคล้ายกรดไขมันไม่อิ่มตัว

แม้ว่ากรดปาล์มิติกในน้ำมันหมูเป็น SFA แต่สามารถถูกดูดซึมและให้พลังงานได้ดีกว่ากรดไขมันอิสระเนื่องจากกรดไขมันเกาะในตำแหน่ง C2

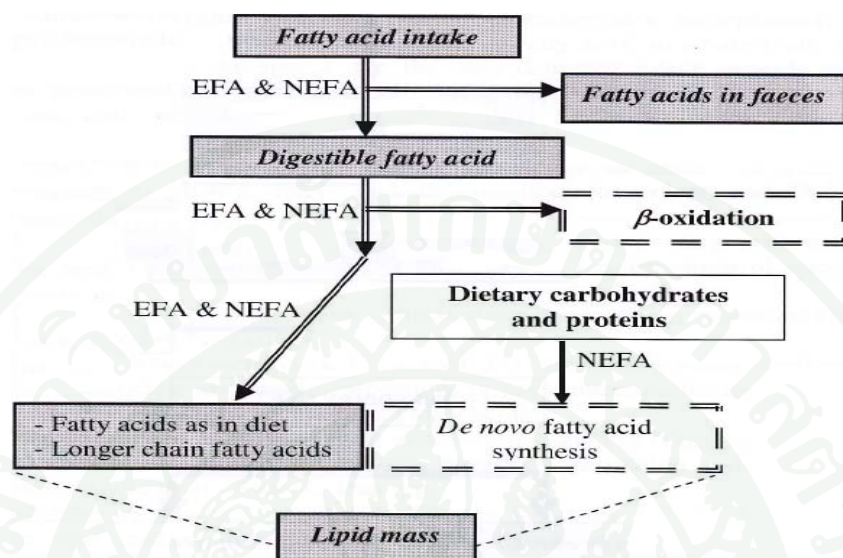
นอกจากนั้นอายุสัตว์และระดับไขมันที่เดิมในอาหาร มีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของไขมันเช่นกัน (Frobish, 1970) สัตว์ที่อายุน้อยมีความสามารถดูดซึมไขมันและใช้พลังงานจากไขมันได้ดีกว่าสัตว์ที่อายุมาก เนื่องจากการพัฒนาระบบทางเดินอาหารยังไม่ดีพอ เช่น การผลิตน้ำดี หรือ การสังเคราะห์ binding protein เป็นต้น การเติมไขมันในอาหารระดับต่ำ สัตว์จะใช้ไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าการเติมไขมันในอาหารระดับสูงๆ เนื่องจากระดับไขมันที่เติมลงไปสูงเกินขีดความสามารถของสัตว์ที่สามารถนำไขมันไปใช้ได้

การสะสมกรดไขมันในเนื้อเยื่อไขมัน

กรดไขมันในอาหารส่วนใหญ่อยู่ในรูป triacylglycerol และถูกย่อย ดูดซึม และเปลี่ยนโครงสร้างกลับมาเป็น triacylglycerol อีกครั้งด้วยกระบวนการ re-esterification กรดไขมันที่เข้าไปในเนื้อเยื่อสามารถเกิดออกซิเดชันเพื่อให้ได้พลังงานมาใช้ประโยชน์และเกิดการสังเคราะห์ไขมัน เมื่อเซลล์มีพลังงานมากพอและมีสารอะซิติลโคเอเหลือ ร่างกายจะนำ acetyl-ACP และ malonyl-ACP ทำปฏิกิริยารวมตัวกัน จากนั้นเกิดปฏิกิริยารวมตัวของ acetyl-CoA เพื่อให้สายโซ่กรดไขมันยาวขึ้น (พจน์ และคณะ, 2543) การสังเคราะห์กรดไขมันขึ้นเองในเซลล์ (De novo synthesis) มักสะสมกรด palmitic, stearic และ oleic ซึ่ง De novo synthesis มีสารตั้งต้นมาจากกลูโคส กรดอะมิโน และกรดไขมัน ดังแสดงในภาพที่ 6 (Kloareg *et al.*, 2005; Mitchaothai, 2007) ดังนั้นไขมันในอาหารจึงมีความสัมพันธ์กับไขมันที่สะสมในเนื้อเยื่อไขมันสัตว์ แต่ไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันจำเริญได้เนื่องจากร่างกายสัตว์ขาดเอนไซม์ 12-desaturase และ 15-desaturase ทำให้สังเคราะห์ linoleic acid และ alpha linolenic acid ไม่ได้ (พจน์ และคณะ, 2543) ปัจจุบันผู้บริโภคสนใจผลิตภัณฑ์ที่มี unsaturated fatty acid เป็นองค์ประกอบเพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก polyunsaturated fatty acid สามารถป้องกันโรคหลอดเลือดและหัวใจได้

ไขมันในอาหารมีกรดไขมันหลายชนิดเป็นองค์ประกอบซึ่งมีผลต่อการสะสมไขมันในเนื้อเยื่อ (Gabert *et al.*, 1996; Jorgensen *et al.*, 1996) สำหรับเนื้อเยื่อไขมันและไขมันแทรกในกล้ามเนื้อของสุกร ก็พบว่าการสะสมไขมันมีความสัมพันธ์กันระหว่างความเข้มข้นของ PUFA กับกรดไขมันที่อยู่ในเนื้อเยื่อ (Nguyen *et al.*, 2003) นอกจากชนิดของไขมันในอาหารมีความสัมพันธ์

กับไขมันในร่างกายสัตว์แล้วยังพบว่าหากเสริมไขมันในอาหารสุกรมากเกินไปจะส่งผลให้ไขมัน
 สิ้นหลังในซากสุกรหนาขึ้น (Morrison, 1956)



ภาพที่ 6 การสังเคราะห์กรดไขมันในสุกร

ที่มา Mitchaothai, J. (2007)

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยในครั้งนี้ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การทดสอบหาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบ ของสุกรรุ่น

อุปกรณ์การทดลอง

1. โรงเรือนระบบเปิด
2. กรงใช้ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ (metabolic cage)
3. celite เป็น acid insoluble ash (AIA) internal indicator
4. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ
5. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 6N, HCl 10N และ HCl 2N
6. pH-indicator strips pH 0 -14
7. เครื่องชั่งน้ำหนัก ตู้แช่แข็ง สำหรับเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ
8. เครื่อง bomb calorimeter รุ่น Parr 6200 เครื่องอัดเม็ด ลำลี ตู้อบ เครื่องชั่งละเอียด เตาเผา ถ้วยเผา โถดูดความชื้น กระจกกรอง กรวย เตาไฟฟ้า และ erlenmeyer flask

สัตว์ทดลอง

สุกรเพศผู้ตอน (ลูกผสมพันธุ์ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และดুরอค) น้ำหนัก 55 กิโลกรัม จำนวน 24 ตัว โดยแบ่งสุกรออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว ซ้ำละ 1 ตัว เลี้ยงบนกรงศึกษาการย่อยได้ของโภชนะ (metabolic cage) เพื่อเก็บตัวอย่างมูลและปัสสาวะ



ภาพที่ 7 ลักษณะโรงเรือน กรง และสัตว์ที่ใช้ในงานทดลอง

อาหารทดลอง

อาหารที่ใช้ในการทดลองมีทั้งหมด 6 สูตร แบ่งเป็นสูตรอาหารพื้นฐาน (basal diet) 1 สูตร และสูตรอาหารที่ต้องการหาค่าพลังงานของน้ำมัน 5 สูตร ดังนี้

1. สูตรอาหารพื้นฐาน (C)
2. สูตรอาหารพื้นฐานรวมกับแหล่งพลังงานที่ได้จากน้ำมันปาล์มดิบ 100 % (T1)
3. สูตรอาหารพื้นฐานรวมกับแหล่งพลังงานที่ได้จากน้ำมันปาล์มดิบ 75 % ผสมรวมกับน้ำมันรำข้าวดิบ 25 % ของไขมันที่เติมในสูตรอาหาร (T2)
4. สูตรอาหารพื้นฐานรวมกับแหล่งพลังงานที่ได้จากน้ำมันปาล์มดิบ 50 % ผสมรวมกับน้ำมันรำข้าวดิบ 50 % ของไขมันที่เติมในสูตรอาหาร (T3)
5. สูตรอาหารพื้นฐานรวมกับแหล่งพลังงานที่ได้จากน้ำมันปาล์มดิบ 25 % ผสมรวมกับน้ำมันรำข้าวดิบ 75 % ของไขมันที่เติมในสูตรอาหาร (T4)
6. สูตรอาหารพื้นฐานรวมกับแหล่งพลังงานที่ได้จากน้ำมันรำข้าวดิบ 100 % (T5)



ภาพที่ 8 น้ำมันตัวอย่างที่ใช้ในงานทดลอง

หมายเหตุ *CPO (Crude Palm Oil) และ RBO (Crude Rice Bran Oil)

อาหารพื้นฐานเป็นอาหารสัตว์ผสมสำเร็จรูปชนิดผงสำหรับสุกรรุ่น (น้ำหนัก 50-80 กิโลกรัม) มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 17 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 2,900 cal/g และในอาหารพื้นฐานนี้ได้ผสม celite (acid insoluble ash) ซึ่งเป็น indigestible marker ในระดับ 1.5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับส่วนประกอบและค่าโภชนะของสูตรอาหารพื้นฐานได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ในการทดลองนี้มีการหาค่าการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานใช้วิธี substitution method โดยผสมไขมัน 7 เปอร์เซ็นต์กับอาหารพื้นฐาน 93 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ได้ทำการคำนวณและปรับสูตรใหม่อีกครั้ง น้ำมันที่ใช้ในการทดลอง คือ น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบ ซึ่งมีองค์ประกอบของกรดไขมัน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบของสูตรอาหารพื้นฐานสำหรับสุกรรุ่น (50-80 กิโลกรัม) (as fed basis)

วัตถุดิบ	จำนวน (กก.)	ปริมาณโภชนะที่ได้จากการคำนวณ	
ข้าวโพด	60.50	พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (cal/g)	2900
กากถั่วเหลือง (47%)	22.00	โปรตีน (%)	16.96
รำสัค	12.00	ไขมัน (%)	2.52
หินฝุ่น	1.74	เยื่อใย (%)	4.27
ไคแคลเซียมฟอสเฟต 21%	1.29	แคลเซียม (%)	0.95
เกลือ	0.44	ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.40
พรีมิกซ์สุกรรุ่น	0.25	ไลซีน (%)	1.00
ไลซีน	0.18	เมทไธโอนีน (%)	0.33
ดีแอล เมทไธโอนีน	0.05	เมทไธโอนีน+ซิสทีน (%)	0.60
แอล ทรีโอนีน	0.03	ทรีโอนีน (%)	0.67
Celite (acid insoluble ash)*	1.50	ทริปโตเฟน (%)	0.20

* indigestible marker

ตารางที่ 3 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบที่ใช้ในการทดลอง

กรดไขมัน		น้ำมันปาล์มดิบ (%)	น้ำมันรำข้าวดิบ (%)
Lauric	C12:0	0.55	-
Myristic	C14:0	1.43	0.45
Palmitic	C16:0	50.40	23.25
Palmitoleic	C16:1	-	0.19
Stearic	C18:0	4.16	2.42
Oleic	C18:1	34.09	40.63
Linoleic	C18:2	9.14	30.23
Linolenic	C18:3	-	1.07
Arachidic	C20:0	0.22	0.92
SFA		56.77	27.41
UFA		43.23	72.59

การเลี้ยงสัตว์ทดลอง

ให้อาหารแบบจำกัด (restrict feeding) โดยคำนวณจากร้อยละ 80 ของปริมาณการกินอาหารในระยะก่อนการทดลอง เพื่อให้อาหารมีการย่อยได้ที่สมบูรณ์หรือมีการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานได้มากที่สุดและป้องกันการกินอาหารเหลือ (บุญล้อม, 2541)

ให้อาหารสุกรวันละ 2 เวลา คือเช้าและเย็น ระยะเวลาในการเลี้ยง 12 วัน แบ่งเป็นช่วงก่อนทดสอบ (preliminary period) 7 วันและช่วงทดสอบ (collecting period) 5 วัน

การเก็บมูล

เก็บมูลสุกรโดยใช้วิธี indirect method เมื่อสุกรในแต่ละกลุ่มได้รับอาหารทดลองซึ่งผสม celite ในปริมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านไป 2 วัน ทำการสุมเก็บมูลประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของมูลทั้งหมด นำตัวอย่างมูลที่เก็บได้ในแต่ละวัน เก็บที่ -4 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บตัวอย่างครบแล้ว นำมูลทั้งหมดมาผสมจนเข้ากันดี จากนั้นทำให้แห้งโดยอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและบดให้ละเอียดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาพลังงานต่อไป

การเก็บปัสสาวะ

เก็บปัสสาวะทั้งหมด 5 วันโดยเก็บในเวลาใกล้เคียงกับเก็บมูล เก็บน้ำปัสสาวะใส่ขวดประมาณ 200 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) 6 N หยดลงไปจนมี pH 4 เพื่อลดการระเหยของแอมโมเนียและหยุดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เก็บที่ -4 องศาเซลเซียส นำตัวอย่างที่เก็บไว้มารวมกันก่อนทำการวิเคราะห์หาพลังงาน



ภาพที่ 9 การเก็บปัสสาวะ และการวัดค่ากรดต่างในปัสสาวะ

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. วิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง คือ วัตถุแห้ง ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม ฟอสฟอรัส โดยวิธี proximate analysis ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990) วิเคราะห์หาค่าพลังงานรวมโดยใช้ bomb calorimeter (analytical methods for oxygen bombs)

2. วิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบทางเคมีของปัสสาวะและมูล คือ วัตถุแห้ง ความชื้น ไขมัน และ acid insoluble ash (AIA) โดยวิธี proximate analysis ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990) วิเคราะห์หาค่าพลังงานรวมโดยใช้ bomb calorimeter (analytical methods for oxygen bombs)

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างต่างๆ ใช้ในการคำนวณหาค่าพลังงานย่อยได้และค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันปาล์มดิบ ได้จากสมการ

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมัน (ME_{oil}, cal/g DM) (Sungwaraporn, 2004)

$$= \frac{\text{ME}_{\text{treatment}} - (0.93 \times \text{ME}_{\text{control}})}{0.07}$$

ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร (ME, Kcal/g DM) = DE – UE

ค่าพลังงานย่อยได้ของอาหาร (DE, cal/g DM) (Anderson, 1991)

$$= GE_{\text{feed}} - [(AIA_{\text{feed}} / AIA_{\text{fecal}}) \times GE_{\text{fecal}}]$$

ME_{oil} = ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมัน

ME_{treatment} = ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารในแต่ละทรีทเมนต์

ME_{control} = ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารกลุ่มควบคุม

DE = ค่าพลังงานย่อยได้ของอาหาร (digestible energy)

UE = ค่าพลังงานที่อยู่ในปัสสาวะ (urinary energy)

GE_{feed} = พลังงานรวมในอาหาร (gross energy in feed)

GE_{fecal} = พลังงานรวมในมูล (gross energy in fecal)

AIA_{feed} = ค่า AIA ในอาหาร

AIA_{fecal} = ค่า AIA ในมูล

ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมัน (apparent fat digestibility, %) (สาโรช, 2547)

$$= \frac{100 - 100 (\% \text{ indicator ในอาหาร} \times \% \text{ ไขมันในมูล})}{(\% \text{ indicator ในมูล} \times \% \text{ ไขมันในอาหาร})}$$

การทดลองที่ 2 การทดสอบหาสมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก-ขุน และคุณภาพซากและไขมันในซากของสุกรขุน

อุปกรณ์การทดลอง

1. โรงเรือนสำหรับเลี้ยงสุกรเป็นโรงเรือนระบบปิด (evaporative cooling system) แบ่งออกเป็นคอกจำนวน 20 คอก แต่ละคอกเลี้ยงสุกรจำนวน 4 ตัว
2. เครื่องชั่งน้ำหนักอาหารและสุกร
3. อุปกรณ์สำหรับให้อาหารและน้ำ

สัตว์ทดลอง

สุกรลูกผสมพันธุ์ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และคูรอก จำนวน 80 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 20 กิโลกรัม โดยแบ่งสุกรออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4 ตัว แบ่งเป็นเพศผู้ตอน 2 ตัว และเพศเมีย 2 ตัว กลุ่มละ 4 ตัว แต่ละกลุ่มถูกจัดกลุ่มทดลองโดยการสุ่ม



ภาพที่ 10 ลักษณะโรงเรือน คอก และสัตว์ทดลอง

อาหารทดลองและการเลี้ยงสัตว์ทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลองแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ (1) อาหารสำหรับสุกรระยะเล็ก (น้ำหนัก 20-50 กิโลกรัม) โปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3,325 cal/g (2) อาหารสำหรับสุกรระยะรุ่น (น้ำหนัก 50-80 กิโลกรัม) โปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3,275 cal/g และ (3) อาหารสำหรับสุกรระยะขุน (น้ำหนัก 80-100 กิโลกรัม) โปรตีน 18 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 3,075 cal/g ในการคำนวณสูตรอาหาร ได้กำหนดให้ใช้ ME ของน้ำมันปาล์มดิบเท่ากับ 9,375 cal/g และ ME ของน้ำมันรำข้าวดิบเท่ากับ 8,500 cal/g สุกรได้รับอาหารและน้ำอย่างเต็มที่ (*ad libitum feeding*) โดยแบ่งกลุ่มทดลองได้ดังนี้

1. สูตรอาหารที่ใช้ไขมันปาล์มดิบ 100% ของไขมันที่เติมในสูตรอาหาร (T1)
2. สูตรอาหารที่ใช้ไขมันปาล์มดิบ 75% ผสมรวมกับไขมันรำข้าวดิบ 25% ของไขมันที่เติมในสูตรอาหาร (T2)

3. สูตรอาหารที่ใช้ไขมันปาล์มดิบ 50% ผสมรวมกับน้ำมันรำข้าวดิบ 50% ของไขมันที่เติมในสูตรอาหาร (T3)

4. สูตรอาหารที่ใช้ไขมันปาล์มดิบ 25% ผสมรวมกับน้ำมันรำข้าวดิบ 75% ของไขมันที่เติมในสูตรอาหาร (T4)

5. สูตรอาหารที่ใช้ไขมันรำข้าวดิบ 100% ของไขมันที่เติมในสูตรอาหาร (T5)

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบของสูตรอาหารพื้นฐานสำหรับสุกรเล็ก (20-50 กิโลกรัม) (as fed basis)

วัตถุดิบ	จำนวน (กิโลกรัม)				
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
ข้าวโพด	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
กากถั่วเหลือง (47% CP)	29.4	29.3	29.3	29.2	29.2
ข้าวสาลี	15.5	15.8	16.1	16.4	16.7
รำสด	7.6	7.5	7.5	7.4	7.4
น้ำมันปาล์มดิบ	3.0	2.3	1.5	0.7	0
น้ำมันรำข้าวดิบ	0	0.7	1.5	2.3	3.0
หินฟูน	1.78	1.60	1.41	1.22	1.04
เกลือ	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
โมโน-ไดแคลเซียม	1.73	1.73	1.73	1.72	1.72
ฟอสเฟต (P 21%)					
ไลซีน	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
วิตามินพรีมิกซ์*	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
แร่ธาตุพรีมิกซ์**	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
แอล ทรี โอีนิน	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
ดี,แอล เมทไธโอีนิน	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09

*วิตามินพรีมิกซ์ 1 กิโลกรัมประกอบด้วย วิตามินเอ 28 ล้านหน่วยสากล, วิตามินดี 3 4.2 ล้านหน่วยสากล, วิตามินอี 42 กรัม, วิตามินเค 3 5.6 กรัม, วิตามินบี 1 2.8 กรัม, วิตามินบี 2 5.6 กรัม, วิตามินบี 6 4.2 กรัม, วิตามินบี 12 42 มิลลิกรัม, ไนอะซิน 42 กรัม, กรดแพนโทธิก 14 กรัม, กรดโฟลิก 1.05 กรัม, ไบโอติน 105 มิลลิกรัม, สารปรุงแต่งอาหารสัตว์ 10 กรัม, สารถนอมคุณภาพอาหารสัตว์ 0.2 กรัม, เดมสัจจนครบ 1 กิโลกรัม, โคสโนลโลไรด์ 225 กรัม

** แร่ธาตุพรีมิกซ์ 1 กิโลกรัมประกอบด้วย แมงกานีส 16.66 กรัม, เหล็ก 53.33 กรัม, สังกะสี 53.33 กรัม, ทองแดง 120 กรัม, ไอโอดีน 0.1 กรัม, โคบอลต์ 0.067 กรัม, ซีลีเนียม 0.2 กรัม, เติมน้ำจืดจนครบ 1 กิโลกรัม ผสมยาในอาหาร อะม็อกซิซิลิน 400 พีพีเอ็ม, ลินโคมัยซิน 200 พีพีเอ็ม (สัปดาห์ที่ 2 ของการเลี้ยงเนื่องจากสุกรมีอาการป่วย)

ตารางที่ 5 ปริมาณโภชนะที่ได้จากการคำนวณ (อาหารสุกรเล็ก)

ค่าโภชนะ	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (cal/g)	3325	3325	3325	3325	3325
โปรตีน (%)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
ไขมัน (%)	6.03	6.03	6.03	6.02	6.02
เยื่อใย (%)	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
แคลเซียม (%)	1.10	1.03	0.96	0.89	0.82
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
ไลซีน (%)	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบของสูตรอาหารพื้นฐานสำหรับสุกรรุ่น (50-80 กิโลกรัม) (as fed basis)

วัตถุดิบ	จำนวน (กิโลกรัม)				
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
ข้าวโพด	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
ข้าวสาลี	25.9	26.8	27.6	28.5	29.3
กากถั่วเหลือง (47%CP)	22.1	22.2	22.3	22.4	22.5
รำสาคู	13.8	12.8	11.9	10.9	10.0
น้ำมันปาล์มดิบ	4.0	3.0	2.0	1.0	0
น้ำมันรำข้าวดิบ	0	1.0	2.0	3.0	4.0
โมโน-ไดกลีเซอไรด์	1.83	1.84	1.85	1.86	1.87
ฟอสเฟต (P 21%)					
หินฟูล	1.21	1.20	1.20	1.19	1.19
เกลือ	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
ไลซีน	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
วิตามินพรีเม็กซ์*	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
แร่ธาตุพรีเม็กซ์**	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
แอล ทรีโอนีน	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
ดีแอล เมทไธโอนีน	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09

*วิตามินพรีเม็กซ์ 1 กิโลกรัมประกอบด้วย วิตามินเอ 10 ล้านหน่วยสากล, วิตามินดี 3 2 ล้านหน่วยสากล, วิตามินอี 40 กรัม, วิตามินเค 3 4 กรัม, วิตามินบี 1 2 กรัม, วิตามินบี 2 5 กรัม, วิตามินบี 6 4 กรัม, วิตามินบี 12 30 มิลลิกรัม, ไนอะซิน 30 กรัม, กรดแพนโทธีนิก 12 กรัม, กรดโฟลิก 1 กรัม, ไบโอติน 100 มิลลิกรัม, สารปรุงแต่งอาหารสัตว์ 10 กรัม, สารถนอมคุณภาพอาหารสัตว์ 0.2 กรัม, เดมสือจนครบ 1 กิโลกรัม โคลิคโคลไรด์ 185 กรัม

** แร่ธาตุพรีเม็กซ์ 1 กิโลกรัมประกอบด้วย แมงกานีส 13.33 กรัม, เหล็ก 40 กรัม, สังกะสี 40 กรัม, ทองแดง 100 กรัม, ไอโอดีน 0.1 กรัม, โคบอลต์ 0.067 กรัม, ซีลีเนียม 0.1 กรัม, เดมสือจนครบ 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 7 ปริมาณโภชนาที่ได้จากการคำนวณ (อาหารสุกรรุ่น)

ค่าโภชนา	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (cal/g)	3275	3275	3275	3275	3275
โปรตีน (%)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
ไขมัน (%)	5.82	5.82	5.83	5.83	5.83
เยื่อใย (%)	5.03	4.94	4.85	4.76	4.68
แคลเซียม (%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
ไลซีน (%)	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10

ตารางที่ 8 ส่วนประกอบของสูตรอาหารพื้นฐานสำหรับสุกรขุน (80-105 กิโลกรัม) (as fed basis)

วัตถุดิบ	จำนวน (กิโลกรัม)				
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
รำสกัด	31.7	30.8	29.8	28.9	27.9
ข้าวสาลี	20.2	21.0	21.9	22.7	23.6
กากถั่วเหลือง (47% CP)	20.3	20.4	20.5	20.5	20.6
ข้าวโพด	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
น้ำมันปาล์มดิบ	4.0	3.0	2.0	1.0	0
น้ำมันรำข้าวดิบ	0	1.0	2.0	3.0	4.0
โมโน-ไดแคลเซียม	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56
ฟอสเฟต (P 21%)					
หินฟูน	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
เกลือ	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
วิตามินพรีมิกซ์*	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
แร่ธาตุพรีมิกซ์**	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
ไลซีน	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
แอล ทรีโอนีน	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07

*วิตามินพรีมิกซ์ 1 กิโลกรัมประกอบด้วย วิตามินเอ 8 ล้านหน่วยสากล, วิตามินดี 3 1.6 ล้านหน่วยสากล, วิตามินอี 32 กรัม, วิตามินเค 3 3.2 กรัม, วิตามินบี 1 1.6 กรัม, วิตามินบี 2 4 กรัม, วิตามินบี 6 3.2 กรัม, วิตามินบี 12 24 มิลลิกรัม, ไนอะซิน 24 กรัม, กรดแพนโทธิ

นิก 9.6 กรัม, กรดโฟลิก 0.8 กรัม, ไบโอดีน 80 มิลลิกรัม, สารปรุงแต่งอาหารสัตว์ 10 กรัม, สารอนมคุณภาพอาหารสัตว์ 0.2 กรัม, เดิมสื่อนครบ 1 กิโลกรัม โคลีนคลอไรด์ 160 กรัม

** แร่ธาตุพรีมิกซ์ 1 กิโลกรัมประกอบด้วย แมงกานีส 10 กรัม, เหล็ก 26.67 กรัม, สังกะสี 30 กรัม, ทองแดง 100 กรัม, ไบโอดีน 0.08 กรัม, โคบอลต์ 0.067 กรัม, ซีลีเนียม 0.08 กรัม, เดิมสื่อนครบ 1 กิโลกรัม

ตารางที่ 9 ปริมาณโภชนะที่ได้จากการคำนวณ (อาหารสุกรขุน)

ค่าโภชนะ	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (cal/g)	3075	3075	3075	3075	3075
โปรตีน (%)	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
ไขมัน (%)	5.52	5.52	5.52	5.52	5.52
เยื่อใย (%)	6.77	6.68	6.60	6.51	6.42
แคลเซียม (%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (%)	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
ไลซีน (%)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ตารางที่ 10 องค์ประกอบของกรดไขมันในสูตรอาหาร

กรดไขมัน	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
C12:0	0.60	0.73	0	0	0.61
C14:0	1.04	1.13	0.83	0	0.57
C16:0	37.00	35.40	31.71	24.77	20.36
C18:0	3.96	3.08	2.67	1.96	2.41
C18:1	33.54	32.57	33.47	36.47	35.32
C18:2	22.51	25.76	30.05	34.99	39.14
C18:3	1.17	1.33	1.28	1.46	1.59
C20:1	0.19	0	0	0	0
Sat	42.60	40.35	35.20	26.73	23.95
Unsat	57.40	59.65	64.80	72.92	76.05

หมายเหตุ ลอริก (Lauric, 12:0), ไมริสติก (Myristic, 14:0), ปาล์มมิติก (Palmitic, 16:0), สเตียริก (Stearic, 18:0), โอเลอิก (Oleic, 18:1), ลิโนเลอิก (Linoleic, 18:2), ลิโนเลนิก (Linolenic, 18:3), กรดไอโคเซโนอิก (Eicosenoic, C20: 1), กรดไขมันอิ่มตัว (SFA), กรดไขมันไม่อิ่มตัว (UFA)

การบันทึกข้อมูล

1. ชั่งน้ำหนักสุกรทั้งหมด 4 ครั้ง โดยครั้งแรกเมื่อเริ่มทดลองสุกรเล็กอายุ 9 สัปดาห์ ครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 15 สัปดาห์ ครั้งที่ 3 เมื่ออายุ 19 สัปดาห์ และครั้งที่ 4 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อายุ 24 สัปดาห์ น้ำหนักตัวที่ชั่งใช้เป็นข้อมูลสำหรับคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

2. บันทึกปริมาณอาหารที่ให้สุกรกินในแต่ละคอกทุกวัน

3. บันทึกคุณภาพซาก เมื่อสิ้นสุดการทดลองระยะขุน วัดความหนาไขมันสันหลัง เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความเป็นกรดต่างของกล้ามเนื้อสันนอก สีเนื้อ และค่าการสูญเสีย น้ำของเนื้อ

สูตรคำนวณหาอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน และประสิทธิภาพการใช้อาหาร มีดังนี้

$$\text{อัตราการเจริญเติบโต (กรัม/วัน)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดทดลอง} - \text{น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มต้นทดลอง}}{\text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

(average daily gain)

$$\text{ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กิโลกรัม/ตัว/วัน)} = \frac{\text{ปริมาณอาหารที่ให้} - \text{ปริมาณอาหารที่เหลือ}}{\text{จำนวนสุกรทั้งหมด} \times \text{จำนวนวันที่ทดลอง}}$$

(average daily feed intake)

$$\text{ประสิทธิภาพการใช้อาหาร} = \frac{\text{น้ำหนักอาหารที่กิน}}{\text{น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น}}$$

(feed conversion ratio)

การวิเคราะห์ทางเคมี

สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่เลี้ยง 5 สูตร ทั้ง 3 ระยะ (อาหารสุกรเล็ก รุ่น และขุน) รวม 15 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง คือ วัตถุแห้ง ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า แคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยวิธี proximate analysis ตามวิธีของ A.O.A.C.

(1990) วิเคราะห์หาค่าพลังงานรวมโดยใช้ bomb calorimeter (analytical methods for oxygen bombs)

สุ่มตัวอย่างน้ำมันทั้ง 2 ชนิดและตัวอย่างอาหารระยะขุนทั้ง 5 สูตร รวม 7 ตัวอย่าง และสุ่มเก็บตัวอย่างชิ้นไขมันสันหลังจากสุกร 40 ตัว เพื่อวิเคราะห์ fatty acid composition ตามวิธีของ A.O.A.C. (1999) ที่สถาบันวิจัยและพัฒนากำแพงแสน (Central Laboratory and Greenhouse Complex) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomize complete block design; RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple range test ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปเบื้องต้น

โดยมีโมเดลดังต่อไปนี้ $y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ijk}$

เมื่อ	y_{ijk}	=	ค่าสังเกตที่ได้จากตัวที่ k ในเพศที่ j และทรีทเมนต์ที่ i
	μ	=	ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง
	T_i	=	อิทธิพลเนื่องจากทรีทเมนต์ที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3, 4, 5$
	B_j	=	อิทธิพลเนื่องจากเพศของสัตว์ j เมื่อ j = เพศผู้ตอน, เพศเมีย
	e_{ijk}	=	ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย

1. ผลิตอาหารทดลองที่วิระชัยฟาร์ม เลขที่ 47 หมู่ 6 คลองชลประทาน ต.ดอนทราย อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี

2. ศึกษาสมรรถภาพการผลิตสุกรระยะเล็ก รุ่น ขุน ที่วิระชัยฟาร์ม

3. การศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันปาล์มดิบในสุกรรุ่น ที่สถานีวิจัยและปรับปรุงพันธุ์สุกรทับทิม อ.แก่งคอย จ.สระบุรี

4. วิเคราะห์หองค์ประกอบทางโภชนาของอาหารทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

5. วิเคราะห์หาวัตถุแห้ง พลังงานในปัสสาวะและมูล ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (AIA) ในอาหารทดลองและในมูลสุกร ณ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

6. วิเคราะห์องค์ประกอบของไขมัน (fatty acid composition) ที่สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (Central Laboratory and Greenhouse Complex)

ระยะเวลาทำการวิจัย

เริ่มทำการทดลอง: มี.ค. 2555

สิ้นสุดการทดลอง: ส.ค. 2555

แหล่งทุนสนับสนุน

บริษัท วีซีเอฟ จำกัด อ.ปากท่อ จ.ราชบุรี

ผลและวิจารณ์

ผล

ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบของสุกรรุ่น

1. ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมัน

ผลการศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันปาล์มดิบ (T1) และน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันรำข้าวดิบในสัดส่วน 75:25 (T2), 50:50 (T3), 25:75 (T4) มีค่าเท่ากับ 9,374 9,303 9,399 และ 9,076 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าน้ำมันรำข้าวดิบ (T5) ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ 8,499 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 10)

2. ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร และค่าพลังงานย่อยได้ของอาหาร

ผลการศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารและค่าพลังงานย่อยได้ของอาหารเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมัน คือ สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันรำข้าวดิบ มีค่า ME และ DE ที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันรำข้าวดิบเป็นส่วนประกอบจะมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารและค่าพลังงานย่อยได้ของอาหารต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งค่า ME ของอาหารมีค่าเท่ากับ 3901, 3896, 3903, 3880 และ 3840 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ และค่า DE ของอาหารมีค่าเท่ากับ 3992, 4005, 3993, 3980 และ 3931 แคลอรีต่อกรัม (ตารางที่ 10)

3. ค่าพลังงานในปัสสาวะ

ผลการศึกษาค่าพลังงานในปัสสาวะ พบว่าสุกรทุกกลุ่มทดลองมีค่าพลังงานในปัสสาวะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 10)

4. ค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมัน (apparent fat digestibility, %)

ผลการศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมัน เป็นดังนี้ 81.29, 80.74, 81.49, 79.33 และ 79.19 % สำหรับสุกรที่ได้รับอาหารกลุ่ม 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 10) แต่มีแนวโน้มที่จะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้น้ำมัน ($P=0.061$)

ตารางที่ 11 ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้น้ำมัน ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหาร ค่าพลังงานย่อยได้ของอาหาร ค่าพลังงานในปัสสาวะ และค่าการย่อยได้แบบปรากฏของน้ำมัน เมื่อใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกัน

	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	P-value	Pool SE
ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ ได้น้ำมัน (cal/g)	9374 ^a	9303 ^a	9399 ^a	9076 ^a	8499 ^b	0.002	85.558
ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ ได้ของอาหาร (cal/g)	3901 ^a	3896 ^a	3903 ^a	3880 ^a	3840 ^b	0.002	5.989
ค่าพลังงานย่อยได้ของ อาหาร (cal/g)	3992 ^a	4005 ^a	3993 ^a	3980 ^a	3931 ^b	<0.001	4.780
ค่าพลังงานในปัสสาวะ (cal/g)	91	109	90	99	91	0.250	3.484
ค่าการย่อยได้แบบปรากฏ ของน้ำมัน (%)	81.29	80.74	81.49	79.33	79.19	0.061	0.369

หมายเหตุ ^{a,b} อักษรต่างกันบนแถวเดียวกัน แสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาสมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก-ขุน คุณภาพซากและไขมันในซากของสุกรขุน

ผลการศึกษาการใช้แหล่งน้ำมันในสูตรอาหารที่แตกต่างกันในอาหารสุกร คือใช้น้ำมันปาล์มดิบ (T1) น้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันรำข้าวดิบในสัดส่วน 75:25 (T2), 50:50 (T3), 25:75 (T4) และน้ำมันรำข้าวดิบ (T5) โดยสุกรเข้าทดสอบมีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 20.94, 19.92,

20.94, 20.91 และ 20.75 กิโลกรัม ตามลำดับ และน้ำหนักสิ้นสุดการทดลองเฉลี่ยเท่ากับ 103.9, 102.8, 104.8, 103.63 และ 103.7 กิโลกรัม ตามลำดับ

1. การศึกษาสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะเล็ก (น้ำหนัก 20-50 กก.)

ผลการศึกษาการใช้อาหารที่มีแหล่งน้ำมันในสูตรอาหารแตกต่างกัน คือใช้น้ำมันปาล์มดิบ (T1) น้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันรำข้าวดิบในสัดส่วน 75:25 (T2), 50:50 (T3), 25:75 (T4) และน้ำมันรำข้าวดิบ (T5) พบว่าอัตราการเจริญเติบโตของสุกรเล็ก มีค่าเท่ากับ 836, 803, 818, 806 และ 816 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ประสิทธิภาพการใช้อาหารมีค่าเท่ากับ 2.14, 2.13, 2.15, 2.14 และ 2.14 ตามลำดับ และปริมาณอาหารที่กินต่อวัน เท่ากับ 1.79, 1.72, 1.76, 1.72 และ 1.75 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 11) ตลอดระยะเวลาการทดลองเฉลี่ย 35.5 วัน ไม่พบอัตราการตายของสุกรในระยะนี้

ตารางที่ 12 ผลของการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตสุกรระยะเล็ก ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และปริมาณอาหารที่กินต่อวัน

	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	P-value	Pool SE
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัมต่อวัน)	836.3	802.8	817.8	806.3	816.0	0.843	9.146
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed conversion ratio)	2.14	2.13	2.15	2.14	2.14	1.000	0.021
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กิโลกรัมต่อวัน)	1.79	1.72	1.76	1.72	1.75	0.865	0.021
น้ำหนักตัวเริ่มต้น (กก.)	20.9	19.9	20.9	20.9	20.8	0.115	0.141
น้ำหนักตัวสุดท้าย (กก.)	50.6	48.5	50.0	49.5	49.7	0.417	0.351

2. การศึกษาสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะรุ่น (น้ำหนัก 50-80 กก.)

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และปริมาณอาหารที่กินต่อวัน เมื่อใช้แหล่งน้ำมันในสูตรอาหารแตกต่างกัน ในสุกรระยะรุ่นพบว่า สุกรที่ได้รับอาหาร T1, T2, T3, T4 และ T5 มีค่าการเจริญเติบโตเท่ากับ 913.9, 985.0, 971.3, 928.3 และ 943.7 กรัมต่อวัน

ตามลำดับ ประสิทธิภาพการใช้อาหารมีค่าเท่ากับ 2.66, 2.49, 2.55, 2.60 และ 2.56 ตามลำดับ และปริมาณอาหารที่กินต่อวัน 2.43, 2.45, 2.47, 2.40 และ 2.42 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 12) ในระหว่างการทดลองไม่พบการตายของสุกรทุกกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 13 ผลของการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตสุกรรุ่น ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน

	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	P-value	Pool SE
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัมต่อวัน)	913.9	985.0	971.3	928.3	943.7	0.443	13.686
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed conversion ratio)	2.66	2.49	2.55	2.60	2.56	0.668	0.036
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กิโลกรัมต่อวัน)	2.43	2.45	2.47	2.40	2.42	0.065	0.021
น้ำหนักตัวเริ่มต้น (กก.)	50.63	48.50	49.97	49.53	49.72	0.417	0.351
น้ำหนักตัวสุดท้าย (กก.)	78.50	78.54	79.59	77.84	78.50	0.334	0.463

3. การศึกษาสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะขุน (น้ำหนัก 80-100 กก.)

การศึกษการใช้แหล่งน้ำมันในสูตรอาหารที่แตกต่างกันในระยะสุกร พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารสูตร T1, T2, T3, T4 และ T5 มีค่าอัตราการเจริญเติบโต 758.4, 723.9, 750.9, 769.6 และ 750.9 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ประสิทธิภาพการใช้อาหารมีค่าเท่ากับ 3.20, 3.30, 3.25, 3.23 และ 3.25 ตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน มีค่าเท่ากับ 2.42, 2.37, 2.43, 2.47 และ 2.42 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 13) ในการศึกษาในระยะขุนนี้ไม่พบการตายของสุกรในทุกกลุ่มการทดลองเช่นเดียวกับในระยะสุกรเล็กและรุ่น

ตารางที่ 14 ผลของการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตสุกรขุน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และปริมาณอาหารที่กินต่อวัน

	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	P-value	Pool SE
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัมต่อวัน)	758.4	723.9	750.9	769.6	750.9	0.435	12.726
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed conversion ratio)	3.20	3.30	3.25	3.23	3.25	0.413	0.057
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กิโลกรัมต่อวัน)	2.42	2.37	2.43	2.47	2.42	0.241	0.011
น้ำหนักตัวเริ่มต้น (กก.)	78.5	78.5	79.6	77.8	78.5	0.334	0.463
น้ำหนักตัวสุดท้าย (กก.)	103.9	102.8	104.8	103.6	103.7	0.864	0.463

4. การศึกษาสมรรถภาพการผลิตของสุกรระยะเล็ก-ขุน (น้ำหนัก 20-100 กก.)

จากการศึกษาอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และปริมาณอาหารที่กินต่อวันของสุกรระยะเล็ก-ขุน เมื่อได้รับอาหารที่ใช้แหล่งน้ำมันในสูตรอาหารที่ต่างกัน โดยสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตร T1, T2, T3, T4 และ T5 พบว่า ค่าอัตราการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ 833.9, 832.9, 842.3, 831.3 และ 833.2 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ประสิทธิภาพการใช้อาหารเท่ากับ 2.64, 2.60, 2.62, 2.63 และ 2.62 ตามลำดับ และปริมาณอาหารที่กินต่อวันเท่ากับ 2.20, 2.16, 2.20, 2.18 และ 2.18 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 14) โดยระยะเวลาเฉลี่ยตลอดการทดลองคือ 99.5 วัน โดยน้ำหนักเริ่มทดลอง 20 กิโลกรัมและสิ้นสุดการทดลอง 100 กิโลกรัม ทั้งนี้ไม่พบสุกรตายในทุกกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 15 ผลของการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโตสุกรเล็ก-ขุน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน

	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	P-value	Pool SE
อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (กรัมต่อวัน)	833.9	832.9	842.3	831.3	833.2	0.973	4.721
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร (feed conversion ratio)	2.64	2.60	2.62	2.63	2.62	0.256	0.017
ปริมาณอาหารที่กินต่อวัน (กิโลกรัมต่อวัน)	2.20	2.16	2.20	2.18	2.18	0.230	0.013
น้ำหนักตัวเริ่มต้น (กก.)	20.9	19.9	20.9	20.9	20.8	0.115	0.141
น้ำหนักตัวสุดท้าย (กก.)	103.9	102.8	104.8	103.63	103.7	0.864	0.463

5. การศึกษาคุณภาพซากสุกรขุน

5.1 ความหนาไขมันสันหลัง บริเวณตำแหน่ง P2 และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง

จากการศึกษาค่าความหนาไขมันสันหลัง บริเวณตำแหน่ง P2 และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (ตารางที่ 15) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสุกรได้รับอาหารที่ใช้แหล่งน้ำมันในสูตรอาหารที่ต่างกัน โดยใช้อาหารสูตร T1, T2, T3, T4 และ T5 พบว่าค่าความหนาไขมันสันหลัง มีค่าเท่ากับ 13.06, 13.00, 12.94, 13.38 และ 12.38 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมีค่าเท่ากับ 55.46, 55.43, 55.24, 55.43 และ 56.05 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

5.2 ค่าความเป็นกรดต่างของกล้ามเนื้อสันนอกหลังจากสัตว์ตาย 24 ชม.

จากการศึกษาค่าความเป็นกรดต่างในกล้ามเนื้อสันนอก (*M. longissimus dorsi*) เมื่อสุกรได้รับอาหารที่ใช้แหล่งน้ำมันในสูตรอาหารที่ต่างกัน โดยใช้อาหารสูตร T1, T2, T3, T4 และ T5 พบว่าค่าความเป็นกรดต่าง มีค่าเท่ากับ 5.61, 5.58, 5.59, 5.63 และ 5.58 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 15)

5.3 สีเนื้อ (L*ความสว่าง,Lightness; a*แดง,Redness; b*เหลือง,Yellowness)

จากการประเมินสีเนื้อหลังจากสัตว์ตาย 24 ชั่วโมง พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่ใช้แหล่งน้ำมันในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน โดยใช้อาหารสูตร T1, T2, T3, T4 และ T5 มีค่า L* a* b* เท่ากับ 55.46 3.68 13.61, 55.43 3.79 13.75, 55.24 3.99 14.12, 55.43 3.63 13.70 และ 56.05 3.21 13.70ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 15)

5.4 การสูญเสีย น้ำ (Drip loss, %)

พิจารณาค่าการสูญเสีย น้ำของกล้ามเนื้อสันนอก (*M. longissimus dorsi*) เมื่อสุกรที่ได้รับอาหารที่ใช้แหล่งน้ำมันในสูตรอาหารที่แตกต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 15 โดยเลี้ยงสุกรด้วยอาหารสูตร T1, T2, T3, T4 และ T5 มีค่า Drip loss เท่ากับ 3.83, 4.84, 4.81, 4.28 และ 3.63% ตามลำดับ

ตารางที่ 16 ผลของการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่อคุณภาพซากสุกรขุน

	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	P-value	Pool SE
BF_P2 (mm.)	13.06	13.00	12.94	13.38	12.38	0.920	0.292
Lean (%)	55.46	55.43	55.24	55.43	56.05	0.981	0.352
pH _{24hr.}	5.61	5.58	5.59	5.63	5.58	0.920	0.019
L*	55.46	55.43	55.24	55.43	56.05	0.795	0.339
a*	3.68	3.79	3.99	3.63	3.21	0.268	0.107
b*	13.61	13.75	14.12	13.70	13.70	0.914	0.154
Drip loss (%)	3.83	4.84	4.81	4.28	3.63	0.126	0.181

หมายเหตุ BF_P2=ความหนาไขมันสันหลัง บริเวณตำแหน่ง P2, Lean = % เนื้อแดง, pH_{24hr.} = ค่าความเป็นกรดต่างในกล้ามเนื้อสันนอกหลังจากสัตว์ตาย 24 ชม., L* a* b* = สีเนื้อ L* คือความสว่าง (Lightness) a* คือแดง (Redness) b* คือเหลือง (Yellowness), Drip loss = % การสูญเสีย น้ำ

5.5 องค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันสันหลังสุกรขุน

ผลการศึกษาค่าองค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันสันหลังสุกรขุน เมื่อเสริม น้ำมันปาล์มดิบ (T1) และน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันรำข้าวดิบในสัดส่วน 75:25 (T2), 50:50 (T3), 25:75 (T4) และน้ำมันรำข้าวดิบ (T5) พบว่าไขมันสันหลังของสุกรทุกกลุ่มทดลองมีสัดส่วนกรดไขมัน C14:0, C16:0, C18:3, C20:1, SFA และ UFA มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($P>0.05$) (ตารางที่ 16) แต่พบว่าสัดส่วนกรดไขมัน C18:0, C18:1 และ C18:2 (ตารางที่ 16) ของทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 11 ดังนี้

ผลการศึกษากรดไขมันสเตียริกที่พบในไขมันสันหลังของสุกร เมื่อสุกรได้รับอาหารสูตร T1, T2, T3, T4 และ T5 มีค่าเท่ากับ 12.46, 12.53, 12.65, 11.22 และ 11.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยสุกรที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 4 และ 5 มีปริมาณกรดไขมันสเตียริกต่ำกว่าสุกรที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 11

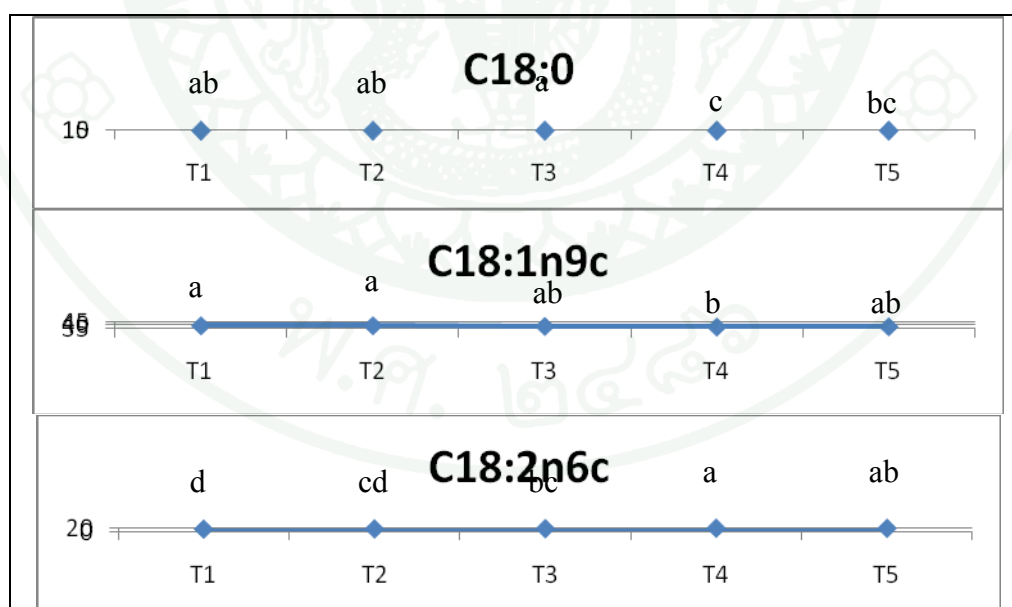
ผลการศึกษากรดไขมันโอเลอิกที่พบในไขมันสันหลังของสุกรที่ได้รับอาหารทดลองแตกต่างกัน พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารทดลองสูตรที่ 1 และ 2 มีปริมาณกรดไขมันโอเลอิกในไขมันสันหลังสูงกว่ากลุ่มอื่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของน้ำมันรำข้าวคิบจาก 50-100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้กรดไขมันโอเลอิกในไขมันสันหลังของสุกรต่ำกว่าการใช้น้ำมันปาล์มคิบ 100 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมันปาล์มคิบ 75 เปอร์เซ็นต์รวมกับน้ำมันรำข้าวคิบ 25 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 11

ผลการศึกษากรดไขมันลิโนเลอิกที่พบในไขมันสันหลังของสุกร หลังจากเลี้ยงสุกรด้วยอาหารทดลองสูตรที่แตกต่างกัน พบว่าปริมาณกรดไขมันลิโนเลอิกเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของน้ำมันรำข้าวคิบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 11

ตารางที่ 17 ผลการใช้แหล่งน้ำมันที่แตกต่างกันต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันสันหลังสุกรขุน

กรดไขมัน (%)	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5	P-value	Pool SE
C14:0	1.80	1.53	1.37	1.70	1.68	0.21	0.06
C16:0	29.21	28.19	27.78	27.50	27.59	0.33	0.25
C18:0	12.46 ^{ab}	12.53 ^{ab}	12.65 ^a	11.22 ^c	11.31 ^{bc}	0.05	0.17
C18:1	39.86 ^a	39.92 ^a	38.87 ^{ab}	37.84 ^b	38.29 ^{ab}	0.04	0.23
C18:2	13.27 ^d	14.62 ^{cd}	16.18 ^{bc}	18.59 ^a	18.04 ^{ab}	0.0012	0.33
C18:3	0.69	0.80	0.76	0.81	0.72	0.78	0.04
C20:1	0.78	0.77	0.81	0.67	0.71	0.94	0.04
SFA	43.65	42.33	41.86	40.46	40.62	0.12	0.38
UFA	54.60	56.11	56.63	57.91	57.76	0.15	0.41

หมายเหตุ^{a,b,c} อักษรต่างกัน บนแถวอนเดียวกัน แสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ไมริสติก (Myristic, 14:0), ปาล์มมิดิก (Palmitic, 16:0), สเตียริก (Stearic, 18:0), โอเลอิก (Oleic, 18:1), ลิโนเลอิก (Linoleic, 18:2), ลิโนเลนิก (Linolenic, 18:3), กรดไอโคเซโนอิก (Eicosenoic, C20: 1), กรดไขมันอิ่มตัว (SFA), กรดไขมันไม่อิ่มตัว (UFA)



ภาพที่ 11 ระดับกรดไขมันบริเวณไขมันสันหลัง (C18:0, C18:1 และ C18:2) จากการเสริมส่วนผสมน้ำมันที่สัดส่วนแตกต่างกัน

หมายเหตุ^{a,b,c} แสดงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

วิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวคั่วดิบของสุกรรุ่น

จากผลการศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันในสุกรเพศผู้ตอน ลูกผสมพันธุ์ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และครอก พบว่าน้ำมันปาล์มดิบ (T1) และน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันรำข้าวคั่วดิบในสัดส่วน 75:25 (T2), 50:50 (T3), 25:75 (T4) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9,288 แคลอรีต่อกรัม แต่พบค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันรำข้าวคั่วดิบ (T5) น้อยกว่ากลุ่มที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบ โดยมีค่าเท่ากับ 8,499 แคลอรีต่อกรัม (ตารางที่ 10) ซึ่งแตกต่างกับ Gunstone (1987) รายงานว่าน้ำมันปาล์มดิบมีค่าพลังงานที่สุกรใช้ประโยชน์ได้มีค่าประมาณ 8,597-8,788 cal/g NRC (2012) รายงานว่าน้ำมันปาล์มเนื้อในมีค่า ME เท่ากับ 7,119 cal/g และอุทัย (2529) รายงานว่าน้ำมันปาล์มมีค่า ME เท่ากับ 8,300 cal/g ในขณะที่ ME ของน้ำมันพืชซึ่งมีสัดส่วนของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวใกล้เคียงกับน้ำมันรำข้าวคั่วดิบอยู่ระหว่าง 76-85.5% มีค่า ME ประมาณ 8,544-8,585 cal/g (NRC, 2012) และ 8,800 cal/g (อุทัย, 2529)

ปัจจัยที่มีผลกับพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันประกอบด้วยหลายส่วนสัมพันธ์กันคือ ความยาวของกรดไขมัน ความอิ่มตัวของกรดไขมัน ปฏิกริยาการเกิดสารพอกเอสเทอร์ (degree of esterification) และการเกิดเหตุปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน (Stubbs and Tolkamp, 2006)

โดยทั่วไปน้ำมันรำข้าวคั่วดิบมีกรดไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัวสูง จึงมีการสร้างไมเซลล์และดูดซึมกรดไขมันเข้าสู่ลำไส้เล็กได้ดีกว่าน้ำมันปาล์มดิบ ทำให้พลังงานการใช้น้ำมันรำข้าวคั่วดิบดีกว่าน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งส่วนใหญ่ไขมันปาล์มดิบประกอบด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัวสายยาวพวกกรดปาล์มิติกและกรดสเตียริก

สำหรับการศึกษารุ่นนี้พบว่าน้ำมันรำข้าวคั่วดิบกลับให้ค่าพลังงานการใช้น้ำมันได้ต่ำกว่าน้ำมันปาล์มดิบ ทั้งนี้มีหลายปัจจัยมาเกี่ยวข้อง เนื่องด้วยน้ำมันรำข้าวคั่วดิบที่ใช้ในงานทดลองครั้งนี้มีคุณภาพค่อนข้างต่ำ พบตะกอนในน้ำมันรำข้าวคั่วดิบในปริมาณมาก สังเกตได้จากเมื่อนำน้ำมันรำข้าวคั่วดิบใส่ในหลอดทดลองเทียบกับน้ำมันชนิดอื่นๆ เมื่อเวลาผ่านไป 3-5 ชม. จะเริ่มพบชั้นของเหลวแทรกในน้ำมันปนกับตะกอนน้ำมันรำข้าวคั่วดิบ ซึ่งเกิดจากตะกอนในน้ำมันรำข้าวคั่วดิบค่อยๆ เกิดการตกตะกอน ดังแสดงในภาพที่ 12 เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพของน้ำมันต่ำลงได้ ทั้งนี้

น้ำในน้ำมันรำข้าวดิบสามารถนำไปสู่การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส อีกทั้งปฏิกิริยานี้จะเกิดได้รวดเร็วหากมีอุณหภูมิเข้ามาเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในช่วงที่ทำการทดลองอุณหภูมิสูงสุดต่ำสุดอยู่ระหว่าง 23-38°C ซึ่งค่อนข้างสูง ประกอบกับน้ำมันรำข้าวดิบมีสัดส่วนของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวที่สูงกว่าน้ำมันปาล์มดิบประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีโอกาสเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เป็นผลให้เปอร์ออกไซด์และกรดไขมันอิสระในน้ำมันรำข้าวดิบเกิดได้ง่ายและรวดเร็วกว่าน้ำมันปาล์มดิบ

น้ำมันรำข้าวดิบมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (72.6%) และ ค่า FFA สูง (>13.25%) มีความเป็นไปได้ว่าสัตว์จะใช้ประโยชน์จากน้ำมันรำข้าวดิบได้ลดลง ในขณะที่น้ำมันปาล์มดิบมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (43.2%) และ ค่า FFA อยู่ในระดับปกติ (5.24%) เมื่อสุกรได้รับอาหารที่ผสมน้ำมันปาล์มดิบหรือมีสัดส่วนน้ำมันปาล์มดิบในสูตร สุกรจึงสามารถใช้ประโยชน์จากน้ำมันปาล์มดิบได้ดีกว่าการเสริมน้ำมันรำข้าวดิบเพียงชนิดเดียว เนื่องจากในน้ำมันรำข้าวดิบมีค่า FFA สูงขึ้น ทำให้มีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันลดต่ำลง สอดคล้องกับสุกัญญา และคณะ (2553) รายงานว่าเมื่อเสริมน้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันรำข้าวดิบที่มีกรดไขมันอิสระ; FFA = 7-8% และน้ำมันรำข้าวดิบที่มีกรดไขมันอิสระ; FFA = 12-15% ในอาหารไก่เนื้อ โดยเสริมน้ำมัน 3% ร่วมกับอาหารสูตรควบคุม 97% พบว่าค่า ME ของน้ำมันปาล์มดิบ มีค่าเท่ากับ 7,844 แคลอรีต่อกรัม น้ำมันรำข้าวดิบ (FFA = 7-8%) มีค่า ME เท่ากับ 8,479 แคลอรีต่อกรัม และน้ำมันรำข้าวดิบ (FFA = 12-15%) 8,086 แคลอรีต่อกรัม



ภาพที่ 12 ตะกอนที่แทรกในน้ำมันรำข้าวดิบ

อีกปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพน้ำมันคือกระบวนการผลิตน้ำมัน และฤดูกาลเก็บเกี่ยว โดยทั่วไปเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันจะขนส่งทะลายปาล์มหลังการเก็บเกี่ยวเข้าสู่โรงงานสกัด น้ำมันปาล์มภายใน 24 ชั่วโมง เนื่องจากทะลายปาล์มที่บอบช้ำจะสร้างกรดไขมันอิสระขึ้น ส่งผลต่อคุณภาพน้ำมันปาล์มดิบ อีกทั้งปาล์มน้ำมันเป็นพืชยืนต้นทำให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งปี ไม่มีฤดูกาลเก็บเกี่ยว ในขณะที่การผลิตน้ำมันรำข้าวดิบขึ้นอยู่กับฤดูกาลเก็บเกี่ยวข้าว การบริโภคข้าวภายในประเทศ การส่งออกข้าวหรือความต้องการข้าวของตลาดโลก เมื่อมีรำข้าวจึงจะสามารถผลิตน้ำมันรำข้าว ทำให้คุณภาพของน้ำมันรำข้าวดิบอาจมีความแปรปรวนได้

เมื่อพิจารณาถึงค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารและค่าพลังงานย่อยได้ของอาหาร พบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และโดยเมื่อคำนวณค่า ME และ DE ของอาหารโดยเฉลี่ยทั้ง 5 สูตร พบว่ามีค่าเท่ากับ 3,884 และ 3,980 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็น 97.6% ของ DE ใกล้เคียงกับ NRC (2012) รายงานว่า ME ของอาหารมีค่าเท่ากับ 98% ของ DE ($ME = DE \times 0.98$) และสอดคล้องกับ Rouchey *et al.* (2007) รายงานค่า ME และ DE ของน้ำมันพืชที่มีสัดส่วนกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวระหว่าง 72.9-92.6% ค่าประมาณ 3,746-3,814 และ 3,902-3,973 cal/g ตามลำดับ

จากการศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันรำข้าวดิบพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่มีแนวโน้มที่จะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมัน ($P=0.061$) โดยมีค่าการย่อยได้ระหว่าง 79.33-81.49% ซึ่งมีค่าสูงกว่า Lauridsen *et al.* (2007) ได้รายงานว่าการเสริมไขมันปาล์มและน้ำมันปาล์มผสมกับน้ำมันพืช ในอาหารสุกรรุ่นประมาณ 5% พบว่า มีการย่อยได้ประมาณ 72.8-77% แต่สอดคล้องกับ Seijas *et al.* (2003) รายงานว่าการเสริมไขมันปาล์มดิบในอาหารสุกรระดับ 5% และ 10% พบว่าค่าการย่อยได้ของน้ำมันเท่ากันคือ 83% สำหรับค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมันน้ำมันรำข้าวดิบมีค่าเท่ากับ 79.19% ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มของน้ำมันปาล์ม เป็นไปได้ว่าเมื่อค่า FFA สูงการย่อยได้ของไขมันก็จะต่ำลง สอดคล้องกับ Jorgensen and Fernandez (2000) รายงานว่า สุกรสามารถย่อยไตรกลีเซอไรด์ได้ดีกว่ากรดไขมันอิสระ และการย่อยได้จะต่ำลงเมื่อระดับกรดไขมันอิสระเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการย่อยได้ของไขมันขึ้นอยู่กับสัดส่วนของ USFA:SFA การย่อยจะเพิ่มขึ้นหากอยู่ในช่วง 0.5-2.5 แต่ถ้ามากกว่า 2.5 ค่าการย่อยได้ของไขมันจะคงที่ที่ 90% และช่วง 1.5-1 จะเป็นช่วงที่มีความสามารถในการย่อยไขมันได้สูง (Stahly, 1996)

การทดลองที่ 2 การศึกษาสมรรถภาพการผลิตของสุกรเล็ก-ขุน คุณภาพซากและไขมันในซากของสุกรขุน

สมรรถภาพการผลิต

จากการศึกษาการใช้แหล่งน้ำมันในสูตรอาหารที่แตกต่างกันในอาหารสุกรคือ น้ำมันปาล์มดิบ น้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันรำข้าวดิบในสัดส่วน 75:25, 50:50, 25:75 และน้ำมันรำข้าวดิบ โดยใช้ระดับ 4% ในสูตรอาหารพบว่า อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และปริมาณอาหารที่กินต่อวัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กล่าวได้ว่าองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันแต่ละแหล่งมีความแตกต่างกัน แต่ไม่ส่งผลต่อสมรรถภาพการผลิตสุกร อาจเกิดจากระดับพลังงานและโปรตีนมีความใกล้เคียงกันทั้ง 5 สูตร แม้ว่าจะมีการนำค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันที่ได้จากการศึกษาในงานทดลองที่ 1 มาคำนวณสูตรอาหาร แต่มีการเติมน้ำมันในสูตรเพียง 4% ดังนั้นพลังงานที่ได้จากน้ำมันตามกลุ่มทดลองดังกล่าวข้างต้น อยู่ระหว่าง 340-376 cal/g ส่วนต่างสูงสุด 36 cal/g ซึ่งไม่มีผลกับการใช้ประโยชน์ได้ของอาหารสัตว์ สอดคล้องกับคมกฤษ (2538) รายงานว่าเมื่อเสริมน้ำมันรำข้าว น้ำมันปลาทูน่า น้ำมันหมู และไขวัวในระดับ 5% ในสูตรอาหารพบว่าสมรรถภาพการผลิตของสุกรไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ Li *et al.* (1989) ได้ทำการทดลองเสริมน้ำมันน้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันถั่วเหลืองในสัดส่วน 75:25, 50:50, 25:75 และน้ำมันถั่วเหลืองพบว่า หากใช้น้ำมันทั้งสอง 2 ชนิดรวมกันจะสามารถปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตได้และมีแนวโน้มที่จะสามารถปรับปรุงการย่อยได้ของกรดไขมันสายกลาง (medium chain) ได้ดีกว่าการใช้น้ำมันมะพร้าวหรือน้ำมันถั่วเหลืองเพียงชนิดเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าหากเสริมระดับน้ำมันในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อปริมาณอาหารที่กินต่อวันและอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวลดลง (Terán and Santos Ricalde, 2003)

คุณภาพซากสุกรขุน

จากการเสริมน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบในอาหารสุกรพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ต่อคุณภาพซากของสุกร ทั้งความหนาไขมันสันหลัง เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความเป็นกรดของกล้ามเนื้อสันนอก สีเนื้อและค่าการสูญเสีย น้ำของเนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับ Teye *et al.* (2006) และ Feoli *et al.* (2008) กล่าวว่าชนิดของน้ำมันที่เสริมในอาหารไม่มีผลต่อคุณภาพซากของสุกร

ตำแหน่งในการวัดความหนาไขมันสันหลังโดยใช้เครื่อง A-mode มี 3 ตำแหน่งคือ (1) บริเวณไหล่เหนือข้อศอกขาหน้า ประมาณซี่โครงที่ 5-6 (2) ตำแหน่งซี่โครงซี่สุดท้ายและ (3) กระดูกสันหลังข้อสุดท้ายต่อจากกระดูกหาง ทั้ง 3 ตำแหน่งจะต้องมีระยะห่างจากกึ่งกลางแนวสันหลังด้านใดด้านหนึ่งประมาณ 2 นิ้ว เมื่อวัดไขมันสันหลังครบทั้ง 3 ตำแหน่งแล้ว เครื่องจะทำการประมวลผลและแสดงผลเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง จากการศึกษาความหนาไขมันสันหลังบริเวณตำแหน่งที่ 2 (P2) และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง พบว่าสุกรทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 12.95 มิลลิเมตร และ 55.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับสอดคล้องกับ Teye *et al.* (2006) รายงานว่าเมื่อเสริมน้ำมันปาล์มในอาหารสุกรลูกผสมพันธุ์ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ และครอค พบว่าสุกรมีความหนาไขมันสันหลังบริเวณตำแหน่งที่ 2 เท่ากับ 13.2 มิลลิเมตร และเมื่อเสริมน้ำมันปาล์ม 5% ในสูตรอาหารสุกรพบว่าเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมีค่าเท่ากับ 54.4 เปอร์เซ็นต์ (Feoli *et al.*, 2008)

หลังจากสัตว์ตาย ร่างกายจะพยายามรักษาสสมดุลของระบบต่างๆ ให้คงความมีชีวิตต่อไป (homeostasis) เมื่อระบบหมุนเวียนเลือดหยุดลง ออกซิเจนจะลดลงและหมดไป การหายใจด้วยการใช้ออกซิเจนหยุดลง แต่ร่างกายใช้พลังงานจากกระบวนการหายใจแบบไร้ออกซิเจนแทน โดยเปลี่ยนกรดไพรูวิก (pyruvic acid) เป็นกรดแลกติก (lactic acid) และถูกสะสมในกล้ามเนื้อ จนกระทั่งพลังงานที่ได้จากไกลโคเจน (glycogen) ในกล้ามเนื้อถูกใช้หมดไป การสะสมของกรดแลกติกนี้ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดต่างของเนื้อลดต่ำลง (สัญญาชัย, 2551) ซึ่งการลดต่ำลงของ pH นี้มีความสำคัญต่อคุณภาพเนื้อ ทั้งด้านสี ความชุ่มน้ำ ลักษณะสัมผัส (จิตรนา, 2539) นอกจากนี้ยังพบว่าค่า pH ในกล้ามเนื้อของสุกรเพศผู้จะต่ำกว่าเพศเมียและเพศผู้ตอนเล็กน้อย เนื่องจากสุกรเพศผู้มีความไวต่อสภาวะเครียดในขณะฆ่า และมีกิจกรรม ความก้าวร้าวมาก ทำให้กล้ามเนื้อต้องการพลังงานมากตามไปด้วย (สัญญาชัย, 2551) สำหรับงานทดลองนี้ค่าความเป็นกรดต่างของกล้ามเนื้อสันนอก (*M. longissimus dorsi*) โดยเฉลี่ยค่าเท่ากับ 5.60 สอดคล้องกับ Teye *et al.* (2006) รายงานว่าเมื่อเสริมน้ำมันปาล์มในอาหารสุกรพบว่าความเป็นกรดต่างของกล้ามเนื้อสันนอกเมื่อวัดที่ 24 ชม. ($pH_{24hr.}$) หลังจากสัตว์ตายมีค่าเท่ากับ 5.40 และ Jaturasitha *et al.* (2006) รายงานว่าความเป็นกรดต่างของกล้ามเนื้อสันนอกของสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมีย เมื่อวัดที่ 24 ชม. ($pH_{24hr.}$) มีค่าเท่ากับ 5.32 และ 5.28 ตามลำดับ เมื่อวัดที่ 45 นาที (pH_{45min}) หลังจากสัตว์ตาย มีค่าเฉลี่ยโดยประมาณ 5.97 และ 6.14 ตามลำดับ นอกจากนี้ Teye *et al.* (2006) พบว่าเมื่อวัด pH_{45min} มีค่าเท่ากับ 6.30

สีเนื้อสามารถอธิบายลักษณะของช่องว่างในภาพสามมิติมักอยู่ในรูปของ CIELAB หรือ $L^* a^* b^*$ โดยที่ L^* หมายถึงความสว่างของสี (lightness) a^* หมายถึงแกนของสีเขียวไปถึงสีแดง (green

to red or redness) b^* หมายถึงแกนของสีน้ำเงินไปถึงสีเหลือง (blue to yellow or yellowness) (สัจชัย, 2551) สีของเนื้อเกิดจากปริมาณและสถานะของเม็ดสีในเนื้อ (myoglobin) สำหรับเม็ดสีในเลือด (haemoglobin) มีส่วนเพียงเล็กน้อย ส่วนสีในไขมันขึ้นอยู่กับปริมาณแคโรทีนอยด์ (carotenoid) นอกจากนั้นการหักเหของแสงที่ผิวหน้าของเนื้อก็ส่งผลต่อการเห็นสีเนื้อเช่นกัน และปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อสีเนื้อคือ อายุสัตว์ ชนิดของกล้ามเนื้อ ระดับความเป็นกรดเบส อุณหภูมิของชิ้นเนื้อ และสถานะทางเคมีของเม็ดสี ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามปริมาณของออกซิเจน และ oxidation-reduction condition ในเนื้อ (จิตรนา, 2539) การกระจายแสงในเนื้อยังบ่งชี้ถึงการสูญเสียสภาพของโปรตีน อาจรวมถึงการจับกันของ myofibril โดยธรรมชาติของผิวหน้าของเนื้อ การประเมินสีของเนื้อควรกระทำอย่างช้า 24 และ 48 ชม.หลังจากสัตว์ตาย (สัจชัย, 2551) งานทดลองนี้ใช้เครื่อง MiniScan™ EZ Hunterlab ทำการวัดค่าสี โดยเฉลี่ยสีเนื้อสันนอกของสุกรในงานทดลองนี้มีค่า L^* , a^* , b^* เท่ากับ 55.52, 3.66, 13.78 ซึ่งทำการวัดที่ 24 ชม. จะให้สีที่ต่างจากเนื้อที่วัดเมื่อ 48 ชม. ในสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมีย มีค่า L^* , a^* , b^* เท่ากับ 59.90, 8.44, 6.75 และ 60.0, 9.11, 7.72 ตามลำดับ (Jaturasitha *et al.*, 2006)

ความสามารถในการอุ้มน้ำ มีวิธีการวัดหลายแบบ เช่น การทำให้น้ำซึมออก (passive drip loss method) การกดหรือใช้แรง (press/force method) หรือการดูดในหลอด capillary (capillary suction methods) เป็นต้น โดยทั่วไปสุกรเพศผู้มีแนวโน้มสูญเสียน้ำสูงกว่าสุกรเพศเมียและเพศผู้ตอนซึ่งเกิดจากความเครียดที่มากกว่า ทำให้ pH ลดต่ำลงจนเข้าใกล้ isoelectric point ทำให้ความสามารถในการจับตัวระหว่างโมเลกุลของโปรตีนกับน้ำในเนื้อลดลง ส่งผลให้เกิดการสูญเสีย น้ำของเนื้อ นอกจากนั้นการลดลงของ pH จึงมีโอกาสดึง PSE (pale soft exudative) เนื่องจากมีการสูญเสีย น้ำในเนื้อเพิ่มมากขึ้น โดยในงานทดลองนี้ได้ทำการวัดค่าการสูญเสีย น้ำที่ 24 ชม. ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28% สอดคล้องกับ Teye *et al.* (2006) ทำการวัดค่าการสูญเสีย น้ำที่ 24 ชม. พบว่าสุกรที่เสริมไขมันปาล์มในอาหารมีค่าเท่ากับ 4.30% แต่ถ้าหากทำการวัดที่ 48 ชม. จะทำให้ค่าการสูญเสีย น้ำของเนื้อสุกรเพิ่มมากขึ้นกว่า 2 เท่า สมจิต และคณะ (มปป.) รายงานว่าค่าการสูญเสีย น้ำวัดที่ 48 ชม. เมื่อสุกรน้ำหนัก 100 กก. มีค่าเท่ากับ 11.07% และมีแนวโน้มการสูญเสีย น้ำเพิ่มขึ้นเมื่อสุกรมีน้ำหนักมากขึ้น

องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันสันหลังของสุกรขุน มีความสัมพันธ์กับชนิดของกรดไขมันในอาหาร ซึ่งได้จากวัตถุดิบที่เป็นธัญพืชและไขมันหรือน้ำมัน นอกจากนั้นกรดไขมันส่วนหนึ่งเกิดจากการสังเคราะห์ไขมันขึ้นเองของสัตว์ (de novo fatty acid synthesis) โดยเกิดจากการรวมตัวของ acetyl-CoA เมื่อเซลล์ได้รับพลังงานเกินความต้องการ จากนั้นจะเกิดการสะสมกรด

ไขมันในส่วนต่างๆ ของร่างกาย จากการทดลองพบว่าสัดส่วนกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในไขมันสันหลังของสุกรที่ได้รับอาหารสูตรน้ำมันปาล์มดิบมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรน้ำมันรำข้าวดิบ ($P=0.12$) สอดคล้องกับ Mitchaothai (2007) รายงานว่า เมื่อเลี้ยงสุกรด้วยอาหารที่เสริมไขวัวและน้ำมันดอกทานตะวันในระดับ 5% พบว่าสุกรที่ได้รับอาหารสูตรไขวัวจะมีกรดไขมันอิ่มตัวในเนื้อเยื่อไขมันสูงกว่าสุกรที่ได้รับอาหารสูตรน้ำมันดอกทานตะวัน เนื่องจากรูปแบบของกรดไขมันที่มีในน้ำมันแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันและการเกิด *de novo fatty acid synthesis*

จากการทดลองพบว่ากรดไขมันในไขมันสันหลังของสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรเสริมน้ำมันปาล์มดิบมีปริมาณกรดไขมันโอเลอิกสูงกว่ากลุ่มอื่น สอดคล้องกับ Mitchaothai (2007) รายงานว่าสุกรที่ได้รับอาหารสูตรไขว้วจะมีการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monounsaturated fatty acid, MUFA) โดยเฉพาะกรดไขมันโอเลอิกในเนื้อเยื่อไขมันและกล้ามเนื้อ ทั้งนี้เกิดจากอัตราการเกิด fatty acid desaturation สูงขึ้น และเมื่อเลี้ยงสุกรด้วยอาหารสูตรน้ำมันดอกทานตะวัน พบว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid, PUFA) ในเนื้อเยื่อไขมันและในกล้ามเนื้อเพิ่มสูงขึ้นเป็นผลจากในน้ำมันดอกทานตะวันมีกรดไขมันลิโนเลอิกและ PUFA สูง ส่วนกรดไขมันลิโนเลนิกมีการสะสมที่กล้ามเนื้อน้อยกว่าการสะสมที่เนื้อเยื่อไขมัน

Mitchaothai (2007) รายงานว่า การสะสมกรดไขมันในไขมันสันหลัง เนื้อแดง เม็ดเลือดแดง และตับ เมื่อสุกรกินอาหารสูตรไขว้วเทียบกับอาหารสูตรน้ำมันดอกทานตะวัน พบว่าเมื่อสุกรกินอาหารสูตรไขว้วทำให้ C16:0 สูงขึ้นในเนื้อเยื่อไขมันและตับ แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันในเนื้อแดงและเม็ดเลือดแดง ส่วน C18:0, C18:1 จะสูงขึ้นในเนื้อเยื่อไขมันและเนื้อแดง แต่พบกรดไขมันในเม็ดเลือดแดงน้อยลงและไม่พบความแตกต่างในระดับ สำหรับ C18:2 หากเลี้ยงสุกรด้วยอาหารสูตรน้ำมันดอกทานตะวัน จะพบการสะสมในเนื้อเยื่อไขมันสันหลัง เนื้อแดง เม็ดเลือดแดงและตับ Pascual *et al.* (2006) รายงานว่ากรดไขมันลิโนเลอิกในไขมันสันหลังจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนกรดไขมันลิโนเลอิกที่มีในน้ำมันที่ผสมในสูตรอาหาร แต่การเพิ่มขึ้นนี้ จะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของ C18:2 ในสูตรอาหาร จะไปลดการสะสมของ C18:2 ที่สะสมในไขมันสันหลังแต่จะมีการสร้างกรดไขมันสเตียริกขึ้นมาชดเชยในไขมันสันหลังแทนกรดไขมันลิโนเลอิก และ Zhou *et al.* (2007) รายงานว่า คอนจูเกตลิโนเลอิก (conjugated linoleic acid, CLA) จะมีการสะสมในไขมันสันหลังน้อยกว่าไขมันที่แทรกในกล้ามเนื้อ เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ lipoprotein lipase (LPL) และ fatty acid synthetase (FAS) ซึ่งมีความสำคัญกับขบวนการสร้างและสลายไขมัน อาหารที่มีระดับ CLA ลดลงจะไปลดการปลดปล่อยเฮพาริน (heparin) เมื่อ heparin มีการปลดปล่อยลดลง ส่งผลให้การทำงานของ LPL ซึ่งอาจจะมี

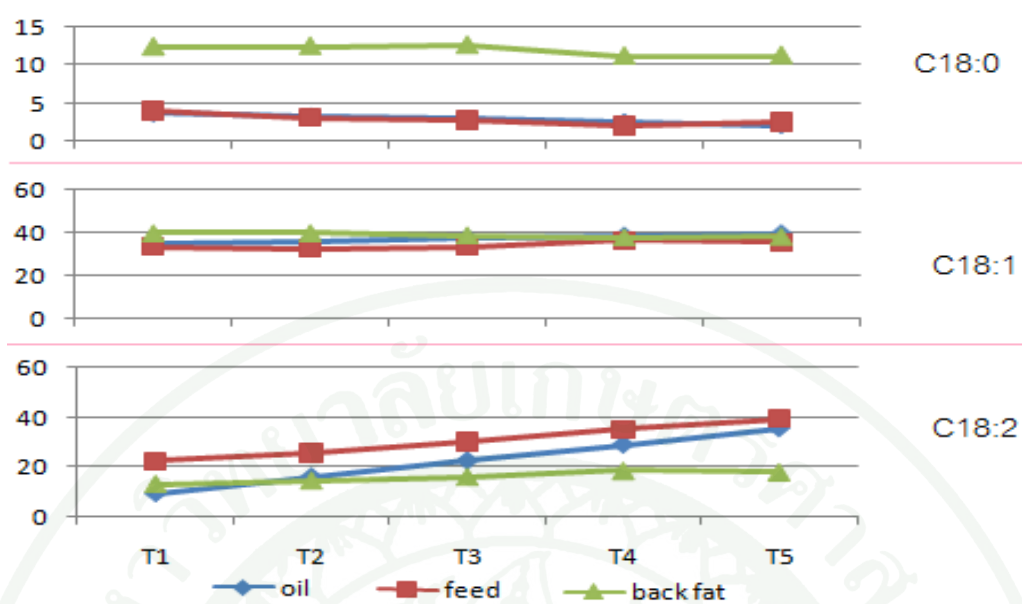
ความสัมพันธ์กับขั้นตอนแรกของการสร้างไขมันในร่างกาย และการลดลงของ LPL อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกับความหนาของไขมันสันหลัง (Jiang *et al.*, 2010)

Mitchaothai (2007) รายงานว่า เมื่อเลี้ยงสุกรด้วยอาหารสูตรน้ำมันดอกทานตะวัน พบการสะสม C18:3 ในเนื้อเยื่อไขมันน้อยกว่าสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรไขว้ แต่อย่างไรก็ตาม C18:3 ในอาหารและเนื้อเยื่อไขมันอาจจะไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนเมื่อระดับไขมันในอาหารค่อนข้างต่ำ เพราะ C18:3 อาจจะถูก desaturated และ elongated ในร่างกายได้ และอาจเป็นไปได้ว่าเกิดการ oxidized เพื่อสร้างพลังงานและนำไปสู่การสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน (Miller *et al.*, 1990) และเมื่อให้อาหารสุกรด้วยสูตรน้ำมันดอกทานตะวันพบว่า C20:4 ในเนื้อเยื่อไขมันสูงกว่าสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารสูตรไขว้ แต่ไม่แตกต่างในเนื้อแดง เม็ดเลือดแดง และตับ ในทางตรงกันข้ามหากให้อาหารสุกรด้วยสูตรไขว้จะทำให้ C22:6 ในตับสูงขึ้น แต่ในเนื้อแดงไม่พบความแตกต่าง และไม่สามารถตรวจพบในเนื้อเยื่อไขมันและเม็ดเลือดแดง

ตารางที่ 18 องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันที่เสริมในสูตรอาหาร

กรดไขมัน	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3	สูตร 4	สูตร 5
C12:0	0.58	0.44	0.29	0.15	0
C14:0	1.47	1.10	0.73	0.37	0
C16:0	49.61	42.94	36.26	29.59	22.91
C18:0	3.65	3.25	2.86	2.46	2.06
C18:1	35.40	36.40	37.39	38.39	39.38
C18:2	9.29	15.88	22.47	29.05	35.64
Sat	55.31	47.73	40.14	32.56	24.98
Unsat	44.69	52.27	59.86	67.44	75.02

หมายเหตุ สตริก (Lauric, 12:0), ไมริสติก (Myristic, 14:0), ปาล์มมิติก (Palmitic, 16:0), สเตียริก (Stearic, 18:0), โอเลอิก (Oleic, 18:1), ลิโนเลอิก (Linoleic, 18:2), กรดไขมันอิ่มตัว (SFA), กรดไขมันไม่อิ่มตัว (UFA)



ภาพที่ 13 ระดับกรดไขมัน (C18:0, C18:1 และ C18:2) ที่อยู่ในน้ำมัน อาหาร และบริเวณไขมัน
สันหลังของสุกรขุน ต่อการเสริมน้ำมันมีสัดส่วนแตกต่างกัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลการศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันปาล์มดิบ (T1) และน้ำมันปาล์มดิบผสมกับน้ำมันรำข้าวดิบในสัดส่วน 75:25 (T2), 50:50 (T3), 25:75 (T4) และน้ำมันรำข้าวดิบ (T5) ในอาหารสุกรระยะรุ่น พบว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวดิบผสมกับน้ำมันรำข้าวดิบ มีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันเท่ากับ 9,374 9,303 9,399 และ 9,076 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันรำข้าวดิบเป็นส่วนประกอบจะมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันเท่ากับ 8,499 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) นอกจากนี้ผลการศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของอาหารและค่าพลังงานย่อยได้ของอาหารเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งค่า ME ของอาหารมีค่าเท่ากับ 3901, 3896, 3903, 3880 และ 3840 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ และค่า DE ของอาหารมีค่าเท่ากับ 3992, 4005, 3993, 3980 และ 3931 แคลอรีต่อกรัม ตามลำดับ ผลการศึกษาค่าการย่อยได้แบบปรากฏของไขมัน เป็นดังนี้ 81.29, 80.74, 81.49, 79.33 และ 79.19% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันแต่ละชนิดมีองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมัน คุณภาพของน้ำมัน รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลให้คุณภาพของน้ำมันมีอัตราการเสื่อมลงอย่างรวดเร็วแตกต่างกัน

ผลการศึกษาแหล่งน้ำมันในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตสุกร โดยใช้ไขมันระดับ 4% ในสูตรอาหาร และมีการกำหนดค่า ME ของน้ำมันปาล์มดิบเท่ากับ 9,375 แคลอรีต่อกรัม และ ME ของน้ำมันรำข้าวดิบเท่ากับ 8,500 แคลอรีต่อกรัม ในการคำนวณสูตรอาหาร พบว่า อัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหาร และปริมาณอาหารที่กินต่อวัน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในด้านคุณภาพซากสุกรขุน พบว่าความหนาไขมันสันหลัง เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความเป็นกรดค้างของกล้ามเนื้อสันนอก สีเนื้อและค่าการสูญเสีย น้ำของเนื้อ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ผลการศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันสันหลังสุกรขุนพบว่า สัดส่วนกรดไขมันชนิดอิ่มตัวของสุกรที่ได้รับอาหารสูตรน้ำมันปาล์มดิบมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารสูตรน้ำมันรำข้าวดิบ ($P=0.12$) และพบว่าสัดส่วนกรดไขมัน C18:0, C18:1 และ C18:2 มีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่พบว่ากรดไขมัน C14:0, C16:0, C18:3 และ C20:1 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ทั้งนี้สัดส่วนของกรดไขมันในไขมันสันหลังสุกรขุน ขึ้นอยู่กับชนิดของกรดไขมันในอาหาร และการสังเคราะห์ไขมันขึ้นเองของสัตว์ (de novo fatty acid synthesis) โดยเฉพาะกรดไขมันพาล์มมิกและสเตียริก

โดยทั่วไปน้ำมันรำข้าวดิบมีกรดไขมันชนิดที่ไม่อิ่มตัวสูง จึงมีการสร้างไมเซลล์และดูดซึมกรดไขมันเข้าสู่ลำไส้เล็กได้ดีกว่าน้ำมันปาล์มดิบ ทำให้ค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันรำข้าวดิบดีกว่าน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งส่วนใหญ่ไขมันปาล์มดิบประกอบด้วยกรดไขมันที่อิ่มตัวตัวสายยาวพวกกรดพาล์มมิกและกรดสเตียริก สำหรับในการศึกษาครั้งนี้พบว่าน้ำมันรำข้าวดิบกลับให้ค่าพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ที่ต่ำกว่าน้ำมันปาล์มดิบ ทั้งนี้มีหลายปัจจัยมาเกี่ยวข้อง เนื่องด้วยน้ำมันรำข้าวดิบมีคุณภาพค่อนข้างต่ำ มีการตรวจพบตะกอนในน้ำมันรำข้าวดิบปริมาณมาก และพบว่าน้ำมันรำข้าวดิบมีกรดไขมันอิสระมากกว่าน้ำมันปาล์มดิบ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสและปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นผลให้เกิดเปอร์ออกไซด์และกรดไขมันอิสระซึ่งในน้ำมันรำข้าวดิบเกิดได้ง่ายและรวดเร็วกว่าน้ำมันปาล์มดิบ ทำให้การใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันรำข้าวดิบลดลง ดังนั้นการใช้แหล่งน้ำมันในการประกอบอาหารสัตว์ควรตรวจสอบคุณภาพ กระบวนการผลิต เพื่อกำหนดค่าพลังงานที่เหมาะสม

องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันปาล์มดิบ ไม่มีผลต่อการย่อยได้ การดูดซึม รวมถึงการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงาน และสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวในไขมันสันหลังของสุกร แต่หากนำมาใช้ร่วมกับน้ำมันที่คุณภาพต่ำแม้ว่าน้ำมันนั้นจะมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง จะส่งผลให้การใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันปาล์มดิบต่ำลง

ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันรำข้าวคั่วดิบที่เสริมในอาหารสุกร พบว่า คุณภาพน้ำมันมีผลต่อค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้น้ำมัน ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรกำหนดมาตรฐานคุณภาพของน้ำมันและตรวจสอบคุณภาพน้ำมันแต่ละชนิดก่อนทำการทดลอง เพื่อจะได้เปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมัน ได้ชัดเจนขึ้น โดยไม่มีปัจจัยความเสื่อมของน้ำมันเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย
2. ในการศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันครั้งต่อไป ควรกำหนดกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นอีก 1 กลุ่มทดลอง โดยใช้แหล่งน้ำมันที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันค่อนข้างคงที่ หรือมีผลงานวิจัยที่ให้ค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันใกล้เคียงกันและเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง เช่นน้ำมันถั่วเหลืองบริสุทธิ์ โดยทำควบคู่กับงานทดลองด้วย เพื่อวัดความแม่นยำของการทดลอง
3. ในการศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมัน ควรทำการทดลองในโรงเรือนระบบปิด เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ โดยส่วนใหญ่โรงเรือนที่ใช้เลี้ยงสุกรในปัจจุบันมักเป็นระบบปิด หากทำการทดลองในสภาวะแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับระบบการเลี้ยงในอุตสาหกรรมจะทำให้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปปรับใช้ได้ดียิ่งขึ้น
4. การใช้แหล่งน้ำมันในการประกอบอาหารสัตว์ควรตรวจสอบคุณภาพ และกระบวนการผลิต เพื่อกำหนดค่าพลังงานที่เหมาะสม

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- คมกฤช เอกนตร. 2538. ผลการใช้ไขมันจากแหล่งต่างๆ เป็นพลังงานในอาหารสุกรรุ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิตรนา แจ่มเมฆ. 2539. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 504 น.
- ชาย โฉมวิธ. 2548. ปาล์มน้ำมัน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. เอกสารวิชาการลำดับที่ 16/2547. 317 น.
- ธีระ เอกสมทราเมษฐ์. 2548. เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- _____, ชัยรัตน์ นิลนนท์, ธีระพงษ์ จันทนิยม, ประกิจ ทองคำ และ วรรณ เลี้ยววาริณ. 2546. คู่มือปาล์มน้ำมันและการจัดการสวน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 72 น.
- ธีระพงษ์ จันทนิยม. 2553. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- นวลจันทร์ พารักษา. 2544. อาหารสัตว์ **Animal Nutrition**. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 144 น.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. โภชนศาสตร์สัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 170น.
- พจน์ ศรีบุญลือ, พชร บุญศิริ และโสพิศ วงศ์คำ. 2543. ตำราชีวเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 576 น.

พัชรินทร์ ระวังัน. 2552. แคลโรทีนอยด์และวิตามินอีจากปาล์มน้ำมัน. บทความสาระน่ารู้ ฉบับวันพฤหัสบดีที่ 19 กุมภาพันธ์ 2552. สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย. แหล่งที่มา: http://www.trf.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=228:2011-03-24-08-55-57&catid=34:research-digest&Itemid=145, 3 พฤศจิกายน 2555.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. การผลิตอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 576 น.

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี. ม.ป.ป. วิชาการปาล์มน้ำมัน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://it.doa.go.th/palm/linkTechnical/oilpalm.html>, 15 ตุลาคม 2554.

สมจิต พิษิตการตะพงษ์, สัตยชัย จตุรสีทธา, สมภพ คำโอภาส และชัยณรงค์ คันทพนิต. 2544. คุณภาพบริโภคของเนื้อสุกรเพศผู้ ที่น้ำหนักมากระดับต่างกัน, น. 18-28. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สัตยชัย จตุรสีทธา. 2551. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 335 น.

สาโรช คำเจริญ. 2547. อาหารและการให้อาหารสัตว์ไม่เลี้ยงเอื้อง. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 669 น.

สำนักเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร. สำนักเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 416. 93 น.

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร. 2554. การผลิต การตลาด ปาล์มน้ำมัน ปี 2554. สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน, กรุงเทพฯ. 32 น.

_____. 2555. ปาล์มน้ำมัน. สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กลุ่มงานพืชน้ำมันและวัตถุดิบ
อาหารสัตว์ กรมการค้าภายใน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: [http://agri.dit.go.th/web_dit_sec4/
/admin/uploadfiles/multi_files/dfaa5251-2b71-4fc3-bec3-268eeae9c04e_ปาล์ม%20มีย%
2055.pdf](http://agri.dit.go.th/web_dit_sec4/admin/uploadfiles/multi_files/dfaa5251-2b71-4fc3-bec3-268eeae9c04e_ปาล์ม%20มีย%2055.pdf), 16 กรกฎาคม 2555.

สุกัญญา จัตุพรพงษ์, วราพันธุ์ จินตณวิชัย, เรญา มีาทอง และสรวิสนันท์ สุขพิมาย. 2553.
การศึกษาค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของน้ำมันชนิดต่างๆ ในอาหารไก่เนื้อ, น. 309-315.
ใน รายงานการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7
(สาขาสัตวและสัตวแพทย์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สุพัตรา ภาคสุชล. 2548. อุปทานปาล์มน้ำมันในประเทศไทย. สารนิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

อุทัย คันโธ. 2529. อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกรและสัตว์ปีก. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการ
เลี้ยงสุกรแห่งชาติและภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

A.O.A.C. 1990. **Official Methods of Analysis**. 15th ed. Association of Official Analytical
Chemists, Inc., Virginia.

A.O.A.C. 1999. **Official Methods of Analysis**. 16th ed. Association of Official Analytical
Chemists, Inc., Virginia.

Anderson, J., B.S. Capper and N.R. Bromage. 1991. Measurement and prediction of digestible
energy value in feedstuffs for the herbivorous fish tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.).
Br. J. Nutr. 66: 37-48.

Carlson, W.E. and H.S. Bayley. 1968. Utilization of fat by young pigs: fatty acid composition of
ingestain different regions of the digestive tract and apparent and corrected digestibilities
of corn oil, lard and tallow. **Can. J. Anita. Sci.** 48(3): 315-322.

- Chilliard, Y. and Doreau, M. 1997. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. **Br J Nutr** 78: 15-35.
- Cochard B, B. Adon, S. Rekima, N. Billotte, R.D. De Chenon, A. Koutou, B. Nouy, A. Omore, A.R. Purba and J.C. Glaszmann. 2009. Geographic and genetic structure of African oil palm diversity suggests new approaches to breeding. **Tree Genet. Genomes** 5: 493–504.
- Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. **The Oil Palm**. 4th ed. Wiley-Blackwell Publishing, Oxford. 562 p.
- Doppenberg, J. and P.J. Van Der Aar. 2010. **Facts about fats: A review of feeding value of fats and oils in feeds for swine and poultry**. Schothorst Feed Research. 64 p.
- Doreau, M. and Y. Chilliard. 1997. Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. **Br. J. Nutr.** 78 Suppl 1: S15-35.
- Feoli, C., J. D. Hancock, D. H. Kropf, S. Issa, T. L. Gugle and S. D. Carter. 2008. Effects of adding saturated fat to diets with sorghum-based dried distillers grains with soluble on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. **Swine Day** Department of Animal Science, Oklahoma State University.
- Frobish, L.T. 1970. Effect of energy intake on reproductive performance and estrous synchronization of gilts. **J. Anita. Sci.** 31: 486.
- Gabert, V.M., M.S. Jensen, H. Jørgensen, R.M. Engberg and S.K. Jensen. 1996. Exocrine pancreatic secretions in growing pigs fed diets containing fish oil, rapeseed oil or coconut oil. **J. Nutr.** 126: 2076–2082.
- Garrett, R. L. and R. J. Young. 1975. Effect of micelle formation on the absorption of neutral fat and fatty acids by the chicken. **J. Nutr.** 105: 827–838.

- Gu X. and D. Li. 2003. Fat nutrition and metabolism in piglets: a review. **Anim. Feed Sci. Technol.** 109 (1): 151-170
- Gunstone, F.D. 1987. **Palm Oil**. Crit Rep Appl Chem. Vol. 15. Great Britain, 100 p. Nat Prod Rep. 1987 Apr; 4(2): 95-112.
- Hartley, C.W.S. 1988. **The Oil Palm. (Tropical Agriculture Series)**. 3rd ed. Longman Scientific & Technical, Harlow. 761 p.
- Jaligot E., A. Rival, T. Beule, S. Dussert and J.L. Verdeil. 2000. Somaclonal variation in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.): the DNA methylation hypothesis. **Plant Cell Rep.** 19: 684-690.
- Jaturasitha, S., S. Kamopas, T. Suppadit, R.Khiaosa-ard and M. Kreuzer. 2006. The effect of gender of finishing pigs slaughtered at 110 kilograms on performance, and carcass and meat quality. **ScienceAsia** 32: 297-305.
- Jiang, Z.Y., W.J. Zhong, C.T. Zheng, Y.C. Lin, L. Yang and S.Q. Jiang. 2010. Conjugated linoleic acid differentially regulates fat deposition in backfat and longissimus muscle of finishing pigs. **J. Anim. Sci.** 88:1694-1705.
- Jorgensen, H. and J.A. Fernandez . 2000. Chemical composition and energy value of different fat sources for growing pigs. **Acta. Agr. Scand. A-Anim. Sci.** 50: 129-136.
- _____, S.K. Jensen and B.O. Eggum. 1996. The influence of rapeseed oil on digestibility, energy metabolism and tissue fatty acid composition in pigs. **Acta. Agr. Scand. A-Anim. Sci.** 43: 65-75.

- Kloareg, M., L. Le Bellego, J. Mourot, J. Noblet and J. van Milgen. 2005. Deposition of dietary fatty acids and of de novo synthesised fatty acids in growing pigs: effects of high ambient temperature and feeding restriction. **Br. J. Nutr.** 93: 803–811.
- Kunasekar, K.R. 2007. Nutrition is key in broiler performance. **World Poultry Magazine.** 23(2)
- Lauridsen C, T.B.Christensen, U.Halekoh and S.K.Jensen. 2007. Alternative fat sources to animal fat for pigs. **Lipid Technology.** 19(7): 156-159.
- Li, D.F., J.L. Nelssen, D.L. Harmon, G.E. Fitzner, D.B. Jones and R.D. Goodband. 1989. Effect of fat combinations on starter pig performance and nutrient digestibility. **KSU of progress Kansas. Agr. Experiment station.** 581: 82-87.
- Lietz ,G. and C.J.K. Henry. 1997. A modified method to minimise losses of carotenoids and tocopherols during HPLC analysis of red palm oil. **J. Food Chem.** 60: 109-117.
- Maizura, I., N. Rajanaidu, A. H. Zakri and S. C. Cheah, 2006. Assessment of genetic diversity in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) using restriction fragment length polymorphism (RFLP). **Genet. Res. Crop Evol.** 53: 187–195.
- Manorama, R. and C. Rukmini, 1991. Nutritional evaluation of crude palm oil. **J. Oil Tech. Assoc. India.** 22: 83-87.
- Maynard, L. A. 1979. **Animal Nutrition.** 7th ed. McGraw-Hill, New York.
- Miller, M. F., S. D. Shackelford, K. D. Hayden and J. O. Reagan. 1990. Determination of the alteration in fatty acid profiles, sensory characteristics and carcass traits of swine fed elevated levels of monounsaturated fats in the diet. **J. Anim. Sci.** 68: 1624-1631.

Mitchaothai, J. 2007. **Dietary fat type, meat quality and fatty acid metabolism in swine.**

Ph.D. Thesis, Utrecht University.

Moretzsohn, M.C., M.A. Ferreira, Z.P.S. Amaral, P.J.A. Coelho, D. Grattapaglia and M.E.

Ferreira. 2002. **Genetic diversity of Brazilian oil palm (*Elaeis oleifera* H.B.K.)**

germplasm collected in the Amazon Forest. Euphytica 124: 35-45.

Morrison, F.B. 1956. **Feed and Feeding.** 22th ed. The Morrison Publishing Co. New York.

1165p.

Mortensen, S. 2005. **Analysis of a complex mixture of carotenes from oil palm (*Elaeis***

***guineensis*) fruit extract.** Food Res Int. 38: 847-853.

Nguyen, LQ., M.C.G.A. Nuijens, H. Everts, N. Salden and A.C. Beynen. 2003. Mathematical

relationships between the intake of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids and their

contents in adipose tissue of growing pigs. **J. Meat Sci.** 65 (4): 1399-1406.

NRC. 2012. **Nutrient Requirements of Swine.** 11th ed. National Research Council of the

National Academies, Washington D.C.

Orthoefer, F.T. 1996. Rice bran oil: Healthy lipid source. **Food Tech.** 50: 62-64.

Pascual, J.V., M. Rafecas, M.A. Canela, J. Boatella, R. Bou, M.D. Baucells and R. Codony.

2006. Effect of increasing amounts of a linoleic-rich dietary fat on the fat composition

of four pig breeds. Part I: Backfat fatty acid evolution. **J. foodchem.** 96:538-548.

Rouche J.D, S.S. Dritz and R.D. Goodband. 2007. General Nutrition Principles for Swine.

Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Kansas State

University

- Sambanthamurthi, R., R. Singh, A.P.G. Kadir, M.O. Abdullah and A. Kushairi. 2009. Opportunities for the oil palm via breeding and biotechnology. *In* SM. Jain and PM. Priyadarshan, eds. **Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species**. Springer, New York.
- Shannon, D.W.F. 1971. The effect of level of intake and free fatty acid content on the metabolizable energy value and net absorption of tallow by the laying hen. **J. Agric. Sci.** 76: 217–221.
- Stahly, T.S. 1996. **Fat as an Alternative Energy Source**. Presented at the University of Illinois Pork Industry Conference on December 3-4, Urbana, Illinois.
- Stubbs, R.J. and B.J. Tolcamp. 2006. Control of energy balance in relation to energy intake and energy expenditure in animals and man: an ecological perspective. **Br. J. Nutr.** 95: 657-76.
- Sungwarapong, Y. 2004. **Lipid and Protein Quality of Poultry By-Products Preserved by Phosphoric Acid Stabilization**. Ph.D.thesis, North Carolina State University.
- Tahira, R. Ata-ur-Rehman and M.A. Butt. 2007. Characterization of rice bran oil. **J. Agric. Res.** 45 (3): 225-230.
- Terán Mendoza, G. E. and R. H.Santos Ricalde. 2003. Crude palm oil (*Elaeis guineensis*) as energy source in growing and finishing pig diets. **J. Tropical and Subtropical Agroecosystems.** 2 (2): 95
- Teye, G.A., P.R. Sheard, F.M. Whittington, G.R. Nute, A. Stewart and J.D. Wood. 2006. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. **J. Meat Sci.** 73: 157–165

- Wiseman, J, J. Powles and F. Salvador. 1998. Comparison between pigs and poultry in the prediction of the dietary energy value of fats. **Anim. Feed Sci. Technol.** 71: 1-9
- Wiseman, J. and M. Lessire. 1987. Interactions between fats of differing chemical content: Apparent metabolizable energy values and apparent fat availability. **Brit. Poult.Sci.** 28: 663-676.
- Seijas, Y., C. Gonzalez, H. Vecchionacce, E. Hurtado and J. Ly. 2003. The effect of crude palm oil on total tract digestibility of pigs fed trichanthera (*Trichanthera gigantea* H.B.K. Stend) foliage meal. **Livestock Research for Rural Development.** 15 (8) Institute of Animal Production, Faculty of Agronomy, Central University of Venezuela
- Zeb, A. and S. Mehmood. 2004. Carotenoid contents from various sources and their potential health applications. **Pak. J. Nutri.** 3: 199-204.
- Zhou, X., D. Li, J. Yin, J. Ni, B. Dong, J. Zhang and M. Du. 2007. CLA differently regulates adipogenesis in stromal vascular cells from porcine subcutaneous adipose and skeletal muscle. **J. Lipid Res.** 48:1701–1709.

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	น.ส. อิงครัตน์ ธัญศิริธนารมย์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	16 กรกฎาคม พ.ศ. 2529
สถานที่เกิด	จ. ชัยภูมิ
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (พ.ศ. 2552)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักโภชนาการอาหารสัตว์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ลีพัฒนาผลิตภัณฑ์ จำกัด (มหาชน) 33/137 อาคารวอลล์สตรีททาวเวอร์ ชั้น 20 ถนนสุขุมวิท เขตบางรัก จ.กรุงเทพฯ 10500
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-