บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

ประสิทธิภาพการผลิตสุกร (production performance)

ประสิทธิภาพการผลิตสุกรขุนของกลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่มีน้ำมันปลาทูน่าในสูตรอาหาร 2% พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในด้านน้ำหนักเริ่มต้นของสุกรขุนที่เข้าทดลอง และน้ำหนักสุดท้ายของสุกรเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ส่วนปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันของสุกรขุนที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และได้รับน้ำมันปลาทูน่า 2% ในสูตรอาหารพื้นฐานทั่วไปที่ใช้เลี้ยงสุกรสำหรับการค้า พบว่าสุกรมีปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยต่อวันแตกต่างกัน โดยกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่า 2% มีแนวโน้มของปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันต่ำกว่าสุกรกลุ่มควบคุม การที่มีน้ำมันปลาในสูตรอาหารมีผลต่อปริมาณการกิน ทำให้สุกรกินอาหารลดลง เนื่องจากระดับน้ำมันปลาที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดกลิ่นปลาในอาหาร เพราะน้ำมันปลาที่ใช้ในการทดลองเป็น crude oil ซึ่งมีความบริสุทธิ์น้อยกว่า semi purified oil และ purified oil ทำให้ความน่ากินของอาหารลดลง แต่ De Sousa *et al.* (2003) รายงานว่า การเสริมชนิดของไขมันที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อการกินอาหารเฉลี่ยต่อวัน โดยกลุ่มที่มีการเสริมไขมันชนิดไม่อิ่มตัวจะมีแนวโน้มของปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยต่อวันต่ำที่สุด

ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดของสุกรขุนกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่า 2% พบว่าสุกรมีปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดแตกต่างกัน โดยกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มของปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดสูงกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่า โดยกลิ่นปลาเป็นปัญหาหนึ่งที่มีผลกับปริมาณการกินของสุกร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำมันปลา และระดับของน้ำมันปลา (Fowler, 1999) ซึ่งให้ผลตรงข้ามกับ ปัทมา (2544) พบว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมน้ำมันปลาระดับ 1, 2 และ 3% มีปริมาณการกินอาหารทั้งหมดมากกว่ากลุ่มที่ไม่มีการเสริมน้ำมันปลาในสูตรอาหาร และสอดคล้องกับการทดลองของ ยุวฉัตร (2544) นอกจากนี้ระดับพลังงานที่กินในอาหารมีผลต่อปริมาณการกินได้ของสุกร (NRC, 1998; Stein *et al.*, 1996)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวันของสุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่า 2% ในสูตรอาหาร พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละชนิดอาหารที่ใช้ในการทดลอง และการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวโดยสุกรกลุ่มควบคุมมีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตต่อวันสูงกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่าในสูตรอาหาร ค่าที่ได้สอดคล้องกับ Kouba *et al.* (2003) ที่ทำการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เสริม linseed ในสูตรอาหารซึ่งไม่พบความแตกต่างของอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของสุกร เทียบกับอาหารกลุ่มควบคุม ส่วนอัตราแลกน้ำหนักของสุกรขุนที่เข้าทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลา 2% ในสูตรอาหาร จะมีค่าของอัตราแลกน้ำหนักต่ำกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจากระยะเวลาในการเลี้ยงสั้นกว่ากลุ่มควบคุม โดยอัตราการแลกน้ำหนักของสุกรที่มีการปรับปรุงพันธุ์มีค่าเฉลี่ย 2.59 (MLC, 1989) นอกจากนี้ De Sousa *et al.* (2003) รายงานว่าอัตราแลกน้ำหนักเท่ากับ 3.58 สำหรับกลุ่มที่มีการเสริมไขมันชนิดไม่อิ่มตัว ซึ่งมีค่ามากกว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่เสริมน้ำมันปลาทูน่าในการทดลองนี้ซึ่งขัดแย้งกับ Kouba *et al.* (2003) ที่ทำการเสริม linseed ในสูตรอาหารซึ่งไม่พบความแตกต่างด้านอัตราแลกน้ำหนักของสุกรทดลองกับอาหารควบคุม

ส่วนน้ำหนักตัวเมื่อเริ่มต้น น้ำหนักสุดท้าย อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน และอัตราแลกน้ำหนักของสุกรขุนทั้งเพศผู้ และเพศเมียไม่มีความแตกต่างกัน แต่พบว่าสุกรขุนเพศผู้มีปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน และปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดสูงกว่าสุกรขุนเพศเมียสอดคล้องกับการทดลองของ De Sousa *et al.* (2003) ซึ่งสุกรเพศผู้ไม่ตอนมีปริมาณการกินเฉลี่ยต่อวันสูงกว่าเพศเมีย โดยสุกรเพศผู้ตอนมีการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนบางตัว ยังผลให้ลดการสะสมเนื้อ แต่เพิ่มการสะสมไขมันแทน (Lawrie, 1998) และจากการศึกษาของ Henry *et al.* (1996) พบว่าปริมาณอาหารที่กินต่อวันของเพศผู้สูง ทำให้ปริมาณการกินอาหารทั้งหมดของสุกรสูงขึ้น ส่วนน้ำหนักตัวที่เพิ่มของทั้งสองเพศ มีความใกล้เคียงกัน ผลที่ได้ตรงข้ามกับการรายงานของ MLC (1989) ซึ่งรายงานว่าน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของสุกรเพศผู้ มีแนวโน้มสูงกว่าสุกรเพศเมีย ทั้งกลุ่มที่ให้อาหารเต็มที่และจำกัดอาหาร

จากการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตสุกรขุนที่มีน้ำหนักฆ่าแตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มน้ำหนักเข้าฆ่าเฉลี่ยที่ 90, 100 และ 110 กิโลกรัม ปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันของสุกรขุนที่มีน้ำหนักเข้าฆ่าต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.001$) โดยสุกรกลุ่มที่มีน้ำหนักเข้าฆ่าที่ 90 กิโลกรัม มีปริมาณการกินอาหารเฉลี่ยต่อวันสูงกว่ากลุ่มน้ำหนัก 100 และ 110 กิโลกรัม (1.68, 1.68 และ 1.65 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ) ปริมาณการกินอาหารต่อวันของสุกรจะเพิ่มขึ้น และลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงท้ายของการขุนโดยเฉพาะอย่างยิ่งจะมีปริมาณการกินอาหารช่วงเริ่มต้นของการขุนเป็นไปตามลักษณะของ sigmoid curve (Fisher *et al.*, 2003)

ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดของสุกรขุนที่มีน้ำหนักเข้าฆ่าต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยน้ำหนักเข้าฆ่าที่ 110 กิโลกรัม จะมีค่าปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือที่น้ำหนักเข้าฆ่าที่ 100 และ 90 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณการกิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งหมดขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่กินถ้าระยะเวลาในการเลี้ยงนาน ปริมาณอาหารสะสมที่กินทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นด้วย (Whittemore, 1998) ส่วนอัตราการเจริญเติบโตต่อวันของ พบว่ากลุ่มที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเข้าฆ่า 90 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญดีที่สุด ซึ่งค่าที่ได้สัมพันธ์กับระยะเวลาในการเลี้ยง และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้นตามลำดับ (Fisher *et al.*, 2003; Kouba *et al.*, 2003; Whittemore, 1998)

ด้านน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นของสุกรทั้งสามกลุ่มน้ำหนักมีค่าต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มที่มีน้ำหนักฆ่า 90 กิโลกรัม จะมีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุด และจะเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักเฉลี่ยที่เข้าฆ่าคือ 100 และ 110 กิโลกรัม ตามลำดับ โดยพบว่ามีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงต้นของการขุน เนื่องจากมีการเปลี่ยนอาหารที่กินเป็นโปรตีนค่อนข้างสูงในช่วงแรก และลดลงในช่วงท้ายของการขุน ส่วนปริมาณไขมันในร่างกายจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นตามลำดับ (Lewis and Southern, 2001) ประกอบกับระยะเวลาในการเลี้ยงที่เพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้น้ำหนักเข้าฆ่าตามที่ต้องการ และอัตราแลกน้ำหนักของสุกรทั้ง 3 กลุ่ม มีความแตกต่างกันโดยกลุ่มที่มีน้ำหนักเข้าฆ่าเฉลี่ย 90 กิโลกรัม มีอัตราแลกน้ำหนักต่ำสุด ค่าที่ได้สอดคล้องกับ Kouba *et al.* (2003) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า MLC (1989) ที่มีอัตราแลกน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.59 และจากการทดลองของ De Sousa *et al.* (2003) รายงานว่าอัตราแลกน้ำหนักสุกรระหว่าง 70-100 กิโลกรัม ของกลุ่มที่มีการเสริมกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว มีค่าเท่ากับ 3.58

ระดับคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ และไลโปโปรตีนในซีรัมสุกร (serum cholesterol, triglyceride and lipoprotein)

การที่สุกรขุนได้รับอาหารต่างกันในการทดลอง คือ อาหารกลุ่มควบคุม และอาหารที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่าในสูตรอาหาร 2% พบว่าชนิดของอาหารมีผลต่อปริมาณ HDL และ LDL เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$; $P<0.01$ ตามลำดับ) โดยปริมาณไตรกลีเซอไรด์, คอเลสเตอรอล, HDL, VLDL และ LDL ก่อนการทดลองของสุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 66.23, 81.30, 45.12, 13.25 และ 22.93 mg/dl ตามลำดับ และในกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่า 2% ในสูตรอาหารมีค่าเท่ากับ 61.53, 91.56, 40.04, 12.31 และ 39.21 mg/dl ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกัน ($P<0.05$) และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าค่าไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอล และ VLDL ไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามการได้รับไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 จะไปมีผลลดการสังเคราะห์ VLDL และ ไตรกลีเซอไรด์ในตับ เนื่องจาก EPA เป็นสารตั้งต้นที่ไม่ดีในการสังเคราะห์ VLDL และ ไตรกลีเซอไรด์ (Rustan *et al.*, 1988) นอกจากนี้ผลทดลองพบความแตกต่างของค่า HDL และLDL ($P<0.05$) โดยค่าที่ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สอดคล้องกับการรายงานของ Pedersoli (1978) ซึ่งได้รายงานว่าการได้รับอาหารที่มีไขมันสูงส่งผลต่อระดับของคอเลสเตอรอลที่เพิ่มขึ้นด้วย แต่จากการทดลองของ Thomas *et al.* (2002) รายงานว่าการเสริมไขมันในสูตรอาหารในปริมาณสูงจะเป็นการเพิ่ม LDL ในเลือด นอกจากนี้ Jones *et al.* (1992) รายงานว่าสุกรหลังหย่านมที่ได้รับอาหารไขมันต่างชนิดกัน คือไขมันจากสัตว์ และจากพืช พบว่ามีผลต่อปริมาณไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอลโดยรวม HDL และ LDL ในเลือด โดยกลุ่มที่ได้รับไขมันจากพืชชนิดไขมันอิ่มตัว มีปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเลือดสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับไขมันจากพืชชนิดไม่อิ่มตัว นอกจากนี้ไขมันจากสัตว์กลุ่มที่มีการเสริมไขมันแข็งจะมีปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเลือดต่ำกว่า กลุ่มที่ได้รับการเสริมไขมันเหลว โดยแนวโน้มของกลุ่มที่ได้รับการเสริมไขมันแข็งจากสัตว์ มีแนวโน้มของคอเลสเตอรอลโดยรวม HDL และ LDL สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมไขมันเหลว แต่ปริมาณไตรกลีเซอไรด์ของกลุ่มที่ได้รับการเสริมไขมันแข็งจะมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมไขมันเหลว ทั้งนี้ปริมาณไตรกลีไรด์ในพลาสม่าขึ้นอยู่กับกรดไขมันที่ได้รับ ถ้าได้รับไขมันในอาหารสูง ทำให้มีไตรกลีเซอไรด์ในพลาสม่าสูงขึ้นเช่นกัน (Muesing *et al.*, 1995: onlines) รวมถึงความสามารถในการดูดซึมของชนิดกรดไขมัน โดยกรดไขมันอิ่มตัวสายกลางจะถูกดูดซึมเป็นคอเลสเตอรอลได้น้อยกว่าได้รับกรดไขมันอิ่มตัวสายยาว เช่นเดียวกับการสังเคราะห์ที่พบว่ากรดไขมันสายยาวชนิดไม่อิ่มตัวจะสังเคราะห์เป็นคอเลสเตอรอลได้มากกว่ากรดไขมันสายยาวชนิดอิ่มตัว (Jones *et al.*,1992) อย่างไรก็ตามการได้รับอาหารที่มีไขมันกลุ่มโอเมก้า-3 โดยเฉพาะน้ำมันปลาต่อระดับของ LDL และ HDL ซึ่งพบว่า LDL ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง ส่วนระดับของ HDL เพิ่มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อย (Schmidt *et al.*, 2000)

ส่วนความแตกต่างระหว่างเพศมีผลต่อค่า LDL ก่อนเริ่มทดลอง พบว่าเพศผู้มีค่า LDL สูงกว่าเพศเมีย (34.14 และ 27.43 mg/dl ตามลำดับ) ส่วนไตรกลีเซอไรด์ คอเลสเตอรอล HDL และ VLDL ก่อนและหลังการทดลองทั้งสองเพศไม่ต่างกัน แต่พบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลหลังการทดลองของเพศผู้มีแนวโน้มสูงกว่าเพศเมีย สอดคล้องกับ Van *et al.* (1987) ทั้งนี้คอเลสเตอรอลในพลาสม่าได้มาจาก 2 แหล่ง คือจากอาหาร และจากการสังเคราะห์ที่ตับ (อุษณีย์, 2547) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเพศผู้มีการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลที่ตับใกล้เคียงกับเพศเมีย รวมถึงปริมาณของคอเลสเตอรอลในอาหารได้รับไม่ต่างกัน นอกจากนี้ Pond *et al.* (1993) ได้ศึกษาโดยสุ่มเลือกสุกรสายพันธุ์ที่มีระดับของคอเลสเตอรอลสูงและต่ำ โดยทำการเจาะเลือดเพื่อดูส่วนประกอบของเลือดที่อายุ 8 สัปดาห์ พบว่าสุกรสายพันธุ์ที่มีระดับของคอเลสเตอรอลสูงมีคอเลสเตอรอลโดยรวมของเพศผู้สูงกว่าเพศเมีย แต่ไม่พบความแตกต่างเมื่อทดสอบกับสุกรสายพันธุ์ที่มีระดับของคอเลสเตอรอลต่ำ โดยเพศผู้และเพศเมียมีค่าคอเลสเตอรอลเท่ากับ 81.2 และ 81.4 mg/dl ตามลำดับ ทั้งนี้ความหลากหลายทางพันธุกรรมของสุกรเป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถใช้ประเมินค่าความสัมพันธ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ระหว่างพันธุกรรมสัตว์และองค์ประกอบภายในอาหาร ซึ่งพบว่าระดับความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลในเลือดถูกควบคุมโดยพันธุกรรม (Pond *et al.*, 1986) ส่วน Fernandez *et al.* (2001) ทำการทดลองเกี่ยวกับการเสริมกรดไขมันชนิดอิ่มตัว และไม่อิ่มตัว โดยเลี้ยงหนูตะเภาเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และเจาะเลือดเพื่อดูส่วนประกอบของเลือด พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศ แต่ปริมาณคอเลสเตอรอลโดยรวม และ HDL ของเพศเมียมีแนวโน้มสูงกว่าเพศผู้ ซึ่งความเข้มข้นของคอเลสเตอรอลอิสระที่อยู่ในตับไม่มีผลต่อเพศ ฮอร์โมน และอาหาร

น้ำหนักเข้าฆ่าที่ต่างกันมีผลต่อปริมาณคอเลสเตอรอล และ LDL หลังทดลอง อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งค่าที่ได้ของน้ำหนักเข้าฆ่าเฉลี่ย 90 กิโลกรัม มีค่าคอเลสเตอรอล และ LDL สูงที่สุด และลดลงเมื่อมีน้ำหนักเข้าฆ่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่ค่าไตรกลีเซอไรด์ HDL และ VLDL พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้การเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการสะสมไขมันที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นคอเลสเตอรอลจึงมีการสะสมเพิ่มขึ้นเช่นกัน อย่างไรก็ตามเมื่อเลี้ยงสุกรต่อไปกระทั่งเกินระยะขุนองค์ประกอบที่เป็นไขมันในร่างกายจะลดลง แต่จะพบการเพิ่มขึ้นของน้ำภายในเซลล์อย่างเห็นได้ชัด (Whittemore, 1998) ส่วน Friesen *et al.* (1995) รายงานว่า ความเข้มข้นของคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ HDL และ LDL ในเลือดของสุกรน้ำหนัก 72.5-136 กิโลกรัม โดยสุกรที่ได้รับอาหารเสริม lysine ในระดับต่างๆ กัน ไม่พบความแตกต่างระหว่าง คอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ HDL และ LDL ของน้ำหนักฆ่าเฉลี่ยที่ 136 กิโลกรัม โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 72.7-82.01, 24.37-33.97, 30.82-35.54 และ 39.53-49.77 mg/dl ตามลำดับ ฉะนั้น lysine ที่เสริมในอาหารสุกรไม่มีผลต่อการสะสมไขมันเมื่อน้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่จะช่วยเพิ่ม feed intake ของสุกรในระยะรุ่นขุนได้ (De Lange *et al.*, 2001)

คุณภาพซาก (carcass quality)

ชนิดของอาหารที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มอาหารควบคุม และกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่า 2% ในสูตรอาหาร มีผลต่อน้ำหนักฆ่า น้ำหนักซากอุ่น และน้ำหนักซากเย็นเท่ากับ 101.01, 76.02 และ 73.74 กิโลกรัมตามลำดับ ค่าที่ได้สูงกว่ากลุ่มสุกรขุนที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่า 2% ในสูตรอาหาร โดยมีค่าเท่ากับ 97.76, 73.79 และ 71.58 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์ซาก ความยาวซาก ความหนาไขมันสันหลัง ความหนาไขมันสันหลังที่ตำแหน่ง P_2 พื้นที่เนื้อตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับรายงานของ Kouba *et al.* (2003) ที่เสริม linseed ในสูตรอาหารซึ่งไม่พบความแตกต่างของน้ำหนักซากเย็น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาหารควบคุม ส่วน De Sousa *et al.* (2003) รายงานว่าชนิดของไขมันที่มีการเสริมในอาหาร ได้แก่ soybean oil, canola oil, linseed oil และ PUFA มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง โดยมีค่ามากกว่ากลุ่มที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไม่ได้เสริมในสูตรอาหาร ทั้งนี้ชนิดอาหารไขมันโดยเฉพาะอย่างยิ่ง polyunsaturated fatty acids ที่เสริมให้กับสุกรมีความสัมพันธ์ต่อองค์ประกอบของไขมันในซาก และเนื้อเยื่อไขมันที่อยู่ในชั้น intramuscular (Nguyen *et al.*, 2003) เป็นไปได้ว่าชนิดอาหารที่ให้กับสุกรอาจส่งผลต่อคุณภาพซากโดยรวม เนื่องจากซากที่ได้รับอาหารการเสริมอาหารประเภท polyunsaturated fatty acids ที่มากกว่าปกติแต่ไม่มากจนเกินไป อย่างไรก็ตามซากที่มีไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในซากสูงถือว่าเป็นซากที่มีคุณภาพดีเหมาะแก่การบริโภค เนื่องจากสามารถลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคเกี่ยวกับหัวใจ (Van Oeckel *et al.*, 1996)

นอกจากนี้ความแตกต่างระหว่างเพศผู้และเพศเมีย มีผลต่อน้ำหนักเข้าฆ่า น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น ความหนาไขมันสันหลัง และความหนาไขมันสันหลังที่ตำแหน่ง P_2 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.01$) โดยเพศผู้มีน้ำหนักฆ่า น้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น ความหนาไขมันสันหลัง และความหนาไขมันสันหลังที่ตำแหน่ง P_2 มีค่าสูงกว่าเพศเมีย แต่ความแตกต่างระหว่างเพศไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก ความยาวซาก พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ($P>0.05$) ส่วน De Sousa *et al.* (2003) รายงานความแตกต่างระหว่างเพศว่าไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก ความยาวซาก ความหนาไขมัน และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน แต่พบความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนของเนื้อและไขมัน โดยเพศเมียมีค่าสูงกว่าเพศผู้ (1.42 และ 1.21) นอกจากนี้เพศเมียยังมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง สูงกว่าเพศผู้ โดยมีค่าเท่ากับ 52.86 และ 50.27% ตามลำดับ ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพซากส่วนใหญ่ คือการเจริญเติบโตทดแทนที่สุกรเพศผู้ตอนจะมีมากกว่าสุกรเพศเมีย ดังนั้นสุกรเพศผู้จะมีการสร้างกล้ามเนื้อได้ดีกว่าสุกรเพศเมีย (Kristensen *et al.*, 2002) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะมีการสังเคราะห์โปรตีนในกล้ามเนื้อ ซึ่งจะเกิดกระบวนการที่มีความสัมพันธ์กับ RNA, elongation factor-2 รวมถึง protein degradation ที่เกี่ยวข้องกับ calpain และ myofibrillar fragmentation โดยเกิดในสุกรเพศผู้ตอนมากกว่าสุกรเพศเมีย (Therkildsen *et al.*, 2002) นอกจากนี้ฮอร์โมนบางชนิดยังส่งผลต่อคุณภาพซาก โดยฮอร์โมนเพศเมียช่วยกระตุ้นให้อยากอาหาร ทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นเร็ว ส่วนฮอร์โมนเพศผู้จะกระตุ้นให้ร่างกายสะสมเนื้อแดงสูง และมีปริมาณไขมันแทรกภายใน และระหว่างมัดกล้ามเนื้อต่ำกว่าเพศเมีย แต่ถ้าสุกรได้รับการตอนจะทำให้มีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อสูงขึ้น (สัญชัย, 2547)

ส่วนน้ำหนักฆ่าที่ต่างกันของของทั้ง 3 กลุ่ม คือ 90, 100 และ 110 กิโลกรัม มีผลต่อน้ำหนักซากอุ่น น้ำหนักซากเย็น ความยาวซาก พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ความหนาไขมันสันหลัง ความหนาไขมันสันหลังที่ตำแหน่ง P_2 เปอร์เซ็นต์ซาก และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ($P<0.01$) โดยพบว่าน้ำหนักเข้าฆ่าเฉลี่ย 90 กิโลกรัม มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเข้าฆ่าเฉลี่ย 100 และ 110 กิโลกรัม ค่าที่ได้สอดคล้องกับ Kouba *et al.* (2003) ได้รายงานน้ำหนักเข้าฆ่าที่ต่างกันคือ 51.4,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

94.65 และ 128 กิโลกรัม พบความแตกต่าง ของน้ำหนักซากเย็น ความหนาไขมันสันหลังที่ตำแหน่ง P_2 เพิ่มขึ้นตามน้ำหนักที่เข้าฆ่า และเช่นเดียวกับ Virgili *et al.* (2003) รายงานว่าเมื่อน้ำหนักเข้าฆ่าต่างกันคือที่อายุ 8 เดือน และ 10 เดือน ตามลำดับ พบความแตกต่างของน้ำหนักซากเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักเข้าฆ่าที่เพิ่มขึ้น

คุณภาพเนื้อ (meat quality)

ค่าความเป็นกรดด่าง และค่าสีของเนื้อ (pH-values and color of meat)

ค่าความเป็นกรดด่างของกล้ามเนื้อสันนอก (M. *Longissimus dorsi*) และสะโพก (M. *semimembranosus*) ที่ 45 นาทีหลังฆ่า พบว่ามีแนวโน้มสูงกว่าที่เวลา 24 ชั่วโมงหลังฆ่า กระบวนการเกิด glycolysis ส่วนใหญ่จะเกิดภายใน 1 ชั่วโมงแรกภายหลังสัตว์ตาย โดยค่าความเป็นกรดด่างที่วัดได้ถ้าค่า pH มากกว่าหรือเท่ากับ 6 ถือว่าเนื้อที่ได้เป็นเนื้อปกติ (Chizzolini *et al.*, 1993) แต่ถ้าเนื้อที่วัดได้มีค่า pH < 5.8 เนื้อนั้นมีโอกาสเกิด PSE (pale soft exudative) ได้สูง (สัญชัย, 2543) นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยของอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรขุนพบว่า ค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกที่ 45 นาทีหลังฆ่าของกลุ่มที่ใช้น้ำมันปลาทูน่า 2% ในสูตรอาหาร มีค่าสูงกว่าสุกรกลุ่มควบคุม ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอก และสะโพกที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า ด้านปัจจัยของเพศไม่พบความแตกต่างของค่า pH ที่วัดได้ ส่วนปัจจัยของน้ำหนัก พบว่าน้ำหนักฆ่าที่ 90 กิโลกรัม มีค่า pH ของกล้ามเนื้อสันนอกเมื่อวัดที่ 45 นาทีหลังฆ่า รวมถึงกล้ามเนื้อสันนอก และสะโพกที่วัดค่า pH ที่ 24 ชั่วโมงหลังฆ่า สูงกว่าน้ำหนักฆ่าที่ 100 และ 110 กิโลกรัม เนื่องจากความเครียดจากกระบวนการก่อนที่จะถึงขั้นตอนของการฆ่าซึ่งส่งผลต่อค่า pH ที่เกิดขึ้นได้ เช่น การขนส่ง สภาพของคอกพักสัตว์ สภาพอากาศ อุณหภูมิของน้ำ และกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการช๊อต เป็นต้น (Lawrie, 1998)

สีของเนื้อสันนอกของสุกรขุนกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมมีค่าความสว่าง (L*) ของเนื้อ ค่าความเป็นสีแดง-เขียว (a*) และค่าความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน (b*) สูงกว่าสุกรกลุ่มที่มีน้ำมันปลาทูน่า 2% ในสูตรอาหาร ด้านปัจจัยของเพศไม่พบความแตกต่างของค่า L*, a* และ b* ส่วนปัจจัยของน้ำหนักที่เข้าฆ่าที่ต่างกัน พบว่า น้ำหนักเข้าฆ่าที่ 90 กิโลกรัม มีค่า L*, a* และ b* สูงกว่าสุกรขุนที่มีน้ำหนักเข้าฆ่าที่ 100 และ 110 กิโลกรัม การที่เนื้อมีสีซีดอาจเกิดได้เนื่องจากการชะล้าง หรือการละลายได้ของรงควัตถุที่อยู่ภายในเซลล์ของกล้ามเนื้อออกนอกเซลล์ ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่ต้องการของผู้บริโภค (ชัยณรงค์, 2529) นอกจากนี้สีของเนื้อสัตว์ยังขึ้นอยู่กับ myoglobin และค่า pH ของเนื้ออีกด้วย โดยมีไอออนของ ferrous และ ferric ของเม็ดเลือดไปรวมกับออกซิเจน และสารประกอบตัวอื่นได้เป็นสีม่วงเข้ม (purplish red) ของ deoxygenated myoglobin สีแดงสว่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(bright red) ของ oxymyoglobin สีน้ำตาลเทา (brown/gray) ของ metmyoglobin (Fletcher, 1999) โดยการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อจะเกิดปฏิกิริยาการรับหรือให้อิเลคตรอนในสภาพของ reduction หรือ oxidation stage ที่ธาตุเหล็กในวงแหวนของฮีม เมื่อเหล็กถูก oxidized เหล็กจะไม่สามารถรวมกับโมเลกุลอื่นๆ รวมทั้งออกซิเจนได้ แต่เมื่อเหล็กถูก reduced ก็จะรวมตัวกับน้ำหรือออกซิเจน ดังนั้นเพื่อเพิ่มความเข้มสีของเนื้อให้นาน สามารถทำได้โดยการเพิ่มออกซิเจนลงไป ทั้งนี้กล้ามเนื้อที่อยู่ในสภาพตามธรรมชาติจะอยู่ในสภาพ reducing ดังนั้นสารย่อยจะนำออกซิเจนไปใช้จนหมด ทำให้กล้ามเนื้อขาดออกซิเจนมีเพียงแต่โมเลกุลของน้ำเท่านั้นที่ทำปฏิกิริยาได้ เนื้อที่ได้จึงมีสีแดงม่วง เรียกสภาพเช่นนี้ว่า reduced myoglobin แต่เมื่อใช้มีดตัดเนื้อพบว่า สารสีในเนื้อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนทำให้เนื้อมีสีแดงสด อยู่ในรูป oxymyoglobin สภาพเช่นนี้จะเกิดเป็นเวลา 30-45 นาที หลังจากนั้นไมโอโกลบินก็ยังคงสภาพอยู่ แม้จะเปลี่ยนเป็นเมทไมโอโกลบิน (metmyoglobin) ก็ตาม เพราะกล้ามเนื้อนั้นมีการสูญเสียอิเลคตรอน เนื้อสีน้ำตาลนี้ไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เพราะคิดว่าเป็นเนื้อเก่า เก็บไว้นาน แต่ถ้าปล่อยให้เนื้อนั้นได้รับออกซิเจนก็สามารถเปลี่ยนเป็นสีแดงสดได้ (สัญชัย, 2547)

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อ และความสามารถในการอุ้มน้ำ (chemical composition of meat and water holding capacity, WHC)

องค์ประกอบทางเคมีที่ทำการวิเคราะห์ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความชื้น และ โปรตีนพบว่าน้ำหนักเข้าฆ่าที่ต่างกันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเนื้อสันนอกที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยน้ำหนักเข้าฆ่าที่ 90 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักเข้าฆ่าที่ 100 และ 110 กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำในร่างกาย เมื่ออายุมากขึ้นปริมาณน้ำในร่างกายค่อยๆ ลดลง และถ้าร่างกายมีน้ำมากก็ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำได้มากเช่นกัน (Whittemore, 1998)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อเป็นการพิจารณาคุณภาพเนื้อทางอ้อมอีกทางหนึ่ง โดยดูได้จากค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อขณะเก็บ (drip loss) ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อภายหลังจากการแช่แข็ง (thawing loss) ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อโดยการต้ม (boiling loss) และ ค่าการสูญเสียน้ำของเนื้อจากการย่าง (grilling loss) ซึ่งพบว่าสุกรขุนกลุ่มที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมจะมีปริมาณ drip loss และ grilling loss สูงกว่าสุกรกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่า 2% ในสูตรอาหาร แต่ค่า thawing loss นั้นให้ผลตรงข้าม ส่วนปัจจัยจากเพศ พบว่าสุกรขุนเพศเมียมีค่า boiling loss สูงกว่าสุกรเพศผู้ตอน นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำหนักเข้าฆ่าที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า drip loss และ boiling loss สูงขึ้นด้วย แต่ค่า thawing loss จะให้ผลที่ตรงกันข้าม ในกรณีที่เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เนื่องจากสูญเสียความสามารถในการจับกับน้ำ นอกจากนี้การเกิด PSE ในเนื้อทำให้โปรตีนสูญเสียคุณสมบัติบาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประการไป ความสามารถในการละลายได้ลดลง (Lawrie, 1998) นอกจากนี้คุณสมบัติของความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อยังสัมพันธ์กับค่า pH ของเนื้อ (Allen *et al.*, 1998) นอกจากนี้การที่สัตว์ได้รับอาหารที่มีปริมาณไขมันสูงส่งผลต่อการสะสมไขมันในระดับสูงด้วย ซึ่งสัมพันธ์กับการมีไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ โดยทำให้ช่วยให้ป้องกันการสูญเสียน้ำจากการปรุงอาหาร (Estevez *et al.*, 2004) เนื่องจากไขมันแทรกระหว่างเซลล์ ทำให้แรงยึดระหว่างเซลล์ของกล้ามเนื้อน้อยลง อีกทั้งโปรตีนมัยโอไฟบริลา (แอคติน และมัยโอซิน) มีบทบาทสำคัญทำให้กล้ามเนื้อมีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี เพราะน้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญต่อโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ ดังนั้นน้ำในกล้ามเนื้อจะถูกตรึงอยู่ที่ผิวโมเลกุลของโปรตีนด้วยประจุไฟฟ้า ที่เรียกว่า bound water แต่ก็มีน้ำบางส่วนที่อยู่ไกลจากประจุไฟฟ้าบนโมเลกุล จะแฝงตามรูพรุน สามารถเคลื่อนที่ได้เรียกว่า immobilized water ซึ่งน้ำส่วนนี้ถูกขับออกกล้ามเนื้อได้ง่าย ฉะนั้นเนื้อที่มีความชุ่มฉ่ำสูง จะมีความสามารถจับน้ำได้มาก (สัญชัย, 2547; Lawrie, 1998)

ค่าแรงตัดผ่าน และการตรวจชิมเนื้อ (shear force value of meat and sensory evaluation)

แรงที่ใช้ในการตัดผ่านเนื้อ (shear force value) ของสุกรเพศผู้ตอน สูงกว่าสุกรเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากปริมาณไขมันแทรกที่อยู่ในเนื้อสุกร และไม่พบความแตกต่างของแรงที่ใช้ตัดผ่านเนื้อ เนื่องจากปัจจัยของอาหาร และน้ำหนักเข้าฆ่าที่ต่างกัน แรงที่ใช้ในการตัดผ่านอาจขึ้นอยู่กับลักษณะของกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน รวมถึงปริมาณของไขมันแทรกที่มีอยู่ ถ้ากล้ามเนื้อมัดใดมีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันอยู่มากจะส่งผลต่อค่าแรงตัดผ่านของเนื้อ และความนุ่ม (สัญชัย, 2547) นอกจากนี้การประเมินด้านตรวจชิม พบว่าปัจจัยของอาหาร มีผลต่อค่าความนุ่ม (tenderness) และค่าความชุ่มฉ่ำ (juiciness) โดยสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมจะมีค่าของ tenderness และค่า juiciness สูงกว่าสุกรกลุ่มที่ใช้น้ำมันปลาทูน่า 2% ในสูตรอาหาร แต่ไม่พบความแตกต่างของรสชาติ (flavor) และความพอใจโดยรวม (overall acceptability) ส่วนปัจจัยของน้ำหนักเข้าฆ่า พบว่าน้ำหนักเข้าฆ่าที่มากขึ้นมีผลต่อคะแนน tenderness, flavor และ overall acceptability ที่ได้ลดลง ทั้งนี้สัตว์ที่มีอายุมาก และกล้ามเนื้อที่ทำงานหนักเป็นประจำ รวมถึงเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจะมีความแข็งแรงซึ่งจะมีผลต่อค่าแรงตัดผ่าน โดยการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในร่างกายสัตว์มีเฉพาะการขยายขนาด และความแข็งแรงเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้น เพราะการทำงานของกล้ามเนื้อในร่างกายแต่ละส่วนมีความแตกต่างกันต่อเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูง โดยกล้ามเนื้อที่มีการทำงานหนัก และทำหน้าที่รองรับน้ำหนักมากๆ จะมีปริมาณของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันสูง ประกอบกับคุณภาพของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันต่ำ ทำให้เนื้อมีความเหนียวมากขึ้น แรงที่ใช้ตัดผ่านเนื้อก็สูงขึ้นตามไปด้วย (สัญชัย, 2547) นอกจากนี้ลักษณะโครงสร้างกล้ามเนื้อที่ใหญ่จะมีความเหนียวมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่มีขนาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เล็ก เนื่องจากการยึดเกาะของแอคติน และไมโอซินในขณะที่กล้ามเนื้อเกิดการหดตัว (Lawrie, 1998)

การวิเคราะห์ค่าการหืน ปริมาณคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อ (thiobarbituric acid; TBA number, cholesterol and triglyceride of meat)

การหืนเกิดจากปฏิกิริยา oxidation คือเมื่อเนื้อมีเปอร์เซ็นต์ของไขมันในเนื้อมาก จะทำให้เกิดปฏิกิริยา oxidation ได้ง่ายกว่าเนื้อที่มีเปอร์เซ็นต์ไขมันน้อย และมีความแปรผันโดยตรง กับค่า TBA number กล่าวคือถ้าเนื้อมีเปอร์เซ็นต์ไขมันสูง ค่า TBA number ก็จะเพิ่มมากขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่า TBA number เป็นการวัดปริมาณของสารประกอบที่อยู่ในเนื้อที่สามารถทำปฏิกิริยากับ thiobarbituric acid ได้ง่าย เช่น malondialdehyde พบว่าวันที่ 0 เมื่อทำการวัดหาค่า TBA number ไม่พบความแตกต่างจากปัจจัยของอาหาร เพศ หรือน้ำหนัก แต่เมื่อทำการวัดค่า TBA number วันที่ 3, 6 และ 9 พบว่าอาหารมีผลต่อค่าการหืนที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ Irie and Sakimoto (1992) พบว่าระดับของกรดไขมันจะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมน้ำมันปลา ทำให้อาหารที่มีน้ำมันปลาเป็นส่วนประกอบถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายกว่าอาหารกลุ่มควบคุม ส่วนการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานที่กิน ในปริมาณสูงจะเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับการเปลี่ยนสัดส่วนของ linoleic acid ไปเป็นพลังงานในอาหาร และจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของไขมัน และกรดไขมันใน adipose tissue ของสุกรด้วย (Bee *et al.*, 2002)

จากการทดลองพบว่าปริมาณคอเลสเตอรอลของสุกรกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่า 2% ในสูตรอาหาร มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุม และสุกรเพศผู้ตอนมีคอเลสเตอรอลสูงกว่าสุกรเพศเมีย และพบความแตกต่างของน้ำหนักฆ่า โดยน้ำหนักฆ่าที่ 110 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ของคอเลสเตอรอลสูงสุด แต่ไม่พบความแตกต่างจากปัจจัยของน้ำหนักฆ่าต่อปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเนื้อสันหลังของสุกร รวมถึงปัจจัยของชนิดอาหาร และเพศต่อปริมาณไตรกลีเซอไรด์ ทั้งนี้การได้รับ DHA และ EPA ในอาหารสุกรสามารถช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด และเนื้อสุกรได้ (Jaturasitha *et al.*, 2002) แต่ในบางครั้งทิศทางของคอเลสเตอรอลอาจไม่ไปในทางเดียวกันกับปริมาณไขมันในร่างกาย (Young *et al.*,1993) นอกจากนี้ Kolacz *et al.* (2003) ได้ศึกษาการเสริมปลาป่นลงในสูตรอาหาร และทำการเลี้ยงสุกรตั้งแต่น้ำหนัก 30-80 กิโลกรัม และเลี้ยงต่อด้วยเนื้อป่นจนสุกรมีน้ำหนักเข้าฆ่าที่ 100 กิโลกรัม พบว่ามีปริมาณของคอเลสเตอรอลโดยรวมเท่ากับ 95.75 ± 7.45 mg/100g ส่วนในกล้ามเนื้อสันนอก จะมีคอเลสเตอรอลต่ำกว่า 25 mg/100g และพบ 50 mg/100g ในกล้ามเนื้อแดง (Femandez *et al.*, 1995) นอกจากนี้สายพันธุ์ยังมีผลต่อการสะสมคอเลสเตอรอลที่ต่างกัน โดย Young *et al.* (1993) พบว่าสุกรสายพันธุ์ที่มีระดับคอเลสเตอรอลต่ำมีแนวโน้มของไขมันในร่างกาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากกว่าสายพันธุ์ที่มีระดับคอเลสเตอรอลสูง อย่างไรก็ตามการมีปริมาณของคอเลสเตอรอลในเนื้อต่ำกว่าปกติยังสอดคล้องกับการที่มีสัดส่วนของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวชนิดโอเมก้า 6 ต่อโอเมก้า 3 ที่แคบลง (Simopoulos, 2002) เช่นเดียวกับผลการทดลองนี้ กลุ่มที่ได้รับอาหารน้ำมันปลาทูน่ามีปริมาณคอเลสเตอรอลต่ำกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนค่าไตรกลีเซอไรด์มีรายงานว่ากล้ามเนื้อสันนอกของสุกรมีระดับไตรกลีเซอไรด์สูงกว่ากล้ามเนื้อสะโพก สำหรับอิทธิพลจากน้ำหนักฆ่าพบว่า ค่าคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ของเนื้อสุกรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามน้ำหนักฆ่าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณไตรกลีเซอไรด์มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ไขมันในเนื้อ (Leseigneur *et al.*, 1991) เช่นเดียวกับ De Smet *et al.* (2004) รายงานว่ากล้ามเนื้อสุกรมีฟอสโฟไลปิดส์ ค่อนข้างคงที่ ขณะที่มีไตรกลีเซอไรด์ประมาณ 0.2-5.0% ของน้ำหนักกล้ามเนื้อ และปริมาณไตรกลีเซอไรด์นี้แปรผันตามปริมาณไขมันในเนื้อ

องค์ประกอบกรดไขมันในกล้ามเนื้อสันนอก (fatty acid profile in LD muscle)

ชนิดของกรดไขมันที่พบในเนื้อสันของสุกรส่วนใหญ่มีแนวโน้มของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงกว่ากรดไขมันชนิดอิ่มตัว โดยอาหารสุกรกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลาทูน่า 2% มีแนวโน้มของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูงกว่าสุกรกลุ่มควบคุม 1.47% ซึ่ง Leskanich *et al.* (1997) ได้ทำการเสริมน้ำมันปลาทูน่าในสูตรอาหารที่ระดับ 1% และร่วมกับวิตามินอี พบว่าในเนื้อสันนอกของสุกร มีค่าของ SFA, MUFA, PUFA, PUFA:SFA และ n-6:n-3 PUFA เท่ากับ 36, 40, 24, 0.7%, และ 4.6 ตามลำดับ แต่ Kolacz *et al.* (2003) ได้ทำการเสริมปลาป่นลงในสูตรอาหาร และทำการเลี้ยงสุกรตั้งแต่น้ำหนัก 30-80 กิโลกรัม และเลี้ยงต่อด้วยเนื้อป่นจนสุกรมีน้ำหนักเข้าฆ่าที่ 100 กิโลกรัม พบค่าของ SFA, MUFA, PUFA และ n-6:n-3 PUFA เท่ากับ 37.06, 49.52, 13.42 และ15.59% ตามลำดับ ซึ่งไม่พบความแตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับ meat meal ตลอดการเลี้ยงเนื่องจากไขมันที่สุกรได้รับมีปริมาณของ PUFA ค่อนข้างต่ำ และไม่แตกต่างกัน ดังนั้นกรดไขมันโดยรวมที่พบจึงไม่ต่างกัน ส่วน Kracht *et al.* (1996) ได้ทำการเสริม rapeseed ในสูตรอาหารที่ระดับ 5, 7.5 และ 10% พบว่าเปอร์เซ็นต์ผลรวมทั้งหมดของกรดไขมันมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามระดับของการเสริมตามลำดับ ส่วนค่าของ SFA และPUFA มีค่าอยู่ระหว่าง 32.4-36.3 และ 8.0-12.2% ตามลำดับ การศึกษาของ Van Oeckel *et al.* (1996) พบว่าการเสริม linseed สามารถเพิ่มระดับของ C18:3 n-3 ในกล้ามเนื้อได้ รวมถึงทำให้ n-6 : n-3 PUFA ในเนื้อสุกรให้แคบลง ($P<0.05$) สอดคล้องกับ Hoz *et al.* (2003) ที่ทำการเสริม rapeseed 2% ร่วมกับน้ำมันปลา 1% ลงในอาหารสุกรขุน (ตั้งแต่สุกรน้ำหนัก 52 ถึง 95 กิโลกรัม) นอกจากนี้การศึกษาของ Manilla *et al.* (1999) พบว่าเมื่อทำการเสริมแหล่งของน้ำมันปลาในอาหารไก่เนื้อจำนวน 40 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัว องค์ประกอบของกรดไขมันกลุ่ม PUFA ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบในกล้ามเนื้ออกมีปริมาณสูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม (33.5 ± 1.1% และ 29.2 ±0.6% ตามลำดับ) รวมไปถึงกรดไขมันสายยาว เช่น กลุ่ม n-3 PUFA มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.8 ± 0.9% นอกจากนี้การเสริม PUFA ในระดับสูงในสูตรอาหาร (>1.4% ของสูตรอาหาร) พบว่าช่วยลดการสะสมของไขมันในไก่เนื้อได้ (Pinchasov and Nir, 1992)

ส่วนอิทธิพลของเพศนั้นส่วนใหญ่ไม่พบความแตกต่างระหว่างสุกรเพศผู้ตอน และสุกรเพศเมีย ต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในเนื้อสัน แต่อิทธิพลของน้ำหนักฆ่ามีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันชนิดอิ่มตัว อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างของ PUFA เมื่อน้ำหนักฆ่าต่างกัน นอกจากนี้พบว่าน้ำหนักฆ่าที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อค่ากรดไขมันชนิดอิ่มตัว และไม่อิ่มตัวที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย แต่ไม่พบความแตกต่างของอัตราส่วนของ n-6 : n-3 PUFA นอกจากนี้อิทธิพลร่วมระหว่างอาหารและน้ำหนักฆ่ามีผลต่อองค์ประกอบของกรดไขมันบางตัวเช่น C20:0, C18:1, MUFA และ n-3 PUFA นอกจากนี้อิทธิพลร่วมระหว่างอาหาร เพศ และน้ำหนักมีผลต่อ C14:0 และ n-6:n-3 PUFA สอดคล้องกับรายงานที่ว่ารูปแบบของกรดไขมันในเนื้อ และไขมันของสุกรสามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่ายจากอิทธิพลของอาหาร (Larick *et al.*, 1992)

คุณภาพไขมัน (fat quality)

ค่าสี ความแข็ง และจุดหลอมเหลวของไขมัน (color, hardness, and melting point of backfat)

ค่าสีของไขมันสันหลัง พบว่าปัจจัยของน้ำหนักเข้าฆ่าที่ต่างกัน มีผลต่อค่า L*, a* และ b* โดยค่า L*, a* และ b* ที่วัดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปัจจัยของอาหารมีผลต่อค่า a* และ b* โดยกลุ่มอาหารที่ใช้น้ำมันปลาทูน่า 2% ในสูตรอาหาร จะมีค่า a* และ b* สูงกว่าสุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุม ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างอาหาร และน้ำหนักเข้าฆ่ามีผลต่อค่า b* อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่าง อาหาร เพศ และ อาหาร น้ำหนักเข้าฆ่า มีผลค่า L* และ b* ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบไขมันจะมีเพิ่มสูงขึ้นเมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้น และการเพิ่มขึ้นจะเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าการเพิ่มของโปรตีนในกล้ามเนื้อของสุกรถึง 2 เท่า (Whittemore, 1998) อีกทั้งอาหารที่ได้รับถ้าเป็นอาหารชนิดไขมันไม่อิ่มตัวสูง ไขมันที่พบจะเป็นไขมันสีเหลืองกว่าได้รับไขมันชนิดอิ่มตัว (Enser, 1991) สอดคล้องกับ Karrick (1990) ที่เสริมน้ำมันปลาลงในอาหารสุกรจะทำให้สุกรมีไขมันสีเข้มขึ้น นอกจากนี้ Warnants *et al.* (1996) ชี้ให้เห็นว่าสุกรเพศผู้ตอนมีการสังเคราะห์และสะสมไขมันสูงกว่าเพศเมีย ทำให้มีไขมันสันหลังหนากว่า ซึ่งไขมันสันหลังที่มีการเจริญสูงจะมีสีขาวกว่า ขณะที่ไขมันสันหลังที่บาง หรือยังเจริญไม่เต็มที่จะมีเลือดมาเลี้ยงสูงทำให้มีสีอมชมพูกว่าไขมันสันหลังที่มีการเจริญเต็มที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค่าความแข็งของไขมัน (hardness) พบว่าแรง และงานที่ใช้ในการเจาะเข้าไปในไขมันเพื่อวัดความแข็ง แปรผันตามน้ำหนักที่เข้าฆ่าที่เพิ่มขึ้น แต่งานที่ใช้ถอนแท่นเจาะจะลดลงเมื่อน้ำหนักที่เข้าฆ่าเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ปัจจัยของชนิดอาหารสุกรที่ได้รับ มีผลต่อค่าแรง และงานที่ใช้ในการวัดความแข็งของไขมันเช่นกัน โดยพบว่าแรง และงานที่ใช้เจาะไขมันของสุกรที่ได้รับอาหารกลุ่มควบคุมจะมีลักษณะของไขมันที่แข็งกว่า สุกรที่ได้รับอาหารที่มีน้ำมันปลาทูน่า 2% แต่งานที่ใช้ในการถอนแท่นเจาะให้ผลตรงข้าม คือแรงที่ใช้ถอนแท่นเจาะของกลุ่มอาหารควบคุมใช้งานน้อยกว่า สำหรับการศึกษาของ Fritsche *et al.* (1993) ได้ทำการเสริมน้ำมันปลา menhaden ลงในอาหารแม่สุกรโดยการแทนที่น้ำมันหมู ในระดับ 0, 3.5, และ 7% ตั้งแต่วันที่ 107 ของการตั้งท้องและอีก 28 วันของการให้นม พบว่าน้ำนมของแม่สุกรกลุ่มที่ได้รับน้ำมันปลามีระดับของกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่งเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) ซึ่งทำให้ง่ายต่อการถูกออกซิไดซ์ อิทธิพลร่วมระหว่างอาหาร และน้ำหนักเข้าฆ่ามีผลค่าแรงสูงสุด งานที่ใช้ในการเจาะ และ งานที่ใช้ในการถอนแท่นเจาะออกจากไขมัน ($P<0.001$)

อิทธิพลของ เพศ และน้ำหนักฆ่า ไม่มีผลต่ออุณหภูมิเริ่มต้น สุดท้าย และอุณหภูมิเฉลี่ยของการหลอมเหลว ($P>0.05$) แต่อิทธิพลของอาหารแทนที่ด้วยน้ำมันปลาทูน่ามีอุณหภูมิเริ่มต้น สุดท้าย และอุณหภูมิเฉลี่ยของการหลอมเหลวต่ำกว่าอาหารกลุ่มควบคุม 2.73, 8.03 และ 5.84% ตามลำดับ ($P<0.01$) ค่าจุดหลอมเหลวของไขมันขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ unsaturated:saturated (Bavelaar and Beynen, 2002) โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ประกอบของกรดไขมัน (Hrdinka *et al.*, 1996) นอกจากนี้ Miller *et al.* (1990) รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของ unsaturated เป็นสาเหตุทำให้ความสามารถในการจับตัวกันของไขมันลดลง และทำให้เกิดความเป็นน้ำมันมากขึ้นเมื่อทดสอบในเนื้อไก่

ค่าการหืน ปริมาณคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ในไขมันสันหลัง (TBA number, cholesterol and triglyceride contents)

ค่า TBA number ของไขมัน พบว่าชนิดของอาหาร และน้ำหนักเข้าฆ่าที่ต่างกันมีผลต่อค่าการหืน โดยอาหารที่มีส่วนผสมของน้ำมันปลาทูน่า 2% จะมีค่าการหืน สูงกว่าอาหารกลุ่มควบคุม และน้ำหนักเข้าฆ่าที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าการหืนเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนอิทธิพลของเพศไม่มีผลต่อค่าการหืน Bryhni *et al.* (2002) รายงานว่า การปรับสูตรอาหารสุกรให้มี PUFA ระดับสูง (50% ของไขมันทั้งหมด) สามารถเพิ่มสัดส่วนของของ PUFA ในไขมันสันหลังได้

ชนิดอาหารไม่พบความแตกต่างของปริมาณคอเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ โดยคอเลสเตอรอลมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้อาหารน้ำมันปลาทูน่า 2% ($P>0.05$) แต่ปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไตรกลีเซอไรด์มีแนวโน้มสูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม (P>0.05) และที่น้ำหนักฆ่าที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อปริมาณของไตรกลีเซอไรด์ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ 110 กิโลกรัม มีปริมาณสูงสุดคือ 86.48 กรัม/100 กรัมตัวอย่าง ส่วน Banerjee *et al.* (1992) พบว่าเมื่อมีการเสริม chital fish oil พบว่า คอเลสเตอรอลในพลาสมามีค่าสูงขึ้น แต่ไตรกลีเซอไรด์ในพลาสมาไม่พบการเปลี่ยนแปลง อิทธิพลของเพศไม่พบความแตกต่างต่อปริมาณคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ในไขมันสันหลัง (P>0.05) เช่นเดียวกับ Kolacz *et al.* (2003) โดยใช้สุกรเพศผู้ และเพศเมียอัตราส่วน 2:1 อยู่ในกลุ่มการทดลองเดียวกันโดยใช้เนื้อจากสุกรดังกล่าว ซึ่งได้รับแหล่งไขมันที่ต่างกัน และวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ ในเนื้อสุกรนั้น ซึ่งปริมาณคอเลสเตอรอลโดยรวมไม่แตกต่างกันกับสุกรที่ได้รับแหล่งไขมันจากแหล่งอื่นๆ

อิทธิพลของน้ำหนักฆ่ามีผลต่อเปอร์เซ็นต์ไขมันในสันหลังสุกร โดยพบว่าสุกรที่มีน้ำหนักฆ่าเพิ่มขึ้นจะมีเปอร์เซ็นต์ไขมันเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไตรกลีเซอไรด์ที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน (P<0.05) แต่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณคอเลสเตอรอล (P>0.05) ส่วน Fernandez *et al.* (2000) พบว่าปริมาณของไขมันแทรกในกล้ามเนื้อที่สูงขึ้น ส่งผลต่อปริมาณไตรกลีเซอไรด์ที่สูงขึ้นเช่นกัน แต่ปริมาณของคอเลสเตอรอลให้ผลตรงข้าม นอกจากนี้ปริมาณ และชนิดของกรดไขมันที่ตรวจพบในเนื้อ และไขมันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของชนิดกรดไขมันที่กิน (Whittemore, 1998)

องค์ประกอบกรดไขมันในไขมันสันหลังสุกร (fatty acid profile in backfat)

อิทธิพลของอาหารที่แทนที่ด้วยน้ำมันปลาทูน่า 2% มีผลต่อค่า C15:0, C16:1, C17:0, C17:1, C20:4 n-6, C24:0, EPA และ n-3 PUFA ซึ่งมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม 28.57, 26.20, 28.57, 22.22, 83.87, 88.23 และ 35.12% ตามลำดับ (P<0.05) แต่เปอร์เซ็นต์ C20:0, C20:2, C18:2 n-6, C18:3 n-6, C20:3 n-3 และ n-6 PUFA มีค่าน้อยกว่าสุกรกลุ่มควบคุม (P<0.05) และไม่พบความแตกต่างของโดยรวมของ SFA, MUFA, PUFA และ PUFA:SFA ส่วนองค์ประกอบของกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 PUFA พบว่ามีความแตกต่างโดยกลุ่มที่มีการแทนที่ด้วยน้ำมันปลาทูน่า 2% มีค่า n-3 สูงกว่าค่า n-6 PUFA ทำให้ n-6 : n-3 PUFA ของกลุ่มที่มีน้ำมันปลาทูน่า 2% ต่ำกว่าอาหารควบคุม 39.01% (P<0.001) แสดงว่าการแทนที่น้ำมันปลาทูน่า 2% สามารถสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า 3 ได้ดีกว่าการสะสมกรดไขมันชนิดโอเมก้า 6 ซึ่ง Fontanillas *et al.* (1998) ได้รายงานว่าเมื่อมีการเสริมแหล่งของไขมันที่ต่างกัน 3 แหล่งคือ เสริม 4% ของ Pomace oil ซึ่งเป็นแหล่งของ *cis*-monounsaturated, ไขมันที่ทำการ hydrogenated และไขมันจาก linseed โดยเก็บตัวอย่างของไขมันมาทดสอบ ณ วันต่างๆ กัน คือวันที่ 0, 17, 31, 60 และ 82 วันของการเลี้ยง (มีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ที่ 95 กิโลกรัม) หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างอีกครั้งที่ 24 ชั่วโมงหลังการฆ่า พบว่า ไม่พบความแตกต่างของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

SFA วันที่ 0, 17, 31 และ 60 แต่พบความแตกต่างของ SFA, C18:0, C20:0 ในไขมันสันหลังในวันที่ 82 โดยกลุ่มที่มีไขมันชนิด *trans*-monounsaturated ในสูตรอาหารมีของกรดไขมันอิ่มตัวสูงที่สุด ($P<0.05$) นอกจากนี้สุกรกลุ่มที่ได้รับ *trans*-monounsaturated และ n-3 PUFA มีผลต่อการเพิ่มของ total *trans*-monounsaturated และ n-3 PUFA ตามลำดับ โดยชนิดของอาหารมีผลต่อองค์ประกอบของไขมันสันหลังของสุกร (Romans *et al.*, 1995) ส่วนอิทธิพลของเพศมีผลต่อค่า C17:1, C18:1 n-9 และ MUFA ($P<0.05$) โดยค่า C17:1, C18:1 n-9 และ MUFA ของสุกรเพศผู้ตอนสูงกว่าเพศเมีย 15.38, 2.21 และ 1.54% ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างของโดยรวมของ SFA, PUFA และ PUFA:SFA ส่วนองค์ประกอบของกรดไขมันกลุ่ม n-6 และ n-3 PUFA นั้นไม่พบความแตกต่างเช่นกัน ส่วนอิทธิพลของน้ำหนักฆ่ามีผลต่อค่า C14:0, C15:0, C17:0, C17:1,C18:0, C18:1 n-9 C18:2 n-6 , C18:3 n-6, C18:3 n-3, C20:1, C20:3 n-6, C20:4 n-6 และ EPA ($P<0.05$) พบว่าน้ำหนักฆ่าที่ 110 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ C18:0, C18:1 n-9, C20:1 และ C20:5 n-3 สูงที่สุด ส่งผลให้น้ำหนักฆ่าที่ 110 กิโลกรัม มีเปอร์เซ็นต์ของ SFA และ MUFA สูงเช่นกัน ($P<0.05$) และพบว่าอัตราส่วนของ n-6 : n-3 ที่น้ำหนักฆ่าที่ 110 กิโลกรัม มีค่าต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่างชนิดอาหาร เพศ และน้ำหนัก ต่อเปอร์เซ็นต์ของ PUFA และ PUFA:SFA ($P<0.05$) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยของอาหาร และน้ำหนักฆ่ามีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของ EPA ($P<0.05$) เช่นเดียวกับ Fontanillas *et al.* (1998) ที่น้ำหนักฆ่าที่ 95 กิโลกรัมมีค่าของ SFA, C18:0, C20:0 สูงที่สุดเมื่อเทียบกับไขมันใต้ผิวหนังที่เก็บ ณ วันที่ 0, 17, 31 และ 60 ของการเลี้ยงด้วยอาหารที่เสริมแหล่งของไขมันที่ต่างกัน ($P<0.05$) นอกนี้จากนี้ความเป็น unsaturated ของไขมันดูได้จากความเป็นสีเหลืองของไขมัน (Maw *et al.*, 2003)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved