การใช้กรดไขมันโอเมก้าในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกร

Using of Omega Fatty Acid on Productive Performances and Carcass Quality of Swine

อัจฉรา นิยมเดชา วท.ม. (Atchara Niyomdecha, M.Sc.)[1]
สุรเสน ศรีริกานนท์ วท.ม. (Surasen Sririkanont, M.Sc.)[2]
มงคล คงเสน วท.ม. (Mongkon Khongsen, M.Sc.)[3]

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้ ได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้กรดไขมันโอเมก้าในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซากของสุกร โดยกล่าวถึง ไขมัน คุณสมบัติของไขมันและน้ำมัน หน้าที่ของไขมัน กรดไขมัน การจำแนกประเภทของกรดไขมัน กรดไขมันกลุ่มโอเมก้าโดยเฉพาะกรดไขมันโอเมก้า -3 คุณประโยชน์ของกรดไขมันโอเมก้า -3 กรดไขมันโอเมก้า -6 คุณประโยชน์ของกรดไขมันโอเมก้า -6 เมทาบอลิซึมของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า การใช้กรดไขมันโอเมก้า 3 จากแหล่งต่างๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ และการใช้กรดไขมันกลุ่มโอเมก้าจากแหล่งต่างๆ ในการเพิ่มคุณภาพซากของสัตว์ พบว่าการเสริมกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า -3 ช่วยในการเพิ่มสมรรถภาพการผลิตและช่วยปรับปรุงคุณภาพซากของสุกร

คำสำคัญ : กรดไขมันโอเมก้า สมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก สัตว์

Abstract

The study has been conducted to know the effect of using omega fatty acid on productive performances and carcass quality of swine. The article reviewed the information on fat , the property of fat and oil , function of fat , fatty acid and its classification, omega fatty acid especially omega-3 the fatty acid and its advantages, omega-6 fatty acid and its advantages. The results have been shown improved productive performances and carcass quality of swine in all the groups administered with omega-3 fatty acid compared to the control group.

Keywords : Omega Fatty Acid, Productive performance, Carcass quality, Swine

---

[1] อาจารย์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

[3] อาจารย์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

บทนำ

ในปัจจุบันอุสาหกรรมการผลิตสุกร ได้มุ่งเน้นการผลิตที่ให้ผลิตภัณฑ์เนื้อมีคุณภาพดี และมีปริมาณไขมันที่สะสมในเนื้อน้อย เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่หันมาสนใจในสุขภาพ เนื่องจากประชากรโลกกำลังประสบปัญหาด้านสุขภาพมากขึ้นจากพฤติกรรมการดำเนินชีวิตที่เต็มไปด้วยภาวการณ์แข่งขันสูง และขาดการดูแลใส่ใจสุขภาพ ทำให้พบผู้ป่วยที่เป็นโรคที่มีสาเหตุจากการดำเนินชีวิตมากขึ้น เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular disease; CVD) โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคมะเร็ง เป็นต้น โดยเฉพาะโรคหัวใจและหลอดเลือดเป็นปัญหาสุขภาพที่สำคัญ ซึ่งมีรายงานถึงวิธีการลดความเสี่ยงของโรคนี้ โดยการลดระดับของไขมันในอาหารลงโดยเฉพาะไขมันอิ่มตัว และเพิ่มสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งต่อกรดไขมันอิ่มตัวที่มีในอาหาร (Polyunsaturated fatty acid : saturated fatty acid; PUFA:UFA) (Whittemore, 1998) ซึ่งในน้ำมันปลาจากปลาทะเลมีกรดไขมันโอเมก้า 3 เป็นองค์ประกอบอยู่สูง (Simopoulos, 2001) ดังนั้นจึงทำให้ผู้บริโภคหันมาสนใจมากขึ้นทั้งในผลิตภัณฑ์อาหารเสริมโอเมก้า 3 น้ำมันปลา หรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์และ เนื้อสัตว์ที่ได้จากการเสริมแหล่งกรดไขมันโอเมก้า 3 ทั้งที่ได้จากพืชและปลาทะเลลงในอาหารสัตว์ ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มองค์ประกอบของ PUFA ชนิดโอเมก้า 3 ในกล้ามเนื้อ และไขมันของสัตว์ได้ จึงเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพได้เป็นอย่างดี

ไขมัน (Triacylglycerol หรือเรียกว่า Triglycerides)

ไขมันเป็นเอสเทอร์ (Ester) ของกรดไขมัน 3 กลุ่มจับกับกลีเซอรอล (Glycerol) หรือไขมันบางชนิดอาจเกิดจากกรดไขมันเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในกลีเซอรอล 1 หมู่ หรือ 2 หมู่ ซึ่งเรียกว่า โมโนกลีเซอไรด์ (Monoglyceride) และไดกลีเซอไรด์ (Diglyceride) ตามลำดับ ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ธาตุไฮโดรเจน และธาตุออกซิเจน (บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, 2541) ยังมีการรายงานอีกว่า ไขมัน มีคุณสมบัติไม่ละลาย น้ำ แต่ละลายในตัวทำละลาย (Organic solvent) เช่น เบนซิน อีเทอร์ และคลอโรฟอร์ม เป็นต้น โดยไขมันที่มีลักษณะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่าไขมัน (Fat) และไขมันที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เรียกว่า น้ำมัน (Oil) ไขมันและน้ำมันถ้ารับประทานมากเกินความต้องการของร่างกายส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนเป็นไขมันสะสมไว้ ในร่างกายในส่วนของเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose tissue) ไขมันและน้ำมันพบได้ทั้งในสัตว์และพืช ในสัตว์พบใน ไขมัน สัตว์ซึ่งสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไขมัน เช่น ไขมันวัว ส่วนในพืชมักพบในผลและเมล็ด เช่น มะพร้าว ปาล์ม ถั่วเหลือง เมล็ดฝ้าย เมล็ดทานตะวัน รำข้าว เป็นต้น (ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส และสุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์, 2546)

คุณสมบัติของไขมันและน้ำมัน (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2546; 2547)

1. ไขมันมีจุดหลอมเหลว และจุดเดือดสูงกว่าน้ำมัน เพราะในไขมันประกอบด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัว มากกว่าในน้ำมัน นอกจากนั้นทั้งไขมันและน้ำมันจะมีจุดหลอมเหลว และจุดเดือดสูงขึ้น ถ้ากรดไขมันในโมเลกุลมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเพิ่มขึ้น

2. ไขมันและน้ำมันไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ หรือตัวทำละลายที่โมเลกุลไม่มีขั้ว เช่น เฮกเซน เบนซีน อีเทอร์ เป็นต้น เพราะปลายทั้งสองข้างของโมเลกุลของไขมันและน้ำมันไม่มีขั้ว

3. ไขมันและน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว สามารถเกิดปฏิกิริยารวมตัวกับธาตุแฮโลเจน (Halogen) เช่น Br_2, I_2 ได้ในที่มืด (สามารถฟอกสีของโบรมีนและไอโอดีนได้) ดังนั้นไขมันหรือน้ำมันใดที่ เกิดปฏิกิริยารวมตัวกับธาตุแฮโลเจนได้ แสดงว่ามีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมอยู่ในโมเลกุล ถ้ารวมตัวกับธาตุแฮโลเจนได้ในปริมาณมาก แสดงว่ามีพันธะคู่มาก หรือประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่มาก

4. น้ำมันซึ่งมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว สามารถเกิดปฏิกิริยารวมตัวกับไฮโดรเจนเมื่อ มีตัวเร่งปฏิกิริยา การรวมตัวจะเกิดตรงตำแหน่งพันธะคู่ ระหว่างคาร์บอน ทำให้พันธะคู่ระหว่างคาร์บอนลดลงเป็นผลให้น้ำมันนั้นมีจุดหลอมเหลวสูงขึ้น จึงทำให้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการทำเนยเทียม

5. ไขมันและน้ำมันเมื่อเก็บไว้นานๆ จะมีกลิ่นเหม็นหืน สาเหตุของการเหม็นหืนเกิดจาก

5.1 ไขมันหรือน้ำมันทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน) โดยออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยาตรงตำแหน่งพันธะคู่ของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในไขมันหรือในน้ำมัน กลายเป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์ (Peroxide) ซึ่งเป็นสารที่ไม่เสถียรจะสลายตัวต่อไปกลายเป็นกรดไขมันและแอลดีไฮด์ (Aldehide) ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กระเหยได้ง่าย และมีกลิ่นเหม็น ไขมันหรือน้ำมันที่มีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอนมากจะยิ่งเหม็นหืนได้ง่าย ในธรรมชาติปฏิกิริยานี้จะเกิดได้ดีเมื่อไขมันหรือน้ำมัน สัมผัสกับอากาศ และมีความร้อนหรือแสง

5.2 เกิดจากไขมันหรือน้ำมันทำปฏิกิริยากับน้ำ (เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส; Hydrolysis) โดยมีเอนไซม์จากจุลินทรีย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เกิดกรดไขมันอิสระที่มีกลิ่นเหม็น

6. ไขมันหรือน้ำมันเมื่อถูกย่อยโดยเอนไซม์ไลเปส (Lipase) หรือทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดได้ กลีเซอรอลและกรดไขมัน

7. ไขมันหรือน้ำมันเมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลายโซเดียมไฮดรออกไซด์ (NaOH) จะได้กลีเซอรอลและเกลือของกรดไขมัน (สบู่) เรียกว่าสะปอนนิฟิเคชัน (Saponification)

หน้าที่ของไขมัน (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2546; 2547)

1. ไขมันทำหน้าที่ในการให้พลังงาน โดยให้พลังงานเป็น 2.25 เท่าของคาร์โบไฮเดรต
2. เป็นตัวนำพาหรือแหล่งของวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน (Fat soluble vitamins) คือ วิตามิน A, D, E และ K
3. ไขมันเป็นส่วนที่สะสมไว้ในร่างกายสำหรับใช้ในช่วงที่ร่างกายขาดอาหาร
4. ทำหน้าที่เป็นฉนวน (Insulator) เก็บความร้อนให้แก่ร่างกาย โดยเก็บไว้ในเนื้อเยื่อไขมัน (Adipose tissue)
5. ให้กรดไขมันที่จำเป็นต่อสัตว์ คือ กรดไลโนเลอิก กรดไลโนเลนิค และกรดอะแรชิโดนิค
6. ไขมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์โดยรวมกับโปรตีนในรูปของไลโพโปรตีน (Lipoprotein) ซึ่งมีทั้งในส่วนของผนังเซลล์ (Cell membrane) และไมโตคอนเดรีย (Mitochondria) ที่มีอยู่ในไซโตพลาสซึม (Cytoplasm)
7. ช่วยลดความเป็นฝุ่นของอาหาร ทำให้มีความน่ากินมากยิ่งขึ้น

กรดไขมัน (Fatty acid)

กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์ประเภทหนึ่งที่มีหมู่คาร์บอกซิล (Carboxyl group) เป็นหมู่ฟังก์ชันเหมือนกรดอินทรีย์ทั่วๆ ไป แต่ในโมเลกุลของกรดไขมันมีหมู่คาร์บอกซิล เพียง 1 หมู่ต่ออยู่กับสายของไฮโดรคาร์บอนแบบไม่มีกิ่งที่อิ่มตัวหรือไม่อิ่มตัวก็ได้ (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2547)

การจำแนกกรดไขมันตามโครงสร้างทางเคมี แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acid) คือ กรดไขมันที่ในโมเลกุลมีจำนวนไฮโดรเจนอะตอมอยู่เต็มที่หรือพันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด มีสายโซ่สั้น กรดไขมันชนิดนี้มีสูตรทั่วไปเป็น $C_nH_{2n+1}COOH$ เมื่อ n คือเลขจำนวนเต็มใดๆ ที่มีค่ามากและเป็นเลขคี่ (แต่จำนวนคาร์บอนทั้งหมดเป็นเลขคี่) เช่น 11,13,15,17 ตัวอย่างกรดไขมันอิ่มตัว เช่น กรดลอริก ($C_{11}H_{23}COOH$) กรดปาล์มิติก ($C_{15}H_{31}COOH$) กรด สเตียริก ($C_{17}H_{35}COOH$) เป็นต้น

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่ประกอบด้วยพันธะคู่ ทำให้เกิดการหืนได้ง่าย มีสายโซ่ยาว (จำนวน C มาก) กรดไขมันไม่อิ่มตัวส่วนใหญ่มักมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เนื่องจากว่ามีกรดไขมันบางชนิดที่ร่างกายสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (Monounsaturated fatty acid) หมายถึง กรดไขมันที่มีธาตุ C ต่อกันด้วย Double bond เพียงหนึ่งตำแหน่ง
- ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated fatty acid) หมายถึง กรดไขมันที่มีธาตุ C ต่อกันด้วย Double bond อยู่หลายตำแหน่ง (ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส และสุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์, 2546)

จำแนกกรดไขมันทางโภชนาการ แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. กรดไขมันที่จำเป็น (Essential fatty acid; EFA) คือ กรดไขมันที่ร่างกายสัตว์ไม่สามารถสังเคราะห์ได้เอง ต้องได้รับจากอาหาร อย่างเพียงพอ ได้แก่ กรดไลโนเลอิก กรดไลโนเลนิค กรดอะแรชิโดนิค กรดไขมันกลุ่มโอเมก้า -3 และกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า -6

2. กรดไขมันที่ไม่จำเป็น (Non essential fatty acid) คือ กรดไขมันที่ร่างกายสามารถสังเคราะห์ขึ้นมาใช้ได้เอง ซึ่งมีเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย

กรดไขมันโอเมก้า (Omega fatty acid)

คือ กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวทั้งเชิงเดี่ยวและเชิงซ้อนที่เรียกระบุตำแหน่งพันธะคู่เพียงตำแหน่งที่อยู่ติดอยู่กับหมู่เมทธิล (Methyl;-CH3)

การแบ่งกลุ่มกรดไขมันไม่อิ่มตัวแบบโอเมก้า (Omega) ใช้หลักเกณฑ์จากสูตรโครงสร้าง ซึ่งกรดไขมันที่พบส่วนใหญ่ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กรดไขมันโอเมก้า -3, 6 และ 9 ซึ่งมีพันธะคู่พันธะแรกนับจากปลายด้าน Methyl (CH3) อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3, 6 และ 9 ตามลำดับ

กรดไขมันกลุ่มโอเมก้า -3 (n-3 PUFA หรือ ω-3 PUFA) เช่น กรดแอลฟาลิโนเลนิค (α -Linolenic acid, C18:3 พันธะคู่ c ตำแหน่งที่ $^{9\ 12\ 15}$) Eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5 พันธะคู่ c ตำแหน่งที่ $^{5\ 8\ 11\ 14\ 17}$) และ Decosahexaenoic acid (DHA, C22:6 พันธะคู่ c ตำแหน่งที่ $^{4\ 7\ 10\ 13\ 16\ 19}$) เป็นต้น

กรดไขมันกลุ่มโอเมก้า -6 (n-6 PUFA หรือ ω-6 PUFA) เช่น กรดลิโนเลอิค (Linoleic acid, C18:2 พันธะคู่ c ตำแหน่งที่ $^{9\ 12}$) กรดแกมมาลิโนเลอิค (γ-Linolenic acid, C18:3 พันธะคู่ c ตำแหน่งที่ $^{9\ 6\ 12}$) และกรดอะแรชิโดนิค (Arachidonic acid, C20:4 พันธะคู่ c ตำแหน่งที่ $^{5\ 8\ 11\ 14}$) เป็นต้น

กรดไขมันโอเมก้า -9 (n-9 PUFA หรือ ω-9 PUFA) เช่น กรดโอเลอิค (Oleic acid,C18:1 พันธะคู่ c ตำแหน่งที่ ^{9}) เป็นต้น (ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส และสุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์, 2546)

กรดไขมันโอเมก้า -3

กรดไขมันโอเมก้า -3 คือ กลุ่มของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่แรก อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 นับจากปลาย Methyl ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันจำเป็น ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ เช่น กรดแอลฟาลิโนเลนิค EPA DHA มีสารตั้งต้น คือ กรดลิโนเลนิค ซึ่งพบมากในวัชพืชน้ำ สาหร่ายน้ำจืด-เค็ม พืชสีเขียว แบคทีเรีย แพลงค์ตอน และจากน้ำมันพืชบางชนิด เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันจากเมล็ดลินสีด แต่สำหรับในน้ำมัน ปลานั้นประกอบด้วยกรดไขมันโอเมก้า -3 อยู่สูง

เพราะสัตว์เหล่านี้กินพืช สาหร่าย และ Phytoplankton ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของห่วงโซ่อาหาร ซึ่งปกติไขมันของแพลงตอน จะประกอบไปด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีคาร์บอน 16 และ 18 อะตอม เมื่อกินแพลงตอนเข้าไปจะสามารถเพิ่มจำนวนคาร์บอนเป็น 20 และ 22 อะตอม ดังนั้นในน้ำมันปลาจึงมี EPA และ DHA ประกอบอยู่ค่อนข้างมากเมื่อเทียบจากแหล่งอื่น (Simopoulos, 2002)

แหล่งของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า -3

อาหารของสุกรส่วนใหญ่ประกอบด้วยแหล่งจากพืช เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง มันสำปะหลัง เป็นต้น ส่วนแหล่งจากสัตว์ เช่น ปลาป่น เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดี แต่เนื่องจากมีราคาต้นทุนสูง และข้อจำกัดในเรื่องของ Biogenic amine โดยเฉพาะ Histamine ทำให้เกิดปัญหาท้องร่วงในสัตว์ จึงนำมาใช้ในสูตรอาหารของสุกรน้อย (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2546)

คุณประโยชน์ของกรดไขมันโอเมก้า -3 สำหรับสัตว์

1. ช่วยลดการจับตัวของเกล็ดเลือดที่ทำให้เกิดลิ่มเลือดเป็นไปได้ช้าลง จะช่วยลดปริมาณไขมันในเลือดด้วย (ณาตยา รัตนวงศ์ไพศาล ประภา โซ๊ะสลาม และพรพิมล พิมลพันธุ์, 2540) ป้องกันการเกิดโรคเกี่ยวกับหัวใจและโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งกรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 ในน้ำมันปลาจะไปกระตุ้นการสร้าง LDL receptor ที่ Extra hepatic tissue มากขึ้น และเนื้อเยื่อส่วนนี้จะเปลี่ยน (Low density lipoprotein, LDL) ให้เป็น (High density lipoprotein, HDL) โดยเอนไซม์ Lipoprotein lipase แล้วขับออกสู่กระแสเลือด อีกทั้งนำโคเลสเตอรอลเอสเทอร์ (Cholesterol ester) เข้าไปเผาผลาญและเปลี่ยนเป็นกรดน้ำดี โดยพบว่า ในกลุ่มชาวเอสกิโมที่บริโภคปลาทะเลที่มีปริมาณของกรดไขมันชนิดโอเมก้า -3 สูงเป็นอาหารหลักจะมีอัตราการตายของโรคหัวใจต่ำมาก (Sanders, 1994) เนื่องจากช่วยลดไขมันทั้งไตรกลีเซอร์ไรด์และโคเลสเตอรอลลง

2. ช่วยพัฒนาระบบประสาทและบำรุงสมองให้ความจำดีขึ้น เสริมสร้างการเจริญเติบโตของปลายประสาทที่เดนไดรท์ (Dendrite) ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายทอดสัญญาณและผ่านข้อมูลระหว่างเซลล์สมอง ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บความจำและการเรียนรู้ (Voet & Voet, 1999) เนื่องจาก DHA เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเยื่อหุ้มเซลล์สมองและเซลล์ประสาท และ DHA ยังมีความสำคัญต่อการพัฒนาของเรตินาด้วย

3. บรรเทาอาการปวดบวมของโรคข้ออักเสบและใช้โอเมก้า -3 เป็นอาหารเสริมร่วมกับยารักษาโรคไขข้ออักเสบเนื่องจากสาร DHA และ EPA ลดการสร้างสารที่ก่อให้เกิดการอักเสบที่ชื่อว่า ลิวโคไตรอีน (Leukotrienes) ซึ่งช่วยลดการอักเสบ

4. เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์เม็ดเลือดขาว จึงมีผลกระตุ้นการแบ่งเซลล์ในทางอ้อม เมื่อเซลล์เม็ดเลือดขาวเพิ่มขึ้น ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันทำงานได้ดีขึ้น (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2542)

5. การบริโภคน้ำมันปลายังมีผลทำให้ EPA และ DHA เพิ่มสูงขึ้นไปด้วยควบคู่ไปกับการลดลงของ Arachidonic acid เกิดการแข่งขันกันในการทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ Cyclooxygenase มีผลในการยับยั้งการสร้าง Tromboxanase A_2 (TX A_2) ที่มีผลทำให้เกล็ดเลือดจับตัวกัน และสร้างสารพรอสต้าแกลนดิน (prostaglandin : PG) โดยเฉพาะ PGI3 ซึ่งเป็นสารที่คล้ายฮอร์โมนที่มีสำคัญ ทำหน้าที่ต้านการจับตัวกันของเกล็ดเลือดและทำให้หลอดเลือดขยายตัว นอกจากนี้ยังมีผลทำให้เกล็ดเลือดสร้าง Tromboxanase A_3 ที่ไม่มีผลต่อการจับตัวของเกล็ดเลือด (Voet & Voet, 1999)

กรดไขมันโอเมก้า -6

กรดไขมันโอเมก้า -6 คือ กลุ่มของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่แรก อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 นับจากปลาย Methyl ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันจำเป็น ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ เช่น กรดลิโนเลอิค กรดอะแรชิโดนิค โดยมีสารตั้งต้น คือ กรดลิโนเลอิค พบมากใน เนื้อสัตว์ เมล็ดธัญพืช ปลา และพืช เป็นต้น (Simopoulos, 2001)

บทบาทของกรดไขมันโอเมก้า -6

-รักษาโครงสร้างของเซลล์ผิวหนังและเยื่อบุต่างๆ ไม่ให้สารผ่านเข้าออกมากจนเกินไป

-ทำให้เลือดแข็งตัว (Thromboxane) และช่วยละลายลิ่มเลือด (Prostacyclin)

-กระตุ้นภูมิคุ้มกันแบบ Fight or Fight response

-ช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวในทารกแรกเกิด

เมทาบอลิซึมของกรดไขมันกลุ่มโอเมก้า

C18:2 n-6 และ C18:3 n-3 เป็นกรดไขมันจำเป็น เพราะเป็นกรดไขมันที่ร่างกายคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสังเคราะห์ไม่ได้ กระบวนการเริ่มต้นจากการสังเคราะห์ C18:1 n-9 จาก C18:0 ที่สังเคราะห์มาจาก Acetyl Co A แล้วเกิดการ desaturation ในเอนโดพลาสมิก เรติคูลัม (Endoplasmic Reticulum, ER) โดยเอนไซม์ Fatty acyl Co A desaturase ทำให้เกิดพันธะคู่แรกสุดที่คาร์บอนตำแหน่งที่ ^{9} จากนั้นเกิด Desaturation ครั้งต่อไป ในพืชจะเกิดที่คาร์บอนมากขึ้น 3 ตำแหน่งได้ C18:2 พันธะคู่ c ตำแหน่งที่ $^{9\ 12}$ หรือ Linoleic acid และ C18:3 พันธะคู่ c ตำแหน่งที่ $^{9\ 12\ 15}$ หรือ Linolenic acid แต่ในคนและสัตว์การ Desaturation ครั้งต่อไปเกิดที่คาร์บอนลดลงจากเดิม 3 ตำแหน่งได้ C18:3 พันธะคู่ c ตำแหน่งที่ $^{3\ 6\ 9}$ และ C18:2 พันธะคู่ c ตำแหน่งที่ $^{9\ 6}$ แต่สัตว์สามารถเปลี่ยน C18:3 n-3 ไปเป็น n-3 PUFA สายยาวขึ้นได้ เช่น C20:5 n-3, C22:5 n-3, C22:6 n-3 เป็นต้น แต่พืชไม่มีกระบวนการนี้ ดังนั้นอาหารจากพืชจึงไม่มีกรดไขมัน PUFA สายยาว

ทั้ง C18:2 n-6 และC18:3 n-3 เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวสายยาวชนิดอื่น สารตั้งต้นของ n-3 PUFA คือ C18:3 n-3 ซึ่สามารถเปลี่ยนเป็น EPA และ DHA โดยอาศัยการ Elongation และ เอนไซม์ Desaturase ชนิดต่างๆในไมโครโซม (Microsome) สำหรับ n-6 PUFA เกิดปฏิกิริยาและใช้เอนไซม์เดียวกัน แต่มี C18:2 n-6 เป็นสารตั้งต้น ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็น γ-linolenic acid (C18:3 n-6) และ arachidonic acid (C20:4 n-6) ได้ตามลำดับ (Higg, 2002)

กรดไขมันโอเมก้า 3 จากแหล่งต่างๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์

จากหลายการศึกษา พบว่าการเสริมกรดไขมันโอเมก้า 3 จากแหล่งต่างๆ ช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ดีขึ้น ตัวอย่างเช่นการศึกษาของ Romans et al. (1995) พบว่าการเสริม flaxseed ป่นในอาหารสุกร 25 วันก่อนฆ่า ในระดับ 0, 5, 10 และ 15 % มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตดีขึ้น อีกทั้ง Enser et al. (2000) ทำการทดลองโดยการปรับสูตรอาหารสุกรทำให้มีสัดส่วนของกรดไขมัน n6/n3 ลดลงจาก 8.2 (กลุ่มควบคุม) เป็น 2.5 (กลุ่มทดสอบ) โดยการเสริม Linseed ป่น พบว่า ADG และ FCR ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม จากการทดลองของ Myer, Lamkey et al. (1992) รายงานว่าการเสริม Canola oil (0, 5 หรือ 10%) ลงในอาหารสุกรรุ่น-ขุน โดยปรับสูตรอาหารให้มีอัตราส่วนของ methionine:lysine คงที่ พบว่า ADG และ FCR ดีขึ้นตามระดับการเสริมของ Canola oil สอดคล้องกับการศึกษาของ Myer et al. (1992) พบว่า การเลี้ยงสุกรด้วยอาหารที่มีระดับของไนโตรเจนเท่ากันแต่มี Canola oil ระดับ 3.2, 6.2, 9.2 และ 12.2% พบว่า การย่อยได้ของกรดอะมิโนที่ลำไส้เล็กของสุกรเพิ่มขึ้นตามระดับที่มีการเสริม Canola oil อย่างไรก็ตาม จากรายงานของ Busboom et al. (1991) พบว่า การเลี้ยงสุกรขุนด้วยอาหารที่มี Canola oil ป่นที่ระดับ 20 % ทำให้ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสุกรได้รับพลังงานสูงขึ้น

ถิรนันท์ ศรีกัญชัย (2549) ศึกษาการใช้น้ำมันปลาทูน่าในอาหารสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมียที่น้ำหนักฆ่าต่างกัน (90, 100 และ 110 กก.) 2 ระดับ คือ 0 (กลุ่มควบคุม), 2 % (กลุ่มทดสอบ) พบว่า สุกรกลุ่มที่น้ำมันปลามีแนวโน้มสมรรถภาพการผลิต

โดยรวมดีกว่ากลุ่มควบคุม โดยสุกรเพศผู้ตอนที่มีน้ำหนักฆ่าระดับต่ำ มีสมรรถภาพการผลิตดีที่สุด เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตสูงและอัตราการแลกเนื้อต่ำ ขัดแย้งกับ ปัทมา ฤกษะเสน (2544) ศึกษาการเสริมน้ำมันปลาทูน่าลงในอาหารสุกรรุ่น-ขุนในระดับ 0% (กลุ่มควบคุม) , 1, 2 และ 3 % พบว่า กลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำมันปลาทูน่า 1% และ 2% มีแนวโน้มของปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น และ ADG ดีกว่า กลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำมันปลาทูน่า 3% และกลุ่มควบคุม ส่วน FCR ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม สอดคล้องกับการทดลองของ ยุวฉัตร วุฒิธรรมคณาพร (2544) รายงานว่า การเสริมน้ำมันปลาทูน่าในระดับต่างๆ ไม่มีผลต่อสมรรถภาพการผลิตสุกรรุ่น-ขุน แต่สุกรที่ได้รับการเสริมน้ำมันปลาในระดับ 1% มีแนวโน้มของสมรรถภาพการผลิตดีที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำมันปลาในระดับ 2 และ 3% ตามลำดับ และพบว่า สุกรเพศผู้ตอนมีสมรรถภาพการผลิตดีกว่าสุกรเพศเมีย เนื่องจากมี ADG สูงกว่า FCR และระยะเวลาที่ใช้เลี้ยงสั้นกว่าสุกรเพศเมีย

การใช้กรดไขมันกลุ่มโอเมก้าในการเพิ่มคุณภาพเนื้อสัตว์

คุณภาพเนื้อสัตว์ หมายถึง เนื้อที่ผ่านการคัดเลือกให้ได้คุณลักษณะตามที่ต้องการโดยการพัฒนาปรับปรุงการผลิต การฆ่า และการคัดเลือกหลังฆ่า ความต้องการของผู้บริโภคและผู้ประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ มีความสำคัญต่อคุณภาพเนื้อสัตว์ เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ กลิ่น ชนิด และปริมาณไขมัน ปริมาณจุลินทรีย์ในเนื้อ และสี ซึ่งการผลิตเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลัก 3 ประการ คือ

1. คุณลักษณะของคุณภาพเนื้อ (Quality characteristics)
2. คุณภาพของการผลิต (Production quality)
3. ความพึงพอใจของผู้บริโภค (Consumer appreciation)

ตัวกำหนดคุณสมบัติของเนื้อที่มีคุณภาพ ทั้งนี้ผู้บริโภคหรือผู้ที่นำเนื้อไปใช้ประโยชน์จะเป็นผู้ตัดสินหรือลำดับความสำคัญของคุณภาพเนื้อแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตาม ความคาดหวังที่สำคัญที่สุดของคุณภาพเนื้อก็คือคุณภาพการบริโภค ดังนั้นระดับความพึงพอใจทั้งหมดของการบริโภค ซึ่งประกอบไปด้วยปัจจัยร่วมของผลรวมต่อความนุ่ม ความชุ่มฉ่ำ และกลิ่นของเนื้อ แม้ว่าลักษณะที่ปรากฏต่อสายตานั้นจะมีผลไม่มากแต่ก็ได้รับความสนใจไม่ยิ่งหย่อน เนื่องจากผู้บริโภคและผู้ขายใช้เป็นคุณลักษณะในการตัดสินใจซื้อขายนั่นเอง คุณสมบัติของเนื้อเหล่านี้สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือต่างๆ เช่น วัดความเหนียวและความแข็งของไขมัน แต่ก็ยังคงต้องการความแม่นยำยิ่งขึ้นสำหรับการวัดด้วยสายตา เนื่องจากจากคะแนนที่ผู้ตรวจชิมให้นั้นยังไม่สามารถแยกแยะองค์ประกอบของคุณภาพการบริโภคที่ดีได้ (สัญชัย จตุรสิทธา, 2543)

ผลของการเสริมกรดไขมันโอเมก้า 3 จากแหล่งต่างๆ ต่อคุณภาพเนื้อ

การเสริมน้ำมันปลาโดยรวมแล้วไม่มีผลต่อคุณภาพเนื้อ ทั้งปัจจัยด้านความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electric conductivity) สีของเนื้อ ทั้งค่าความสว่าง (Lighteness, L*) ค่าสีแดง (Redness, a*) ค่าสีเหลือง (Yellowness, b*) และความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ (Water holding capacity) รวมทั้งปัจจัยด้านการตรวจชิมในส่วนด้านความนุ่ม (Tenderness) แต่พบว่า ทำให้สัดส่วนของไขมัน (Ether extract) และหากเนื้อมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากขึ้น ทำให้สีเปลี่ยนได้ง่ายและอายุการเก็บรักษาลดลง (Enser, 2000)

ปัทมา ฤกษะเสน (2544) รายงานว่า การเสริมน้ำมันปลาในระดับ 0, 1, 2 และ 3 % ไม่มีผลต่อความเป็นกรดด่างและค่าการนำไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ ทั้งที่ 45 นาที และ 24 ชั่วโมง หลังฆ่า อีกทั้งค่าสีของเนื้อก็ไม่พบความแตกต่างเช่นกัน ส่วนค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อสุกร (Drip loss) พบว่า กลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาในระดับ 3% มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ

กลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาระดับ 0, 1 และ 2% ตามลำดับ นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์ของน้ำมีแนวโน้มลดลงตามระดับของน้ำมันปลาที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับ เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ลดลง สำหรับการศึกษาของ Leskanich et al. (1997) พบว่า การเสริม Rapeseed oil ระดับ 2% ร่วมกับน้ำมันปลาระดับ 1% ลงในอาหารสุกรตั้งแต่น้ำหนักตัว 52 ถึง 95 กก. สามารถเพิ่มระดับของกรดไขมันโอเมก้า 3 และลดสัดส่วนของกรดไขมันชนิด n6/n3 ในเนื้อ และไส้กรอกลงได้ อีกทั้งทำให้ความนุ่มของเนื้อเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่า TBA ก็เพิ่มขึ้นด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างในลักษณะที่วิเคราะห์ด้วยประสาทสัมผัสของเนื้อและไขมัน สอดคล้องกับการศึกษาของ Bryhni et al. (2002) ที่ศึกษาการเสริมน้ำมันปลา 0, 0.2 และ 0.4% ร่วมกับอาหารที่มี PUFA 50 และ 31% ของไขมันทั้งหมดในอาหารสุกร พบว่า การให้อาหารที่มีระดับของ PUFA สูง ทำให้เนื้อสันและไส้กรอกมีความหืนมากกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มี PUFA ระดับต่ำ แต่การเสริมน้ำมันปลาในระดับไม่เกิน 0.4% ไม่มีผลต่อกลิ่นรสเนื้อสัน

ผลการเสริมกรดไขมันโอเมก้า 3 จากแหล่งต่างๆ ต่อคุณภาพไขมัน

จากการศึกษาของ ยุวฉัตร วุฒิธรรมคณาพร (2544) ที่ทำการเสริมน้ำมันปลาระดับ 0, 1, 2 และ 3 % ในอาหารสุกร พบว่า สีของไขมันทั้งค่า L* (Lightness), a* (Redness), b* (Yellowness) ของไขมันสันหลังและไขมันช่องท้อง ไม่มีความแตกต่างกัน และพบว่า ไขมันสันหลังที่เสริมน้ำมันปลา ระดับ 2 % และ 3 % มีความแข็งต่ำกว่าไขมันสันหลังจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่เสริมน้ำมันปลาในระดับ 1 % และพบว่า ค่า TBA ของไขมันสันหลังสูงขึ้นตามระดับของการเสริมน้ำมันปลา นอกจากนี้ สัญชัย จตุรสิทธา (2543) รายงานว่า Peroxide ที่เกิดจากการออกซิเดชั่น ไขมันสามารถสะสมในไขมันของร่างกายได้ระหว่างการเจริญเติบโต หากเลี้ยงสุกรด้วยน้ำมันปลาในระดับสูงทำให้สัตว์ขาด วิตามินอี และทำให้ได้ไขมันสีเหลืองจึงไม่เป็นที่ดึงดูดใจต่อผู้บริโภค อย่างไรก็ตาม การเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 % ลงในอาหารสุกรที่น้ำหนักตัวเฉลี่ย 81.4 กก. เป็นเวลา 4 สัปดาห์ก่อนฆ่า สามารถเพิ่มระดับของ EPA และ DHA ในเนื้อเยื่อไขมันทุกชนิดได้ซึ่งอัตราการเพิ่มในสองสัปดาห์แรกสูงกว่าสองสัปดาห์หลัง และพบว่า ที่ระดับของ EPA และ DHA เพิ่มขึ้นระดับของ Oleic acid และ Linoleic acid มีแนวโน้มลดลง โดยไม่มีผลต่อสีของไขมัน แต่ความแข็งของไขมันลดลงตามระดับของการเสริมน้ำมันปลาที่เพิ่มขึ้น ส่วนการศึกษาของ Bryhni et al. (2002) รายงานว่า การปรับสูตรอาหารสุกรให้มี PUFA ในไขมันสันหลังได้ นอกจากนี้ Fritsche et al. (1993) ได้ทำการเสริม Menhaden oil ลงในอาหารแม่สุกรแทนที่น้ำมันหมู ที่ระดับ 0, 3.5 และ 7% ตั้งแต่วันที่ 107 ของการตั้งท้องและอีก 28 วันของการให้นม พบว่า น้ำนมของแม่สุกรกลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำมันปลามีระดับของ PUFA เพิ่มสูงขึ้นและระดับของ EPA เพิ่มขึ้นถึง 6 เท่า ส่วนใน Serum ของลูกสุกร พบว่า มีระดับของ PUFA ชนิดโอเมก้า 3 เพิ่มขึ้น จากการเก็บตัวอย่างใน 24 ชั่วโมงหลังคลอด โดยเป็นการเพิ่มแบบเชิงเส้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น

สรุป

การใช้ไขมันกลุ่มโอเมก้าจากแหล่งต่างๆ ช่วยปรับปรุงสมรรถภาพการผลิตของสุกร พบว่า การเสริมกรดไขมันโอเมก้า -3 จาก Canola oil ที่ระดับ 0, 5 หรือ 10% ลงในอาหารสุกรรุ่น-ขุน มีผลให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย/ตัว/วัน และประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารดีขึ้นตามระดับการเสริมของ Canola oil และการใช้ Canola oil ที่ระดับ 3.2, 6.2, 9.2 และ 12.2% พบว่า มีผลให้การย่อยได้ของกรดอะมิโนที่ลำไส้เล็กของสุกรเพิ่มขึ้น สำหรับการใช้น้ำมันปลาทูน่าในอาหารสุกรเพศผู้ตอนและเพศเมียที่น้ำหนักฆ่าต่างกัน (90, 100 และ 110 กก.) 2 ระดับ คือ 0 และ 2 % พบว่า สุกรกลุ่มที่น้ำมันปลามีแนวโน้มสมรรถภาพการผลิตโดยรวมดีกว่ากลุ่มควบคุม

การใช้ไขมันกลุ่มโอเมก้าจากแหล่งต่างๆ ช่วยปรับปรุงคุณภาพซาก พบว่า การเสริมน้ำมันปลาในระดับไม่ เกิน 0.4 % ไม่มีผลต่อกลิ่นและรสของเนื้อสันและการเสริมน้ำมันปลาที่ระดับ 0, 2, 4 และ 6 % ลงในอาหารสุกรที่น้ำหนักตัวเฉลี่ย 81.4 กก. เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ก่อนฆ่าสามารถเพิ่มระดับของ EPA และ DHA ในเนื้อเยื่อไขมันทุกชนิดได้

ข้อเสนอแนะ

กรดไขมันกลุ่มโอเมก้า เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่แรกอยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 นับจากปลาย Methyl ซึ่งจัดเป็นกรดไขมันจำเป็น ร่างกายไม่สามารถสร้างเองได้ เช่น กรดแอลฟาลิโนเลนิค EPA DHA มีสารตั้งต้น คือ กรดลิโนเลนิค ดังนั้น ร่างกายจำเป็นต้องบริโภคกรดไขมันกลุ่มโอเมก้าเพิ่ม ซึ่งพบมากในวัชพืชน้ำ สาหร่าย น้ำจืด-เค็ม พืชสีเขียว แบคทีเรีย แพลงค์ตอน และจากน้ำมันพืชบางชนิด เช่น น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่ว เหลือง น้ำมันจากเมล็ดลินสีด สำหรับในน้ำมันปลานั้น ประกอบด้วยกรดไขมันโอเมก้า -3 อยู่สูง เพราะสัตว์เหล่านี้กินพืช สาหร่าย และ Phytoplankton

รายการอ้างอิง

ณาตยา รัตนวงศ์ไพศาล ประภา โช๊ะสลาม และพรพิมล พิมลพันธุ์. (2540). **การใช้น้ำมันปลาทูน่าผสมอาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงไก่กระทง.** ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาจุลลวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ถิรนันท์ ศรีกัญชัย. (2549). **ผลของน้ำมันปลาทูน่าต่อคุณภาพเนื้อและไขมันของสุกรรุ่น-ขุนที่น้ำหนักฆ่าต่างกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2541). **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปัทมา ฤกษะเสน. (2544). **ผลของการเสริมน้ำมันปลาในระดับที่ต่างกันในอาหารสุกรต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซากและเนื้อ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. (2542). สารอาหารกับภูมิคุ้มกันในสัตว์ (ตอนที่ 2). **สัตวเศรษฐกิจ, 17**(369), 48-53.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. (2546). **หลักการอาหารสัตว์: โภชนะ เล่ม 1.** กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. (2547). **หลักการอาหารสัตว์: หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์ เล่ม 2.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

ยุวฉัตร วุฒิธรรมคณาพร. (2544). **ผลของการเพิ่มกรดไขมันโอเมก้า-3 โดยการเสริมน้ำมันปลลาทูน่าในสูตรอาหารต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพซาก และไขมันของสุกรเพศผู้ตอนและสุกรเพศเมีย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สัญชัย จตุรสิทธา. (2543). **การจัดการเนื้อสัตว์.** เชียงใหม่ : มิ่งเมือง.

ศศิพันธ์ วงศ์สุทธาวาส และสุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์. (2546). อิทธิพลของปริมาณและสัดส่วนไขวัวกับน้ำมันถั่วเหลืองในอาหารต่อการสะสมไขมันภายในซากไก่เนื้อ. **รายงานการประชุมสัมมนาวิชาการเกษตร. ประจำปี 2546 วันที่ 27-28 มกราคม 2546. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,** 596-604.

Bell, G., Gebert, S. & Messikommer, R. (2002). Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissue and lipogenesis in the pig. **J. Anim. Sci, 80**, 1564-1574.

Bryhni, E.A., Kjos, N.P., Ofstad, R. & Hunt, M. (2002). Polyunsaturated fat and fish oil in diets for growing-finishing pigs: effect on fatty acids composition and meat, fat, and sausage quality. **Meat Sci, 62**, 1-8.

Busboom, J.R., Rule, D.C., Colin, D., Heald, T. & Mazhar, A. (1991). Growth, carcass characteristics, and lipid composition of adipose tissue and muscle of pigs fed canola. **J. Animal. Sci, 69**, 1101-1108.

Enser,M. , R.I. Richardson, Wood, J.D., Gill, B.P. & Sheard, P.R. (2000). Feeding linseed to in Crease the n-3 PUFA of pork acid compositons of musscle, adipose tissue, liver and sugsages. **Meat Sci, 55**, 201-202.

Fritsche, K.L., Huang, Sh-C. & Cassity, N.A. (1993). Enrichment of omega-3 fatty acids in suckling pigs by maternal dietary fish oil supplemention. **J. Anim. Sci, 71**, 1841-1847.

Higgs, J.D. (2002). Enhancing the nutritional value of meat. In : Nutrition **Handbook for Feed Processors.** Eds. Henry, C.J.K. & Chapman, C. CRC Press. England : Cambridge, 206-243.

Leskanich, C.O., Matthews, K.R., Warkup, C.C., Noble, R.C. & Hazzledine, M. (1997). The Effect of dietary oil containing (n-3) fatty acids on the fatty acid, physicochemical and organoleptic characteristics of meat and fat. **J. Anim. Sci, 75**, 673-683.

Myer, R.O., Lamkey, J.W., Walker, W.R., Brendemuhl, J.H. & Combs, G.E. (1992). Performance and carcass characteristics of swine when fed diets containing canola oil and added copper to alter the unsaturated : saturated ratio of pork fat. **J. Anim. Sci, 70**, 1417-1423.

Romans, J. R. ,Johnson, R. C., Wulf, D.M., Libal, G.W. & Costello, W.J. (1995). Effets of Ground flaxseed in swine dites on pig performance and on physical and sensory characteristics and omega-3 fatty acid contend of pork :I.dietry leave of flaxseed. **J. Animal Sci, 73**, 1982-1986.

Sander, T.A.B. (1994). polyunsaturated fatty acid in the food chain in Europe. **AM.j.Clin Nutr, 71**, 176S-178S .

Simopoulos, A.P.(2001). The importance of the ratio of omega-6/-3 essential fatty acids. **Biomed Pharmacother, 56**, 365-379.

Voet, D. & Voet, J.G. (1999). **Biochemistry.** 2nd ed. New York : John Wiley & Son. Inc.

Whittemore, C.T. (1998). **The Scince and Practice of pig Production.** 2nd ed. USA : Blackwell Scince.