บทที่ 5
วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

สมรรถภาพการผลิต (performance)

ผลการเพิ่มกรดไขมันโอเมก้า-3 โดยการเสริมน้ำมันทูน่าที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกร พบว่า การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกร ($p>0.05$) ทั้งในระยะสุกรรุ่น (30-60 กก.) สุกรขุน (60-90 กก.) และระยะสุกรรุ่น-ขุน (30-60 กก.) โดยพบว่า ระยะเวลาในการเลี้ยง ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (ADFI) ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด น้ำหนักตัวเพิ่ม อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (ADG) และอัตราแลกเนื้อ (FCR) ในระยะสุกรรุ่นของกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหารไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สุกรในกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และอัตราแลกเนื้อมีแนวโน้มที่ดีกว่ากลุ่มควบคุม ให้ผลสอดคล้องกับการเสริม mackerel oil ในสูตรอาหารสุกรรุ่น (Ruiter *et al.*, 1978) แต่ในระยะสุกรขุน (60-90 กก.) พบว่า กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1 และ 2% มีแนวโน้มของปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 3% (2.83, 2.79, 2.67 และ 2.57 กก./วัน ตามลำดับ) ส่วนอัตราการเจริญเติบโต และอัตราแลกเนื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลของการเสริม 2% rapeseed oil ร่วมกับ 1% fish oil (Leskanich *et al.*, 1997) การเสริม 5 และ 10% canola oil (Soler-Volasquez *et al.*, 1998; Myer *et al.*, 1992) ในสูตรอาหารสุกร การเสริม 1, 2 และ 3% tuna oil ในสูตรอาหารไก่กระทง (ณาตยา และคณะ, 2540) และการเสริม 1.5 และ 3% sardine oil ในสูตรอาหารไก่ไข่ (ยุวเรศ, 2537) มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น ($p<0.05$) เนื่องจากการเสริมไขมันในระดับที่เหมาะสมช่วยเพิ่มความน่ากินของอาหาร (พันทิพา, 2539) สำหรับสมรรถภาพการผลิตในระยะสุกรรุ่น-ขุน พบว่า สุกรที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1% ในสูตรอาหารมีแนวโน้มของสมรรถภาพการผลิตดีที่สุด เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันสูงสุด รองลงมาคือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 2 และ 3% ตามลำดับ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1% ในสูตรอาหารมีผลทำให้ความน่ากินของอาหารสูงกว่าการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 2 และ 3% ในสูตรอาหาร ซึ่งข้อจำกัดของน้ำมันปลา คือ กลิ่นคาวปลา (fishy odour) ค่อนข้างรุนแรง ดังนั้นการเสริมน้ำมันปลาในระดับสูง จึงเป็นการลดความน่ากินของ

อาหารลง นอกจากนี้พลังงานในอาหารก็เป็นข้อจำกัดอีกอย่างหนึ่งที่มีผลทำให้สุกรกินอาหารได้มากหรือน้อย ถ้าในสูตรอาหารมีพลังงานสูงสุกรจะกินอาหารได้น้อย แต่ถ้าในอาหารมีพลังงานต่ำสุกรจะกินอาหารได้มาก ซึ่งเป็นการปรับตัวของสัตว์เพื่อให้ได้รับโภชนะต่างๆ เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (พันทิพา, 2539) แต่อุทัย และคณะ (2538) รายงานว่า สุกรรุ่นและสุกรขุนที่ได้รับอาหารที่มีสัดส่วนโปรตีนต่อพลังงานสูงและโปรตีนต่อพลังงานต่ำมีอัตราการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) Busboom *et al.* (1991) รายงานว่า การเสริม ground canola และ intact canola ในอาหารไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตต่อวัน แต่มีแนวโน้มด้อยกว่ากลุ่มควบคุม โดยเฉพาะกลุ่มที่เสริม intact canola เนื่องจาก intact canola และ ground canola มีความน่ากินต่ำ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการเสริม rapeseed oil (Warnants *et al.*, 1996)

อิทธิพลทางเพศต่อสมรรถภาพการผลิต พบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน และปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันสูงกว่า แต่ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดต่ำกว่า เนื่องจากระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นกว่าสุกรเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในระยะสุกรรุ่น สุกรขุน และระยะสุกรรุ่น-ขุน สอดคล้องกับรายงานของบุญลือ และคณะ (2532) พบว่า สุกรเพศเมียตอนใช้จำนวนวันที่เลี้ยงสุกรในระยะสุกรรุ่นน้อยที่สุด (35 วัน) ตามด้วยสุกรเพศผู้ (36.87 วัน) เพศผู้ตอน (38.25 วัน) และเพศเมีย (40.3 วัน) ส่วนระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงสุกรขุน (20-90 กก.) ปรากฏว่าสุกรเพศผู้มีแนวโน้มในการใช้เวลาเลี้ยงน้อยกว่าเพศอื่นๆ ส่วน Fuller (1980) รายงานว่า ความแตกต่างระหว่างเพศขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตของสุกร โดยเป็นผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของต่อมไร้ท่อแล้วส่งผลต่อการพัฒนาทางเพศ ทำให้ความแตกต่างระหว่างเพศมีน้อยเมื่อสุกรมีน้ำหนักตัวน้อย (ต่ำกว่า 50 กก.) แต่เมื่อสุกรมีน้ำหนักสูงกว่า 50 กก. จะเริ่มเห็นความแตกต่างระหว่างเพศ และจะเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อน้ำหนักสูงกว่า 70 กก. จากผลการทดลอง พบว่า ในระยะสุกรรุ่น (30-60 กก.) สุกรเพศผู้ตอนและสุกรเพศเมียมีปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด และน้ำหนักศีวเพิ่มไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันของสุกรเพศผู้ตอนสูงกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$) ในระยะสุกรขุน (60-90 กก.) พบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่า ทำให้ระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงสั้นกว่า และอัตราแลกเนื้อดีกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$) สอดคล้องกับ Cisneros *et al.* (1996) รายงานว่า สุกรเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$) แต่ Warnants *et al.* (1996) รายงานว่า สุกรเพศผู้ตอนที่ได้รับอาหารเสริม flaxseed มีปริมาณอาหารที่กินต่อวันสูงกว่า แต่ประสิทธิภาพการใช้อาหารด้อยกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$) ส่วน McNughton *et al.* (1997) รายงานว่า ประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของสุกรเพศผู้ตอนและสุกรเพศเมียไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) การที่อัตราการเจริญเติบโตของสุกรเพศผู้ตอน และเพศเมียมีความแตกต่างกันนั้นนอกจากจะเป็นผลจากฮอร์โมนของแต่ละเพศแล้ว ยังมีผลเนื่องจากระบบการให้อาหารด้วย (Plank

and Bery, 1963) พบว่า เมื่อให้อาหารแบบจำกัด สุกรเพศเมียมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าสุกรเพศผู้ตอน แต่ถ้าให้อาหารแบบกินเต็มที่สุกรเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Fuller (1980) รายงานว่า หลังจากเปลี่ยนจากการให้อาหารแบบจำกัดมาเป็นการให้แบบกินเต็มที่ มีผลทำให้สุกรเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันเพิ่มขึ้น 38% ในขณะที่สุกรเพศผู้และเพศเมียเพิ่มขึ้น 25%

ด้านต้นทุนค่าอาหาร

ราคาวัตถุดิบต่างๆ ในสูตรอาหาร

1. ข้าวโพดบด	5.0	บาท/กก.
2. รำละเอียด	4.0	บาท/กก.
3. หัวอาหาร	11.13	บาท/กก.
4. กระดูกป่น	3.0	บาท/กก.
5. น้ำมันปลาทูน่า	77.04	บาท/กก.

Table 22 : Feed cost of experimental diets fed to pigs in 2 periods, growing period (30-60 kg) and finishing period (60-90 kg)

Ingredients	**Growing period**				**Finishing period**			
Tuna oil, %	**0**	**1**	**2**	**3**	**0**	**1**	**2**	**3**
Feed concentrate, kg	27	27	27	27	24	24	24	24
Rice bran, kg	20	20	20	20	22	22	22	22
Ground corn, kg	53	53	53	53	54	54	54	54
Bone meal, kg	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Tuna oils, g	0	1,000	2,000	3,000	0	1,000	2,000	3,000
Mixed antioxidants, g	1.218	1.418	1.618	1.818	1.218	1.418	1.618	1.818
Vitamin E(50), g	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Total feed cost, Bt.[1]	654.51	731.55	808.59	885.63	634.12	711.16	788.20	865.24
Feed cost per kg.	6.35	7.03	7.70	8.35	6.25	6.93	7.60	8.25

[1] Total feed cost does not include cost of mixed antioxidants and vitamin E

ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด (ไม่รวมต้นทุนของ mixed antioxidants และไวตามินอี) พบว่า สูตรอาหารระยะสุกรรุ่นในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% มีต้นทุนค่าอาหารทั้งหมด เท่ากับ 654.51, 731.55, 808.59 และ 885.63 บาท ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นต้นทุนค่าอาหารต่อกิโลกรัม เท่ากับ 6.35, 7.03, 7.70 และ 8.35 บาท/กก. ตามลำดับ ส่วนต้นทุนค่าอาหารสุกรขุน เท่ากับ 634.12, 711.16, 788.20 และ 865.24 บาท เมื่อคิดเป็นต้นทุนค่าอาหารต่อกก. เท่ากับ 6.25, 6.93, 7.60 และ 8.25 บาท/กก. (Table 22)

Table 23 : Total cost[1] and profit per head of growing to finishing pigs (30-90 kg)

Items	T0	T1	T2	T3
Cost per head, Bt				
Cost of baby pig	1,200	1,200	1,200	1,200
Total feed cost	1,012.88	1,172.79	1,322.78	1,372.49
Total cost per head, Bt	**2,212.88**	**2,372.79**	**2,522.78**	**2,572.49**
Live weight, kg	88.95	90.17	91.30	88.78
Lean weight, kg	55.31	55.88	56.17	51.23
Sale of live weight	3,558	3,606.8	3,652	3,551.12
Sale of lean weight	4,428.8	4,470.4	4,493.6	4,096
Profit at live weight	1,345.12	1,234.01	1,129.22	978.63
Profit at lean weight	2,211.92	2,097.61	1,970.82	1,523.51
Profit differential compared to the control[2]	-	-111.11	-215.9	-366.49
Profit differential compared to the control[3]	-	-114.31	-241.1	-688.48

[1] Total cost of production does not include cost of training and electrically

[2] Profit differential of live weight compared to the control

[3] Profit differential of lean weight compared to the control

ต้นทุนการผลิตสุกรทั้งหมดตั้งแต่น้ำหนัก 30-60 กก. เท่ากับ 2,212.88, 2,372.79, 2,522.78 และ 2,572.49 บาท/ตัว ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1, 2 และ 3% ตามลำดับ สำหรับผลกำไรเมื่อขายเป็นสุกรมีชีวิต (ราคาสุกรมีชีวิต 40 บาท/กก.) เท่ากับ 1,345.12, 1,234.01, 1,129.22 และ 978.63 บาท/กก. ตามลำดับ และผลต่างของกำไรเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เท่ากับ –111.11, -215.9 และ –366.49 บาท/ตัว ในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหาร ตามลำดับ ส่วนผลกำไรเมื่อขายเป็นเนื้อแดง (ราคาเนื้อแดง 80 กก.) เท่ากับ 2,211.92, 2,097.61, 1,970.82 และ 1,523.51 บาท/กก. และผลต่างของกำไรเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เท่ากับ -114.31, -241.10 และ –688.41 บาท/ตัว ในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหาร ตามลำดับ (Table 23) จะเห็นได้ว่า การเสริมน้ำมันในระดับที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร มีผลให้ต้นทุนค่าอาหารทั้งหมดเพิ่มขึ้น ทำให้กำไรที่ได้จากการขายสุกรมีชีวิต หรือการขายเนื้อแดงน้อยลงเมื่อเทียบกับการเลี้ยงในสูตรอาหารปกติ (กลุ่มควบคุม) ดังนั้น ในการขายสุกรที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหาร ให้ได้กำไรเท่ากับกลุ่มควบคุม จะต้องขายสุกรมีชีวิต เท่ากับ 41.23, 42.36 และ 44.12 บาท/กก. ตามลำดับ หรือต้องขายเนื้อแดง เท่ากับ 81.42, 83.01 และ 88.60 บาท/กก. ตามลำดับ ซึ่งการที่พ่อค้า หรือผู้บริโภคจ่ายเงินเพิ่มขึ้น 1.23, 2.36 หรือ 4.12 บาท/กก. ในสุกรมีชีวิต และ 1.42, 3.01 หรือ 8.60 บาท/กก. ในเนื้อแดง นอกจากจะซื้อคุณค่าทางอาหารที่มีในเนื้อสุกรแล้ว ยังซื้อกรดไขมันโอเมก้า-3 ที่เพิ่มขึ้นในเนื้อ เพื่อประโยชน์แก่สุขภาพด้วย

คุณภาพซาก (carcass quality)

ผลการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหารต่อคุณภาพซากของสุกรขุน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ยกเว้น พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ($p<0.05$) โดยพบว่า น้ำหนักมีชีวิต (live weight) ของสุกรในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3% ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ทำให้น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น และเปอร์เซ็นต์ซากของสุกรในแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย ความหนาไขมันสันหลังระหว่างซี่โครงที่ 10 - 11 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมีแนวโน้มลดลงตามระดับน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหารของกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มต่ำกว่ากลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหาร ($p>0.05$) สำหรับพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน พบว่า กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1% มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันใหญ่กว่ากลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 3% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (46.97, 46.95 และ 41.96 ซม.^{2}) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 2% (44.01 ซม.^{2}) (Fig. 30) สอดคล้องกับการเสริม 2% rapeseed oil ร่วมกับ 1% fish oil (Leskanich *et al.*, 1997), ground flaxseed (Roman *et al.*, 1995a and 1995b), canola seed (Myer *et al.*, 1992; Busboom *et al.*, 1991)

Miller *et al.* (1990) รายงานว่า การเสริม safflower oil, sunflower oil และ canola oil ในสูตรอาหารสุกรไม่มีผลต่อความหนาไขมันสันหลัง และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน แต่กลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมไขมันสัตว์มีความหนาไขมันสันหลังหนากว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) สำหรับเปอร์เซ็นต์ส่วนตัดเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงที่ 10-11 พบว่า กลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 3% มีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงต่ำกว่า แต่เปอร์เซ็นต์กระดูกสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) เนื่องจากน้ำมันปลามีปริมาณไวตามินดีค่อนข้างสูง ทำให้การดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสสูงขึ้น ส่งผลให้การสะสมแคลเซียมในกระดูกมากขึ้น น้ำหนักกระดูกมากขึ้น ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันและหนังของสุกรแต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร (14.67, 16.56, 17.84 และ 18.14% ตามลำดับ)

อิทธิพลทางเพศต่อลักษณะซาก พบว่า น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น เปอร์เซ็นต์ซาก และความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกรเพศผู้ตอนไม่มีความแตกต่างกับสุกรเพศเมีย ($p>0.05$) ยกเว้นพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และความหนาไขมันสันหลังระหว่างซี่โครงที่ 10-11 โดยพบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเล็กกว่า และมีความหนาไขมันสันหลังระหว่างซี่โครงที่ 10-11 สูงกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$) สอดคล้องกับ บุญลือ และคณะ (2532) รายงานว่า สุกรเพศผู้ตอนและสุกรเพศเมียมีลักษณะซากไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับ Cisneros *et al.* (1996) รายงายว่า น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น เปอร์เซ็นต์ซาก ความหนาไขมันสันหลัง 3 จุด (ซี่โครงซี่แรก ซี่โครงซี่สุดท้าย และกระดูกสะโพกข้อสุดท้าย) และความยาวซากของสุกรเพศผู้ตอนและสุกรเพศเมียไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของสุกรเพศผู้ตอนมีขนาดเล็กกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$) ชัยณรงค์ (2529); Nold *et al.* (1997); Pay and Davies (1973) ให้เหตุผลว่า ความแตกต่างของลักษณะซากของสุกรแต่ละเพศเป็นผลจากฮอร์โมนแอนโดรเจน (androgen) ซึ่งทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญและการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อและเพิ่มอัตราเร็วของการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อควบคู่ไปกับการลดการสะสมไขมัน โดยฮอร์โมนชนิดนี้สามารถผลิตได้จากอัณฑะของสุกรเพศผู้ ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบ ผลผลิตจากซากสุกรเพศผู้ เพศเมีย และเพศผู้ตอนที่มีน้ำหนักเท่ากัน พบว่า ซากสุกรเพศผู้มีเนื้อแดงมากที่สุด รองลงมาคือเพศเมีย และเพศผู้ตอนมีเนื้อแดงต่ำที่สุด และมีไขมันมากที่สุดด้วย (ชัยณรงค์, 2529) Prescott and Lamming (1969) รายงานว่า การตอนสุกรเป็นการเพิ่มความอ้วนแก่สุกร และทำให้ซากของสุกรเพศผู้ตอนมีไขมันมากกว่าสุกรเพศผู้ McNughton *et al.* (1997) รายงานว่า การเสริม 10, 20 และ 30% chocolate product ในอาหารสุกรมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ซากของสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมียไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่สุกรเพศผู้ตอนมีความหนาไขมันสันหลังหนากว่าและปริมาณไขมันในซากสูงกว่าสุกรเพศเมีย ส่งผลให้ปริมาณเนื้อแดง (lean) ต่ำกว่า และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเล็กกว่าอย่างเห็นได้ชัด ($p<0.05$) ด้านความยาวซากของสุกร พบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีซากยาวกว่า

สุกรเพศเมีย ($p<0.05$) ซึ่งขัดแย้งกับ Christain *et al.* (1980); Bereskin and Davey (1978); Seerley *et al.* (1978) รายงานว่า สุกรเพศเมียมีความยาวซากมากกว่าเพศผู้ตอน ($p<0.05$) แต่ Newell and Bowland (1972) รายงานว่า เพศของสุกรไม่มีผลต่อความยาวซาก นอกจากอิทธิพลทางเพศที่มีผลต่อความยาวซากของสุกรแล้ว ยังพบว่า สายพันธุ์และพันธุกรรมของสุกรมีผล อย่างมากต่อความยาวซาก โดยค่าสหสัมพันธ์ปรากฏ (r_p) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10-0.14 และสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (r_G) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.12-0.13 (สุรพงษ์, 2527) ซึ่งสุกรที่ใช้ในการทดลองเป็นสุกรลูกผสม 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Large white, Land race และ Duroc ซึ่งสายพันธุ์ลูกผสมที่นำมาทดลองนี้ยังมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมของแต่ละสายพันธุ์ โดยสุกรบางตัวอาจจะแสดงลักษณะของพันธุ์ Large white, Land race หรือ Duroc ออกมาแตกต่างกัน ถ้าสุกรลูกผสมได้ลักษณะของพันธุ์แลนด์เรซมากจะมีลักษณะเด่นคือมีลำตัวยาว ซึ่งพันธุ์แลนด์เรซ เป็นสุกรประเภทเบคอน (bacon type) โดยมีลักษณะเด่นคือ มีลำตัวยาว มีซี่โครง 16-17 คู่ (บุญลือ, 2536) ดังนั้นการที่สุกรเพศผู้ตอนมีซากยาวกว่าสุกรเพศเมียนั้นอาจเป็นผลทางด้านพันธุกรรมของตัวสัตว์ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของส่วนตัดเนื้อสันนอกระหว่างซี่โครงที่ 10-11 พบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงต่ำกว่า และมีเปอร์เซ็นต์กระดูกและไขมันสูงกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์ของผิวหนังของทั้งสองเพศไม่มีความแตกต่างกัน Richmond and Berg (1971) รายงานว่า กระดูกมีการเจริญเติบโตช้าเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ ซึ่งมีการเจริญเร็วกว่า ส่วนไขมันจะมีการเจริญขนานไปกับกล้ามเนื้อจนกระทั่งสุกรมีน้ำหนักตัว 91 กก. หลังจากนั้นไขมันจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่กล้ามเนื้อมีการเจริญลดลง โดยสุกรที่มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นจาก 23 กก. ถึง 114 กก. พบว่า กระดูกจะลดลงจาก 13.2% เป็น 9.2% และกล้ามเนื้อลดลงจาก 60.4% เป็น 48.7% ส่วนไขมันเพิ่มขึ้นจาก 25.9% เป็น 42.1% จะเห็นได้ว่าซากที่มีปริมาณไขมันในสูงจะมีปริมาณเนื้อแดงต่ำ ส่วนซากที่มีไขมันต่ำจะมีปริมาณเนื้อแดงสูง และปริมาณไขมันในซากเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณเนื้อแดงลดลงเมื่อน้ำหนักซากสูงขึ้น (Hanson *et al.*, 1975 cited by Fuller, 1980)

คุณภาพไขมัน (fat quality)

ผลต่อสีของไขมัน

จากผลการศึกษา พบว่า ค่า L*, a* และ b* ของไขมันสันหลังและไขมันช่องท้องของสุกรในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) สอดคล้องกับผลของการเสริม 2% rapeseed oil ร่วมกับ 1% fish oil (Leskanich *et al.*, 1997) และการเสริม 2, 4 และ 6% sardine oil ในสูตรอาหารสุกร (Irie and Sakimoto, 1992) ซึ่งพบว่า ค่า L*, a* และ b* ของ

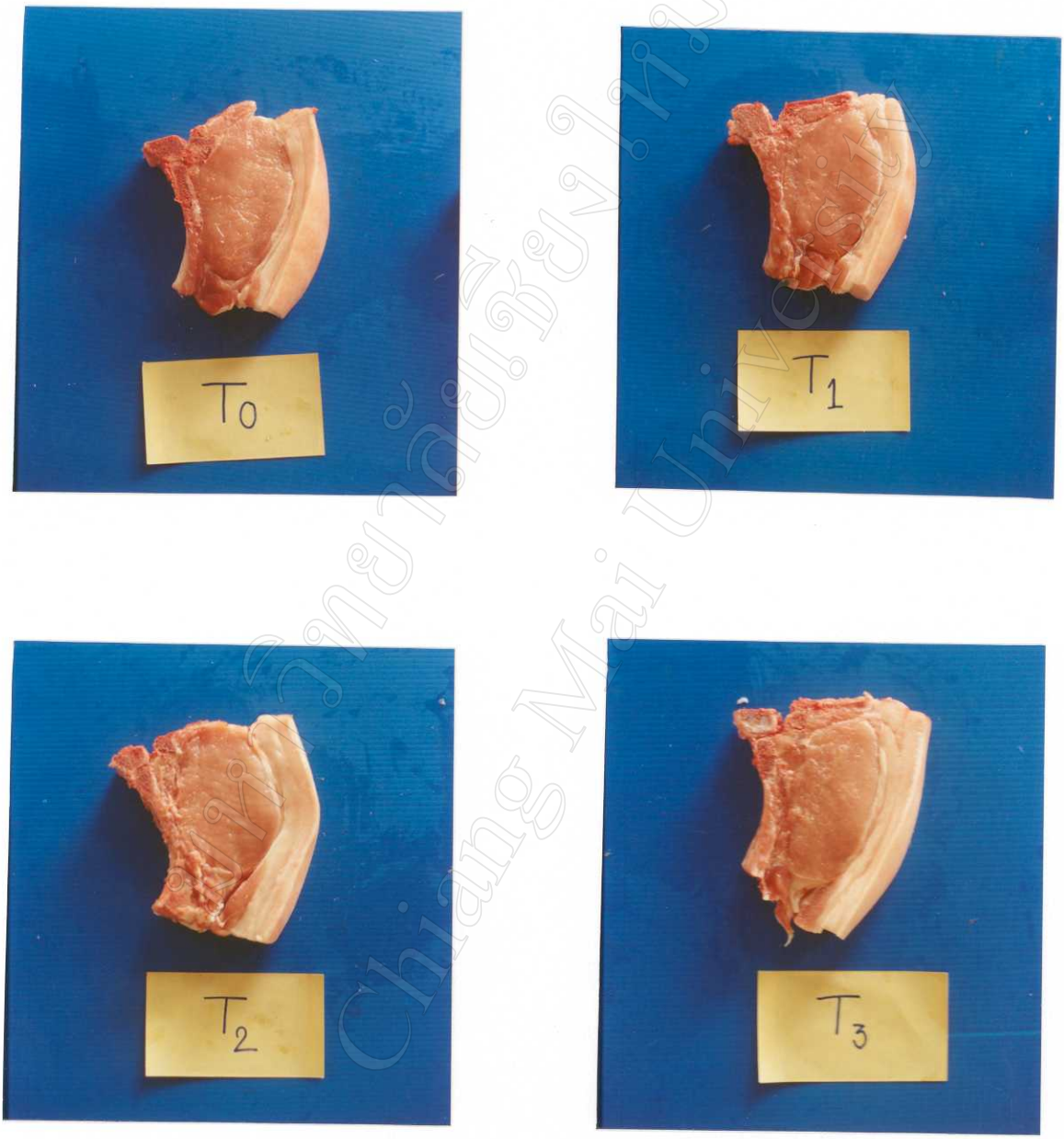

Figure 30 : Comparative proportion between 10^{th}-11^{th} rib from pig fed 0, 1, 2 and 3% tuna oil in basal diet (T0, T1, T2 and T3 were fed 0, 1, 2 and 3% tuna oil respectively)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ไขมันสันหลังจากสุกรที่ได้รับอาหารต่างๆ ดังกล่าวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งการที่ค่า L*, a* และ b* ของไขมันที่วัดด้วยเครื่องวัดสี (Minolta chroma meter หรือ Hunter หรือ GOFO apparatus) มีความแตกต่างกันนั้น ขึ้นอยู่กับความหนาของไขมันสันหลัง การเจริญและการพัฒนาของเนื้อเยื่อไขมัน โดยความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ยของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันปลา 0, 1, 2 และ 3% ไม่มีความแตกต่างกัน (2.19, 2.54, 2.48 และ 2.45 ซม.) จึงเป็นผลให้ค่าการสะท้อนของแสงไม่มีความแตกต่างกัน แต่อิทธิพลทางเพศมีผลต่อค่า L*, a* และ b* ของไขมันสันหลัง ($p<0.05$) โดยพบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีค่า a* ในไขมันสันหลังและไขมันช่องท้องสูงกว่า และค่า b* ต่ำกว่าของสุกรเพศเมีย ซึ่งขัดแย้งกับ รายงานของ Warnants *et al.* (1996) พบว่า ไขมันสันหลังของสุกรเพศผู้ตอนเป็นสีขาว และไขมันสันหลังของสุกรเพศเมียเป็นสีชมพูอ่อนๆ โดยมีค่า L* และ a* เท่ากับ 80.7 และ 2.4 ในไขมันสันหลังของสุกรเพศผู้ตอน และเท่ากับ 70.8 และ 3.1 ในไขมันสันหลังของสุกรเพศเมียตามลำดับ เช่นเดียวกับ McNaughton *et al.*, (1997) พบว่า การใช้ chocolate product เสริมในอาหารสุกรขุนมีผลทำให้ไขมันสันหลังมีสีเหลืองอ่อนกว่าไขมันสันหลังจากกลุ่มที่ไม่ได้เสริม chocolate product และสีไขมันสันหลังของสุกรเพศเมียมีค่า a* และ b* สูงกว่าไขมันสันหลังของสุกรเพศผู้ตอน เนื่องจากสุกรเพศผู้ตอนมีการสังเคราะห์ไขมันสูงกว่าสุกรเพศเมีย ดังนั้นสุกรเพศผู้ตอนจึงมีการสะสมไขมันมากกว่าและมีความหนาไขมันสันหลังหนากว่าสุกรเพศเมีย (Desmoulin, 1983 cited by Warnants *et al.*, 1996) แต่จากผลทดลองจะเห็นได้ว่า สุกรเพศผู้ตอนใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นกว่าสุกรเพศเมียถึง 19 วัน อาจเป็นผลให้เซลล์เนื้อเยื่อไขมันยังพัฒนาไม่เต็มที่ จึงยังมีเส้นเลือดฝอยมาหล่อเลี้ยงอยู่ และการที่ไขมันสันหลังและไขมันช่องท้องของสุกรเพศเมียมีความเป็นสีเหลือง (b*) สูงกว่าไขมันสันหลังของสุกรเพศผู้ตอนนั้น อาจเป็นผลเนื่องจากการได้รับกรดไขมันไม่อิ่มตัว (PUFA) สูงกว่าสุกรเพศผู้ตอน ซึ่งเป็นผลจากการใช้ระยะเวลาในการเลี้ยงให้ถึงน้ำหนักเข้าฆ่า (90 กก.) นานกว่า ส่งผลให้เกิดการสะสมเม็ดสี (ceriod pigment) ในไขมัน สูงกว่าในสุกรเพศผู้ตอน หรือเกิดภาวะของโรค yellow fat disease ซึ่งโรคนี้มักพบในสุนัข แมว และสุกรที่ได้รับกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ระดับสูงในสูตรอาหาร และมักเกิดร่วมกับภาวะขาดไวตามินอี โดยสุกรสายพันธุ์เบลเยียมมีแนวโน้มเกิดภาวะของโรคนี้ได้สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ (Warnants *et al.*, 1996) ซึ่งสายพันธุ์นี้จัดเป็นพันธุ์เนื้อ (meat type) มีความไวต่อการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ (Wood *et al.*, 1986)

ผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันสันหลังและเนื้อสัน

ผลของการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3% ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดต่างๆ ในไขมันสันหลัง พบว่า การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ มีผลทำให้องค์ประกอบของ

กรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ กรดพาลมิติค (C16:0) และกรดสเตียริค (C18:0) ในไขมันสันหลังของกลุ่มเสริมน้ำมันปลา 3% มีปริมาณสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) แต่ในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1 และ 2 % มีปริมาณกรดพาลมิติค และกรดสเตียริคไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ St. John *et al.* (1987) รายงานว่าสุกรที่ได้รับอาหารเสริม 10 และ 20% canola oil มีผลทำให้ปริมาณกรดพาลมิติค และกรดสเตียริคในเนื้อเยื่อไขมันลดลง ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ปริมาณกรดโอเลอิค กรดลิโนเลอิค และกรดลิโนเลนิคเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดลดลงตามระดับการเสริม canola oil ($p<0.05$) ที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร เช่นเดียวกับการเสริม 5 และ 10% canola oil (Myer *et al.*1992a) ส่วนปริมาณกรดอะราชิดิค (C20:0) ในไขมันสันหลังของกลุ่มเสริมน้ำมันปลา 3% มีปริมาณสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1% ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มเสริมน้ำมันปลา 2% สำหรับกรดโอเลอิค (C18:1) กรดลิโนเลอิค (C18:2) และกรดลิโนเลนิค (C18:3) ในไขมันสันหลังของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ปริมาณกรดลิโนเลนิคมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมน้ำมันที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร เท่ากับ 0.83, 0.86, 0.88 และ 0.99 กรัม/100 กรัม ไขมันจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% ตามลำดับ) ส่วนองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (high unsaturated fatty acid; HUFA) พบว่า กลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 2 และ 3% มีปริมาณกรดอะราชิโดนิคในไขมันสันหลังสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1% ($p<0.05$) เท่ากับ 0.095, 0.123, 0.059 และ 0.04 กรัม/100 กรัมไขมันตามลำดับ ส่วน EPA และ DHA ในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% มีปริมาณสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) โดยมีปริมาณกรด EPA เท่ากับ 0.054, 0.075, 0.091 และ 0.141 กรัม/100 กรัมไขมันในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% ตามลำดับ และ DHA เท่ากับ 0.02, 0.374, 0.414 และ 0.689 กรัม/100 กรัมไขมัน ตามลำดับ และกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 3% มีปริมาณกรด EPA และ DHA ในไขมันสันหลังสูงกว่ากลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1 และ 2% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับรายงานของ Irie and Sakimoto (1992) พบว่า การเสริมน้ำมันปลาซาร์ดีนที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6% ในอาหารสุกรขุนมีผลทำให้ปริมาณกรดไมริซติค กรดพาลมิติค กรดลิโนเลนิค กรดอะราชิโดนิค + กรดอิรูซิค EPA และ DHA ในไขมันเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร แต่มีผลทำให้ปริมาณกรดโอเลอิคลดลง ($p<0.05$) จากผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่า การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ ในอาหารสุกรมีผลให้องค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันสันหลังสุกรเปลี่ยนไปตามองค์ประกอบของไขมันในอาหาร เนื่องจากไขมันที่ได้รับเข้าไปจะถูกย่อยเป็นกรดไขมันและถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็ก แล้วเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อต่างๆ โดยไม่มีการเปลี่ยนรูปในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว (Wood and Enser, 1997) ส่งผลให้ไขมันสันหลังจากกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 3% มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) และกลุ่มที่เสริม

น้ำมันปลา 1 และ 2 % มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 3% ($p>0.05$) แต่ Miller *et al.* (1990) รายงานว่า การเสริมไขมันสัตว์ safflower oil, sunflower oil และ canola oil ที่ระดับ 10% ในอาหารสุกรขุนมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด (C14:0, C15:0, C16:0 และ C18:0) ใน subcutaneous fat และ intermuscular fat ลดลงจาก 40% ในกลุ่มควบคุมเป็น 31%, 25%, 24% และ 24% ในกลุ่มที่เสริมไขมันสัตว์ safflower oil, sunflower oil และ canola oil ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการเสริม canola oil ที่ระดับ 0, 5 และ 10% ในอาหารสุกรรุ่นและสุกรขุน (Soler-Velaquez *et al.*, 1998; Myer *et al.*, 1992a and 1992b; St. John *et al.*, 1987) ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมด (total polyunsaturated fatty acid) ในไขมันสันหลังของกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 3% มีปริมาณสูงกว่า ($p<0.05$) กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1% (5.86, 4.61 และ 4.79 กรัม/100 กรัมไขมัน ตามลำดับ) ทำให้อัตราส่วนระหว่าง polyunsaturated และ saturated fatty acid (P/S ratio) ของไขมันสันหลังในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 3% และ 1% มีค่าสูงสุดและต่ำสุด ($p<0.05$) เท่ากับ 0.37 และ 0.42 ตามลำดับ แต่ไขมันสันหลังของกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 2% (0.39 และ 0.39) มีอัตราส่วน P/S ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1 และ 3% ด้านอัตราส่วนระหว่าง P/S ที่ปรับแล้ว (adjusted P/S ratio) ของไขมันสันหลังในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% ไม่มีความแตกต่างกัน Busboom *et al.* (1991) รายงานว่า การเสริม 20% intact canola และ 20% ground canola มีผลทำให้ระดับของกรดไมริซติค และกรดพาลมิโตเลอิค ในชั้น perirenal fat และ subcutaneous fat ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ระดับของกรดไขมันอิ่มตัว (degree of saturation) ของชั้น perirenal fat สูงกว่า subcutaneous fat ส่วนระดับของ MUFA และ PUFA ใน perirenal fat, subcutaneous fat และ intramuscular fat เพิ่มขึ้นเมื่อเสริม canola seed ในอาหาร สำหรับปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-3 ทั้งหมด (total ω-3 fatty acid) ของไขมันสันหลังเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร ($p<0.05$) แต่ในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1 และ 2% มีปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-3 ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ส่วนปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-6 ทั้งหมด (total ω-6 fatty acid) ไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% (3.69, 3.48, 3.55 และ 4.03 มก./100 กรัมไขมัน ตามลำดับ) ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่าง ω-6 : ω-3 ลดลงตามระดับน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่ง Cunnane *et al.*, (1990) รายงานว่า การเสริม 5% ground flaxseed ในอาหารสุกรหลังหย่านม - สุกรรุ่น มีผลทำให้ปริมาณ total ω-3 fatty acid ในตับ ไต และหัวใจเพิ่มขึ้น และ total ω-6 fatty acid ในเนื้อเยื่อดังกล่าวต่ำลง ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่วนปริมาณกรดลิโนเลนิค และ EPA เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกอวัยวะ ยกเว้นสมอง การเพิ่มปริมาณของกรดลิโนเลนิคในอวัยวะต่างๆ จะชักนำให้เกิดการแข่งขันกัน (competitive effect) ระหว่างระบบและ

ขบวนการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกรดไขมันโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 ซึ่งการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของกรดไขมันชนิดต่างๆ ในเนื้อเยื่อไขมันและกล้ามเนื้อ นอกจากจะเป็นผลจากองค์ประกอบของกรดไขมันในสูตรอาหาร ปริมาณอาหารที่กินแล้ว อัตราเร็วของอาหารที่ไหลผ่านทางเดินอาหาร (rate of passage) ยังมีผลต่อการสะสมกรดไขมันในเนื้อเยื่อต่างๆ แม้ว่าในสูตรอาหารจะมีกรดไขมันชนิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ตัวสัตว์สูง แต่ถ้าสัตว์กินอาหารได้น้อย ปริมาณการสะสมก็จะต่ำ ทำนองเดียวกันกับอัตราเร็วของอาหารที่ไหลผ่านทางเดินอาหาร ถ้าสัตว์มี rate of passage เร็ว โอกาสที่อาหารจะสัมผัสกับน้ำย่อยมีต่ำ ส่งผลให้กรดไขมันถูกย่อยและถูกดูดซึมที่ลำไส้เล็กได้น้อยลงด้วย ซึ่งอาหารประเภทไขมันส่วนใหญ่จะถูกย่อยและดูดซึมที่ลำไส้เล็ก ดังนั้นถึงแม้ว่าสัตว์จะกินอาหารได้มาก ปริมาณการสะสมกรดไขมันในเนื้อเยื่อต่างๆ มีได้น้อยเช่นกัน

ผลของการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อสันนอก (*Longissimus dorsi*) พบว่า องค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว ได้แก่ กรดพาลมิติค (C16:0) กรดสเตียริค (C18:0) และกรดอะราชิดิค (C20:0) มีปริมาณไม่แตกต่างกันทั้งในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1, 2 และ 3% สำหรับองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดโอเลอิค (C18:1) กรดลิโนเลอิค (C18:2) กรดลิโนเลนิค (C18:3) และกรดอะราชิโดนิค (C20:4) ในเนื้อสันของสุกรที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนกรด EPA (C20:5) และ DHA (C22:6) ในเนื้อสันจากกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 2 และ 3% มีปริมาณสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมดในเนื้อสันนอกของสุกรในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร (48.91, 71.05, 80.41 และ 75.98 มก./100 กรัมเนื้อ ตามลำดับ) ทำให้อัตราส่วนระหว่าง P/S ของเนื้อในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) แต่อัตราส่วนระหว่าง P/S ที่ปรับแล้วของกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) สำหรับปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-6 และโอเมก้า-3 ในเนื้อสุกรจากกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-3 มีแนวโน้มสูงกว่าปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-6 เมื่อเพิ่มระดับการเสริมน้ำมันปลาในสูตรอาหาร ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่าง ω6 : ω3 ของเนื้อจากกลุ่มเสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% มีอัตราส่วนต่ำกว่า ($p<0.05$) กลุ่มควบคุม และมีอัตราส่วนลดลงตามระดับการเสริมน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร ให้ผลในทำนองเดียวกับ Leskanich *et al.* (1997) พบว่า ปริมาณกรดพาลมิติค กรดสเตียริค กรดโอเลอิค และกรดลิโนเลอิค ในเนื้อสันของกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริม 2% rapeseed oil ร่วมกับ 1% fish oil ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-3 ได้แก่ กรดลิโนเลนิค EPA และ DHA เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) แต่กรดอะราชิดิค และกรดอะราชิโดนิคลดลง

($p<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่าง ω6 : ω3 ในกลุ่มที่เสริม 2% rapeseed oil ร่วมกับ 1% fish oil ลดลงด้วย ($p<0.05$) เช่นเดียวกับรายงาน Irie and Sakimoto (1992) พบว่า ปริมาณกรดพาลมิติด กรดสเตียริด และกรดลิโนเลอิค ของไขมันในซาก (carcass fat) ไม่มีความแตกต่างกันในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาซาร์ดีน 0, 2, 4 และ 6% ในสูตรอาหาร ส่วนกรดลิโนเลนิค กรดอะราชิโดนิค + กรดอิรูซิค EPA และ DHA เพิ่มขึ้นตามระดับน้ำมันปลาที่สูงขึ้น แต่ปริมาณกรดโอเลอิค และกรดอะราชิดิคลดลงในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ ($p<0.05$) สำหรับการเสริม intact canola และ ground canola (Busboom *et al.*, 1991) มีผลทำให้ปริมาณกรดลิโนเลนิคในเนื้อสันเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับรายงานของ Soler-Velaquez *et al.*, 1998; Myer *et al.*, 1992a and 1992b; Miller *et al.* (1990); St. John *et al.* (1987) พบว่า การเสริม canola seed หรือ canola oil มีผลทำให้ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อเยื่อไขมันและกล้ามเนื้อสุกรเพิ่มขึ้น แต่ให้ผลเพิ่มขึ้นมากเท่าใดขึ้นอยู่กับปริมาณที่ใช้เสริมในสูตรอาหาร Ahn *et al.* (1996) รายงานว่า การเสริม dietary α-linoleic acid ที่ระดับต่างๆ มีผลทำให้ปริมาณกรดพาลมิติด กรดโอเลอิค และกรดอะราชิโดนิคในเนื้อสันลดลง ส่วนปริมาณกรดลิโนเลนิค และ EPA เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบอีกว่า การสะสมกรดไขมันในเนื้อเป็นไปได้ยากกว่าการสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน (St. John *et al.*, 1987) เนื่องจากการสะสมไขมันจะเกิดในเนื้อเยื่อไขมันเป็นส่วนมาก รองลงมาคือการสะสมระหว่างกล้ามเนื้อ (intermuscular fat) และจะเกิดการสะสมภายในกล้ามเนื้อเป็นอันดับสุดท้าย (intramuscular fat) (สัญชัย, 2534)

อิทธิพลทางเพศต่อองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดต่างๆ ในไขมันสันหลังและเนื้อสันของสุกรทั้งสองเพศไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้น ปริมาณกรดพาลมิติด และกรดสเตียริดในไขมันสันหลังของสุกรเพศผู้ตอนสูงกว่า ($p<0.05$) สุกรเพศเมีย โดยมีปริมาณกรดพาลมิติด เท่ากับ 8.33 และ 7.41 กรัม/100 กรัมไขมันของสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมีย ตามลำดับ และกรดสเตียริด เท่ากับ 5.14 และ 4.42 กรัม/100 กรัมไขมัน ตามลำดับ ทำให้ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดในไขมันสันหลังของสุกรเพศผู้ตอนสูงกว่าสุกรเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (13.61 และ 11.95 กรัม/100 กรัมไขมัน) ส่งผลให้อัตราส่วน P/S และ adjusted P/S ratio ของไขมันสันหลังสุกรเพศผู้ตอนต่ำกว่า ($p<0.05$) แต่ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวชนิดต่างๆ ในเนื้อสันของสุกรเพศผู้ตอนมีแนวโน้มสูงกว่าสุกรเพศเมีย ทำให้อัตราส่วนระหว่าง P/S (0.38 และ 0.30) และ adjusted P/S ratio (0.45 และ 0.37) ในเนื้อสันของสุกรเพศเมียสูงกว่าสุกรเพศผู้ตอน ($p<0.05$) การที่สุกรเพศผู้ตอนมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวในไขมันสันหลังและเนื้อสันสูงกว่าสุกรเพศเมีย เป็นผลเนื่องจากฮอร์โมนเพศดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ทำให้อัตราการสังเคราะห์กรดไขมันขึ้นใหม่ (*de novo* synthesis) จากคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนที่ได้รับจากอาหารสูงกว่าสุกรเพศเมีย โดยกรดไขมันที่สร้างขึ้นใหม่คือ

กรดพาลมิติค ซึ่งกรดพาลมิติคบางส่วนถูกเก็บสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน และบางส่วนถูกนำไปสร้างกรดไขมันสายยาวคือ กรดสเตียริค แล้วสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน เพื่อเป็นพลังงานสำรองต่อไป สำหรับปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 ทั้งหมดและอัตราส่วนระหว่าง ω-6 : ω-3 ในไขมันสันหลังและเนื้อสันของสุกรทั้งสองเพศไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ Warnants *et al.* (1996) รายงานว่าสุกรเพศเมียมีปริมาณกรดลิโนเลอิค กรดลิโนเลนิค และกรดอะราชิโดนิคสูงกว่าสุกรเพศผู้ตอน ทำให้ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวของส่วนที่ไม่มีขั้วและมีขั้วที่สกัดจากไขมันแทรกในเนื้อสุกรเพศเมียสูงกว่าสุกร เพศผู้ตอน ($p<0.05$)

ผลต่อค่าความแข็งของไขมันสันหลัง

ค่าความคงตัว หรือความแข็งของไขมัน (fat firmness) เป็นดัชนีทางอ้อม (indirect index) ที่สามารถบ่งบอกถึงองค์ประกอบของกรดไขมันได้ ถ้าความแข็งของไขมันมีค่าต่ำกว่า แสดงว่ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบค่อนข้างมาก แต่ถ้าความแข็งของไขมันมีค่าสูงกว่า แสดงว่ามีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบค่อนข้างน้อย จากผลการทดลอง พบว่า กลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 2 และ 3% มีความแข็งของไขมันต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1% ($p<0.05$) โดยไขมันจากกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1% และ 2% มีความแข็งของไขมันสูงสุด และต่ำสุด ตามลำดับ แสดงว่าในไขมันของกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 2 และ 3% มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1% สอดคล้องกับรายงานของ Irie and Sakimoto (1992) พบว่า การเสริมน้ำมันปลาซาร์ดีนที่ระดับ 4% และ 6% ในสูตรอาหารมีผลทำให้ความแข็งของไขมัน (hardness) ของไขมันช่องท้องต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เสริม ($p<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาซาร์ดีน 2% แต่การที่ค่าความแข็งของไขมันในกลุ่มเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ มีค่าค่อนข้างแปรปรวน เป็นผลเนื่องจากปริมาณอาหารที่กิน และความเร็วของอาหารที่ผ่านในทางเดินอาหาร (rate of passage) ที่มีผลต่อการย่อยและดูดซึมที่ลำไส้เล็ก แต่เมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในไขมันสันหลัง โดยเครื่อง Gas chromatography พบว่า ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมดของไขมันสันหลังเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร ($p<0.05$) โดยกลุ่มเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 3% มีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1% ($p<0.05$) ซึ่งให้ผลในทำนองเดียวกับค่าความแข็งของไขมันสันหลังที่วัดได้ St. John *et al.* (1987) รายงานว่า การเสริม 10 และ 20% canola oil ในสูตรอาหารสุกรมีผลทำให้คะแนนความแข็งของไขมัน (fat firmness rating) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (3.8, 4.8 และ 7.3 ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริม 10 และ 20% canola oil ตามลำดับ) เช่นเดียวกับ Myer *et al.* (1992a and 1992b) ส่วน Leskanich *et al.* (1997) รายงานว่า

การเสริม 2% rapeseed ร่วมกับ 1% fish oil มีผลให้ความแข็งของไขมันสันหลังต่ำกว่ากลุ่มควบคุม (เสริม 3% ของ tallow – soybean mixture) ($p<0.05$) และในไขมันมี long chain fatty acid เป็นองค์ประกอบอยู่สูงจึงทำให้ไขมันเหลว (soft fat หรือ oiliness) แต่รายงานของ Jaturasitha *et al.* (1996) พบว่า สุกรในกลุ่มควบคุมมีความแข็งของไขมันต่ำสุด เนื่องจากแหล่งไขมันที่นำมาเสริมในอาหารสุกร coconut oil และ palm kernel oil ซึ่งไขมันทั้ง 2 ชนิดนี้มีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบถึง 92 และ 51% ตามลำดับ (Reeves and Weihranch, 1979 cited by Netlleton, 1994) ส่วนกลุ่มที่เสริม high – MCFA มีความแข็งของไขมันสูงสุด และความแข็งของไขมันมีความสัมพันธ์สูงกับการใช้อาหารไขมันต่ำ โดยสุกรจะมีการสังเคราะห์ long chain saturated และ MUFA ขึ้นมาใหม่จากคาร์โบไฮเดรตที่กินเข้าไป โดยเฉพาะกรดพาลมิติค

อิทธิพลทางเพศต่อความแข็งของไขมันสันหลัง พบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีค่าความแข็งของไขมันสูงกว่าสุกรเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (734.61 และ 485.35 mN) เนื่องจากสุกรเพศผู้ตอนมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบในซากสูงกว่าสุกรเพศเมีย (Van Oeckel *et al.*, 1996) และจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันสันหลัง พบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดสูงกว่าเพศเมีย ($p<0.05$) เท่ากับ 13.61 และ 11.95 กรัม/100 กรัมไขมัน ตามลำดับ จึงส่งผลให้ค่าความแข็งของไขมันสันหลังของสุกรเพศผู้ตอนสูงกว่าสุกรเพศเมีย ซึ่ง Whitteman (1993) รายงานว่า ถ้าระดับของกรดลิโนเลอิคในไขมันสันหลังสุกรสูงกว่า 150 กรัม/กิโลกรัมไขมัน โอกาสเกิดไขมันเหลวมีสูงด้วย ถึงแม้ว่าสุกรเพศผู้มีโอกาสเกิดไขมันเหลวได้ยากกว่าสุกรเพศเมีย แต่การแทนที่กรดสเตียริคด้วยกรดลิโนเลอิคจากอาหารมีผลต่อชนิดของไขมันที่สะสมในร่างกาย โดยปริมาณกรดลิโนเลอิคที่มีผลต่อการเกิดไขมันเหลวนั้น เกี่ยวข้องกับอัตราเร็วในการสะสมไขมัน (กรัม/วัน) ซึ่งพบว่า ถ้ามีการสะสมไขมัน 50 กรัม/วัน จะมีการสะสมกรดลิโนเลอิค ประมาณ 15% ในขณะที่การสะสมไขมัน 200 กรัม/วัน จะมีการสะสมกรดลิโนเลอิค ประมาณ 10% นอกจากนี้องค์ประกอบต่างๆ ในไขมันสันหลังมีผลต่อค่าความแข็งของไขมัน (Wood and Enser, 1982) พบว่าไขมันสันหลังของสุกรเพศผู้มีปริมาณน้ำในไขมันสูงกว่า และปริมาณไขมัน (lipid) ต่ำกว่าสุกรเพศผู้ตอน แต่ไขมันสันหลังจากสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมียมีองค์ประกอบของน้ำและไขมันไม่แตกต่างกัน Sather *et al.* (1995) ทำการสำรวจซากของสุกรจำนวน 625 ตัว พบว่า สุกรเพศผู้มีลักษณะไขมันเหลว 4% และสุกรเพศเมีย 2% แต่ไม่พบลักษณะของไขมันเหลวในสุกรเพศผู้ตอนเลย

ผลต่อค่า TBA ของไขมัน

ผลของการเสริมน้ำมันปลาทูน่าที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหาร และระยะเวลาในการเก็บรักษา (storage time) ที่อุณหภูมิ 4^0C เป็นเวลา 0, 3, 6 และ 9 วัน ต่อค่า TBA ของไขมันสันหลัง

พบว่า ค่า TBA สูงขึ้นตามระดับน้ำมันปลาที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ($p<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.932, 1.788, 2.180 และ 2.905 มก. malonaldehyde/กิโลกรัมไขมัน ในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3% ตามลำดับ เนื่องจากในน้ำมันปลาทูน่ามีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่สูง โดยเฉพาะ EPA (eicosapentaenoic acid) และ DHA (docosahexaenoic acid) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 4.5 – 6.9% และ 21.5 – 26.6% ตามลำดับ (T.C. Union Agrotech Co., 1996; Kinsella, 1990) โดยปกติการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันของไขมัน มักจะเกิดกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นอันดับแรก โดยเฉพาะ กรดโอเลอิค (oleic acid) กรดลิโนเลอิค (linoleic acid) และกรดลิโนเลนิค (linolenic acid) ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวแต่ละชนิดมีอัตราเร็วในการเกิดขบวนการออกซิเดชันแตกต่างกันไป โดยกรดลิโนเลอิคถูกออกซิไดซ์ได้เร็วกว่ากรดโอเลอิค ประมาณ 64 เท่า ส่วนกรดลิโนเลนิคถูกออกซิไดซ์ได้เร็วกว่ากรดโอเลอิค 100 เท่า (Hamilton, 1994) แสดงให้เห็นว่า อัตราเร็วของการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันขึ้นอยู่กับจำนวนพันธะคู่ในกรดไขมัน ดังนั้นในเนื้อหรือไขมันที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงสามารถเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันได้ง่ายและรวดเร็ว เป็นผลทำให้เกิดกลิ่นหืนในเนื้อ (Lundberg, 1962) จากผลการทดลอง พบว่า ค่า TBA สูงขึ้นตามระดับน้ำมันปลาที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร แสดงว่าการเสริมน้ำมันปลาในอาหารมีผลทำให้การสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวในไขมันสันหลังเพิ่มขึ้น โดยพบว่า ความแข็งของไขมันสันหลัง (fat firmness) ลดลงตามระดับน้ำมันปลาที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ($p<0.05$) ส่วนผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันสันหลังของสุกรที่เสริมน้ำมันปลา 0, 1, 2 และ 3% พบว่า ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร โดยเฉพาะในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 3% มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงสุด จึงเป็นผลให้ค่า TBA ของไขมันสันหลังในกลุ่มนี้สูงสุดด้วย ($p<0.05$) สอดคล้องกับ Irie and Sakimoto (1992) รายงานว่า การเสริมน้ำมันปลาซาร์ดีนที่ระดับสูงขึ้นมีผลทำให้ความแข็งของไขมันลดลง ส่งผลให้ค่า iodine number สูงขึ้นตามระดับน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร ($p<0.05$) จึงทำให้เกิดปฏิกริยาออกซิเดชันของไขมันได้ง่าย ส่วน Romans *et al.* (1995b) รายงานว่า การเสริม 15% flaxseed ในสูตรอาหารสุกรเป็นเวลา 7, 14, 21 และ 28 วัน มีค่า TBA ของไขมันไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม ($p>0.05$) แต่เมื่อนำไขมันไปผ่านขบวนการให้ความร้อน พบว่า ค่า TBA ในกลุ่มที่เสริม flaxseed ทุกกลุ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.05$)

ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาต่อค่า TBA ของไขมันสันหลัง พบว่า ค่า TBA สูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา ($p<0.05$) โดยการเก็บรักษาไขมันในวันที่ 0 มีค่า TBA เท่ากับ 1.020 แต่เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3, 6 และ 9 วัน พบว่า ค่า TBA เพิ่มขึ้นเป็น 1.909, 2.196 และ 2.680 มก. malonaldehyde/กิโลกรัม ไขมัน ตามลำดับ ซึ่ง Hamilton (1994) รายงานว่า การเก็บรักษาอาหารไว้ที่อุณหภูมิต่ำไม่สามารถยับยั้งปฏิกริยาออกซิเดชันที่เป็นสาเหตุของกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (off-

flavor) ในอาหารได้ เนื่องจากในเนื้อเยื่อของพืชและสัตว์จะเกิดขบวนการสลายไขมัน (lypolysis) ด้วยเอนไซม์ไลเปส (lipase) ได้ผลผลิตเป็นกลีเซอรอลและกรดไขมันอิสระ ซึ่งจะถูกออกซิไดซ์โดยขบวนการ autoxidation หรือ โดยเอนไซม์ lipoxygenase เกิด rancid flavor

ผลต่อค่า TBA ของเนื้อสัน

การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 2 และ 3% มีค่า TBA ของเนื้อสูงกว่า ($p<0.05$) กลุ่มควบคุม แต่ในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาทุกระดับมีค่า TBA ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) พบว่า ค่า TBA เท่ากับ 0.148, 0.199, 0.230 และ 0.274 มก. malonaldehyde/กิโลกรัม เนื้อในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 0, 1, 2 และ 3% ตามลำดับ ซึ่งในเนื้อสุกรมีองค์ประกอบของไขมันค่อนข้างต่ำ ประมาณ 0.5-2.5% (สัญชัย, 2543) และไขมันที่พบในกล้ามเนื้อ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของไขมันแทรก (marbling fat หรือ intramuscular fat) ดังนั้น จึงเป็นผลให้ค่า TBA ของเนื้อสันต่ำกว่าไขมันสันหลังมาก Monahan *et al.* (1992) พบว่า เนื้อสุกรจากกลุ่มที่เสริมน้ำมันถั่วเหลืองมีค่า TBA สูงกว่าเนื้อสุกรจากกลุ่มที่เสริมไขวัว ซึ่งเป็นผลเนื่องจากปริมาณกรดลิโนเลอิคในเนื้อจากกลุ่มที่เสริมน้ำมันถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) ส่งผลให้เกิดปฏิกริยาออกซิเดชันได้ง่ายกว่า สอดคล้องกับการเสริมน้ำมันดอกคำฝอย 4% และ 6% ในสูตรอาหารสุกร (Larick *et al.*, 1992) Wood and Enser (1997) รายงานว่า การเสริมกรดไขมันไม่อิ่มตัวในระดับสูง หรือการเสริมกรดไขมันโอเมก้า-3 เช่น linseed oil หรือ fish oil มีผลทำให้อัตราส่วนระหว่าง ω-6 : ω-3 ลดลง แต่ความไวในการเกิดปฏิกริยา oxidation ในเนื้อเพิ่มขึ้น สำหรับไก่งวงที่เลี้ยงด้วยน้ำมันปลาทูน่า 20 กรัม/กิโลกรัมอาหาร เป็นเวลา 9 สัปดาห์ จะยังทำให้เนื้อที่ได้มีกลิ่น-รสปกติ (normal flavor) เมื่อมีการเสริมไวตามินอี 250 มก./กิโลกรัม อาหาร เช่นเดียวกับ Leskanich *et al.* (1996) รายงานว่า สุกรที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันปลา 10 กรัม/กิโลกรัมอาหาร ตั้งแต่น้ำหนัก 52 – 95 กก. ต้องการไวตามินอี 250 มก./กก. อาหาร เพื่อรักษาองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ และการยอมรับของผู้บริโภค แต่ Crawford *et al.* (1975) รายงานว่า กลิ่นคาวปลา (fishy taints) ในเนื้อจะไม่รุนแรง ถ้าใช้น้ำมันปลาในระดับต่ำผสมในสูตรอาหาร

ผลของระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาต่อค่า TBA ของเนื้อให้ผลเช่นเดียวกับในไขมันสันหลัง พบว่า ค่า TBA สูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา ($p<0.05$) โดยการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 และ 15 วัน มีค่า TBA เท่ากับ 0.257 และ 0.304 มก. malonaldehyde/กิโลกรัมเนื้อ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าเนื้อที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 และ 5 วัน (0.135 และ 0.156 มก. maolaldehyde/กิโลกรัมเนื้อ ตามลำดับ) ($p<0.05$) Ahn *et al.* (1996) รายงานว่า การเสริม flaxseed (dietary α-linolenic acid) ที่ระดับสูงในอาหารสุกรมีผลต่อการเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันในเนื้อสด (raw meat) เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ถึงแม้ว่า ค่า TBA ของเนื้อสดจากกลุ่มที่เสริม 3.5% linolenic acid สูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$)

ให้ผลเช่นเดียวกับเนื้อปรุงสุก (cooked meat) ในวันที่ 0 ของการเก็บรักษาในถุงสุญญากาศ แต่การเก็บรักษาในถุงที่ออกซิเจนสามารถซึมผ่านได้บ้าง (loosely packaged) มีผลทำให้ค่า TBA ของกลุ่มที่เสริมกรดลิโนเลนิคทุกระดับสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.05$) แต่หลังจากเก็บเนื้อปรุงสุกเป็นเวลา 2 วัน พบว่า เนื้อปรุงสุกที่มีค่า TBA สูงสุด (จากกลุ่มที่เสริมกรดลิโนเลนิค 3.5%) แต่ยังต่ำกว่าค่าวิกฤต (1.5 มก. malonaldehyde/กิโลกรัมเนื้อ) ที่ทำให้เกิด rancid flavor ส่วน Ajuyah *et al.* (1993b) รายงานว่า การเสริม full fat flaxseed ในสูตรอาหารไก่กระทงโดยไม่มีการเติมสารกันหืน มีผลทำให้ค่า TBA ในเนื้ออกและเนื้อน่องหลังจากปรุงสุกแล้วสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ในกลุ่มที่เสริม full fat flaxseed และเติมสารกันหืน มีค่า TBA ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม Leskanich *et al.* (1997) พบว่าค่า TBA ของเนื้อปรุงสุกจากสุกรในกลุ่มควบคุมมีค่าต่ำสุด และมีค่าสูงสุดในกลุ่มที่เสริม 2% rapeseed oil ร่วมกับ 1% fish oil และค่า TBA หลังจากเก็บรักษาไว้นาน 2 วัน ที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C สูงขึ้นเกือบ 2 เท่าทั้งจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริม 2% rapeseed oil ร่วมกับ 1% fish oil เมื่อเทียบกับค่าที่วัดในวันที่ 0 ของการเก็บรักษา

อิทธิพลทางเพศมีผลต่อค่า TBA ของไขมัน ($p<0.05$) โดยพบว่า สุกรเพศเมียมีค่า TBA ในไขมันสันหลังสูงกว่าสุการเพศผู้ตอน เท่ากับ 2.889 และ 1.014 มก. malonaldehyde/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยสุกรเพศผู้ตอนมีปริมาณไขมันในซากสูงกว่า (McNaughton *et al.*, 1997; Deuel, 1955 cited by Gray and Pearson, 1987) และมีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบในไขมันสันหลังสูงกว่าสุกรเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Van Oeckel *et al.*, 1996) ซึ่งสุกรเพศผู้ตอนมีอัตราเร็วในการสร้างไขมันขึ้นใหม่จากอาหาร (*de novo* synthesis) และสะสมในเนื้อเยื่อไขมันได้สูงกว่าสุกรเพศเมีย จากผลการทดลอง พบว่าสุกรเพศผู้ตอนมีการสะสมกรดไขมันอิ่มตัวในไขมันสูงกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$) ดังนั้น การเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันในไขมันสันหลังของสุกรเพศผู้ตอนจึงเกิดได้ช้ากว่าสุกรเพศเมีย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดค่าความแข็งของไขมัน (fat firmness) ของสุกรทั้งสองเพศ ที่อุณหภูมิ 4^{0}C พบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีความแข็งของไขมันสันหลังสูงกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$) แต่อิทธิพลทางเพศไม่มีผลต่อค่า TBA ของเนื้อสัน ($p>0.05$) โดยมีค่า TBA ของเนื้อสัน เท่ากับ 0.200 และ 0.226 มก. malonaldehyde/กิโลกรัมเนื้อของสุกรเพศเมียและเพศผู้ตอน ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลเนื่องจาก องค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในเนื้อสุกรเพศเมียและเพศผู้ตอนไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$)

ผลต่อระดับโคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์และไลโปโปรตีนในพลาสมา

การเสริมน้ำมันปลา 2 และ 3% ในสูตรอาหารมีผลทำให้ระดับโคเลสเตอรอลในพลาสมาลดลง ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1% (61.42 และ 57.93 เทียบกับ 69.69

และ 68.17 มก./100 มล.) สำหรับกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ (1, 2 และ 3%) มีผลทำให้ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ และ VLDL ในพลาสมาลดลง ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1 และ 2% มีระดับ LDL ในพลาสมาไม่แตกต่างกัน ส่วนระดับ HDL ในพลาสมาของกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในคน โดยรายงานส่วนใหญ่พบว่า การบริโภค fish oil หรือ fish diet มีผลทำให้ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในพลาสมาลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Hamazaki *et al.*, 1996; Layne *et al.*, 1996; Fehily *et al.*, 1983; Bronsgeest–Schoute *et al.*, 1981) ส่วนระดับโคเลสเตอรอล, HDL, VLDL และ LDL ไม่แตกต่างกัน แต่ Bronsgeest–Schoute *et al.* (1981); Sandler *et al.* (1983) พบว่า ระดับ HDL มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่บริโภคน้ำมันปลา สอดคล้องกับผลการทดลองของ Sim *et al.* (1991) ศึกษาการใช้แหล่ง n-3 fatty acids จากพืช ได้แก่ flaxseed และ canola seed ในอาหารหนู พบว่า การใช้ flaxseed มีผลทำให้ระดับโคเลสเตอรอลลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่การใช้ canola seed ไม่มีผลต่อระดับโคเลสเตอรอล ซึ่ง Garg *et al.* (1988 and 1989) พบว่าการที่ระดับโคเลสเตอรอลในพลาสมาลดลงเป็นผลเนื่องจากปริมาณของ กรด linoleic ในสูตรอาหาร ดังนั้นในการศึกษาถึงการลดหรือเพิ่มระดับโคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์ HDL VLDL และ LDL ในพลาสมา กล้ามเนื้อหรือไขมันนั้น จึงมีหลายปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณา ได้แก่ dietary fat ในกลุ่มควบคุม เช่น การใช้ไขมันสุกร (Seiguer *et al.*, 1995) ไขวัว (Klingenberg *et al.*, 1995) เนยแข็ง (Von Lossonczy *et al.*, 1978) ปริมาณและชนิดของน้ำมันปลา หรืออาหารไขมัน ชนิดของสัตว์ทดลอง และความผิดปกติของสัตว์ทดลอง เป็นต้น

ปัจจัยด้านน้ำหนักของสุกรมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับ โคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์ VLDL และ LDL ในพลาสมาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) พบว่า สุกรน้ำหนัก 90 กก. มีระดับ โคเลสเตอรอล และ LDL ในพลาสมาสูงกว่าสุกรน้ำหนัก 30 และ 60 กก. ($p<0.05$) ส่วนระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ และ VLDL ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามน้ำหนักตัวที่สูงขึ้น ($p<0.05$) สำหรับระดับ HDL ในพลาสมาของสุกรน้ำหนักต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ซึ่ง Falkenberg *et al.* (1995) รายงานว่าระดับโคเลสเตอรอล HDL และ LDL ในพลาสมาของสุกรเพศผู้ตอนและไม่ตอนลดลงตามอายุที่เพิ่มขึ้น สำหรับอิทธิพลทางเพศต่อระดับโคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์ และไลโปโปรตีนในพลาสมาของสุกร พบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีระดับโคเลสเตอรอล และ HDL ในพลาสมาต่ำกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$) เท่ากับ 61.54 และ 67.16 มก.โคเลสเตอรอล/100 มล. และ 23.08 และ 30.28 มก. HDL/100 มล. ตามลำดับ แต่ในพลาสมาของสุกรเพศผู้ตอนมีระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ (101.68 และ 90.12 มก./100 มล.) และ VLDL (20.38 และ 18.05 มก./100 มล.)

สูงกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$) ส่วนระดับ LDL ในพลาสมาของสุกรทั้งสองเพศไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ผลต่อระดับโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอร์ไรด์ในไขมันสันหลังและเนื้อสันนอก

จากผลการทดลอง พบว่า ระดับโคเลสเตอรอลในไขมันสันหลังของสุกรในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1 และ 2% ลดลง ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (55.82 และ 55.73 เทียบกับ 69.97 มก./100 กรัมไขมัน) ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากระดับโคเลสเตอรอลในพลาสมาของสุกรในกลุ่มดังกล่าวลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p<0.05$) แต่ในเนื้อสัน พบว่า ระดับโคเลสเตอรอลของเนื้อสันจากสุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% ไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) Harris *et al.* (1980) cited by Fehily *et al.* (1983) รายงานว่า การบริโภคน้ำมันปลา หรือไขมันจากปลา ช่วยเพิ่มระดับ HDL ในกระแสเลือด ซึ่ง HDL จะทำหน้าที่เป็นตัวกำจัดโคเลสเตอรอลอิสระให้หมดไปจากกระแสเลือด (อุษณีย์, 2538; สมพงษ์, 2533) โดย HDL ที่สร้างจากตับและลำไส้เล็กจะทำหน้าที่เป็นตัวให้ apo protein CII แก่ไคโลไมครอนและ VLDL เพื่อใช้เป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ไลเปสในการสลายไตรกลีเซอร์ไรด์ออกจากสารทั้งสอง หลังจากเกิดการแลกเปลี่ยนลิปิดและโปรตีนกับไคโลไมครอนและ VLDL แล้ว รูปร่างของ HDL จะเปลี่ยนเป็นทรงกลมขึ้น เรียกว่า HDL_3 ซึ่งสามารถรับโคเลสเตอรอลอิสระที่สร้างจากเนื้อเยื่ออื่นๆ ได้ นอกจากนี้ apoA ใน HDL_3 จะเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ lecithin cholesterol acyl trandferase (LCAT) ให้เกิดการ esterified กรดไขมันเข้ากับโคเลสเตอรอลอิสระได้เป็นโคเลสเตอรอลเอสเทอร์ จากนั้นจะเกิดการแลกเปลี่ยนโคเลสเตอรอลเอสเทอร์ของ HDL_3 กับไตรกลีเซอร์ไรด์ของ VLDL ทำให้ VLDL กลายเป็น LDL ที่มีโคเลสเตอรอลเอสเทอร์ ส่วน HDL_3 กลายเป็น HDL_2 ซึ่งจะไปถูกสลายที่ตับต่อไป (อุษณีย์, 2538) ดังนั้นถ้ามีระดับ HDL สูงในกระแสเลือดจะมีผลทำให้ระดับโคเลสเตอรอลอิสระลดลง ส่งผลให้การสะสมโคเลสเตอรอลในเนื้อเยื่อต่างๆ ลดลง แต่จากผลการทดลอง พบว่า ระดับ HDL ในพลาสมาของสุกรในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร แต่ Dorado *et al.* (1999) รายงานว่า ปริมาณไขมันและโคเลสเตอรอลในเนื้อสันเท่ากับ 2.7% และ 57 มก./100 กรัม ตามลำดับ และถ้ามีปริมาณไขมันสูงมีผลทำให้ระดับโคเลสเตอรอลสูงตามไปด้วย โดยมีค่าสหสัมพันธ์สูง ($r = 0.88$) ส่วนรายงานของ Deirsen-Schade *et al.* (1986); Forsythe *et al.* (1980)พบว่า ระดับโคเลสเตอรอลในเนื้อเยื่อไขมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (PUFA) ที่ระดับสูงในสูตรอาหาร Hartmann *et al.* (1995) cited by Dorado *et al.* (1999); Tu *et al.* (1967) รายงานว่า การที่ปริมาณไขมันและโคเลสเตอรอลในเนื้อเยื่อต่างๆ มีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม อายุ สายพันธุ์ อาหาร และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

นอกจากนี้ ชนิด ขนาด และตำแหน่งของกล้ามเนื้อ (Fernandez *et al.*, 1995) มีผลทำให้ระดับโคเลสเตอรอลมีความแตกต่างกัน รวมไปถึงวิธีการวิเคราะห์โคเลสเตอรอลด้วย Busboom *et al.* (1990) รายงานว่า การเสริม intact หรือ ground canola ในสูตรอาหารสุกรไม่มีผลต่อระดับโคเลสเตอรรอลในกล้ามเนื้อและไขมันสันหลัง สำหรับผลการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในไขมันสันหลัง ($p>0.05$) เท่ากับ 64.98, 59.88, 59.73 และ 60.11 มก./100 กรัมไขมัน ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% ตามลำดับ แต่มีแนวโน้มลดลงตามระดับน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร ซึ่งเป็นผลจากน้ำมันปลาที่เสริมในสูตรอาหาร ส่วนผลของการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ ต่อระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเนื้อสัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) Kouba and Mourot (1999) รายงานว่า สุกรที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันข้าวโพด (maize oil) มีระดับไตรกลีเซอร์ไรด์และโคเลสเตอรอลในไขมันสูงกว่าสุกรที่ได้รับอาหารเสริมไขวัว Fernandez *et al.* (1995); Leseigneur-Meynier and Gandemer (1991) พบว่า องค์ประกอบของไขมันในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่จะมีไตรกลีเซอร์ไรด์เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งการที่ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเนื้อเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ระดับไขมันแทรกในกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นด้วย Fernandez *et al.* (1999) รายงานว่า ระดับไขมันแทรกในเนื้อสันส่วนสะโพก (*Longissimus lumborum*) ของสุกรลูกผสม Duroc x Land race และ Tia Meslan x Land race เพิ่มขึ้น เป็นผลให้ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์เพิ่มขึ้น ($p<0.05$) จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อจากกลุ่มต่างๆ พบว่า ปริมาณไขมันทั้งหมด (% total fat) ในเนื้อสันจากกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (2.56, 2.56, 2.55 เทียบกับ 1.87%) ส่วนระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเนื้อสันไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) Fehily *et al.* (1983); Sander and Hochland (1983) รายงานว่า การบริโภคอาหารจำพวกปลา (fish diet) หรือ max EPA อย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ มีผลทำให้ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในกระแสเลือดลดลง ($p<0.05$) ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหารมีผลทำให้ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในพลาสมาของสุกรลดลง ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม จึงเป็นผลให้อัตราการสะสมไตรกลีเซอร์ไรด์ในเนื้อเยื่อต่างๆ ลดลงด้วย โดยเฉพาะเนื้อเยื่อไขมัน Leszcynski *et al.* (1992) พบว่า การเสริม full fat soybean (FFS) ที่ระดับ 10 และ 20% ในสูตรอาหาร มีผลทำให้ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเนื้อสันไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($p>0.05$) แต่ในกลุ่มที่เสริม 20% FFS มีระดับโคเลสเตอรอลสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ($p<0.05$)

อิทธิพลทางเพศต่อระดับโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอร์ไรด์ในไขมันสันหลังและเนื้อสัน พบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีระดับโคเสเตอรอลในไขมันสันหลังต่ำกว่า ($p<0.05$) สุกรเพศเมีย (52.91 และ 63.71 มก./100 กรัมไขมัน ตามลำดับ) แต่ระดับโคเลสเตอรอลในเนื้อสันของสุกรทั้งสองเพศ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) (54.71 และ 52.36 มก./100 กรัมเนื้อ จากสุกรเพศเมียและเพศผู้ตอน

ตามลำดับ) สอดคล้องกับรายงานของ Dorado *et al.* (1999) พบว่า ระดับโคเลสเตอรอลในส่วนตัดต่างๆ ของสุกรเพศผู้และเพศเมียไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้น เนื้อสามชั้น (belly) ของสุกรเพศเมียที่มีระดับโคเลสเตอรอลสูงกว่าสุกรเพศผู้ เนื่องจากปริมาณไขมันในเนื้อสามชั้นของสุกรเพศเมียสูงกว่าสุกรเพศผู้ แต่ Leszcynski *et al.* (1992) รายงานว่า สุกรเพศผู้ตอนและสุกรเพศเมียมีปริมาณและองค์ประกอบของไขมันที่สกัดได้จากเนื้อสันแตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยพบว่า เนื้อจากสุกรเพศผู้ตอนมีปริมาณไขมันทั้งหมดในเนื้อสูงกว่าสุกรเพศเมีย และองค์ประกอบส่วนใหญ่คือ ไตรกลีเซอร์ไรด์ จึงเป็นผลให้ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเนื้อสุกรเพศผู้สูงกว่าสุกรเพศเมีย ส่งผลให้ระดับฟอสโฟลิปิดและโคเลสเตอรอลต่ำกว่าสุกรเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และ Deirsen-Schade *et al.* (1986); Forsythe *et al.* (1980) รายงานว่า ระดับโคเลสเตอรอลในเนื้อเยื่อไขมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (PUFA) ที่ระดับสูงในสูตรอาหาร สำหรับระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในไขมันสันหลังของสุกรทั้งสองเพศไม่มีความแตกต่างกัน (59.56 และ 62.79 มก./100 กรัมไขมันจากสุกรเพศเมียและเพศผู้ตอน ตามลำดับ) แต่ระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในไขมันสันหลังของสุกรเพศผู้ตอนมีแนวโน้มสูงกว่าสุกรเพศเมีย ซึ่งเป็นผลจากฮอร์โมนเพศ (Nold *et al.*, 1997) ส่วนในเนื้อสัน พบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ต่ำกว่า ($p<0.05$) ในเนื้อสุกรเพศเมีย (2.35 และ 2.43 มก./100 กรัมเนื้อ ตามลำดับ)

สรุปผลการทดลอง

ด้านสมรรถภาพการผลิต : การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหารไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตในระยะสุกรรุ่น (30-60) ระยะสุกรขุน (60-90) และระยะสุกรรุ่น-ขุน ($p>0.05$) แต่สุกรที่ได้รับอาหารเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1% ในสูตรอาหารมีแนวโน้มของสมรรถภาพการผลิตดีที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 2 และ 3% ตามลำดับ ส่วนสุกรเพศผู้ตอนมีสมรรถภาพการผลิตดีกว่าเพศเมีย เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าและอัตราแลกเนื้อดีกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$)

ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. เพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวตลอดการทดลอง พบว่า ต้นทุนค่าอาหารในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1, 2 และ 3% เท่ากับ 17.13, 19.63, 22.08 และ 22.90 บาท ตามลำดับ โดยต้นทุนจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 บาทต่อน้ำมันปลาที่เพิ่มขึ้น 1% ในสูตรอาหาร

ด้านคุณภาพซาก : น้ำหนักมีชีวิต (live weight) น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น และเปอร์เซ็นต์ซากของสุกรของสุกรในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 0, 1, 2 และ 3% ในสูตรอาหารไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) แต่ความหนาไขมันสันหลังเฉลี่ย และความหนาไขมันสันหลังระหว่างซี่โครงที่ 10 - 11 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงมีแนวโน้มลดลงตามระดับน้ำมันปลาที่สูงขึ้นในสูตรอาหาร ($p>0.05$) ส่วนพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของสุกรในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1% (46.97 และ 46.95 ซม.^{2}) มีขนาดใหญ่กว่า ($p<0.05$) กลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 3% (41.96 ซม.^{2}) แต่กลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 2% (44.01ซม.^{2}) มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1 และ 3% ($p>0.05$) สำหรับคุณภาพซากของสุกรเพศผู้ตอนด้อยกว่าสุกรเพศเมีย เนื่องจากมีความหนาไขมันสันหลังระหว่างซี่โครงที่ 10-11 หนากว่า พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันเล็กกว่า ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงในซากต่ำกว่าสุกรเพศเมีย ($p<0.05$)

ด้านคุณภาพไขมัน :

สีของไขมันสันหลังและไขมันช่องท้องของสุกรในกลุ่มต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน แต่สุกรเพศผู้ตอนมีค่า a* สูงกว่า และค่า b* ต่ำกว่าสุกรเพศเมีย

ด้านความแข็งของไขมัน พบว่า กลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 2 และ 3% มีความแข็งของไขมันต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 1% เนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวใน

ไขมันสันหลังสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ และสุกรเพศผู้ตอนมีความแข็งของไขมันสันหลังสูงกว่าสุกรเพศเมีย เนื่องจากมีกรดไขมันอิ่มตัวเป็นองค์ประกอบในไขมันสูงกว่าสุกรเพศเมีย

สุกรในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 2 และ 3% มีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมด และกรดไขมันโอเมก้า-3 ในไขมันสันหลังสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่าง P/S และ ω6 : ω3 สูงกว่าและต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ตามลำดับ ส่วนสุกรในกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลา 2% มีผลทำให้องค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งหมด และกรดไขมันโอเมก้า-3 มีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่าง P/S และ ω6 : ω3 สูงกว่าและต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ตามลำดับ ส่วนสุกรเพศผู้ตอนจะมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวในไขมันสันหลังและเนื้อสันสูงกว่าเพศเมีย ส่งผลให้ อัตราส่วน P/S ต่ำกว่าสุกรเพศเมีย แต่องค์ประกอบของกรดไขมันโอเมก้า-3 ในไขมันสันหลังและเนื้อสันของทั้งสองเพศไม่มีความแตกต่างกัน ทำให้อัตราส่วน ระหว่าง ω6 : ω3 ไม่แตกต่างกันด้วย

ด้านอายุการเก็บรักษาไขมันสันหลังและเนื้อสัน พบว่า อายุการเก็บรักษาไขมันสันหลังและเนื้อสันลดลงตามระดับการเสริมน้ำมันปลาในสูตรอาหาร เนื่องจากองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ไขมันสันหลังและเนื้อสันเกิดการหืนได้ง่าย โดยไขมันสันหลังมีอายุการเก็บรักษาประมาณ 3 วัน ส่วนเนื้อสันสามารถเก็บรักษาได้นาน 5-10 วัน ที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 ± 1^{0}C) โดยไม่เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ สำหรับไขมันสันหลังและเนื้อของสุกรเพศผู้ตอนสามารถเก็บรักษาได้นานกว่าไขมันสันหลังและเนื้อของสุกรเพศเมีย

การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 2 และ 3% มีผลทำให้ระดับโคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์ VLDL และ LDL ในพลาสมาของสุกรลดลง และระดับ HDL มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ระดับโคเลสเตอรอล และ LDL จะสูงขึ้นตามน้ำหนักของสุกร ส่วนระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ และ VLDL ลดลงตามน้ำหนักตัวที่สูงขึ้น แต่ระดับ HDL ในพลาสมาของสุกรน้ำหนักต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับสุกรเพศผู้ตอนมีระดับโคเลสเตอรอล และ HDL ในพลาสมาต่ำกว่า และมีระดับไตรกลีเซอร์ไรด์สูงกว่าสุกรเพศเมีย ระดับ LDL ของทั้งสองเพศไม่มีความแตกต่างกัน

การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 1, 2 และ 3% มีผลทำให้ระดับโคเลสเตอรอลต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนในเนื้อสัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน สำหรับการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในไขมันสันหลังและเนื้อสัน และสุกรเพศผู้ตอนมีระดับโคเลสเตอรอลใน

ไขมันสันหลังต่ำกว่าสุกรเพศเมีย แต่ในเนื้อสันเป็นเพียงแนวโน้มเท่านั้น ส่วนระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในไขมันสันหลังสุกรเพศผู้ตอนมีแนวโน้มสูงกว่าสุกรเพศเมีย แต่ในเนื้อสันกลับมีระดับต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้น จากผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่า การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 2% ในสูตรอาหาร เป็นระดับที่เหมาะสมในการเลี้ยงสุกรเพื่อให้มีสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก เนื้อและไขมันค่อนข้างดี และมีปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-3 ในเนื้อและไขมันสันหลังสูง แต่มีข้อด้อย คือ เนื้อและไขมันสันหลังจากสุกรในกลุ่มนี้มีอายุการเก็บรักษาสั้นลง เนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบในส่วนต่างๆ สูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับการผลิตสุกรโอเมก้า-3 โดยการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในเชิงพาณิชย์สามารถทำได้ เนื่องจากสุกรสามารถสะสมกรดไขมันโอเมก้า-3 ทั้งในเนื้อและไขมัน โดยการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 2% ในสูตรอาหาร ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสมรรถภาพการผลิตของสุกร และคุณภาพซากไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม แต่ทางด้านคุณภาพไขมันจะด้อยลง เนื่องจากมีการสะสมกรดไขมันไม่อิ่มตัวค่อนข้างสูง ทำให้ไขมันอ่อนตัวลงแต่ยังไม่ถึงกับเป็นไขมันเหลว (soft fat) ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำไปแปรรูปทำผลิตภัณฑ์ ดังนั้น ฟาร์มสุกรรายย่อย หรือขนาดกลาง รวมไปถึงบริษัทต่างๆ สามารถผลิตสุกรโอเมก้า-3 ในเชิงพาณิชย์ได้

2. การผสมอาหาร สำหรับเกษตรกรรายย่อยต้องทำการผสมด้วยมือ ส่วนเกษตรกรที่มีเครื่องผสมอาหารสามารถใช้ได้ ซึ่งในการผสมด้วยมือ หรือการผสมด้วยเครื่องนั้น ก่อนอื่นต้องทำการคลุกน้ำมันปลากับสารสื่อ (filler) ก่อน เพื่อให้น้ำมันปลากระจายตัวทั่วไปในอาหาร สารสื่อที่เราใช้ในการทดลองคือ กระดูกป่น โดยเราจะซื้อกระดูกบดหยาบมาบดด้วยเครื่องบดหินขนาดเล็กให้ได้ขนาดประมาณ 1 มม. อีกครั้ง แต่ในเชิงพาณิชย์ คงปฏิบัติได้ยาก ดังนั้นเราจึงทำการทดลองผสมน้ำมันปลากับข้าวโพดบด ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในสูตรอาหาร พบว่า สามารถทำให้น้ำมันกระจายตัวได้ดีเช่นเดียวกับกระดูกป่น และการใช้น้ำมันปลาผสมอาหารจำเป็นต้องเติมสารกันหืน หรือไวตามินอี หรือสารกันหืนร่วมกับไวตามินอี เพื่อป้องกันการหืนในอาหารด้วย และปริมาณที่ใช้ควรใช้เพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำมันปลาที่เสริมในอาหาร แต่ถ้าเกษตรกรต้องการให้ได้เนื้อที่เก็บรักษาได้นานขึ้น ควรเสริมไวตามินอี 250 มก./100 กิโลกรัมอาหาร และควรผสมอาหารใช้ต่อสัปดาห์ สำหรับบริษัทที่ผลิตอาหารสัตว์จำหน่าย อาจจะต้องติดตั้งหัวฉีดพ่นขณะผสมอาหาร เพื่อให้น้ำมันกระจายตัวในอาหาร หรืออาจทำการเคลือบน้ำมันปลาหลังจากนำอาหารไปอัดเม็ดแล้ว แต่สำหรับกรณีที่จะนำไปจำหน่าย นอกจากจะเสริมสารกันหืนแล้วยังต้องระบุวันหมดอายุอีกด้วย เพราะอาหารผสมน้ำมันปลาจะมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าอาหารสูตรปกติที่จำหน่ายในท้องตลาด

3. สำหรับระยะเวลาในการเริ่มให้อาหารเสริมน้ำมันปลาแก่สุกร พบว่า สามารถเริ่มให้ตั้งแต่น้ำหนัก 60 กก. หรือเมื่อสุกรเข้าสู่ระยะขุน เพราะในระยะก่อนการทดลองจริงเราทำการทดสอบการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับต่างๆ ในสุกรขุน พบว่า สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมที่ระดับ 2% ในสูตรอาหาร สามารถสะสมกรดไขมันโอเมก้า-3 โดยเฉพาะกรด EPA และ DHA ใน

ไขมันสันหลัง แต่การจะลดต้นทุนค่าอาหารลงอีก ต้องทำการศึกษาต่อไปว่าควรเริ่มให้ที่น้ำหนักเท่าไรก่อนส่งเข้าฆ่า เพื่อให้มีการสะสมกรดไขมันโอเมก้า-3 ในระดับที่สูงสุด เมื่อให้อาหารเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 2% ในสูตรอาหาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University