สำนักหอสมุด

สัญญาเลขที่ R2558B001

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ สารเสริมพลังงานสูงสำหรับสุกรหย่านม (High Energy Feed Supplements for Weaning Pigs)

คณะผู้วิจัย และสังกัด

รองศาสตราจารย์ ดร. วันดี ทาตระกูล
ดร. อมรรัตน์ วันอังคาร
นางสาวกุลยาภัสร์ วุฒิจารี

สังกัด : คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 26 พ.ค. 2559
เลขทะเบียน 16938978
เลขเรียกหนังสือ

ว SF
98
.A2
ว414ร
2558

สนับสนุนโดย กองบริหารการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีงบประมาณ 2558

สารเสริมพลังงานสูงสำหรับสุกรหย่านม

วันดี ทาตระกูล[1*] อมรรัตน์ วันอังคาร[1] และกุลยาภัสร์ วุฒิจารี[1]

[1]คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อประเมินศักยภาพของกรดไขมันสายยาวปานกลาง (medium chain fatty acids; MCFAs) ในอาหารสุกรที่ระดับแตกต่างกัน ทั้งที่มีและไม่มีกรดเบนโซอิค (benzoic acid; BA) 0.50% ต่อประสิทธิภาพการผลิตของสุกรหย่านมโดยใช้สุกรในการทดลองจำนวน 72 ตัว เป็นเพศผู้และเพศเมียอย่างละ 36 ตัว แบ่งเป็น 6 กลุ่มทดลอง กลุ่มละ 12 ตัว ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ สุกรแต่ละกลุ่มถูกสุ่มให้ได้รับอาหารทดลอง 6 ชนิด เป็นเวลา 6 สัปดาห์ อาหารชนิดแรกเป็นอาหารพื้นฐาน (กลุ่มควบคุม) ประกอบไปด้วยข้าวโพด กากถั่วเหลือง และน้ำมัน 5% เป็นหลัก อาหารชนิดที่ 2 อาหารพื้นฐานที่ได้รับการเสริม BA 0.50% และอาหารชนิดที่ 3 ถึง 6 อาหารพื้นฐานที่ได้รับการเสริมน้ำมันมะพร้าวซึ่งมี MCFAs 0.35%, MCFAs 0.35%+BA 0.50%, MCFAs 0.70% และ MCFAs 0.70%+BA 0.50% ตามลำดับ ผลด้านประสิทธิภาพการผลิตของสุกร พบว่า อัตราการแลกน้ำหนัก อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน ปริมาณอาหารที่กิน สีและรูปร่างของมูลสุกร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามอัตราการเกิดท้องเสียของสุกรในกลุ่มการทดลองที่ 3, 4 และ 6 มีค่าต่ำ ($P<0.05$) กว่ากลุ่มอื่น และการตรวจวัดเชื้อ *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Coliform bacteria* จากทวารหนักของสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารที่เสริม MCFAs และ BA พบว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริม MCFAs 0.70% + BA 0.50% มีเชื้อ *Salmonella* spp. ต่ำสุด ($P<0.05$) ผลทางด้านการย่อยได้ของโภชนะพบว่าอาหารที่เสริมไขมันสูตร EB มีค่าการย่อยได้ของโปรตีน ไขมันดีที่สุด ($P<0.05$) รวมทั้งซึ่งค่าสูงที่สุดของพลังงานย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ($P<0.05$) คืออาหารที่เสริมไขมันสูตร EB ถึงแม้ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับอาหารสูตรไขมัน CB และ E ก็ตาม โดยสรุปการเสริมไขมันในอาหารสุกรหย่านมที่มีระดับ MCFAs 0.70% ร่วมกับ BA 0.50% มีประสิทธิภาพมากที่สุด

คำสำคัญ: สารเสริมในอาหารสัตว์ น้ำมันมะพร้าว สุกรหย่านม กรดเบนโซอิค

* Corresponding author: E-mail: wandeeta@nu.ac.th

High Energy Feed Supplements for Weaning Pigs

W.Tartrakkon[1*], A. Wanankarn[1], and K. Wuthijari[1]

[1]Faculty of Agriculture Natural Resource and Environment

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effect of feeding two different levels of medium chain fatty acids (MCFAs) and with or without 0.50% of benzoic acid (BA) on weaning pig performances. Seventy-two weaned pigs consisting of 36 males and 36 females were raised in individual pen and separated into 6 groups, 12 pigs/group/diet by completely randomized design (CRD). They were allocated for 6 weeks to six dietary treatments which contained corn-soybean meal with 5% oil mixture supplementation. Diet A was a control diet, Diet B was a control diet supplemented with 0.50%BA. Diet C, CB, E and EB were control diet supplemented with oil mixture using coconut oil as a source of MCFAs at 0.35%MCFAs, 0.35% MCFAs+0.50%BA, 0.70% MCFAs and 0.70%MCFAs+0.50%BA, respectively. The results showed that there were no significant differences ($P>0.05$) among treatments for feed conversion ratio, average daily gain and average daily feed intake, including of fecal score in both of shape and color. However, diarrhea percentage of pigs fed diet C, CB and EB were significantly ($P<0.05$) lower than the others. Coliform bacteria and *Escherichia coli* could not be reduced from the anus of pigs fed diet supplemented with MCFAs and/or BA. However, pigs fed diet contained 0.70%MCFAs + 0.50%BA had the lowest ($P<0.05$) of *Coliform bacteria*, *E.coli* and *Salmonella* spp. The results of second experiment found the highest the digestibility of crude protein, ether extract and digestible and metabolizable energy ($P<0.05$) appeared in pigs fed dietary of treatment EB. In conclusion, dietary fat containing with 0.70%MCFAs and 0.50%BA was the most efficient in the diet of weaning pigs.

Keywords: Feed supplements, coconut oil, weaning pigs, benzoic acid

* Corresponding author: E-mail: wandeeta@nu.ac.th

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองบริหารการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร งบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2558 รวมทั้งคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่วิจัยทดลอง ณ สถานีวิจัยและฝึกอบรมบึงราชนก และห้องปฏิบัติการ ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย รวมทั้งขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ ทีมนิสิตบัณฑิตศึกษา และปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ที่เป็นกำลังหลักสำคัญในการช่วยเหลือและดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

วันดี ทาตระกูล และคณะ

กันยายน 2558

สารบัญเรื่อง

เนื้อหา	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล/ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน หรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
1.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง	3
1.5.1 ไขมันและน้ำมัน	2
1.5.2 แหล่งและองค์ประกอบของไขมันต่อเมตาโบลิซึมของลิปิด	3
1.5.3 ความอิ่มตัวของไขมันและสัดส่วนของไขมันไม่อิ่มตัวต่อไขมันอิ่มตัว	4
1.5.4 อาหารพลังงานสำหรับลูกสุกรหลังหย่านม	5
1.5.5 น้ำมันปาล์ม (palm oil)	7
1.5.6 กรดเบนโซอิค (Benzoic acid)	8
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	9
บทที่ 2 วิธีการและผลการดำเนินการ	10
2.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย/งานทดลอง	10
2.2 แผนในการดำเนินงาน	10
2.2.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	10
การทดลองที่ 1: การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร	11
การทดลองที่ 2: ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของสุกร	12
2.3 ผลการวิจัย	15
2.3.1 สมรรถภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร	15
2.3.2 ผลปริมาณเชื้อ Coliform bacteria, *E. coli* และ *Salmonella* spp.จากการ Swab จากทวารหนักของสุกร	20
2.3.3 การย่อยได้ของโภชนะ (%) ตลอดทางเดินอาหารของสุกรที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยอาหารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ	23
บทที่ 3 วิจารณ์ผลการทดลอง	25
บทที่ 4 สรุปและข้อเสนอแนะ	30
บทที่ 5 เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	36

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	กรดไขมันอิสระและค่ามาตรฐานของน้ำมันมะพร้าว	12
2.2	ส่วนประกอบของกรดไขมันเป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมดของน้ำมันมะพร้าว	14
2.3	แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันที่สำคัญบางตัวในไขวัว	16
3.1	แสดงส่วนประกอบของอาหารสุกรทดลอง	22
3.2	แสดงองค์ประกอบทางโภชนะของอาหารสุกรทดลอง	23
4.1	ประสิทธิภาพการผลิตของสุกรทดลอง สัปดาห์ที่ 1-3 ของการทดลอง ที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยอาหารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ	25
4.2	ประสิทธิภาพการผลิตของสุกรทดลอง สัปดาห์ที่ 4-6 ของการทดลอง ที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยอาหารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ	27
4.3	ประสิทธิภาพการผลิตของสุกรทดลองเฉลี่ย 6 สัปดาห์ของการทดลอง ที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยอาหารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ	28
4.4	ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณ *Coliform bacteria, E.coli* และ *Salmonella* ในมูลสุกรเมื่อสุ่มทดสอบที่สัปดาห์ที่ 3 และ 6 และค่าเฉลี่ยของคะแนนมูล เปอร์เซ็นต์การเกิดท้องเสียของสุกรตลอดการทดลอง	33
4.5	การย่อยได้ของโภชนะ (%) ตลอดทางเดินอาหารของสุกรที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยอาหารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ	34
4.6	การตรวจสอบตัวชี้วัดที่มีผลการทดลองที่ดีที่สุดของสารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ	36

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	น้ำมันมะพร้าว	58
2	การ Swab หาเชื้อจากทวารหนักของสุกร	58
3	การจดบันทึกอาหารที่สุกรกินได้ในแต่ละวัน	59
4	ลักษะทางกายภาพของเม็ดอาหารที่สุกรได้รับ	59
5	การเตรียมโซเดียมคลอไรด์ สำหรับการ Swab หาเชื้อจากทวารหนักของสุกร	60
6	การชั่งน้ำหนักสุกรรายสัปดาห์	60
7	การวิเคราะห์โปรตีน	61
8	การวิเคราะห์ไขมัน	61
9	การวิเคราะห์เยื่อใย	62
10	การวิเคราะห์พลังงาน	62

บทที่ 1
บทนำ

1.1. หลักการและเหตุผล/ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันนี้การใช้ยาปฏิชีวนะในฟาร์มสุกร โดยเฉพาะช่วงระยะเวลาหลังหย่านมหรือระยะอนุบาล ทั้งยาปั๊มปาก ยาฉีด ยาผสมอาหาร ยังเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องใช้ ซึ่งการใช้ยาเหล่านั้นก่อให้เกิดผลกระทบตามมาหลายประการ เช่น การดื้อยา ต้นทุนการเลี้ยงสุกรสูงขึ้น ดังนั้นการศึกษา คิดค้นอาหารเสริมที่เหมาะสม สำหรับนำมาใช้ในการเลี้ยงลูกสุกรให้แข็งแรง เพราะปัจจุบันการหย่านมลูกสุกรที่อายุประมาณ 20-21 วัน หรืออายุก่อน 4 สัปดาห์ ในระบบอุตสาหกรรมการเลี้ยงสุกรของไทยถือเป็นเรื่องปกติ เนื่องจากต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของแม่พันธุ์สุกร ให้ได้ผลผลิตที่เป็นจำนวนครอกต่อแม่ต่อปีที่เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการจัดการลูกสุกรหย่านมใหม่ในช่วงสัปดาห์แรกๆ (weanling pigs) จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งยวด โดยเฉพาะการจัดการเรื่องอาหาร เพราะการหย่านมก่อให้เกิดความเครียดทั้งทางด้านอาหารและทางด้านสภาพแวดล้อม ส่งผลต่อการกินได้ของอาหารที่ลดลง และน้ำหนักตัวที่ลดลง เกิดสภาวะการขาดพลังงาน จนเกิดอาการถ่ายเหลว ท้องเสีย ติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร ส่งผลต่ออัตราการตายที่สูงขึ้น หรือไม่ก็แคระแกร็น เลี้ยงต่อไปก็โตได้ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งลักษณะอาการหลังหย่านมดังกล่าวเรียกว่า lag-phase หรือสภาวะ set-back เกิดขึ้นเนื่องจากศักยภาพการย่อยและการดูดซึมสารอาหารของสุกรยังไม่ดีพอ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด ขององค์ประกอบของอาหารและปริมาณที่ได้รับ ดังนั้นการวิจัยเพื่อหาอาหารเสริมพลังงานที่เหมาะสมสำหรับสุกรระยะหลังหย่านม ที่มีความปลอดภัยต่อสุกรและผู้บริโภค ให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจต่อผู้เลี้ยงสุกร และสะดวกในการใช้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อเป็นการลดใช้ยาปฏิชีวนะได้อย่างเป็นรูปธรรม

น้ำมันมะพร้าวเป็นแหล่งที่มีกรดไขมันสายปานกลาง (MCFAs) ในปริมาณที่สูงเนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม C6, C8 และ C10 มากกว่า 15% ซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังนั้นถ้าบริโภคน้ำมันมะพร้าวในปริมาณที่พอเหมาะกับความต้องการของร่างกาย ไขมันจะถูกใช้ในการเผาผลาญให้เกิดพลังงานแก่ร่างกายจนหมด ไม่มีเหลือสะสม นอกจากนั้นน้ำมันมะพร้าวยังมีกรดลอริค (Lauric acid; CH3(CH3)10COOH) ปริมาณมาก โดยมีมากถึง 40-50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นน้ำมันมะพร้าวจึงเป็นพืชน้ำมันที่ถูกเรียกว่าอยู่ในกลุ่มน้ำมันลอริค (Lauric oils) นอกจากนี้น้ำมันกลุ่มนี้ยังได้จากพืชชนิดอื่น เช่น น้ำมันปาล์ม เป็นต้น

กรดลอริคนี้สามารถเปลี่ยนเป็นโมโนลอริน (monolaurin) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีฤทธิ์ต้านไวรัสได้ ซึ่งกลไกที่โมโนลอรินฆ่าไวรัส คือ การที่โมโนลอรินสามารถแทรกซึมเข้าไปในส่วนไขมันที่ห่อหุ้มไวรัส (fatty envelope) และทำให้เยื่อหุ้มนั้นถูกทำลาย ไวรัสจึงตาย MCFAs ในน้ำมันมะพร้าวมีโครงสร้างคล้ายกับไขมันในน้ำนมแม่ที่ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันโรคให้แก่เด็กทารก และสามารถละลายเกราะหุ้มของเชื้อโรคที่สารปฏิชีวนะอื่นๆ ไม่สามารถทำลายได้อีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อผลิตสารเสริมประเภทพลังงานสำหรับลูกสุกร ที่สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีต้นทุนที่เหมาะสม และสามารถนำไปผลิตในเชิงการค้าได้

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ทดสอบเพื่อหาสูตรที่มีส่วนผสมที่เหมาะสมของอาหารเสริมพลังงานสูง ที่มีน้ำมันมะพร้าวเป็นแหล่งของ MCFAs ในลูกสุกรหลังหย่านมที่อายุ 20±1 วัน ทดสอบในสุกรเป็นเวลา 6 สัปดาห์

1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน หรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

สุขภาพของสุกรที่ดีมาจากสารอาหารที่ได้รับ โดยเฉพาะพลังงานเป็นสารอาหารตัวแรกที่สัตว์ต้องใช้เพื่อการดำรงชีวิตให้เป็นปกติ สอดคล้องกับระบบสรีระวิทยาของสุกรในแต่ละระยะ จะช่วยลดการสูญเสียและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้สูตรอาหารเสริมพลังงานสูงประเภทน้ำมันผสมในอาหารลูกสุกรหย่านมที่มีส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนประกอบเพื่อใช้ประโยชน์จากกรดไขมันสายยาวปานกลาง (Medium chain fatty acids; MCFAs) ที่มีอยู่มากในน้ำมันมะพร้าวเป็นสารสำคัญที่มีคุณสมบัติเฉพาะ ช่วยเสริมสุขภาพลูกสุกร
2) นำไปเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาด้านสุขภาพของลูกสุกรหย่านม โดยที่ฟาร์มสุกรสามารถนำไปผสมใช้เองได้
3) เป็นองค์ความรู้ใหม่ในการวิจัยต่อไป เพื่อทำสูตรหรือส่วนผสมที่ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้าได้ต่อไป

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไขมันและน้ำมัน

ไขมันและน้ำมันเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สำคัญ เนื่องจากเป็นแหล่งให้พลังงาน รวมทั้งเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์ฮอร์โมนในร่างกาย รวมทั้งเป็นแหล่งไวตามินที่ละลายในไขมัน ได้แก่ ไวตามิน A, D, E และ K นอกจากนี้แล้วทางด้านกายภาพของอาหารสัตว์ ช่วยเพิ่มความน่ากินของอาหาร และช่วยลดความเป็นฝุ่นของอาหาร ไขมันที่สุกรกินเข้าไปจะถูกไฮโดรไลซ์ในระบบทางเดินอาหาร โดยเอนไซม์ที่ย่อยลิปิด ที่หลั่งจากกระเพาะหรือตับอ่อน โดยกิจกรรมของไลเปสที่เกิดขึ้นในกระเพาะจะเกิดขึ้นได้เมื่อ pH สูงสุดไม่เกิน 6.2 ดังนั้นกิจกรรมไลเปสในกระเพาะมีเพียงแค่ 3% ของกิจกรรมของเอนไซม์ที่ผลิตจากตับอ่อนที่เป็นการย่อยในลำไส้เล็ก Liu et al. (2001) พบว่าการพัฒนาการทำงานของเอนไซม์ไลเปสในกระเพาะลูกของสุกรมีค่าต่ำในช่วงก่อนสุกรอายุถึง 3 สัปดาห์ แต่กิจกรรมรวมของไลเปสจากกระเพาะของสุกรที่อายุ 28 วัน มีค่าสูงกว่าสุกรอายุที่ 21 วันอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ทั้งกิจกรรมเฉพาะ และกิจกรรมรวมของเอนไซม์ไลเปสจากกระเพาะ ก็มีค่าต่ำกว่าเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อน ดังนั้นการย่อยลิปิดจึงเกิดขึ้นในส่วนของลำไส้เล็กเป็นหลัก หลังจากไขมันที่สุกรกินเข้าไปเข้าสู่ลำไส้เล็ก จะไปกระตุ้นให้เกิดการหลั่งฮอร์โมน cholecystokinin (CCK) ซึ่งจะไปกระตุ้นถุงน้ำดีให้ปล่อยน้ำดีเข้าสู่ลำไส้เล็ก น้ำดีจะทำหน้าที่เป็น emulsifier ให้ไขมันแตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ เพื่อให้เอนไซม์ไลเปสเข้าย่อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยย่อย triglyceride ไปเป็นกรดไขมันอิสระ (Free fatty acids; FFAs) และ diacylglycerols ปริมาณของไลเปสในลูกสุกรแรกเกิดจะมีอยู่น้อยจนกว่าลูกสุกรได้มีการดูดนม การเพิ่มขึ้นของไลเปสก็จะเพิ่มอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงอายุ 2-4 สัปดาห์ (Liu et al., 2001) Corring et al. (1978) ได้ศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสในลูกสุกรอายุ 0 ถึง 8 สัปดาห์ พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้นตามอายุของลูกสุกรที่เพิ่มขึ้น โดย Cera et al. (1990) พบว่าลูกสุกรระยะดูดนม กิจกรรมของไลเปสจากตับอ่อนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจากอายุ 2 วัน ถึง 35 วัน แต่การหย่านมที่ 21 วัน ส่งผลทำให้กิจกรรมลดลงต่ำสุดเป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็นเส้นตรง อย่างไรก็ตามไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อกิจกรรมของไลเปสจากเยื่อบุผิวของผนังลำไส้เล็ก ซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังหย่านม

รวมทั้งยังพบอีกว่าการเสริมน้ำมันข้าวโพดในอาหารสุกรช่วงดังกล่าว ไม่มีผลต่อกิจกรรมของไลเปสทั้งจากตับอ่อนและเยื่อบุผนังลำไส้เล็ก เนื่องจากลิปิดไม่สามารถละลายได้ในของเหลวทั่วไปในร่างกาย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนสภาพเพื่อให้ถูกดูดซึมได้ ได้แก่การเปลี่ยนสภาพเป็น mixed micelles โดยการทำงานของเกลือน้ำดีที่ห่อหุ้มอยู่ภายนอก และมี monoacyglycerols และ FFAs อยู่ภายใน หลังจากนั้นก็จะถูกเคลื่อนย้ายไปที่เซลล์ของผนังลำไส้เล็ก (enterocyte) และถูกดูดซึมในที่สุด หลังจากนั้นลิปิดจะถูดจัดหมวดหมู่ให้อยู่ในรูปองค์ประกอบที่เรียกว่า ลิโปรโปรตีน (lipoproteins) ซึ่งก็คือส่วนผสมของลิปิดกับโปรตีน โดยมีฟอสโฟลิปิด (phospholipids) และโปรตีนอยู่ด้านนอก ซึ่งจะเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ และกรดไขมันสายโซ่ยาว (long chain fatty acids; LCFAs) และคอเลสเตอรอล (choleaterol) อยู่ด้านใน ซึ่งไคโลไมครอน (chylomicrons) เป็นลิโปโปรตีนหลักที่สร้างขึ้นในลำไส้เล็ก เพื่อทำหน้าที่ในการขนส่ง triacylglycerols ไปสู่เซลล์ ส่วนกรดไขมันสายโซ่ปานกลาง (medium chain fatty acids; MCFAs) และสั้น (short chain fatty acids; SCFAs) และ glycerols จะถูกดูดซึมโดยตรงเข้าสู่หลอดเลือดดำสำหรับการเคลื่อนย้ายต่อไป จากที่ได้รวบรวมข้อมูลทั้งหมด จะเห็นได้ว่ากิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสจากตับอ่อน และจากผนังเยื่อบุลำไส้เล็กมีน้อยในช่วงแรกเกิดจนถึงอายุหลังหย่านมประมาณ 1 สัปดาห์ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยจะส่งผลต่อข้อจำกัดในการย่อยไขมันของลูกสุกร

2.2 แหล่งและองค์ประกอบของไขมันต่อเมตาโบลิซึมของลิปิด

ความยาวของสายโซ่กรดไขมันมีความสำคัญต่อการประเมินการย่อยและดูดซึมไขมัน เนื่องจากสายโซ่ไขมันที่มีความยาวแตกต่างกัน จะมีเส้นทางเมตาโบลิคแตกต่างกัน ได้แก่ SCFAs และ glycerols สามารถละลายได้ในน้ำมากกว่า LCFAs ดังนั้นจึงสามารถแพร่กระจายผ่านเข้าสู่เซลล์ผนังลำไส้เล็กได้เลย อัตราการดูดซึมได้ของกรดไขมันนั้นผกผันกับความยาวของสายโซ่ไขมัน ดังนั้นกรดไขมันที่มีสายโซ่คาร์บอนสั้นกว่าก็จะย่อยและดูดซึมได้ง่ายกว่า (Braude and Newport, 1973) ความยาวสายโซ่คาร์บอนของ MCFAs คือจำนวนคาร์บอน 6-12 อะตอม ซึ่งองค์ประกอบนี้เป็นองค์ประกอบรองที่มีอยู่ในอาหารสัตว์ตามธรรมชาติ เช่น ในเนยมี MCFAs อยู่น้อยกว่า 6% ในน้ำมันข้าวโพดไม่มี MCFAs อยู่เลย (USDA Nutrient Database, 2002) อย่างไรก็ตาม MCFAs มีอยู่ค่อนข้างมากในนมของสัตว์เคี้ยวเอื้องและในน้ำมันมะพร้าว โดยเฉพาะน้ำมันมะพร้าวซึ่งมี

MCFAs มากกว่า 50% ซึ่ง MCFAs ถูกย่อยและดูดซึมได้ง่ายในระบบทางเดินอาหารและเป็นแหล่งพลังงานให้กับร่างกายผ่านกระบวนการ oxidation (Odle et al., 1989) เหตุผลที่ MCFAs สามารถถูกย่อยและดูดซึมได้ดีกว่า LCFAs สรุปได้ดังนี้คือ 1) กระบวนการ esterification MCFAs มีต่ำมาก ส่วนใหญ่ MCFAs จะถูกดูดซึมโดยตรงโดยไม่ผ่านการย่อยโดยเอนไซม์ไลเปส 2) MCFAs เข้าสู่ตับโดยตรงอย่างรวดเร็วโดยผ่านเส้นเลือดดำ ในขณะที่ถ้าเป็น LCFAs ในขั้นตอนแรก จะลำเลียงผ่านระบบเลือดแล้วเคลื่อนย้ายเข้าสู่อวัยวะต่างๆ โดยผ่านระบบน้ำเหลือง 3) กลีเซอไรด์ ที่เป็นองค์ประกอบของ MCFAs ถูกไฮโดรไลซ์ ได้เร็วและสมบูรณ์กว่า ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพในการย่อยได้สูง และออกไปจากระบบหมุนเวียนได้เร็ว 4) MCFAs สามารถแพร่กระจายในน้ำและสัดส่วนของการ re-esterification กลับไปอยู่ในรูปอนุภาคเล็กๆ ที่เรียกว่า chylomicron มีค่าต่ำ ดังนั้น MCFAs และ glyceride ส่วนใหญ่จึงถูกแพร่กระจายอยู่ในของเหลวในลำไส้ และผนังเยื่อหุ้มเซลล์ลำไส้ แล้วถูกดูดซึมโดยไม่ถูกรวมตัวเป็นอนุภาค (Odle et al., 1989)

MCFAs นอกจากจะถูกดูดซึมได้อย่างรวดเร็วแล้ว ยังถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็วได้อีกด้วย เนื่องมาจากการเคลื่อนย้ายผ่านเยื่อบุของไมโตรคอนเดรีย โดยวิธีการซึมผ่านไปยังตำแหน่งที่เกิดการออกซิเดทีฟได้โดยตรงโดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนรูปเป็น carnitine เพื่อประเมินกลไกการทำงานของ MCFAs ในลูกสุกรที่อ่อนแอ พบว่าเซลล์ตับของลูกสุกรใช้พลังงานมากกว่า 75% จากการออกซิเดชั่นกรดไขมัน (Odle et al., 1991) นอกจากนี้ยังพบอีกว่าลูกสุกรสามารถใช้ประโยชน์ MCFAs ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย Odle et al. (1989) ได้ทดสอบการให้ MCFAs และ LCFAs กับลูกสุกรแรกเกิดโดยการกรอกปากทันทีหลังเกิด ซึ่งพบว่าลูกสุกรที่ได้รับ MCFAs มีการขับไนโตรเจนออกมาลดลง รวมทั้งมีปริมาณกลูโคสในเลือดสูงกว่าสุกรที่ได้รับเพียงน้ำเปล่า จึงเป็นไปได้ว่า MCFAs ช่วยลดการสลายของโปรตีนจากร่างกาย และปรับปรุงสภาวะของสมดุลพลังงาน ตามที่ Rodas and Maxwell (1992) ได้ทดลองเสริม MCFAs ในอาหารลูกสุกรหย่านมเร็ว เปรียบเทียบกับไขวัวและไขมันนม ในระดับ 20 ถึง 60 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่าอัตราการเพิ่มน้ำหนัก และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงในช่วง 2 สัปดาห์ หลังจากที่เสริม MCFAs ซึ่งดีกว่าการเสริมด้วยไขวัวหรือไขมันนม น้ำมันมะพร้าวมีปริมาณของ MCFAs มากซึ่งมีสายโซ่คาร์บอนสั้นกว่าในไขวัวหรือไขมันนม จึงย่อยได้ดีในลูกสุกรหย่านมเร็วในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังหย่านม และให้ผลทางด้านประสิทธิภาพการผลิตใกล้เคียงกับน้ำมันข้าวโพดและน้ำมันถั่วเหลือง (Jin et al., 1998) จากรายงานของ Mountzouris et al. (1999) ได้ทำการ

ประกอบสูตรไขมันผสมเพื่อใช้ในอาหารลูกสุกร โดยมีส่วนผสมของไขมันชนิดต่างๆ ทั้งน้ำมันพืช และไขมันสัตว์ โดยใช้หลักเกณฑ์รวมคือจะมีองค์ประกอบของกรดไขมันเหมือนกับในน้ำนมของแม่สุกร โดยทำสูตรไขมันผสมให้แตกต่างกัน 4 สูตรคือ สูตร A มีปริมาณ palmitoleic acid (C16:1) สูงสุด และมีสัดส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids; U) ต่อกรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids; S) หรือที่เรียกว่า U:S ratio ใกล้เคียงกับน้ำนมแม่คือ 1.27 โดยในน้ำนมแม่มีค่า 1.25 สำหรับสูตร B มีปริมาณกรดลอริค (Lauric acid) สูงสุด คือ 9.30 กรัม/100 กรัม เนื่องจากมีน้ำมันมะพร้าวอยู่มากที่สุด ปริมาณกรดลอริคในน้ำนมแม่สุกรมีเพียง 1.93 กรัม/100 กรัม สำหรับสูตร C ใช้ไขวัวแทนน้ำมันหมูที่ใช้ในสูตร A โดยเสริมไขมันผสมนี้ในระดับ 50 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม หรือ 5% ในอาหารลูกสุกรหย่านม 27 วัน ซึ่งผลการทดลองพบว่าสุกรที่ได้รับอาหารที่เสริมไขมันสูตร B ให้ผลค่าการย่อยได้ของโภชนะที่ดีกว่าสุกรที่ได้รับไขมันสูตรอื่น ทั้งนี้เนื่องมาจากไขมันสูตร B มีองค์ประกอบของกรดไขมัน MCFAs อยู่มากถึง 10 กรัม/100 กรัมของไขมัน

2.3 ความอิ่มตัวของไขมันและสัดส่วนของไขมันไม่อิ่มตัวต่อไขมันอิ่มตัว

สัตว์มักจะใช้ประโยชน์จากน้ำมันพืชได้ดีกว่าไขมันจากสัตว์ (Stahly, 1984) เหตุผลเนื่องมาจากน้ำมันพืชประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัว หรือมีกรดไขมันประเภท SCFAs และ MCFAs มากกว่าไขมันจากสัตว์ (Cera et al., 1988; Reis de Souza et al., 1995) Powles et al. (1994) ทดสอบอาหารสุกรเล็กที่ประกอบด้วยน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง และไขวัวซึ่งมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวน้อย โดยทำการผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ซึ่งพบว่าการย่อยได้แบบปรากฏตลอดทางเดินอาหารสุกรของไขมัน และค่าพลังงานย่อยได้เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของ U:S ratio เพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับรายงานของ Cera et al. (1990) และ Li et al. (1990) โดยเฉพาะในช่วงสัปดาห์แรกหลังหย่านม ซึ่ง Powles et al. (1994) พบว่าการเพิ่มขึ้นของ U:S ratio ค่าพลังงานย่อยได้เพิ่มขึ้นเป็นเส้นโค้ง โดยค่าพลังงานย่อยได้เพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดเมื่อ U:S ratio ที่ 5.71 ซึ่งขัดแย้งกับที่เคยมีการศึกษาในสุกรระยะรุ่นที่พบว่า ค่า U:S ratio ที่ทำให้ค่าพลังงานย่อยได้มากสุดอยู่ที่ 2.08 (Wiseman et al., 1990) ตามที่ Moughan et al. (1999) ได้สรุปไว้เช่นเดียวกันถึงการตอบสนองของค่าพลังงานย่อยได้ต่อ U:S ratio และความสัมพันธ์ของพลังงานย่อยได้ต่อกรดไขมันอิสระเป็นแบบเส้นตรง การตอบสนองนี้ทำให้เกิดสมการเพื่อทำนายความสัมพันธ์ของทั้งพลังงานย่อย

ได้ และการย่อยได้ของไขมันที่ใช้ในอาหารสัตว์ที่เกี่ยวเนื่องกับ U:S ratio และกรดไขมันอิสระ ซึ่งเป็นปัจจัยที่เป็นอิสระจากกัน ไม่มีปฏิกิริยาร่วมระหว่างกัน แต่ในลูกสุกรหลังหย่านมส่วนต่างมีค่าน้อยกว่าในสุกรระยะรุ่นขุน อาจเนื่องจากอายุของสุกร โดยสุกรที่อายุน้อย มีความต้องการกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวมากกว่าเพื่อประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์ของไขมันที่ดีกว่าสุกรที่โตกว่า

สำหรับในน้ำนมแม่สุกรซึ่งมีสัดส่วนของ U:S ratio ประมาณ 1.3 (Mountzouris et al., 1999) แสดงว่าในลูกสุกรสามารถย่อยกรดไขมันอิ่มตัวที่มีอยู่ในน้ำนมแม่ได้ดี และความสามารถนี้เริ่มลดลงเรื่อยๆ หลังหย่านม บางทีอาจเป็นเพราะสารที่ทำหน้าที่เป็น emulsifier ในน้ำนมแม่ ช่วยทำให้ไขมันแตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ รวมทั้งน้ำนมแม่ก็ยังทำหน้าที่ในการกระตุ้นให้มีการสร้างเอนไซม์ทำให้ลูกสุกรมีศักยภาพในการย่อยกรดไขมันอิ่มตัวได้ดี นอกจากนี้การย่อยได้ของไขมันในลูกสุกรยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น อายุ องค์ประกอบของสารอาหารที่ลูกสุกรได้รับ ระดับของไขมัน และความเป็นกรด (Veum and Ivers, 1993; Mahan 1991; Li et al., 1990) มีรายงานหลายฉบับที่ระบุว่าความสามารถในการย่อยได้ของไขมันต่ำลงหลังหย่านม 2 สัปดาห์ ซึ่งการเสริมไขมันในช่วงดังกล่าวมีผลน้อยมาก ยังมีวิธีการต่างๆ ที่นำมาประยุกต์เพิ่มเติมเพื่อเพิ่มการย่อยได้ของไขมันในลูกสุกรหลังหย่านม นอกจากนี้ยังพบอีกว่าการเสริมไขมันผสมจากไขมันหรือน้ำมันหลายแหล่งให้ผลดีกว่าใช้น้ำมันจากแหล่งเดียว (Atteh and Leeson, 1983; Li et al., 1990) โดยรวมแล้วการเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ของไขมันในลูกสุกรหลังหย่านม เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานที่มีประสิทธิภาพ ในช่วงวิกฤติหลังหย่านม นับเป็นสิ่งที่ท้าทายมากๆ ยังไม่มีข้อสรุปตายตัว ต้องพิจารณาทั้งชนิดของกรดไขมัน ลักษณะทางสรีรวิทยาของลูกสุกร รวมทั้งการปรับสภาพของไขมันให้เหมาะสมกับลักษณะทางสรีระวิทยา จึงเป็นสิ่งจำเป็น แต่โดยธรรมชาติแล้วไขมันที่สุกรกินเข้าไป จะย่อยได้ง่ายหรือไม่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการจับตัวเป็นอนุภาคที่เรียกว่า micelles ร่วมกับเกลือน้ำดี ซึ่งกรดไขมันสายโซ่สั้นมีความสามารถในการจับตัวเป็น micelles ได้ดีกว่าไขมันสายโซ่ยาวและสามารถถูกดูดซึมเข้าสู่เลือดโดยตรง ตามด้วยการไฮโดรไลซิสจาก triacylglycerol

2.4 อาหารพลังงานสำหรับลูกสุกรหลังหย่านม

สิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกสำหรับอาหารลูกสุกรคือลักษณะทางกายภาพ ซึ่งควรเป็นอาหารเหลวใกล้เคียงน้ำนมแม่ ซึ่งเป็นการจัดการที่ยาก เพราะปริมาณไขมันที่ต้องใช้ในอาหารเหลวที่ต้องใช้ในปริมาณมาก

เมื่อเทียบกับในน้ำนมแม่ที่ประกอบด้วยพลังงานที่คิดเป็นแคลลอรีอยู่ในรูปไขมันประมาณ 50% (Klobasa et al., 1987) การหย่านมลูกสุกรที่อายุก่อน 4 สัปดาห์ ก่อให้เกิดความเครียดทั้งทางด้านอาหารและทางด้านสภาพแวดล้อม ส่งผลต่อการกินได้ของอาหาร และน้ำหนักตัวที่ลดลง บางครั้งเกิดอาการถ่ายเหลว ท้องเสีย ติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร อาจส่งผลต่ออัตราการตายที่เพิ่มสูงขึ้น หรือไม่ก็เกิดการแคระแกร็น เลี้ยงต่อไปก็โตได้ไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งลักษณะอาการหลังหย่านมดังกล่าวเรียกว่า lag-phase เกิดขึ้นเนื่องจากศักยภาพการย่อยและการดูดซึมสารอาหารของสุกร ยังไม่เพียงพอ อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด ขององค์ประกอบของอาหารและปริมาณอาหารที่ได้รับ (Aumaitre et al., 1995; Thacker, 1999) เพื่อป้องกันการเกิดท้องเสีย หรือประสิทธิภาพการผลิตที่ลดลง การใช้สารปฏิชีวนะเพิ่มเข้าไปในอาหารจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว แต่ปัจจุบันนี้กระแสการต่อต้านการใช้สารปฏิชีวนะเพื่อเป็นสารเสริมในเชิงป้องกัน หรือกระตุ้นการเจริญเติบโตได้เกิดขึ้น จนกระทั่งมีการออกเป็นพระราชบัญญัติข้อห้ามใช้แล้วในหลายๆ ประเทศ โดยเฉพาะในยุโรป เนื่องจากข้อกังวลด้านการเกิดการดื้อยาที่จะส่งผลมาสู่คน รวมทั้งการตกค้างของสารที่อาจปนเปื้อนในเนื้อสุกรและผลิตภัณฑ์ จึงเป็นแรงผลักดันให้มีการหาวิธีการที่เป็นทางเลือกอื่นที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค สิ่งที่สำคัญและเป็นที่ยอมรับกันดีของกลไกของสารปฏิชีวนะ ในกรณีของการใช้เป็นสารกระตุ้นการเจริญเติบโตคือ การเข้าไปควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร ให้อยู่ในสภาวะที่จุลินทรีย์ที่เป็นโทษลดลง ส่งผลให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ขยายจำนวนได้มากขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาวิจัยทางเลือกอื่นๆ ที่นำมาใช้เป็นสารเสริมและให้ผลที่คล้ายๆ กัน เช่น โพรไบโอติค พรีไบโอติค สารสกัดจากสมุนไพร กรดอินทรีย์ กรดอนินทรีย์ โดยสิ่งที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางคือกรดอินทรีย์สายโซ่สั้น (short-chain organic acids) (Edelsburger, 1998; Roth and Kirchgessner, 1998; Partanen and Mroz, 1999) อย่างไรก็ตามการตรวจสอบทางสัตววิทยา ก็ยังให้ผลที่แตกต่างกันไป ยังให้ผลไม่คงที่เหมือนการใช้สารปฏิชีวนะ การให้อาหารหมักเหลวในสุกรหลังหย่านมก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง แต่ความเป็นกรดของอาหารหมักที่มีผลต่อการกินได้ของลูกสุกร จึงยังไม่ใช่คำตอบที่สมบูรณ์สำหรับการแก้ปัญหาเหล่านี้

มีรายงานที่ระบุไว้ว่า MCFAS มีคาร์บอนอะตอม 4-12 ซึ่งเป็นชนิดของโภชนะ ที่มีผลต่อทางด้านสรีรวิทยาของสัตว์ คือให้พลังงานและมีคุณสมบัติในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย ซึ่ง Dierick et al. (2002b) พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของ MCFAS คือ 0.35 กรัมต่อ 100 กรัม หรือ 0.025 M ของสารละลายที่ได้จากกระเพาะ

หรือลำไส้เล็กส่วนต้น ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารของสุกร รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของลูกสุกรหลังหย่านม ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ รายงานของ Dierick et al. (2002a)

การศึกษาประสิทธิภาพของชนิดของน้ำมันชนิดเดียวที่ผสมในอาหารสุกรหย่านม ที่หย่านมอายุ 21 วัน Jung et al. (2003) พบว่าแหล่งน้ำมันจากพืช ได้แก่ น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันถั่วเหลือง ให้ผลทางด้านประสิทธิภาพการผลิตดีกว่าไขวัวและน้ำมันปลา แต่จากการศึกษาก่อนหน้านี้ของ Cera et al. (1989) ได้ข้อมูลที่เด่นชัดว่า การใช้น้ำมันมะพร้าวเพียงชนิดเดียว หรือน้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันข้าวโพด ใช้ในอาหาร 8% ให้ผลดีทางด้านประสิทธิภาพการผลิตของลูกสุกรหย่านมที่ 23 วัน โดยให้ผลดีกว่าดีกว่า ไขวัว หรือน้ำมันข้าวโพดเพียงอย่างเดียว

Mountzouris et al. (1999) พบว่าส่วนผสมของน้ำมันสำหรับสุกรหย่านมที่ 27 วัน ที่มีส่วนผสมของน้ำมันหลายๆ ชนิด ได้แก่ น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว น้ำมันทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันหมู โดยองค์ประกอบของกรดไขมัน ที่ให้ผลต่อประสิทธิภาพการผลิตของสุกรที่ดีที่สุด มีสัดส่วนของ Lauric acid (C12:0) อยู่มาก คือ 9.30 % เมื่อเทียบกับในนมแม่สุกร ซึ่งมีเพียง 1.93% เช่นเดียวกับรายงานของ Li. et al. (1990) พบว่าส่วนผสมของน้ำมันถั่วเหลืองกับน้ำมันมะพร้าว 50:50 ให้ผลต่อระบบการดูดซึมอาหารคือความสูงของวิลไลดีกว่า และค่าการย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กดีกว่าใช้น้ำมันชนิดใดชนิดหนึ่ง นอกจากนี้ยังรายงานไว้ว่า การย่อยได้ของไขมันขึ้นอยู่กับความยาวของสายโซ่ของกรดไขมันและระดับความอิ่มตัวของกรดไขมัน โดยกรดไขมันสายโซ่สั้นและปานกลางจะถูกดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังชี้ให้เห็นอีกด้วยว่า สุกรที่สามารถใช้แหล่งพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ของไนโตรเจนให้ดีขึ้นด้วย

Hernandez and Pluske (2008) ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ Medium Chain Triglyceride (MCTs) สังเคราะห์ โดยใช้กระบวนการ acyl-modification (activation) จาก ghrelin ภายในลำไส้ของหนู (Rat) โดย ghrelin เป็นผลผลิตตั้งต้นของเซลล์ต่อมไร้ท่อของเยื่อบุกระเพาะ ซึ่งเคยมีรายงานไว่ก่อนหน้านี้ว่า MCTs มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อแบคทีเรียด้วย โดยศึกษาระดับ MCTs ที่ใช้ คือ 0.625%, 1.25%, 2.5% และ 5% เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้สารปฏิชีวนะร่วมกับ ZnO และกลุ่ม ที่ไม่ใช้สารใดๆเลย และกลุ่มที่ใช้ น้ำมันมะพร้าว 5% การทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันมะพร้าว ซึ่งมีกรดไขมันชนิด MCTs อยู่มาก และมีราคาถูกกว่า MCTs ที่ผลิตได้ ทดสอบในลูกสุกรหย่านมที่ 21 วัน ผลการทดลองพบว่าให้ผลไม่แตกต่างกันของทุกกลุ่มการ

ทดลอง พบแต่เพียงระดับของ Growth Hormone ของกลุ่มที่ได้รับ 1.25% MCTs สูงกว่ากลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะและ ZnO อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญกับอัตราการเจริญเติบโตของสุกร

โดยสรุปแล้วสุกรแรกเกิด 1 สัปดาห์ และสุกรหลังหย่านมใหม่ มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสที่ต่ำ จึงเป็นเหตุผลสำคัญของความสามารถในการย่อยไขมันได้ต่ำ อาจทำให้ลูกสุกรขาดพลังงานในช่วงดังกล่าว จนเป็นสาเหตุของความอ่อนแอ ป่วย ท้องเสีย หรือชะงักการเจริญเติบโต เมื่อเปรียบเทียบกับสัตว์ที่โตแล้ว เช่นหนูที่โตเต็มวัย อัตราการเกิด ketogenetis และ β-oxidation ในส่วนของตับมีต่ำแต่กลไกสำคัญคือ acetogenesis ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการ oxidation ของกรดไขมันในตับ เพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับร่างกายในลูกสุกร จึงเป็นเส้นทางแรก โดยใช้ non-ketone body ซึ่งพบความแตกต่างเหล่านี้ได้จากความแตกต่างของการย่อยได้ การดูดซึมไขมัน ที่เกี่ยวข้องกับแหล่งของไขมันและองค์ประกอบ ดังนั้นเพื่อให้การเสริมไขมันเพื่อเป็นแหล่งพลังงานในลูกสุกรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด คุณลักษณะและสมดุลของกรดไขมันจึงควรเป็นสิ่งที่ต้องทราบ ช่วงที่สุกรมักขาดพลังงานคือหลังเกิดสัปดาห์แรกและหลังหย่านม โดยเฉพาะลูกสุกรที่หย่านมต่ำกว่า 4 สัปดาห์ การเสริมไขมันหรือน้ำมันเพื่อเป็นพลังงานที่มีประสิทธิภาพ นำไปใช้ได้รวดเร็ว เพราะเป็นแหล่งพลังงานที่มากกว่าพลังงานจากโปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรท ดังนั้นงานวิจัยเพื่อศึกษาคุณลักษณะที่เหมาะสมสำหรับสุกรระยะดังกล่าว โดยดูจากปัจจัยทางโภชนาการและเมตาโบลิซึม เพื่อใช้ประโยชน์ของไขมันเหล่านั้นได้สูงสุด

2.5 น้ำมันมะพร้าว (coconut oil)

มะพร้าว (Coconut) จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวปลูกได้ดีในเขตอากาศร้อนชื้นตามริมฝั่งทะเล มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ต่อมาแพร่หลายไปอเมริกา อินเดีย มาดากัสการ์ และอาฟริกา ชาวสเปนเป็นผู้นำไปปลูกยังหมู่เกาะอินเดียตะวันตก และทะเลแคริเบียนตอนใต้ ชาวยุโรปนำไปปลูกในประเทศบราซิล และชาวโพลิเนเซียนนำไปยังเกาะต่างๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิค แหล่งปลูกและผลิตมะพร้าวที่สำคัญในปัจจุบันอยู่ตามหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิค อเมริกาใต้ อเมริกาเหนือ เม็กซิโก อินเดีย ซีลอน มาลายา อินโดเนเซีย ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา ในไทยปลูกมากที่จังหวัดชุมพร ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช มะพร้าวมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. จัดเป็นพืชตระกูลปาล์ม (Palmae) เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นการนำมาบริโภคโดยตรงในรูปของเนื้อและน้ำมันมะพร้าว

กะทิสด เพื่อประกอบ และปรุงอาหารคาวหวาน การสกัดเป็นน้ำมัน ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมนมข้นหวาน เนยเทียม ผงซักฟอก สบู่ และสีทาไม้ ส่วนกากมะพร้าวที่เหลือจากกการสกัดน้ำมัน สามารถใช้ในอุตสากรรมอาหารสัตว์ได้ (กรมเศรษฐกิจการพานิชย์ กองวิจัยสินค้า ตุลาคม, 2531)

มะพร้าวเป็นพืชยืนลำต้นตั้งตรงสูงได้ถึง 25 เมตร ไม่แตกกิ่ง ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแตกที่ยอดแบบขนนก เรียงสลับหนาแน่น ยาว 4-6 เมตร มีรอยแผลเมื่อก้านใบหลุดออกไป ใบแต่ละใบรูปพัดจีบ กว้าง 1.5-5 ซม. ยาว 50-100 ซม. ดอกช่อ ออกระหว่างก้านใบ ดอกย่อยจำนวนมาก แยกเพศอยู่บนต้นเดียวกัน ดอกตัวผู้มีสีเหลืองหม่น ดอกตัวเมียสีเขียวแกมเหลือง ใบประดับยาว 60-90 ซม. ผลแข็ง มีเมล็ดเดียว ขนาดผลเท่าศีรษะคน รูปไข่แกมทรงกลมหรือรูปไข่กลับ สีเขียวหรือสีเขียวแกมเหลือง ผลประกอบด้วยเปลือกนอก (epicarp) ถัดไปจะเป็นใยมะพร้าว (mesocarp) ถัดไปข้างในเป็นส่วนกะลามะพร้าว (endocarp) ซึ่งจะมีรูสีคล้ำอยู่ 3 รู สำหรับงอก ถัดจากส่วนกะลามะพร้าวเข้าไปจะเป็นส่วนเนื้อมะพร้าว (endosperm) สีขาว เรียกว่า copra ภายในมะพร้าวจะมีน้ำมะพร้าว ผลอ่อนนิยมใช้ดื่มน้ำมะพร้าวเมื่อมะพร้าวแก่ มีน้ำมะพร้าวน้อย

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวแห้ง (copra) มีสีตั้งแต่สีเหลืองอ่อนจนถึงไม่มีสีอยู่ในสภาพของเหลวที่อุณหภูมิสูงกว่า 26 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 23 องศาเซลเซียส ลงมาเล็กน้อย น้ำมันมะพร้าวจะแข็งตัว ทั้งนี้เนื่องจากมีกรดไขมันโมเลกุลสั้นอยู่มากถึง 50 เปอร์เซ็นต์และส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว การมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) น้อย ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีความคงทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดี ค่ามาตรฐานของน้ำมันมะพร้าว แสดงในตาราง 2.1

ตาราง 2.1 กรดไขมันอิสระและค่ามาตรฐานของน้ำมันมะพร้าว

ค่ามาตรฐาน	ค่ามาตรฐานที่กำหนด
ความถ่วงจำเพาะ ที่ 99 / 15.5 องศาเซลเซียส	0.869-0.874
ที่ 25 / 15.5 องศาเซลเซียส	0.917-0.919
ดัชนีหักเห ที่ 40 องศาเซลเซียส	1.448-1.450
ค่าไอโอดีน (iodine number)	7.5-10.5
จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	23-26
ค่าสปอนิฟิเคชั่น (sponification number)	250-264
มีสารที่สปอนิฟายไม่ได้ (unsponifiable matter), เปอร์เซ็นต์	ไม่เกิน 0.5
titer, องศาเซลเซียส	20-24
setting point, องศาเซลเซียส	21.8-23
Reichert-Meissel value	6-8
Polenske value	15-18

กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าว การผลิตน้ำมันมะพร้าวมีหลากหลายวิธี แต่วิธีวิธีที่สามารถผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์คุณภาพสูง มี 3 กรรมวิธี คือกรรมวิธีผลิตโดยอาศัยเครื่องบีบ กรรมวิธีโดยการหมัก และกรรมวิธีการผลิตโดยการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง ซึ่งกรมวิชาการเกษตร สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2548) แบ่งกรรมวิธีการผลิตน้ำมันมะพร้าวไว้ 3 วิธี คือ

1. กรรมวิธีการผลิตแบบบีบเย็น (Cold Pressed Process) กรรมวิธีที่อาศัยแรงกลจากการบีบอัดเนื้อมะพร้าว เพื่อสกัดเอาน้ำมันออกมา วัตถุดิบที่ใช้หรือเนื้อมะพร้าวต้องผ่านการอบ และต้องจำกัดความชื้นของวัตถุดิบให้เหมาะสมกับเครื่องที่ใช้ การผลิต เนื้อมะพร้าวแห้งที่มีความชื้น 15% จำนวน 100 กิโลกรัม เมื่อผ่านการบีบด้วยเครื่องแล้วจะได้น้ำมันมะพร้าว 35 กิโลกรัม หรือ ประมาณ 39 ลิตร และส่วนเหลือทิ้งเป็นกากมะพร้าวที่มีความชื้น 20% จำนวน 60 กิโลกรัม

2. กรรมวิธีการผลิตโดยการหมัก (Fermentation Process) เป็นวิธีผลิตที่ให้น้ำมันดีที่สุด วิธีการไม่ซับซ้อน สามารถทำได้ในอุตสาหกรรมครัวเรือน การผลิตเริ่มต้นโดยการบีบน้ำกะทิจากเนื้อมะพร้าวที่เก็บเกี่ยวมาเป็นเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง องค์ประกอบในน้ำกะทิประกอบด้วยน้ำมัน น้ำ โปรตีน และอื่น ๆ จากนั้นหมักน้ำกะทิเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง น้ำมันจะแยกออกจากชั้นน้ำ ให้น้ำร้อนแก่น้ำมันเพื่อกำจัดความชื้นและกรอง ข้อเสียของวิธีการนี้ คือการผลิตจะเป็นไปในระดับกำลังการผลิตขนาดเล็ก ทำให้การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้สม่ำเสมอเป็นไปได้ยาก

3 กรรมวิธีการผลิตโดยใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge Process) วิธีนี้จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงกว่าวิธีข้างต้น เนื่องจากไม่มีการให้ความร้อนแก่น้ำมันในขั้นตอนการผลิต หลักการคือนำน้ำกะทิมาเหวี่ยงแยกของแข็งและน้ำออกจากน้ำมัน ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ คือชั้นน้ำมันที่อยู่ด้านบนวิธีการนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง เนื่องจากต้องใช้อุปกรณ์เหวี่ยงแยกที่มีราคาแพง

คุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันมะพร้าว น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยไตรกลีเซอร์ไรด์ (triglyceride) เป็นส่วนมากและมีโมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride) และไดกลีเซอไรด์ (diglyceride) เพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับไขมันและน้ำมันอย่างอื่น น้ำมันมะพร้าวจะมีเปอร์เซ็นต์ของกลีเซอรอลสูงกว่า 13.5-15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำมันชนิดอื่นมีกลีเซอรอล 9-11 เปอร์เซ็นต์ กลีเซอรอลเป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดหนึ่งที่มีส่วนประกอบทางเคมีคล้ายน้ำตาล โครงสร้างของน้ำมันมะพร้าว เมื่อพิจารณาถึงคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบของกรดไขมันที่อิ่มตัว น้ำมันมะพร้าวจัดเป็นไตรกลีเซอไรด์ที่มีสายโซ่คาร์บอน (carbon chain) ขนาดกลาง เพราะมีคาร์บอนไม่เกิน 12 อะตอม หรือเรียกว่าMCFA (Medium Chain Fatty Acids; C8-C12) ซึ่งต่างจากไขมันสัตว์ที่มี carbon chain ขนาดยาวคือมีคาร์บอนเกินกว่า 12 อะตอม (Bendana, 1996)

กรดไขมันกว่า 90% ของน้ำมันมะพร้าวเป็นกรดไขมันอิ่มตัว เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวจะมีค่าไอโอดีนอยู่ในช่วง 7-12 จากคุณสมบัติที่อิ่มตัวของกรดไขมันนี้ทำให้มีความสามารถในการป้องกันการหืนได้ดี (Gordon and Rahman, 1991) น้ำมันมะพร้าวเป็นแหล่งที่มี MCFAs ในปริมาณที่สูงเนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอม C6, C8 และ C10 มากกว่า 15% ซึ่งมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันดังนั้นถ้าบริโภคน้ำมันมะพร้าวในปริมาณที่พอเหมาะกับความต้องการของร่างกาย ไขมันจะถูกใช้ในการเผาผลาญให้เกิดพลังงานแก่ร่างกายจนหมด ไม่มีเหลือสะสม นอกจากนั้นน้ำมันมะพร้าวยังมีกรดลอริค (Lauric acid; CH3(CH3)10COOH)

ปริมาณมาก โดยมีมากถึง 40-50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นน้ำมันมะพร้าวจึงเป็นพืชน้ำมันที่ถูกเรียกว่าอยู่ในกลุ่มน้ำมันลอริค (Lauric oils) นอกจากนี้น้ำมันกลุ่มนี้ยังได้จากพืชชนิดอื่น เช่น น้ำมันปาล์ม เป็นต้น

กรดลอริคนี้สามารถเปลี่ยนเป็นโมโนลอริน (monolaurin) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีฤทธิ์ต้านไวรัสได้ ซึ่งกลไกที่โมโนลอรินฆ่าไวรัส คือ การที่โมโนลอรินสามารถแทรกซึมเข้าไปในส่วนไขมันที่ห่อหุ้มไวรัส (fatty envelope) และทำให้เยื่อหุ้มนั้นถูกทำลาย ไวรัสจึงตาย นอกจากนี้กรดไขมันสายปานกลาง (MCFAs) ในน้ำมันมะพร้าวมีโครงสร้างเหมือนกับไขมันในน้ำนมแม่ที่ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันโรคให้แก่เด็กทารก และสามารถละลายเกราะหุ้มของเชื้อโรคที่สารปฏิชีวนะอื่นๆ ไม่สามารถทำลายได้อีกด้วย

ส่วนประกอบของกรดไขมันคิดเป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมดของน้ำมันมะพร้าว จากการวิเคราะห์โดยใช้วิธีแก๊สลิควิดโครมาโตกราฟี (Gas Liquid Chromatography หรือ GLC) แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของกรดไขมันเป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมดของน้ำมันมะพร้าว

กรดไขมัน	ส่วนประกอบเป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด
กรดคาโปรอิค (caproic acid)	ไม่เกิน 1.2
กรดคาปรีลิค (caprylic acid)	3.4 - 15
กรดคาปริค (capric acid)	3.2 - 15
กรดลอริค (lauric acid)	41 - 56
กรดไมริสติค (myristic acid)	13 - 23
กรดปาล์มมิติค (palmitic acid)	4.2 - 12
กรดสเตียริค (stearic acid)	1.0 - 4.7
กรดโอลีอิค (oleic acid)	3.4 - 12
กรดไลโนลีอิค (linoleic acid)	0.9 - 3.7

2.6 น้ำมันถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Glycine max* (L.) Merrill เป็นพืชตระกูลถั่ว (Leguminosae) เมล็ดแห้งจากถั่วเหลืองจัดเป็นถั่วเมล็ดแห้ง (legume) ซึ่งอยู่ในกลุ่มพืชน้ำมัน (oil crop) นำไปใช้เป็นวัตถุดิบ เพื่อการสกัดเป็นน้ำมันถั่วเหลือง และยังนำมาแปรรูป (food processing) เป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย เพื่อเป็นแหล่งโปรตีน เช่น โปรตีนเกษตร (textureized vegetable protein) โปรตีนถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากถั่วเหลือง เช่น ซีอิ้ว (fermented soy sauce) เต้าเจี้ยว มิโซะ เต้าหู้ยี้ เทมเป้ ถั่วเน่า เป็นต้น ถั่วเหลืองมีมีน้ำมันร้อยละ 12-20 น้ำมันจากถั่วเหลือง มีส่วนประกอบของ กรดไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็น (essential fatty acid) ต่อร่างกายได้แก่ กรดไลโนเลอิค (linoleic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันโอเมก้า 3 (omega-3 fatty acid) และกรดไลโนเลนิค (linolenic acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันโอเมก้า6 (omega-6 fatty acid) ในปริมาณมาก สร้างความสมบูรณ์ให้แก่ผิวหนัง และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของทารกและเด็ก จึงเป็นน้ำมันที่ดีต่อสุขภาพนอกจากนี้มีวิตามินอี (vitamin E) ซึ่งเป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน

น้ำมันถั่วเหลืองมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัว 10-19 เปอร์เซ็นต์ และกรดไขมันอิ่มตัว 80-90 เปอร์เซ็นต์ กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีกรดลิโนเลอิกเป็นองค์ประกอบ 35-36 เปอร์เซ็นต์ กรดโอเลอิก 20-50 เปอร์เซ็นต์ และกรดลิโนเลอิก 2-13 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นน้ำมันถั่วเหลืองจึงมีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง (monounsaturated fatty acid) ต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acid) เป็น 1:2:4 นอกจากนี้น้ำมันถั่วเหลืองยังมีองค์ประกอบที่ไม่ใช่กลีเซอไรด์ ประกอบด้วย สเตอรอล (sterol) โทโคฟีรอล (Tocopherol) และ สเควลีน (squalene) โดยโทโคฟีรอลมีสมบัติเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ ป้องกันการออกซิเดชั่นของน้ำมัน จากองค์ประกอบของกรดไขมันพบว่า น้ำมันถั่วเหลืองมีองค์ประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงถึง 54 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นน้ำมันถั่วเหลืองจึงเป็นน้ำมันพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เพราะเป็นแหล่งของกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย คือ กรดไลโนเลอิค (linoleic acid) จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้ประกอบเป็นอาหารเสริมในสัตว์

2.7 ไขวัว (Beef tallow)

ไขวัว คือ ไขมันที่ได้จากเยื่อไขมัน (fatty tissue) ของสัตว์ในตระกูล *Bos Taurus* เยื่อไขมันที่ใช้สกัดส่วนใหญ่จะเป็นเยื่อหุ้มห่ออวัยวะ และกล้ามเนื้อ การสกัดในทางอุตสาหกรรมใช้ทั้งวิธีเคี่ยว ต้ม นึ่ง อบ ตุ๋นด้วยน้ำ หรือไอน้ำ และวิธีทางเคมีโดยใช้สารละลาย ไขมันที่ได้จะมีสถานะเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง มีสีเหลืองอ่อนจนถึงขาว ซึ่งไขมันที่มีคุณภาพดีจะมีสีขาว หรือเกือบขาว นอกจากนี้สมบัติของไขมันยังขึ้นอยู่กับอาหาร และอายุของสัตว์ รวมถึงชนิดของเยื่อมัน และวิธีการสกัด ไขวัวชนิดดีที่เรียกว่า primier jus เป็นไขมันที่ใช้บริโภคเป็นน้ำมันทอด น้ำมันอบ หรือใช้ทำเนยเทียม ไขมันที่ด้อยคุณภาพ จะมีสีเหลืองเรื่อ และค่อนข้างมีกลิ่น มักใช้ในอุตสาหกรรมทำสบู่ เทียนไข ใช้ผสมหับน้ำมันหล่อลื่น หรือใช้เป็นสารตกแต่งหนังสัตว์ (Weast, 1978)

องค์ประกอบของไขวัว ไขวัวประกอบด้วยกลีเซอไรด์ (Glycerides) ของกรดไขมันชนิดต่างๆ ซึ่งได้แก่ กรดไขมันจำพวกอิ่มตัว (Saturated fatty acids) และกรดไขมันจำพวกไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) นอกจากนี้ยังมีสารประกอบจำพวก chloresterol กรด arachidonic, Elaidic และ Vaccenic อยู่เพียงเล็กน้อย แต่มีกรด oleic acid, plamitic acid และ stearic acid รวมกันได้เกือบ 90% โดยน้ำหนัก (Weast, 1978)

ตารางที่ 2.3 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันที่สำคัญบางตัวในไขวัว

ชื่อสามัญ	ร้อยละโดยมวล	จุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)
Saturated fatty acids		
Myristic acid	6.3	54.4
Palmitic acid	27.4	62.9
Stearic acid	14.1	69.6
Unsaturated fatty acids		
Oleic acid	49.6	13.4
Linoleic acid	2.5	-5

ที่มา : ดัดแปลงจาก Weast (1978)

2.8 กรดเบนโซอิค (Benzoic acid)

กรดเบนโซอิค เป็นกรดที่โครงสร้างคาร์บอนวงแหวนอย่างง่ายไม่ซับซ้อน เป็นผลึกสีขาว มีอยู่ในยางของผลไม้ เช่น เบอรี่ โดยเฉพาะพืชในจีนัส Vaccinium นอกจากนี้ยังมีในนม และผลิตภัณฑ์นม และเนื้อเยื่อของสัตว์ และสารคัดหลั่งต่างๆ (CICA, 2000) โดยกรดชนิดนี้ถูกใช้สำหรับการถนอมอาหารคน (E-number: E210) **มา** เป็นระยะเวลานาน และถูกนำมาใช้ในอาหารสุกรในปี ค.ศ. 2003 ซึ่งปัจจุบันจัดอยู่ในกลุ่มวัตถุเพิ่มเติมอื่นๆ "other zootechnical additives" (1138/2007/EC) ในทางโภชนศาสตร์สุกร การเสริมกรดเบนโซอิคในอาหาร ช่วยเพิ่มน้ำหนักตัวสุกรต่อวัน และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของสารอาหาร (van der Peet-Schwering et al., 1999; Maribo et al., 2000; Guggenbuhl et al., 2007) ในลูกสุกรและสุกรระยะรุ่น-ขุน และจาก การศึกษาในห้องปฏิบัติการ พบว่ากรดเบนโซอิคมีศักยภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์ ที่อยู่ในส่วนของไส้ติ่งได้ เกือบทั้งหมด (Biagi and Piva, 2005) รวมทั้งให้ผลในทางตรงกันข้ามกับโคลิฟอร์มแบคทีเรียและแบคทีเรียกรด แลคติค (lactic acid bacteria, LAB) (Knarreborg et al., 2002) ส่วนผลจากการศึกษาในตัวสัตว์จริงยังให้ผลไม่ แน่นอน ตามผลการวิจัยในห้องทดลองของ Maribo et al. (2000) และ Kluge et al. (2006) พบว่า LAB สามารถ เพิ่มจำนวนหรือลดจำนวนลงได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดเบนโซอิคในอาหาร และบางรายงานมีการเพิ่มขึ้นของ *E. coli* (Dierick et al., 2004; Torrallardona et al., 2007) บางส่วนที่มีความแปรปรวนสามารถอธิบายถึงผล อันเนื่องมาจากส่วนของระบบทางเดินอาหารที่นำมาตรวจสอบ นอกเหนือจากกรดเบนโซอิค มีผลต่อต้าน เชื้อจุลินทรีย์แล้ว ยังมีผลต่อการเพิ่มความเป็นกรดของปัสสาวะ (Kluge et al., 2006) หลังจากที่กรดเบนโซอิคถูก ดูดซึมที่ลำไส้เล็ก กรดจะถูกเคลื่อนย้ายไปยังตับและถูกนำไปจับกับกรดอะมิโนไกลซีน (glycine) เปลี่ยนไปเป็นกรด ฮิบพิวริค (hippuric acid) ในรูปนี้ของกรดเบนโซอิคจะถูกขับออกถึง 90 – 100 % ภายใน 24 ชั่วโมง ผ่านทาง ปัสสาวะ (Bridges et al., 1970) ซึ่งเป็นผลให้สามารถลด pH ในปัสสาวะได้ และการลดลงของ pH ในปัสสาวะ ส่งผลให้ลดการปลดปล่อยแอมโมเนีย (Mroz et al., 2000; Hansen et al., 2007) ซึ่งจะมีผลดีเป็นอย่างมากต่อ พื้นที่ที่มีการเลี้ยงสุกรที่หนาแน่น

ระดับการใช้กรดเบนโซอิคในอาหารสุกร Kluge et al. (2006) เปรียบเทียบการใช้กรดเบโซอิคเสริมใน อาหารลูกสุกรหย่านมที่อายุ 28 วัน โดยเปรียบเทียบปริมาณการใช้ที่ 0.5 และ 1.0 % ในอาหารเปรียบเทียบกับ การเสริม potassium diformate 1.2% การเสริมกรดเบนโซอิคทั้งที่ระดับ 0.5 และ 1.0% ให้ผลไม่แตกต่างกัน

แต่ที่ระดับ 1.0% ให้ผลด้านประสิทธิภาพการผลิตที่ดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมอะไรเลยอย่างมีนัยสำคัญโดยให้ผลใกล้เคียงกับการเสริม potassium diformate 1.2% นอกจากนี้ยังพบอีกว่า การเสริมกรดเบนโซอิคทั้งที่ระดับ 0.5 และ 1.0% ทำให้ลูกสุกรมีค่า N-retention ที่ดีกว่ากลุ่มที่ไม่เสริม ดังนั้นจากการทดลองนี้แสดงว่ากรดเบนโซอิคสามารถใช้เสริมในอาหารลูกสุกร ให้ผลดีในระดับตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.0% ในอาหาร ซึ่งก็สอดคล้องกับรายงานของ Halas et al. (2010) ที่วัดผลทางด้านประสิทธิภาพการผลิตในลูกสุกร Halas et al. (2010) พบว่าการเสริมกรดเบนโซอิคในระดับ 0.5% ในอาหารสุกรหย่านมที่อายุ 21±3 วัน ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินอาหาร ค่าสัมประสิทธิการย่อยได้ของไนโตรเจนที่ปลายลำไส้เล็ก รวมทั้งเพิ่มความสูงของวิลไล ช่วยให้การดูดซึมโภชนะดีขึ้น ส่วนจากการศึกษาวิจัยของ Torrallarddona et al. (2007) ก็พบว่าการเสริมกรดเบนโซอิคที่ระดับ 0.5% ของอาหารช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของลูกสุกรหลังหย่านม โดยมีผลเนื่องมาจากการปรับสภาวะของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้เล็กของลูกสุกรให้เหมาะสม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

13.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

ผลิตภัณฑ์อาหารเสริมพลังงานสูงประกอบด้วย 2 ส่วนผสมหลัก

1. น้ำมันผสมจากน้ำมันและไขมัน ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว (Coconut oil; CO) น้ำมันถั่วเหลือง (Soybean oil; SO) น้ำมันปาล์ม (Palm oil; PO) และไขมันสัตว์ปีก (Poultry fat; PF) โดยประกอบสูตรให้มีค่า U:S ratio ประมาณ 3.0

2. กรดอินทรีย์ ได้แก่กรดเบนโซอิค (Benzoic acid; BA)

นำส่วนประกอบทั้ง 2 ชนิด มาใช้เสริมในอาหารทดสอบซึ่งเป็นอาหารฐาน โดยใช้แหล่งวัตถุดิบอาหารหลัก คือ ข้าวโพด กากถั่วเหลือง และหางนม เป็นหลัก ปรับให้มีระดับโภชนะตามคำแนะนำของ NRC (1998) ซึ่งกลุ่มทดลองทุกกลุ่มจะได้รับอาหารที่ประกอบสูตรเสริมอาหารไขมันผสมในระดับ 5% ของอาหาร ได้แก่ กลุ่มที่ A (กลุ่มควบคุม) ได้รับอาหารฐานเพียงอย่างเดียว กลุ่ม B ได้รับอาหารฐานเสริมด้วยกรดเบนโซอิค (Benzoic acid; BA) 0.5% กลุ่ม C, CB, E และ EB เสริมน้ำมันผสมชนิดใดชนิดหนึ่งร่วมกับกรดเบนโซอิคดังต่อไปนี้

กลุ่มที่ A กลุ่มควบคุม สุกรได้รับอาหารผสมไขมันที่ประกอบด้วย PO และ PF

กลุ่มที่ B สุกรได้รับอาหาร ผสมไขมันที่ประกอบด้วย PO และ PF + BA 0.5%

กลุ่มที่ C สุกรได้รับอาหาร ผสมไขมันที่ประกอบด้วย SO+PF+CO มี MCFAs 0.35%

กลุ่มที่ CB สุกรได้รับอาหาร ผสมไขมันที่ประกอบด้วย SO+PF+CO มี MCFAs 0.35%+ BA 0.5%

กลุ่มที่ E สุกรได้รับอาหาร ผสมไขมันที่ประกอบด้วย SO+PF+CO มี MCFAs 0.70%

กลุ่มที่ EB สุกรได้รับอาหาร ผสมไขมันที่ประกอบด้วย SO+PF+CO มี MCFAs 0.70%+ BA 0.5%

การผสมส่วนผสมของสารเสริมที่จะใช้ทดสอบ จะทำการผสมสารแต่ละชนิดเข้ากับสารสื่อ ได้แก่ ถั่วเหลืองบดละเอียดก่อน เพื่อให้สารเสริมแต่ละชนิดกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และป้องกันการเกิดปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างสารเสริม หลังจากนั้นนำมาผสมในอาหารทดลอง ทำการวิเคราะห์ค่าพลังงาน และกรดไขมันในน้ำมันผสม รวมทั้งวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ ของอาหารทดลองก่อนนำมาใช้ทดสอบในการทดลองที่ 1 และ 2

<u>การทดลองที่ 1:</u> ศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ทำการทดลองในสุกรลูกผสมหลังหย่านม ดูรอค x (แลนด์เรซ x ลาร์จไวท์) หย่านมอายุ 20±1 วันน้ำหนักเริ่มต้นประมาณ 5-6 กิโลกรัม จำนวน 72 ตัว สุ่มสุกรแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ๆ ละ 12 ตัว โดยมีเพศผู้และเพศเมียในแต่ละกลุ่มจำนวนเท่าๆ กันทุกกลุ่มการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูณ์ (Completely Randomized Design) เลี้ยงสุกรบนกรงตับขังเดี่ยว 50 x 100 เซนติเมตร เป็นเวลา 42 วัน หรือ 6 สัปดาห์ สุกรจะได้รับอาหารและน้ำเต็มที่ กลุ่มทดลองแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหาร 6 ชนิดตามลำดับ โดยอาหารที่ผสมไว้ให้สุกรกินจะผสมไว้ไม่เกิน 7 วัน ถ้าสุกรกินไม่หมดต้องทำการผสมใหม่ สุ่มสุกรแต่ละกลุ่มให้ได้รับอาหารทดลอง 1 ใน 6 ชนิด บันทึกน้ำหนักเมื่อเริ่มต้นทดลอง น้ำหนักเพิ่มทุกๆ สัปดาห์และน้ำหนักสุดท้ายของการทดลอง รวมทั้งปริมาณอาหารที่สุกรกินแต่ละวันเพื่อทำการคำนวนหาสมรรถภาพการผลิตต่างๆ รวมทั้ง ข้อมูลทางเศรษกิจ เช่น ต้นทุนค่าอาหารรวมสารเสริมต่อน้ำหนักสุกรที่เพิ่มขึ้น 1 กก. นอกจากนี้ยังบันทึกสุขภาพของลูกสุกร เพื่อวัดอัตราการเกิดท้องเสียของสุกร โดยดูจากลักษณะรูปร่าง และสีของมูลสุกร สุ่มตัวอย่างมูลสุกรเพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณ เชื้อ *Salmonella spp.* และ *Escherichia coli* และ Coliform bacteria ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดลองโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ตามแผนการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple range Test (Steel and Torrie, 1980)

<u>การทดลองที่ 2</u> : ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของสุกร

อาหารทุกชนิดจากการทดลองที่ 1 จะผสม titanium dioxide 0.5% เพื่อเป็น indigestible marker สำหรับวิเคราะห์ความเข้มข้นเพื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะต่อไป เลี้ยงสุกรบนกรงศึกษาการย่อยได้โดยใช้สุกรจำนวน 30 ตัว วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design; RCBD) สุ่มให้สุกรแต่

ละตัว กินอาหารที่ต้องการทดสอบ 1 ใน 6 ชนิด ดังกล่าวเป็นเวลา 5 วัน โดย 3 วันแรกเป็นช่วงปรับตัวของสุกรกับอาหารทดสอบ และ 2 วันสุดท้าย เป็นช่วงเก็บมูลทั้งหมด นำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20°C ทันที เพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน เยื่อใย วัตถุแห้ง และโภชนะอื่นๆ ในตัวอย่างอาหาร ตัวอย่างมูล ในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีการของ AOAC (2000) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ค่าการย่อยได้ของโภชนะค่าการย่อยได้ของโภชนะโดยใช้วิธี index method (Miller and Calvert, 2001) ดังสมการที่ 1 โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range test (Steel and Torrie, 1980)

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - \left\{ 100x \left(\frac{\text{ความเข้มข้นของ TiO2 ในอาหาร x ความเข้มข้นของ TiO2 ในมูล}}{\text{ความเข้มข้นของ TiO2 ในมูง x ความเข้มข้นของ TiO2 ในอาหาร}} \right) \right\} \quad \text{สมการที่ 1}$$

3.2 สถานที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูล

ศึกษาทดลองในสุกร ณ หน่วยวิจัยและทดสอบอาหารสัตว์ สถานีวิจัยและฝึกอบรมบึงราชนก คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร วิเคราะห์ทางเคมีและจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของอาหารสุกรทดลอง

ส่วนประกอบ (%)	ราคาวัตถุดิบ (บาท/กก.)	อาหารทดลอง					
		A	B	C	CB	E	EB
ข้าวโพด	10.80	37.00	36.50	37.00	36.50	37.00	36.50
รำละเอียด	10.50	5	5	5	5	5	5
กากถั่วเหลือง	19.50	44	44	44	44	44	44
หางนม	54.00	5	5	5	5	5	5
ไดแคลเซียมฟอสเฟต (P18)	17.50	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)	12.00	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
เกลือ	13.00	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
พรีมิกซ์	250.00	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
น้ำมันมะพร้าว	300.00	0	0	0.6	0.6	1.2	1.2
น้ำมันปาล์ม	40.00	0.6	0.6	0	0	0	0
น้ำมันถั่วเหลือง	55.00	0	0	1.5	1.5	3.8	3.8
ไขมันสัตว์ปีก	25.00	4.4	4.4	2.9	2.9	0	0
กรดเบนโซอิค	167.00	0	0.5	0	0.5	0	0.5
รวม		100	100	100	100	100	100
ราคา (บาท/กก.)		18.36	19.14	20.37	21.15	22.71	23.49

ตารางที่ 3.2 แสดงองค์ประกอบทางโภชนะของอาหารสุกรทดลอง

โภชนะ (%)	อาหารทดลอง					
	A	B	C	CB	E	EB
จากการคำนวน						
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (kcal/kg)	3,398	3,381	3,404	3,387	3,408	3,391
โปรตีน	24.06	24.02	24.08	24.04	24.11	24.07
ไขมัน	5.58	5.58	5.61	5.61	5.65	5.65
เยื่อใย	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57	5.57
ฟอสฟอรัส	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
แคลเซียม	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
ไลซีน	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
เมทไธโอนีน	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
ทริปโตเฟน	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
ทรีโอนีน	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
U:S	3.20	3.20	3.20	3.20	3.22	3.22
MCFAs	0.00	0.00	0.35	0.35	0.70	0.70
จากการวิเคราะห์						
พลังงานรวม (kcal/kg)	3,897	3,881	3,804	3,887	3,808	3,801
โปรตีน	22.23	22.27	21.72	22.46	22.45	21.99
ไขมัน	5.57	5.64	5.07	5.73	5.22	5.75
เยื่อใย	5.73	5.10	5.71	5.09	5.24	5.95
เถ้า	8.44	8.90	8.46	8.89	8.59	8.28

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ (Results and Discussion)

4.1 สมรรถภาพการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

จากผลการทดลองด้านประสิทธิภาพการผลิตของสุกรหลังหย่านมที่อายุ 20±1 วัน ที่เสริมในอาหารด้วยสารเสริมพลังงานสูงหรือไขมันผสมในอาหารในปริมาณ 5% ในอาหาร เพื่อใช้เป็นแหล่งปรับพลังงาน โดยอาหารทุกสูตรที่สุกรได้รับมีปริมาณพลังงาน โปรตีนและสารอาหารอื่นๆในอาหารใกล้เคียงกัน (ตาราง 2.2) มีส่วนประกอบที่เป็นวัตถุดิบหลักคือ ข้าวโพด รำละเอียด กากถั่วเหลือง หางนม ไดแคลเซียมฟอสเฟต แคลเซียมคาร์บอร์เนต เกลือ และพรีมิกซ์ ใกล้เคียงกันทุกสูตร สารเสริมพลังงานสูงหรือไขมันผสมในอาหารในปริมาณ 5% ในอาหาร วัตถุดิบพลังงานสูงที่ใช้ประกอบด้วย น้ำมันปาล์ม (Palm oil; PO) และไขมันสัตว์ปีก (Poultry fat; PF) น้ำมันถั่วเหลือง (Soybean oil; SO) น้ำมันมะพร้าว (CO) และกรดเบนโซอิก (BA) ได้แก่

กลุ่มที่ A กลุ่มควบคุม สุกรได้รับอาหารผสมไขมันที่ประกอบด้วย PO และ PF

กล่มที่ B สุกรได้รับอาหาร ผสมไขมันที่ประกอบด้วย PO+PF+ BA 0.5%

กลุ่มที่ C สุกรได้รับอาหาร ผสมไขมันที่ประกอบด้วย SO+PF+CO มี MCFAs 0.35%

กลุ่มที่ CB สุกรได้รับอาหาร ผสมไขมันที่ประกอบด้วย SO+PF+CO มี MCFAs 0.35%+ BA 0.5%

กลุ่มที่ E สุกรได้รับอาหาร ผสมไขมันที่ประกอบด้วย SO+PF+CO มี MCFAs 0.70%

กลุ่มที่ EB สุกรได้รับอาหาร ผสมไขมันที่ประกอบด้วย SO+PF+CO มี MCFAs 0.70%+ BA 0.5%

โดยส่วนประกอบของวัตถุดิบและปริมาณโภชนะจากการคำนวนดังแสดงในตารางที่ 3.1

โดยผลการทดลองด้านประสิทธิภาพการผลิตทั้ง 6 สัปดาห์ จะแสดงข้อมูลด้านประสิทธิภาพ แบ่งเป็นข้อมูลเฉลี่ยเป็นช่วงๆ ละ 3 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) และข้อมูลเฉลี่ยด้านประสิทธิภาพการผลิตตลอดทั้ง 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 4.3)

ผลการทดลองด้านประสิทธิภาพการผลิตของสุกรหลังหย่านมเฉลี่ยสัปดาห์ที่ 1-3 (ตารางที่ 4.1) จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณอาหารที่กิน อัตราแลกน้ำหนัก และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหารแตกต่างกันอย่างไม่มี

ว SF
98
.A2
ว4ช9ร
2556

1 69 38978

สำนักหอสมุด
26 W.A. 2559

นัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น และค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโตของสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารเสริมพลังงานสูงสูตร E คือมี MCFAs 0.70% มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุด ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่ม CB ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริมสารเสริมพลังงสนสูงสูตร B, C และ EB

ตารางที่ 4.1 ประสิทธิภาพการผลิตของสุกรทดลอง สัปดาห์ที่ 1-3 ของการทดลอง ที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยอาหารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ

	อาหารเสริมสารเสริมพลังงานสูงสูตรต่างๆ [e]						SEM	*P*-value
	A	B	C	CB	E	EB		
จำนวนสุกรทดลอง (ตัว)	12	12	12	12	12	12		
ระยะเวลาการทดลอง (วัน)	21	21	21	21	21	21		
น้ำหนักเริ่มต้นทดลอง (kg)	6.48	6.57	6.66	6.72	6.64	6.85	0.17	0.93
น้ำหนักสิ้นสุดทดลอง (kg)	10.47	10.35	10.44	10.75	9.66	10.84	0.13	0.59
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (kg)	3.99 [a]	3.78 [ab]	3.78 [ab]	4.03 [a]	3.02 [b]	3.99 [ab]	0.09	0.04
อัตราการเจริญเติบโต (ADG; kg/d)	0.19[a]	0.18[ab]	0.18[ab]	0.19[a]	0.14[b]	0.17[ab]	0.001	0.04
ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (kg)	6.09	6.51	6.3	6.51	5.67	6.3	0.12	0.63
ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน (FI, kg)	0.29	0.31	0.30	0.31	0.27	0.30	0.01	0.65
อัตราแลกน้ำหนัก (FCR)	1.53	1.65	1.64	1.64	1.90	1.77	0.06	0.36
สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของอาหาร (FE;%)	65.52	58.06	60.00	61.94	53.33	63.33	0.02	0.55

[a,b] Means within rows with different superscripts differ *(P<0.05)*

[e] สูตร A ประกอบด้วย PO+PF (control), B ประกอบด้วย PO+PF+0.50%BA, สูตร C ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.35%MCFAs), สูตร D ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.35%MCFAs)+0.50%BA, สูตร E ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.70%MCFAs), สูตร F ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.70%MCFAs)+0.50%BA

ผลการทดลองด้านประสิทธิภาพการผลิตของสุกรหลังหย่านมเฉลี่ยสัปดาห์ที่ 4-6 (ตารางที่ 4.2) จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่แนวโน้มความแตกต่างจะพบในส่วนของอัตราแลกน้ำหนัก (feed/gain หรือ FCR) และสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของอาหาร (gain/feed) ที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสุกรกลุ่ม B, E และ BE ที่ได้รับอาหารเสริมอาหารพลังงานสูง 5%ที่มี BA เพียงอย่างเดียว ในกลุ่ม B กลุ่ม E ที่มี CO เป็นแหล่ง 0.70% MCFAs และกลุ่ม EB ที่มี CO เป็นแหล่ง 0.70% MCFAs ร่วมกับ BA มีอัตราแลกน้ำหนักดีที่สุดคือ 1.35, 1.27 และ 1.39 ตามลำดับ โดยแนวโน้มที่ดีที่สุดคือกลุ่ม E ที่มี CO เป็นแหล่ง 0.70% MCFAs และมีแนวโน้มของประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหารสูงสุดคือ 78.69% ถึงแม้จะไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มอื่นๆก็ตาม

ผลการทดลองด้านประสิทธิภาพการผลิตของสุกรหลังหย่านมเฉลี่ย 6 สัปดาห์ของการทดลอง (ตารางที่ 4.3) จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่แนวโน้มความแตกต่างจะพบในส่วนของอัตราแลกน้ำหนัก (feed/gain หรือ FCR) และสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของอาหาร (gain/feed) ที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยสุกรกลุ่ม B และ E ที่ได้รับอาหารเสริมอาหารพลังงานสูง 5%ที่มี BA เพียงอย่างเดียว ในกลุ่ม B กลุ่ม E ที่มี CO เป็นแหล่ง 0.70% MCFAs มีอัตราแลกน้ำหนักดีที่สุดคือ 1.41 และ 1.42 ตามลำดับ และมีแนวโน้มของประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหารสูงสุดคือ 71.11 และ 70.89% ถึงแม้จะไม่แตกต่างทางสถิติกับกลุ่มอื่นๆก็ตาม

ตารางที่ 4.2 ประสิทธิภาพการผลิตของสุกรทดลอง สัปดาห์ที่ 4-6 ของการทดลอง ที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยอาหารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ

	อาหารเสริมสารเสริมพลังงานสูงสูตรต่างๆ [e]						SEM	*P*-value
	A	B	C	CB	E	EB		
จำนวนสุกรทดลอง (ตัว)	12	12	12	12	12	12		
ระยะเวลาการทดลอง (วัน)	21	21	21	21	21	21		
น้ำหนักเริ่มต้นทดลอง (kg)	10.47	10.35	10.44	10.75	9.66	10.84	0.13	0.59
น้ำหนักสิ้นสุดทดลอง (kg)	19.71	20.01	19.89	20.41	19.74	20.5	0.17	0.92
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (kg)	9.24	9.66	9.45	9.66	10.08	9.66	0.12	0.68
อัตราการเจริญเติบโต (ADG; kg/d)	0.44	0.46	0.45	0.46	0.48	0.46	0.01	0.62
ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (kg)	13.44	13.02	13.65	13.86	12.81	13.44	0.21	0.90
ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน (FI, kg)	0.64	0.62	0.65	0.66	0.61	0.64	0.01	0.92
อัตราแลกน้ำหนัก (FCR)	1.45	1.35	1.44	1.43	1.27	1.39	0.04	0.62
สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของอาหาร (FE;%)	68.75	74.19	69.23	69.70	78.69	71.88	0.02	0.50
ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กก. (บาท)	26.71	25.80	29.42	30.35	28.86	32.68		

[a,b] Means within rows with different superscripts differ *(P<0.05)*

[e] สูตร A ประกอบด้วย PO+PF (control), B ประกอบด้วย PO+PF+0.50%BA, สูตร C ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.35%MCFAs), สูตร D ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.35%MCFAs)+0.50%BA, สูตร E ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.70%MCFAs), สูตร F ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.70%MCFAs)+0.50%BA

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพการผลิตของสุกรทดลอง เฉลี่ยตลอด 6 สัปดาห์ของการทดลอง ที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยอาหารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ

	อาหารเสริมสารเสริมพลังงานสูงสูตรต่างๆ [e]						SEM	*P*-value
	A	B	C	CB	E	EB		
จำนวนสุกรทดลอง (ตัว)	12	12	12	12	12	12		
ระยะเวลาการทดลอง (วัน)	42	42	42	42	42	42		
น้ำหนักเริ่มต้นทดลอง (kg)	6.48	6.57	6.66	6.72	6.64	6.85	0.10	0.93
น้ำหนักสิ้นสุดทดลอง (kg)	19.71	20.01	19.89	20.41	19.74	20.5	0.17	0.92
น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (kg)	13.23	13.44	13.23	13.69	13.1	13.65	0.14	0.92
อัตราการเจริญเติบโต (ADG; kg/d)	0.32	0.32	0.31	0.32	0.31	0.31	0.001	0.91
ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมด (kg)	19.74	18.9	19.74	20.16	18.48	19.74	0.29	0.83
ปริมาณการกินได้ต่อตัวต่อวัน (FI, kg)	0.47	0.45	0.47	0.48	0.44	0.47	0.01	0.79
อัตราแลกน้ำหนัก (FCR)	1.48	1.41	1.50	1.49	1.42	1.50	0.03	0.87
สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของอาหาร (FE;%)	67.02	71.11	67.02	67.91	70.89	69.15	0.01	0.77

[a,b] Means within rows with different superscripts differ *(P<0.05)*

[e] สูตร A ประกอบด้วย PO+PF (control), B ประกอบด้วย PO+PF+0.50%BA, สูตร C ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.35%MCFAs), สูตร D ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.35%MCFAs)+0.50%BA, สูตร E ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.70%MCFAs), สูตร F ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.70%MCFAs)+0.50%BA

ผลของการเสริม 0.50%BA, 0.35%MCFAs, 0.70%MCFAs และเสริม 0.35MCFAs%+0.50%BA, 0.70%MCFAs+0.50%BA ในอาหารลูกสุกรหลังหย่านมเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอัตราการเจริญเติบในช่วงสัปดาห์ที่ 1-3 การเสริมเฉพาะ 0.70%MCFAs ในอาหารลูกสุกรทำให้อัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่า ($P<0.05$) กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริม 0.35%MCFAs+0.50%BA แต่ไม่แตกต่างจากสุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม 0.50%BA, 0.35%MCFAs และกลุ่มที่ได้รับอาหารที่เสริม 0.70%MCFAs+0.50%BA ซึ่งผลแตกต่างจากรายงาน Rodas and Maxwell (1992) รายงานผลการเสริม MCFAs ในอาหารลูกสุกรหย่านมเร็ว เปรียบเทียบกับไขวัวและไขมันนม ในระดับ 20 ถึง 60 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่าอัตาการเพิ่มน้ำหนักตัว และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงในช่วง 2 สัปดาห์ หลังจากที่เสริม MCFAs ซึ่งดีกว่าการเสริมด้วยไขวัวหรือไขมันนม น้ำมันมะพร้าวมีปริมาณของ MCFAs มากซึ่งมีสายโซ่คาร์บอนสั้นกว่าในไขวัวหรือไขมันนม จึงถูกย่อยได้ดีในลูกสุกรหย่านมเร็วในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังหย่านม และให้ผลทางด้านประสิทธิภาพการผลิตใกล้เคียงกับน้ำมันข้าวโพดและน้ำมันถั่วเหลือง (Jin *et al.*, 1998) ซึ่งรายงานดังกล่าวใช้ระดับของ MCFAs ที่สูงกว่างานทดลองนี้เป็น 10 เท่าคือ 20 ถึง 60 กรัมต่อกิโลกรัม แต่จากการวิจัยครั้งนี้ใช้เพียง 3.5 และ 7 กรัมต่อกิโลกรัม เพราะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจด้วย สำหรับอัตราการเจริญเติบในช่วงสัปดาห์ที่ 3-6 ของการทดลอง และค่าเฉลี่ยตลอดการทดลอง 6 สัปดาห์ ให้ผลด้านประสิทธิภาพการผลิตไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ของทุกกลุ่มการทดลอง รวมทั้งประสิทธิภาพการผลิตด้านอัตราแลกน้ำหนักและปริมาณอาหารที่กินได้ของสุกรทุกกลุ่ม ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งระยะการทดลองที่ 1-3, 3-6 และ 1-6 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับ Hernandez and Pluske (2008) ที่ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ medium chain triglyceride (MCT) สังเคราะห์ 0.625%, 1.25%, 2.5% และ 5% เปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้สารปฏิชีวนะร่วมกับ ZnO และกลุ่มที่ไม่ใช้สารใดๆเลย และกลุ่มที่ใช้ น้ำมันมะพร้าว 5% ในลูกสุกรหย่านมที่ 21 วัน ผลการทดลองพบว่าให้ผลไม่แตกต่างกันของทุกกลุ่มการทดลอง พบแต่เพียงระดับของ Growth Hormone ของกลุ่มที่ได้รับ 1.25% MCT สูงกว่ากลุ่มที่เสริมสารปฏิชีวนะและ ZnO อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการเจริญเติบโตของสุกร ซึ่งเป็นไปได้ว่าถึงแม้ MCFAs ถูกย่อยและดูดซึมได้ง่ายในระบบทางเดินอาหารและเป็นแหล่งพลังงานให้ร่างกายผ่านกระบวนการ oxidation (Odle *et al.*, 1989) แต่ไม่สามารถเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของสุกรแรกเกิดได้ (Kempen *et al.*, 1993; Odle *et al.*, 1991) ซึ่งจะแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Jung *et al.* (2003) พบว่าแหล่งน้ำมันจาก

พืช ได้แก่ น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันถั่วเหลือง ให้ผลทางด้านประสิทธิภาพการผลิตสุกรหย่านม อายุ 21 วัน ดีกว่าไขวัวและน้ำมันปลา และ Cera *et al.* (1989) ก็ได้ข้อมูลที่เด่นชัดว่า การใช้น้ำมันมะพร้าวเพียงชนิดเดียว หรือน้ำมันมะพร้าวผสมกับน้ำมันข้าวโพด ใช้ในอาหาร 8% ให้ผลดีทางด้านประสิทธิภาพการผลิตของลูกสุกรหย่านมที่ 23 วัน โดยดีกว่า ไขวัว หรือน้ำมันข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ซึ่งจากผลการวิจัยนี้ ในกลุ่มการทดลองที่ 5 และ 6 ซึ่งได้รับอาหารที่มีน้ำมันผสมจากพืช คือน้ำมันมะพร้าว และน้ำมันถั่วเหลือง ประสิทธิภาพการผลิตก็ยังไม่แตกต่างจากกลุ่มอื่น ซึ่งมีส่วนผสมของไขมันสัตว์ปีกผสมอยู่ด้วย ส่วนในกลุ่มที่เสริมกรดเบนโซอิตที่ระดับ 0.50% เพียงอย่างเดียวก็ให้ผลไม่แตกต่าง (P>0.05) จากกลุ่มอื่นๆ ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ Halas *et al.* (2010) พบว่าการเสริมกรดเบนโซอิคในระดับ 0.50% ในอาหารสุกรหย่านมที่อายุ 21±3 วัน ช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินอาหาร ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนที่ปลายลำไส้เล็ก รวมทั้งเพิ่มความสูงของวิลไล ช่วยให้การดูดซึมโภชนะดีขึ้น ส่วนจากการศึกษาวิจัยของ Torrallardona *et al.* (2007)และ Diao *et al.* (2014) ก็พบว่าการเสริมกรดเบนโซอิคที่ระดับ 0.50% ของอาหารช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของลูกสุกรหลังหย่านม โดยมีผลเนื่องมาจากการปรับสภาวะของจุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้เล็กของลูกสุกรให้เหมาะสม

4.2.ผลปริมาณเชื้อ Coliform bacteria, *E. coli* และ *Salmonella* spp.จากการ Swab จากทวารหนักของสุกร

จากการสุ่มวัดเชื้อแบคทีเรียจากทวารหนักของสุกรจำนวน 2 ครั้ง คือสัปดาห์ที่ 3 และเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 6 พบว่าในสัปดาห์ที่ 3 ของการทดลอง กลุ่มที่เสริมด้วยกรดไขมัน MCFAs และเสริม MCFAs ร่วมกับ BA 0.5% มีปริมาณ *Coliform bacteria* มีจำนวนน้อยกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมหรือเสริมแค่ BA เพียงอย่างเดียว ส่วนปริมาณ *E.coli* ในสุกรกลุ่มที่เสริม MCFAs 0.70% ทั้งเสริมและไม่เสริม BA น้อยกว่ากลุ่มอื่น ๆ (P<0.05) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับรายงานของ Dierick *et al.* (2002a,b) พบว่า MCFAs 0.35 กรัมต่อ 100 กรัม หรือ 0.025 M ของสารละลายที่ได้จากกระเพาะ หรือลำไส้เล็กส่วนต้น ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารของสุกร แต่สำหรับปริมาณ *Salmonella* พบว่าสุกรกลุ่มที่เสริม MCFAs 0.70% เสริม BA 0.5% มีปริมาณน้อยกว่ากลุ่มอื่น (P<0.05) และผลปริมาณจุลินทรีย์ที่สุ่มจากมูลสุกรที่ทวารหนัก เมื่อสิ้นสุดการทดลองคือสัปดาห์ที่ 6 พบว่า ปริมาณ *Coliform bacteria* และ *E.coli* ไม่แตกต่างกันระหว่างกลุ่มการทดลอง ยกเว้นกลุ่มที่ 3

หรือกลุ่มที่สุกรได้รับอาหารเสริม MCFAs 0.35% มีปริมาณมากกว่ากลุ่มอื่น ($P<0.05$) รวมทั้งมีปริมาณ *Salmonella* มากกว่า ($P<0.05$) สุกรกลุ่มที่ได้รับอาหารเสริม BA 0.5%, เสริม MCFAs 0.70% และเสริม MCFAs 0.70%+0.5%BA แต่ไม่แตกต่าง ($P>0.05$) จากกลุ่มควบคุม กลุ่มที่เสริม MCFAs 0.35% และ กลุ่มที่ MCFAs 0.35%+0.5%BA ซึ่งจะเห็นได้ว่าสุกรกลุ่มที่เสริม MCFAs 0.35%+0.5%BA และกลุ่มที่เสริม MCFAs 0.70%+0.5%BA เกิดอาการท้องเสียต่ำ ($P<0.05$) กว่ากลุ่มอื่น คือ 2.74 และ 3.12 % ถึงแม้ว่าสุกรกลุ่มที่เสริมเฉพาะ MCFAs 0.35% เกิดอาการท้องเสียต่ำ ($P<0.05$) กว่ากลุ่มอื่น เช่นเดียวกันคือ 4.30% แต่ค่าปริมาณ *Coliform bacteria, E.coli* และ *Salmonella* ที่มากกว่ากลุ่มอื่นในสัปดาห์ที่ 6 ไม่น่าจะส่งผลดีต่อสุกรแต่อย่างใด สำหรับผลการเสริม BA 0.50% ในอาหารสุกรกลุ่ม B และที่เสริมร่วมกับ MCFAs 0.35% และ0.70% เห็นผลช่วยลด *Coliform bacteria* ในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อเสริมร่วมกับ MCFAs 0.35% และช่วยลด *Coliform bacteria, E.coli* และ *Salmonella* ในสัปดาห์ที่ 3 เมื่อเสริมร่วมกับ MCFAs 0.70% แต่ในสัปดาห์ที่ 6 ช่วยลด *Coliform bacteria, E.coli* และ *Salmonella* ทั้งที่เสริมเฉพาะ BA และที่เสริมร่วมกับ MCFAs 0.35% และ 0.70% แต่ก็ไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุม จากผลการทดลองด้านประสิทธิภาพการผลิต เพื่อประเมินผลการเสริมเฉพาะ BA 0.50% ในอาหารในกลุ่ม B จะเห็นได้ว่าไม่สามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตแต่อย่างใด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมในขณะที่จากการสุ่มวัดเชื้อแบคทีเรียจากทวารหนักของสุกรจำนวน 2 ครั้ง คือสัปดาห์ที่ 3 และเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 6 การเสริมเฉพาะ BA 0.50% ในอาหาร ก็ไม่ได้ช่วยลดปริมาณเชื้อแบคทีเรียแต่อย่างใด และถ้าจะประเมินผลการเสริมเฉพาะ MCFAs 0.35 และ 0.70 % ในอาหารสุกรกลุ่ม C และ E พบว่าการเสริมเฉพาะ MCFAs 0.35% ในอาหารในกลุ่ม C จะเห็นได้ว่าไม่สามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตแต่อย่างใดในขณะที่เมื่อเสริมที่ 0.70 % ในอาหารในกลุ่ม E กลับทำให้อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยในช่วงสัปดาห์ที่ 1-3 ต่ำกว่า ($P<0.05$) กลุ่มควบคุม ดังนั้นการเสริมเฉพาะ BA หรือ MCFAs ในอาหารสุกรหลังหย่านมยังไม่เหมาะสม แต่เมื่อเสริม MCFAs ที่ 0.35% ร่วมกับ BA ประสิทธิภาพการผลิตไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่ช่วยลดปริมาณ *Coliform bacteria* และอัตราการเกิดท้องเสียต่ำกว่าสุกรในกลุ่มควบคุมและกลุ่มอื่นๆ ยกเว้นเปรียบเทียบกลุ่ม E ที่ให้ผลไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) สำหรับสำหรับการเสริม MCFAs ที่ 0.70% ร่วมกับ BA ประสิทธิภาพการผลิตไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมเช่นเดียวกัน แต่ช่วยลดปริมาณ Coliform bacteria , *E.coli* และ *Salmonella* ในสัปดาห์ที่ 3 และลดปริมาณ *Salmonella* ในสัปดาห์ที่ 6 ด้วย และอัตราการเกิดท้องเสียต่ำกว่าสุกรในกลุ่มควบคุมและกลุ่มอื่นๆ ยกเว้นกลุ่ม C ที่เป็นการเสริมร่วม ระหว่าง MCFAs กับ BA เหมือนกัน

จากรายงานของ Diao *et al.* (2014) พบว่าการเสริมกรดเบนโซอิค 0.50% ในอาหารสุกรหย่านม ช่วยปรับปรุงสุขภาพทางเดินอาหารของลูกสุกร โดยสิ่งขับถ่ายมี pH ลดลง ปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหาร และช่วยพัฒนาโครงสร้างของลำไส้ในลูกสุกร รวมทั้ง Knarreborg *et al.*, 2002 พบว่าให้ผลในทางตรงกันข้ามกับคอลิฟอร์มแบคที่เรียและแบคทีเรียแลคติค (lactic acid bacteria, LAB) ส่วนการวิจัยในห้องทดลองของ Maribo *et al.* (2000) และ Kluge *et al.* (2006) พบว่า LAB สามารถเพิ่มจำนวน หรือลดจำนวนลงได้ ขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดเบนโซอิคในอาหาร และท้ายสุดบางรายงานมีการเพิ่มขึ้นของ *E. coli* (Dierick *et al.*, 2004; Torrallardona *et al.*, 2007) ที่ผลการวิจัยที่มีความแปรปรวนของผลการวิจัย อาจเนื่องมาจากส่วนของระบบทางเดินอาหารที่นำมาตรวจสอบแตกต่างกัน ซึ่ง จากผลการศึกษานี้ เฉพาะ BA เพียงอย่างเดียวยังไม่สามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ *Coliform bacteria, E.coli* และ *Salmonella* ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ได้ แต่การเสริม BA ร่วมกับ MCFAs 0.70% ช่วยให้ปริมาณ *Coliform bacteria, E.coli* และ *Salmonella* ต่ำสุดเมื่อวัดที่สัปดาห์ที่ 3 และ 6 รวมทั้งเปอร์เซ็นการเกิดท้องเสียต่ำสุดอีกด้วย

ตารางที่ 4.4 ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณ *Coliform bacteria, E.coli* และ *Salmonella* ในมูลสุกรเมื่อสุ่มทดสอบที่สัปดาห์ที่ 3 และ 6 และค่าเฉลี่ยของคะแนนมูล เปอร์เซ็นต์การเกิดท้องเสียของสุกรตลอดการทดลอง[d]

	อาหารเสริมสารเสริมพลังงานสูงสูตรต่างๆ [e]						SEM
3rd week	A	B	C	CB	E	EB	
Coliform bacteria	5.52^{a}	5.57^{a}	5.45^{b}	5.26^{c}	5.45^{b}	5.16^{c}	0.04
E.coli	5.38^{a}	5.50^{a}	5.42^{a}	5.34^{a}	5.15^{b}	5.13^{b}	0.06
Salmonella	5.60^{a}	5.46^{a}	5.58^{a}	5.71^{a}	5.54^{a}	5.13^{b}	0.05
6th week							
Coliform bacteria	5.57^{b}	5.52^{b}	6.68^{a}	5.62^{b}	5.77^{b}	5.67^{b}	0.07
E.coli	5.39^{b}	5.53^{b}	6.09^{a}	5.58^{b}	5.43^{b}	5.49^{b}	0.13
Salmonella	5.82^{ab}	5.18^{c}	6.25^{a}	5.90^{ab}	5.63^{bc}	5.15^{c}	0.14
*Fecal shape score	2.42	2.39	2.26	2.19	2.23	2.20	0.02
*Fecal color score	2.57	2.47	2.35	2.30	2.45	2.39	0.04
** Diarrhea (%)	9.30^{a}	8.20^{b}	4.30^{c}	2.74^{c}	7.50^{b}	3.12^{c}	0.39

* index of fecal's shape and color is: shape 1= solid form and shape 5 =liquid form
color 1= black and color 5= yellow

** Diarrhea (%) = (Day of pigs had fecal shape = 4, 5 and fecal color = 4, 5 in the same dayx100)/ 42

[d]Used 72 pigs with an initial BW of 6.5±0.20 kg. Each mean represents 12 pigs in individual cages.

[e]สูตร A ประกอบด้วย PO+PF (control), B ประกอบด้วย PO+PF+0.50%BA, สูตร C ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.35%MCFAs), สูตร D ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.35%MCFAs)+0.50%BA, สูตร E ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.70%MCFAs), สูตร F ประกอบด้วย SBO+PF+CO(0.70%MCFAs)+0.50%BA

[a,b] Within a row, means without a common superscripts differ ($P<0.05$)

4.3 การย่อยได้ของโภชนะ (%) ตลอดทางเดินอาหารของสุกรที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยอาหารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ

ตารางที่ 4.5 การย่อยได้ของโภชนะ (%) ตลอดทางเดินอาหารของสุกรที่ได้รับอาหารที่เสริมด้วยอาหารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ

กลุ่มที่[c]	การย่อยได้ของโภชนะ (%)					พลังงาน	
	วัตถุแห้ง	โปรตีน	เยื่อใย	ไขมัน	เถ้า	พลังงานย่อยได้ (DE)[d]	พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME)[e]
A	79.03	77.88^{c}	71.48	86.36^{c}	78.46	3325^{c}	3227^{c}
B	78.26	78.52^{c}	67.656	87.86^{bc}	78.87	3346^{c}	3244^{c}
C	79.19	79.18^{bc}	69.56	88.74^{bc}	79.93	3378^{bc}	3277^{bc}
CB	80.42	80.79^{b}	70.464	89.4^{ab}	79.43	3442^{abc}	3336^{abc}
E	80.39	80.28^{b}	69.304	89.71^{a}	80.56	3487^{ab}	3381^{ab}
EB	80.62	83.70^{a}	72.256	90.09^{a}	81.02	3527^{a}	3420^{a}
SEM	0.78	1.37	1.26	0.68	0.79	30.5	28.83
P-value	0.29	0.04	0.46	0.04	0.24	0.036	0.032

[a, b] Means within rows with different superscripts differ *(P<0.01)*

[c] A = กลุ่มควบคุม, B, C, D และ E สุกรได้รับอาหารผสมไขมัน มี MCFAs จาก PKO 0.25%+0.50%BA, 0.25%+0.50%BA+BHT, 0.50%+0.50%BA และ 0.50%+0.50%BA+BHT ตามลำดับ

[d] DE = Digestible Energy (kcal/kg)

[e] ME = Metabolizable Energy (kcal/kg) จากการคำนวนโดยใช้สมการ ME = DE x (1.012-(0.0019x%CP)) (NRC, 1998)

จากผลการทดลองด้านการย่อยได้ของโภชนะ (%) ของสุกรหลังหย่านม ในตารางที่ 4.5 โดยประเมินการย่อยได้ในสัปดาห์ที่ 3 หลังหย่านม หรือเมื่อสุกรอายุ 6 สัปดาห์ โดยประเมินอาหารที่เสริมด้วยสารเสริมพลังงานสูงหรือไขมันผสมในอาหารในปริมาณ 5% ในอาหาร เพื่อใช้เป็นแหล่งปรับพลังงาน โดยอาหารทุกสูตรที่สุกรกลุ่มที่ A ถึง EB ได้รับมีปริมาณพลังงานโปรตีนและสารอาหารอื่นๆในอาหารใกล้เคียงกัน (ตาราง 3.2) โดยกลุ่มควบคุมวัตถุดิบพลังงานสูงที่ใช้ประกอบด้วย น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลืองและไขมันสัตว์ปีก ส่วนสุกรกลุ่ม C และ CB วัตถุดิบพลังงานสูงที่ใช้ประกอบด้วย น้ำมันมะพร้าว (CO) เพื่อเป็นแหล่งของ 0.35% MCFAs น้ำมันถั่วเหลืองและไขมันสัตว์ปีก โดยที่กลุ่ม CB วัตถุดิบพลังงานสูงผสมร่วมกับกรดเบนโซอิก (BA) 0.50% ส่วนสุกรกลุ่ม E และ EB วัตถุดิบพลังงานสูงที่ใช้ประกอบด้วย น้ำมันมะพร้าว (CO) เพื่อเป็นแหล่งของ 0.70% MCFAs น้ำมันถั่วเหลืองและไขมันสัตว์ปีก โดยที่กลุ่ม CB วัตถุดิบพลังงานสูงผสมร่วมกับกรดเบนโซอิก (BA) 0.50%

ผลการทดลองการย่อยได้ของโภชนะของสุกรหลังหย่านม (ตารางที่ 4.5) พบว่าค่าการย่อยได้ของโภชนะ (%) ของสุกรในส่วนของวัตถุแห้ง เยื่อใย และเถ้า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นการย่อยได้ของโปรตีนของสุกรในกลุ่ม EB มีค่า 83.70% สูงกว่า ($P<0.05$) กลุ่มอื่นๆ แต่การย่อยได้ของไขมัน สุกรที่กินอาหารชนิด A ไม่เสริม MCFAs มีค่าต่ำสุด และสุกรกลุ่ม EB ที่เสริมน้ำมันที่มี 0.70% MCFAs ร่วมกับกรดเบนโซอิคมีค่าการย่อยได้ของไขมันสูงสุด คือ 90.09% แต่ไม่แตกต่างกับกลุ่ม E และ กลุ่ม CB ซึ่งก็ล้วนเป็นกลุ่มที่เสริมกรดไขมัน MCFAs ทั้งสิ้น โดยกลุ่ม A และ B ซึ่งได้รับอาหารที่เสริมไขมันที่ไม่มี MCFAs จะเห็นได้ว่าการเสริมกรดเบนโซอิคในกลุ่ม B ช่วยให้การย่อยได้ของไขมันดีขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกลับกลุ่ม A แต่ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งผลที่ได้ก็เป็นไปในแนวทางเดียวกับค่าพลังงานย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งกลุ่ม A ให้ทั้งค่าพลังงานย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ต่ำสุด โดยไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่ม B, C และ CB แต่ต่ำกว่า ($P<0.05$) กับกลุ่ม E และ EB ซึ่งจะพบว่าการเสริมไขมันที่มี MCFAs ในระดับ 0.70% จะเสริมหรือไม่เสริม BA ก็ตามช่วยทำให้ไม่ก็มีค่าการย่อยได้ของไขมัน รวมทั้งพลังงานย่อยได้ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ ดีขึ้น และแนวโน้มของการเสริมร่วมกับ BA (กลุ่ม EB) มีค่าการย่อยได้และใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานสูงที่สุด ซึ่งก็ไปในแนวทางเดียวกับการย่อยได้ของไขมันและโปรตีน

ตารางที่ 4.6 การตรวจสอบตัวชี้วัดที่มีผลการทดลองที่ดีที่สุดของสารเสริมพลังงานสูงชนิดต่างๆ

ผลการทดลอง	กลุ่มทดลอง					
	A	B	C	CB	E	EB
*ประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยสัปดาห์ที่ 1-3						
-อัตราการเจริญเติบโต	/	/	/	/		/
*ประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยสัปดาห์ที่ 4-6						
*ประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ย 6 สัปดาห์ที่						
**ผลการตรวจปริมาณเชื้อจากทวารหนักสัปดาห์ที่ 3						
Coliform bacteria				/		/
E. coli					/	/
Salmonella spp.						/
**ผลการตรวจปริมาณเชื้อจากทวารหนักสัปดาห์ที่ 6						
Coliform bacteria	/	/		/	/	/
E. coli	/	/		/	/	/
Salmonella spp.		/			/	/
การเกิดท้องเสีย			/	/		/
การย่อยได้ของโปรตีน						/
การย่อยได้ของไขมัน					/	/
การย่อยได้ของพลังงาน				/	/	/
และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้				/	/	/
ตัวชี้วัดที่ตอบสนองรวม	3	4	2	7	7	12

*พิจารณาการตอบสนอง

**พิจารณาการตอบสนองของปริมาณ Coliform bacteria, *E. coli* และ *Salmonella* spp. ต่ำสุด

จากตารางที่ 4.6 การตรวจสอบผลตอบสนองตัวชี้วัดประสิทธิภาพของอาหารชนิดต่างๆ จากการทดลองทั้งสองการทดลอง จะเห็นได้ว่าอาหารชนิด EB ให้การตอบสนองของตัวชี้วัด 12 ค่า ซึ่งมากที่สุด รองลงมาได้แก่อาหารชนิด CB และ E ให้การตอบสนองของตัวชี้วัด 7 ค่า ซึ่งอาหาร ชนิด EB เสริมสารพลังงานสูงที่มี MCFAs 0.70% จาก C ร่วมกับ BA

การเสริมน้ำมันมะพร้าวที่มีองค์ประกอบของ MCFAs ในน้ำมันผสมที่ประกอบด้วยน้ำมันถั่วเหลืองและไขมันสัตว์ปีกเพื่อให้มีระดับของ MCFAs ที่ได้จากน้ำมันมะพร้าว 0.35 และ 0.70% ในอาหารชนิด C และ E (ตารางที่ 3.1) ในขณะเดียวกันต้องการทดสอบเพื่อให้ทราบว่าการผสมแหล่งน้ำมันที่มี MCFAs ในอาหารจะให้ผลดีเทียบเท่าการเสริม BA 0.5% เพียงอย่างเดียว (ชนิด B) หรือไม่ หรือถ้าเสริมร่วมกันระหว่าง สารที่มี MCFAs กับ BA จะให้ผลสนับสนุนกันหรือไม่ ซึ่งพบว่าการเสริมไขมันในอาหารสุกรหย่านมที่มีระดับ MCFAs 0.70% ร่วมกับ BA 0.50% มีประสิทธิภาพมากที่สุด

การหย่านมลูกสุกรที่อายุก่อน 4 สัปดาห์ ก่อให้เกิดความเครียดทั้งทางด้านอาหารและทางด้านสภาพแวดล้อม ส่งผลต่อการกินได้ของอาหารและน้ำหนักตัวที่เพิ่มได้ไม่มากเท่าที่ควรจะเป็นหรืออาจทำให้น้ำหนักตัวลดลง ทางด้านประสิทธิภาพการผลิตในสัปดาห์แรกซึ่งถือว่าเป็นระยะหย่านมใหม่ (Weanling pigs) ลูกสุกรจะอ่อนแอมาก การกินอาหารลดลงทันที ทำให้มีโอกาสท้องเสีย ติดเชื้อโรคได้ง่าย ต้องใช้เวลาระยะหนึ่งปรับตัว เพื่อกินอาหารได้เพิ่มขึ้น การเสริม MCFAs ในอาหารในระดับ 0.35 และ 0.70% จะเสริมร่วมหรือไม่ร่วมกับกรดเบนโซอิค พบว่าไม่ช่วยให้สุกรกินอาหารได้มากขึ้นแต่ก็ไม่ส่งผลกระทบต่อการกินได้ที่ลดลง ($P>0.05$) อัตราการเจริญเติบโตแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญเช่นเดียวกัน ($P>0.05$) ซึ่งในภาพรวมของประสิทธิภาพการผลิตตลอดช่วงระยะเวลาที่ทดสอบ 6 สัปดาห์ ยังให้ผลไม่เด่นชัด แตกต่างจากรายงานของ Hong et al. (2012) ทดสอบผลิตภัณฑ์ MCT ทางการค้า MCT (Avemix) powder ที่มีส่วนประกอบของ MCT oil 55% (C6:50%, C8:50%) และ Silica carrier 45% ที่พบว่าการเสริมที่ 0.32 และ 0.55 % สามารถปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโต ในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังหย่านม และไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ของสุกร แต่ผลการทดลองจากการวิจัยนี้ในช่วง 3 สัปดาห์แรกก็ไม่มีผลต่อการกินได้ของลูกสุกรแต่อย่างใด ซึ่งการที่จะมีผลต่อการกินได้ที่ลดลงนั้นสาเหตุหลักๆ ที่เป็นไปได้คือรสชาติและกลิ่น ซึ่งถ้ามีการหืนเกิดขึ้นก็จะเกิดกลิ่นและรสชาติที่ไม่ดี สุกรอาจกินได้ลดลง แต่สำหรับงานวิจัยนี้ การผสมอาหารทดลองจะดำเนินการผสมและอัดเม็ดอาหารทดลองเพื่อนำมาเลี้ยงสุกรให้หมดเป็นรายสัปดาห์ ซึ่งจะแตกต่างจากการผลิตอาหารสัตว์ใน

แบบอุตสาหกรรมเพื่อจำหน่าย หรือใช้สำหรับฟาร์มขนาดใหญ่จำเป็นต้องผลิตเก็บไว้มากกว่าหนึ่งสัปดาห์ ดังนั้นการหืนสามารถเกิดขึ้นได้จากระยะเวลาการเก็บที่นาน จากการสังเกตและทดสอบโดยไม่ได้มีการเก็บข้อมูลพบว่าเมื่อเก็บอาหารที่ผสมน้ำมันในระดับมากๆ เช่น 5% ดังที่ใช้ในการวิจัยเมื่อใช้เลี้ยงสุกรไม่หมดในหนึ่งสัปดาห์ทดลองนำไปให้สุกรสำรองที่ไม่ได้ทดสอบอาหารกิน พบว่าการกินได้ของสุกรลดลงเรื่อยๆ เมื่ออายุของอาหารผสมที่นานขึ้น หลังจากนั้นอาหารจึงมีการผสมใหม่ทุกสัปดาห์ ซึ่งผลด้านประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของอาหาร จากที่เคยรายงานไว้โดย Rodas and Maxwell (1992) จากการเสริม MCFAs ในอาหารลูกสุกรหย่านมเร็ว เปรียบเทียบกับไขวัวและไขมันนม ในระดับ 20 ถึง 60 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่าอัตาการเพิ่มน้ำหนัก และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงในช่วง 2 สัปดาห์ หลังจากที่เสริม MCFAs ซึ่งดีกว่าการเสริมด้วยไขวัวหรือไขมันนม น้ำมันมะพร้าวมีปริมาณของ MCFAs มากซึ่งมีสายโซ่คาร์บอนสั้นกว่าในไขวัวหรือไขมันนม จึงย่อยได้ดีในลูกสุกรหย่านมเร็วในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังหย่านม และให้ผลทางด้านประสิทธิภาพการผลิตใกล้เคียงกับน้ำมันข้าวโพดและน้ำมันถั่วเหลือง (Jin et al., 1998) ซึ่งรายงานดังกล่าวใช้ระดับของ MCFAs ที่สูงกว่างานทดลองนี้เป็น 10 เท่าคือ 20 ถึง 60 กรัมต่อกิโลกรัม แต่จากการวิจัยครั้งนี้ใช้เพียง 3.5 และ 7.0 กรัมต่อกิโลกรัม เพราะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐกิจด้วย แต่ก็ยังสอดคล้องกับผลงานวิจัยล่าสุดที่มีรายงานของ Li et al. (2015) ที่ทดสอบการเสริม MCTs ซึ่งประกอบด้วย caprylin และ decanoin และน้ำมันถั่วเหลือง (Soybean oil; SO) โดยเสริม ในระดับ 0.7% MCT oil +2.8%SO, 1.4%MCT oil+2.1%SO +และ 2.1% MCT oil+1.4%SO โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมเสริม SO 3.5% พบว่าการเสริม MCTs ปรับปรุงอัตราการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหาร ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมในช่วง 2 สัปดาห์แรกหลังหย่านม แต่จากรายงานของ Li et al. (2015) MCTs ที่ใช้ทดสอบไม่มีส่วนผสมของ Lauric acid และปริมาณ MCTs ที่ใช้ก็มากกว่างานวิจัยนี้ แต่เมื่อประเมินประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ยในช่วง 1-3 สัปดาห์หลังหย่านม (ตารางที่ 4.1) พบว่าการเสริม MCFAs ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตแต่อย่างใด จะเห็นเพียงค่าอัตราการเจริญเติบโตของสุกรกลุ่ม E ที่ต่ำกว่า ($P<0.05$) แต่ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) กับกลุ่ม EB ทางด้านประสิทธิภาพการใช้อาหาร ค่าเฉลี่ยยังไม่เด่นชัดมากนัก และผลของการเสริม MCFAs ที่มาจากน้ำมันมะพร้าวเริ่มเห็นชัดเจน จากค่าการย่อยได้ของโภชนะที่ดีขึ้น (ตารางที่ 4.5) และช่วยลดอัตราการเกิดท้องเสียของสุกรลงได้

จากข้อมูลที่ว่ากรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวเป็นชนิด MCFAs โดยมีกรดลอริค อยู่ประมาณ 41-56% หรือเฉลี่ยประมาณ 48.5% เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่ากรดลอริคมักถูกใช้เพื่อการต่อต้านเชื้อโรคให้กับร่างกายเหมือนกับโมโนลอรินที่เด็กทารกได้รับจากกรดลอริคในน้ำนมแม่ซึ่งมีกรดลอริคเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 6.2% การเกิด estrification ในร่างกายของกรดลอริค ผลผลิตที่ได้เป็นองค์ประกอบที่สนใจคือโมโนลอริน หรือ glyceral monolaurate หรือ monolaurin ซึ่ง Luo et al. (2014) พบว่า Monolaurin สามารถแทรกเข้าไปในเยื่อหุ้มของแบคทีเรียทำให้ของเหลวซึมผ่านได้ ทำให้มีผลยับยั้งเซลล์แบคทีเรีย ซึ่งมีรายงานว่า monolaurin มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อปนเปื้อนในอาหารได้หลายชนิด เช่น *Escherichia coli, Staphylococcus aureaus, Samonella typhi, Helicobacter pylori, Vibrio cholera* และ *Listeria monocytogens* (Ruzicka et al., 2003; Zeng et al., 2012) รวมทั้งยับยั้ง fungi ที่ทำให้อาหารเน่าเสียได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae, Aspergillus niger* และ *Penicillium glaucum* (Luo et al., 2014) นอกจากนี้ยังมีรายงานผลของ MCFAs ซึ่งเป็นส่วนผสมของ sodium caproate, sodium caprylate และ sodium caprinate มีประสิทธิภาพในการลดเชื้อ *Salmonella typhimurium* ที่คัดแยกจากไส้ติ่งของสุกร ด้วย โดยการทดสอบในห้องปฏิบัติการ (Messens et al., 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการตรวจหาปริมาณเชื้อ *Coliform bacteria, E. coli* และ *Salmonella* spp. ที่เก็บได้จากระบบทางเดินอาหารส่วนปลาย ซึ่งผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่าการเสริมน้ำมันซึ่งเป็นแหล่งของกรดไขมัน MCFAs ในอาหารสุกรหย่านมที่อายุ 21 วันเพื่อเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญ พบว่ากลุ่มที่เสริมด้วย MCFAs 0.70% ร่วมกับกรดแบนโซอิค 0.50% ช่วยลดปริมาณ Coliform bacteria, *E.coli* และปริมาณ *Salmonella* ในระบบทางเดินอาหารส่วนปลายได้ เช่นเดียวกับ Mohana and Kim (2014) พบว่าการเสริม MCFA 0.20% ในสุกรหย่านมใหม่ มีแนวโน้มช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของสุกรหย่านมใหม่ และให้ผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเสริม MCFA 0.2% ร่วมกับ probiotic (*Enterococcus faecium*) สามารถใช้แทนยาปฏิชีวนะได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงให้ผลสอดคล้องเช่นเดียวกัน โดยระดับที่เห็นผลต่อการลดปริมาณเชื้อ Coliform bacteria, *E. coli* และ *Salmonella* spp. ที่ swap จากทางเดินอาหารส่วนปลายของสุกร คือการเสริม MCFAs ที่ระดับ 0.70% ในอาหารร่วมกับกรดเบนโซอิค

จากผลการทดลองที่มีตัวชี้วัดต่างๆ เพื่อประเมินศักยภาพของส่วนผสมสารพลังงานสูงที่มีส่วนผสมของ CO ซึ่งเป็นแหล่งของ MCFAs จะเห็นได้ว่าทางด้านประสิทธิภาพการผลิตจะไม่เห็นความแตกต่างชัดเจนด้านการใช้ประโยชน์ของโภชนะ มีความแตกต่างด้านการย่อยได้และใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนและพลังงานอย่างชัดเจน และ

ด้านสุขภาพทางเดินอาหารเห็นผลต่อปริมาณเชื้อ Coliform bacteria, *E. coli* และ *Salmonella* spp. ดังนั้นจากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่า การตอบสนองต่อตัวชี้วัดที่สรุปได้จากงานวิจัยนี้ อาหารเสริมพลังงานสูงชนิด EB ที่มี MCFAs 0.70% จาก CO เสริม BA ให้ตัวชี้วัดที่ตอบสนองในทางบวกมากที่สุด

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุป

จากการศึกษาเพื่อพัฒนาสูตรสารเสริมประเภทพลังงานสำหรับลูกสุกร ที่ใช้ส่วนผสมจากน้ำมันมะพร้าว เพื่อเป็นแหล่งของ MCFAs สามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีต้นทุนที่เหมาะสม และนำไปพัฒนาต่อในเชิงการค้าได้ โดยทดสอบในสุกรหลังหย่านมที่อายุ 21±1 วัน ทดสอบเป็นเวลา 42 วัน โดยการศึกษาประสิทธิภาพการผลิต การใช้ประโยชน์ของโภชนะ และปริมาณเชื้อจุลินทรย์ที่ก่อโรคระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ *Coliform bacteria, E. coli* และ *Salmonella* spp. ในระบบทางเดินอาหารส่วนปลาย สรุปได้ว่า

4.1.1 สูตรสารเสริมประเภทพลังงานสำหรับลูกสุกร ที่ใช้ส่วนผสมจากน้ำมันมะพร้าวเพื่อเป็นแหล่งของ MCFAs ควรประกอบด้วย

a. น้ำมันมะพร้าว 21.82 %
b. น้ำมันถั่วเหลือง 69.09%
c. กรดเบนโซอิค 9.09%

4.1.2 ระดับการใช้ผสมในอาหารสุกรระยะหลังหย่านม คือ 50 กรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (5%)

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงระดับการใช้ MCFAs ที่มากกว่านี้ เพื่อให้เห็นผลถึงประสิทธิภาพการผลิตด้านการเจริญเติบโตที่ชัดเจนขึ้น

4.2.2 ควรศึกษาการเสริมที่เน้นเฉพาะเสริมสุกรหย่านมใหม่ (weanling pigs) ในช่วงสัปดาห์แรก หรือจนถึงสัปดาห์ที่ 2 แต่ดูผลด้านประสิทธิภาพตลอดช่วงระยะอนุบาลคือ 4-6 สัปดาห์ เพราะการเสริมตลอดช่วงอนุบาล จะส่งผลกับต้นทุนที่สูง

4.2.3 ควรศึกษาวีธีการเสริมแบบอื่น เช่น การเสริมโดยการป้มปาก เพื่อให้สุกรได้รับปริมาณโด๊สที่แน่นอน และศึกษาปริมาณโด๊สที่เหมาะสม และระยะเวลาในการเสริม

4.2.4 ควรศึกษาเพิ่มเติมในสุกรเกิดใหม่ ทั้งส่วนผสมที่เหมาะสม ปริมาณการใช้และระยะเวลาในการเสริม

4.2.5 ควรศึกษาถึงการใช้สารกันหืนมาผสมร่วมกับระยะเวลาการเก็บรักษา เพื่อให้สามารถคงสภาพของน้ำมันผสมที่มีคุณภาพได้ รวมทั้งคุณภาพของอาหารผสมที่มีการใช้น้ำมันผสมสูตรที่แนะนำนี้

บทที่ 6

เอกสารอ้างอิง

Ang, Catharina, Y. W., Ke Shun Liu and Yao-Wen Huang. 1999. Asian Foods: Science & Technology. University of Georgia, Athens, USA. 546 p.

A.O.A.C. 2000. Office Methods of Analysis. Association of official analytical chemists. Washington, DC.

Atteh, J.O. and S. Leeson. 1983. Effect of increasing dietary fat, calcium and phosphorus levels on performance and mineral metabolism of weaner pigs. Can. J. Anim. Sci. 63, 699–705.

Aumaitre, A., J. Peiniau and E. Madec. 1995. Digestive adaptation after weaning and nutritional consequences in the piglet. Pig News and Information 16, 73N-79N.

Braude, R. and M.J. Newport. 1973. Artificial rearing of pigs. 4. The replacement of butterfat in whole milk diet by either beef tallow, coconut oil or soybean oil. Br. J. Nutr. 29, 447–455.

Bridges, J.W., M.R. French, R.L. Smith, and R.T. Williams. 1970. The fate of benzoic acid in various species. Biochemical Journal. 118:47-51.

Cera, K.R., D.C. Mahan and G.A. Reinhart. 1988. Weekly digestibility of diets supplemented with maize oil, lard or tallow by weanling swine. J. Anim. Sci. 66, 1430–1437.

Cera, K.R., D.C. Mahan and G.A. Reinhart. 1989. Apparent fat digestibilities and performance responses of post-weaning swine fed diets supplemented with coconut oil, corn oil or tallow. J. Anim. Sci. 67: 2040-2047.

Cera, K.R., D.C. Mahan and G.A. Reinhart1990. Evaluation of various extracted vegetable oils, roasted soybeans, medium-chain triglyceride and an animal-vegetable fat blend for postweaning swine. J. Anim. Sci. 68, 2756–2765.

Corring, T., A. Aumaitre and G. Durand. 1978. Development of digestive enzymes, pancrease and pancreatic enzymes in the piglet from birth to 8 weeks. Ann. Nutr. Metab. 22, 231–243.

Dierick, N.A., J.A. Decuypere, K. Molly, E. Van Beek and E. Vanderbeke. 2002a. The combined use of triacylglycerols containing meidium-chain fatty acids (MCFAs) and exogenouis lipolytic enzymes as an alternative to nutritional antibiotics in piglet nutrition I. In vitro screening of the release of MCFAs from selected fat sources by selected exogenous liolytic enzymes under simulated pig gastric conditions and their effect on gut flora of piglets. Livest. Prod. Sci. 75: 129-142.

Dierick, N.A., J.A. Decuypere, K. Molly, E. Van Beek and E. Vanderbeke. 2002b. The combined use of triacylglycerols (TAGS) containing meidium chain fatty acids (MCFAs) and exogenouis lipolytic enzymes as an alternative to nutritional antibiotics in piglet nutrition II. In vivo release of MCFAa in gastric cannulated and slaughtered piglets by endogenous and exogenous lipases; effects on the luminal gut flora and growth performance. Livest. Prod. Sci. 76: 1-16.

Dierick, N.A., J. Michiels and Ch. van Nevel. 2004. Effect of medium chain fatty acids and benzoic acid, as alternatives for antibiotics, on growth and some gut parameters in piglets. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences. 69:187-190.

Diao, H., P. Zheng, B. Yu, J. He, X.B. Mao, J. Yu and D.W. Chen. 2014. Effects of dietary supplementation with benzoic acid on intestinal morphological structure and microflora in weaned piglets. Livestock Science 167: 249-256.

Edelsburger, U. 1998. Feeding short-chain organic acids to pigs. In: Garnsworthy, P. (Ed). Recent advance in animal nutrition. Nottingham University Press, Nottingham, pp. 93-106.

Guggenbuhl, P., Seon, A., A.P. Quintana and C.S. Nunes. 2007. Effects of dietary supplementation with benzoic acid (VevoVitall (r)) on the zootechnical performance, the gastrointestinal microflora and the ileal digestibility of the young pig. Livest. Sci. 108:218-221.

Halas, D., C.F. Hansen, D.J. Hampson, B.P. Mullan, J.C.Kim, R.H. Wilson and J.R. Pluske. 2010. Dietary supplementation with benzoic acid improves apparent ileal digestibility of total nitrogen and increases villous height and caecal microbial diversity in weaner pigs. Anim. Feed Sci. and Technol. 160: 137-147.

Hernandez, A. and J. Pluske. 2008. Using dietary medium-chain triglycerides to improve post-weaning performance of pigs. Final report Pork CRC 2B-102/103-0506. School of Veterinary and Biomedical Science. Murdoc University.

Hong, S.M., J.H. Hwang and I.H. Kim. 2012. Effect of medium-chain triglyceride (MCT) on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics in weanling pig. Asian Australas. J. Anim.Sci. 25(7):1003-1008.

Jin, C.F., Kim, J.H., Han, I.K., H.J. Jung and C.H. Kwon. 1998. Effects of various fat sources and lecithin on the growth performance and nutrient utilization in pigs weaned at 21 days of age. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 11: 176–184.

Jung, H.J., Y.Y. Kim and In. K. Han. 2003. Effect of fat sources on growth performance, nutrient digestibility, serum traits and intestinal morphology in weaning pigs. School of Agricultural and biotechnology, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea. P 1035-1040.

Knarreborg, A., Miquel, N., T. Granli and B.B. Jensen. 2002. Establishment and application of an in vitro methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. Anim. Feed Sci. and Technol. 99: 131-140.

Kempen, T.A., T.G. Van and J. Odle. 1993. Medium-chain fatty acid oxidation in colostrum-deprived newborn piglets: stimulative effect of L-carnitine supplementation. Journal of Nutrition 123: 1531–1537.

Klobasa, F., E. Werhahn and E. Butler JE. 1987. Composition of sow milk during lactation. J. of Anim. 64: 1458-1466.

Kluge, H., J. Broz and K. Eder. 2006. Effect of benzoic acid on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen balance, gastrointestinal microflora and parameters of microbial metabolism in piglets. J. of Anim. Physiol. and Anim. Nutr. 90:316-324.

Lai, W.K., H.C. Yen, C.S. Lin and S.H. Chiang. 2014. The Effect of dietary medium-chain triglycerols on growth performance and intestinal microflora in young pigs. J. of Animal and Feed Science.23: 331-336.

Li, D.F., Thaler, R.C., Nelssen, J.L., Harmon, D.L., G.L.Allee and T.L. Weeden. 1990. Effect of fat sources and combinations on starter pig performance, nutrient digestibility and intestinal morphology. J. Anim. Sci. 68: 3694–3704.

Li, Y., H. Zhang, L. Yang, L. Zhang and T.Wang. 2015. Effect of medium-chain triglycerides on growth performance, nutrient digestibility, plasma metabolites and antioxidant capacity in weanling pigs. Animal Nutrition, 1: 12-18.

Liu, F., Y. Jiang and T. Shen. 2001. Development of lipase in nursing piglets. Proc. Natl. Sci. Counc. ROC 25, 12–16 *cited by* Gu, X. and D.LI. 2003. Fat nutrition and metabolism in piglets: a review. Anim. Feed Sci. and Technol. 109, 151-170.

Luo, C., Z. Zeng, D. Gong, C. Zhao and Q.Liang. 2014. Evaluation of monolaulin from camphor tree seeds for controlling food spoilage fungi. Food Control 46:488-494.

Mahan, D.C., 1991. Efficacy of initial postweaning diet and supplemental coconut oil or soybean oil for weanling swine. J. Anim. Sci. 69, 1397–1402.

Mohana, S. and D.I. Kim.2014. Effect of medium chain fatty acids (MCFA) and probiotic (*Enterococcus faecium*) supplementation on growth performance, digestibility and blood profiles in weanling pigs. Veterinarni Medicina 59(11): 527-535.

Maribo H, Olsen LE, Mishler DR, B.B. Jensen and N. Miquel. 2000. Products for weaners: Benzoic acid or the combination of lactic acid and formic acid. Copenhagen: The National Committee for Pig Production. pp. 16. Report No.: 490.

Messens, W., J. Goris, N. L. Dierick and M. Heyndrickx. 2010. Inhibition of Salmonella typhimurium by medium-chain fatty acids in an in vitro simulation of the porcine cecum. Veterinary Microbiology 141: 73–80.

Miller, P. and C.C. Calvert. 2001. Swine modelling. pp: 867-916. In: A.J. Lewis and L.L. Southern. (Eds), Swine nutrition. 2nd ed. CRC Presss LLC, USA.

Moughan, P.J., Annison, G., Rutherfurd and S.M., Wiseman, J., 1999. The chemical and physical description of feedstuffs. Pp. 39–69. In: Kyriazakis, I. (Ed.), A Quantitative Biology of the Pig. CAB International, Wallingford.

Mountzouris, K.C., K. Fegeros and G. Papadopoulos. 1999. Utilization of fats based on the composition of sow milk fat in the diet of weanling pigs. Anim. Feed Sci. and Technol. 77: 115-124.

NRC. 1998. Nutrient Requirements of swine. (10th ed.) Washington, DC: National Academy Press.

Odle, J., N.J. Benevenga and T.D. Crenshaw. 1989. Utilization of medium-chain triacylglycerols by neonatal piglets. 2. Effects of even-and odd-chain triglyceride consumption over the first 2 days of life on blood metabolites and urinary nitrogen excretion. J. Anim. Sci. 67, 3340–3351.

Odle, J., N.J. Benevenga and T.D. Crenshaw. 1991. Postnatal age and the metabolism of medium- and long-chain fatty acids by isolated hepatocytes from small-for-gestational-age and appropriate-for-gestational-age piglets. J. Nutr. 121, 615–621.

Partanen, K and Z. Mroz. 1999. Organic acids for performance enhancement in pig diets. Nutr. Res. Rev. 12, 117-145.

Powles, J., J. Wiseman, D.J.A. Cole and B. Hardy. 1994. Effect of chemical structure of fats upon their apparent digestible energy value when given to young pigs. Anim. Prod. 58, 411–417.

Reis de Souza, T., J. Peiniau, A. Mounier and A. Aumaitre, 1995. Effect of addition of tallow and lecithin in the diet of weanling piglets on the apparent total tract and ileal digestibility of fat and fatty acids. Anim. Feed. Sci. Technol. 52, 77–91.

Rodas, B.D. and C.V. Maxwell. 1992. The effect of fat source and medium-chain triglyceride level on performance of the early-weaned pig. Pig News Information 13, 273.

Roth, F. and M. Kirchgessner. 1998. Organic acids as feed additives for young pigs nutritional and gastrointestinal effects. J. Anim. Feed Sci. 7: 25-33.

Ruzicka, J. K. Velclova, R. Janis and J. Krejci. 2003. Antimicrobial effects of 1-minoacylglycerols prepared by catalytic reaction of glycidol with fatty acids. European Food Research and Technology, 217: 329-331.

Stahly, T., 1984. Use of fats in diets for growing pigs. In:Wiseman, J. (Ed.), Fats in Animal Nutrition, Butterworths, London, pp. 313–331.

Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principals a procedures of statistics. New York: Mc Graw-Hill.

Thacker, P. 1999. Nutritional requirements of early weaned pigs: a review. Pig News and Information 20, 13N-24N.

Torrallardona, D., I. Badiola and J. Broz. 2007. Effects of benzoic acid on performance and ecology of gastrointestinal microbiota in weanling piglets. Livestock Science. 108:210-213.

US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2002. USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 15.

van der Peet-Schwering, C.M.C, N. Verdoes and J.G. Plagge. 1999. Influence of benzoic acid in the diet on performance and urine pH of growing and finishing pigs. Raalte: Research Institute for Pig Husbandry, The Netherlands. pp. 24. Report No.: P 5.8, English translation of Report P1.212.

Veum, T.L. and D.J.Ivers. 1993. Adding lard or soybean oil to diets for weanling pigs. J. Anim. Sci. 71, 63

Wiseman, J., D.J.A. Cole and B. Hardy, 1990. The dietary energy values of soya-bean oil, tallow and their blends for growing/finishing pigs. Anim. Prod. 50, 513–518.

Zaidul, I.S.M., N.A. Nik Norulaini, A.K. Mohd Omar and R.L. Smith Jr. 2006. Supercritical carbon dioxide (SC-CO2) extraction and fractionation of palm kernel oil from palm kernel as cocoa butter replacers blend. J. of Food Eng. 73:210-216.

Zeng, Z., C. Zhao, C. Luo and X. Zhou. 2012. Antibacterial function and mechanism of monolaurin and monocaprin. Food Science, 34: 71-74.

ภาคผนวก

วิธีการวิเคราะห์ทางอาหารสัตว์

การวิเคราะห์หาความชื้นและวัตถุแห้ง (dry : matter ; DM)

ความชื้นหรือน้ำองค์ประกอบอย่างหนึ่งในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งจะมีปริมาณผกผันกับปริมาณวัตถุแห้ง (Dry matter) โดยเกิดจากการระเหยของน้ำกลายเป็นไอออกจากอาหารสัตว์ ซึ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดมีปริมาณความชื้นแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปัจจัยต่างๆ และค่าที่ได้จากการหาความชื้นและวัตถุแห้งยังนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณอาหารสัตว์ในการประกอบสูตรอาหารสัตว์

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้นพร้อมฝาปิด
3. ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ชนิด Forced-air drying oven
4. โถดูดความชื้นหรือตู้ดูดความชื้น (desiccator)
5. คีมคีบด้ามยาว
6. ตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดขนาดผ่านตะแกรง 1-2 มิลลิเมตร

วิธีการหาความชื้นโดยการอบแห้ง

1. นำถ้วยไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปพักในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอนของน้ำหนักถ้วยเปล่า
2. ชั่งตัวอย่างประมาณ 2 กรัม จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอนของตัวอย่างอาหาร
3. นำถ้วยที่มีตัวอย่างอาหารเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
4. นำออกจากตู้อบแล้วมาใส่ในตู้ดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น ประมาณ 30 นาที และนำถ้วยตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

วิธีการคำนวณ

1. % ความชื้น (moisture) = $\frac{(A-B) \times 100}{A}$

   A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

   B = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

2. % วัตถุแห้ง (dry matter) = 100 - % ความชื้น

   หรือ % วัตถุแห้ง = $\frac{(X-Y) \times 100}{W}$

   X = น้ำหนักถ้วย + ตัวอย่างหลังอบ

   Y = น้ำหนักถ้วยเปล่าหลังอบ

   W = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ

การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (Ash)

เถ้า คือ ส่วนประกอบของสารอนินทรีย์ในอาหารสัตว์ โดยการหาปริมาณเถ้าเป็นการเผาตัวอย่างด้วยอุณหภูมิที่สูง ประมาณ 550 – 600 °C ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์จะสลายตัวกลายเป็นน้ำและก๊าซคาร์บอนไดร์ออกไซด์ ส่วนที่เหลือคือเถ้า ซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ ประกอบด้วยแร่ธาตุหลายชนิด ระยะเวลาที่ใช้ในการเผาเถ้าขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของตัวอย่าง ค่าของเถ้าสามารถบอกถึงคุณภาพอาหารสัตว์ได้ ถ้าพบว่าค่าของเถ้าสูงกว่าปกติอาจมีการปลอมปนของทราย เป็นต้น

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เตาเผา (muffle furnace)
3. ถ้วยสำหรับเผาเถ้า
4. โถดูดความชื้นหรือตู้ดูดความชื้น
5. คีมคีบด้ามยาว
6. ตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดขนาดผ่านตะแกรง 1-2 มิลลิเมตร

วิธีการหาปริมาณเถ้า

1. นำถ้วยไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปพักในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอนของน้ำหนักถ้วยเปล่า
2. ชั่งตัวอย่างอาหาร 2 กรัม ในถ้วยเผา
3. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 580 °C นาน 5 ชั่วโมง หลังจากนั้นปิดเตาไว้ 2 ชั่วโมง แล้วนำไปพักในโถดูดความชื้นไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ จดบันทึกที่แน่นอน

การคำนวณ

$$\% \text{ เถ้า (ash)} = \frac{(B - A) \times 100}{W}$$

A = น้ำหนักถ้วยเผาเปล่า

B = น้ำหนักถ้วยเผา + ตัวอย่างที่เผา

W = น้ำหนักตัวอย่าง

ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter, OM)

% OM = 100 – (%ความชื้น) – (%เถ้า)

การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (Crude Fat, CF หรือ Ether ; EE)

ไขมันเป็นสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในสัตว์และเนื้อเยื่อของพืช มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำ แต่ละลายในสารอินทรีย์ การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันจึงสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์ระเหยง่าย เช่น petroleum ether, acetone, diethyl ether เป็นต้น ไขมันในอาหารสัตว์ที่ได้จากการสกัดด้วยสารละลายอินทรีย์ ประกอบด้วยไขมันแท้และสารคล้ายไขมัน เช่น wax, carotenoid, volatile acid, pigments ต่างๆเป็นต้น สารที่ถูกสกัดได้มีทั้งพวกไขมันและไม่ใช่ไขมัน เรียกว่า crude fat หรือ ether extract

การหาค่าไขมัน ทำได้ 2 แบบ คือ

1. คำนวณจากน้ำหนักอาหารที่หายไป
2. คำนวณจากน้ำหนักไขมันที่สกัดออกมาได้

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ชุดวิเคราะห์ไขมัน + เครื่องทำน้ำเย็น
3. กระดาษกรอง
4. ทิมเบิลกระดาษ
5. Extraction flask หรือ Grass cup
6. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
7. โถดูดความชื้น
8. ถุงมือยาง
9. คีมคีบสำหรับถ้วยไขมัน
10. ตัวอย่างอาหารที่บดละเอียดขนาดผ่านตะแกรง 1-2 มิลลิเมตร

สารเคมี

Petroleum ether จุดเดือด 35-60 °C

วิธีการ

1. นำบีกเกอร์สำหรับทำไขมันไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในถูดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนและจดบันทึก

2. สำรวจปริมาณน้ำในเครื่องทำน้ำเย็นให้เพียงพอ เปิดสวิทซ์เครื่องทำน้ำเย็น (กดปุ่มเขียว) ตั้งอุณหภูมิที่ 10-15 °C

3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างอาหาร 2 กรัม บนกระดาษกรองน้ำตาล ห่อให้แน่นและมิดชิด ใส่ลงในทิมเบิลกระดาษ นำทิมเบิลกระดาษที่มีห่อตัวอย่างอาหารสวมใส่ Thimble support

4. เติม Petroleum ether ในบีกเกอร์ 150 ml. ในบีกเกอร์ วางบีกเกอร์ที่ช่อง Thimble adapter ของเครื่องสกัดไขมัน สำรวจดูบีกเกอร์ให้ตรงกับหลุมให้ความร้อนด้านล่าง

5. ให้เปิดสวิทช์เครื่องทำน้ำเย็น (กดปุ่มสีส้ม) และเปิดปั๊มให้อยู่ที่ระดับ 4-5 bar

6. เปิดเครื่องสกัดไขมัน สวิทช์อยู่ด้านหลังชุดกล่องควบคุมเครื่องสกัด ซึ่งปกติมีการตั้งโปรแกรมไว้อยู่แล้ว เครื่องสกัดไขมันจะทำงานตามระยะเวลาที่ตั้งค่าไว้ประมาณ 5 ชั่วโมง

7. เมื่อเครื่องทำงานตามโปรแกรมจนครบทั้งหมดแล้วฝากระจกจะเลื่อนขึ้น ให้เอา Thimble support + ทิมเบิลกระดาษที่มีห่อตัวอย่าง ออกจากบีกเกอร์

8. นำบีกเกอร์ไปอบให้แห้งในตู้อบความร้อนจนกว่าตัวทำละลายระเหยหมด นำไปใส่โถดูดความชื้นเพื่อทิ้งไว้ให้เย็น ชั่งน้ำหนัก จดบันทึกน้ำหนัก และปิดเครื่องสกัด ปิดปั๊ม ปิดเครื่องทำความเย็น

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันที่สกัดได้

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{(B - A) \times 100}{W}$$

A = น้ำหนักบีกเกอร์เปล่า

B = น้ำหนักบีกเกอร์ + ไขมันที่สกัดได้

W = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใยทั้งหมด (Total Crude Fiber, CF)

การวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย คือ การหาปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายของสัตว์ไม่สามารถทำการย่อยได้ด้วยเอนไซม์ รวมทั้งสารพวกลิกนิน หลักการวิเคราะห์เยื่อใยทั้งหมดในอาหารนั้น คือ ทำให้สารที่ไม่ใช่พวกผนังเซลล์ของพืช อยู่ในรูปของสารละลายโดยย่อยอาหารด้วยสารละลายกรดเจือจาง (sulfuric acid) โปรตีน แป้ง และน้ำตาลจะถูกย่อยสลายและย่อยด้วยด่างเจือจาง (Potassium hydroxide หรือ Sodium hydroxide) จะทำการย่อยแป้งที่เหลือจากการย่อยกรด ดังนั้น เมื่อย่อยเอาสารอินทรีย์ต่างๆ ที่ถูกย่อยได้ออกไป ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลืออยู่และไม่ถูกย่อย คือ เยื่อใย (Crude Fiber) หรือ (Total Crude Fiber)

อุปกรณ์

1. เครื่องทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องวิเคราะห์เยื่อใย
3. ขวดสำหรับใส่กรดและด่าง
4. ถ้วยกรองเยื่อใย
5. ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
6. เตาเผา

7. โถดูดความชื้น

8. ปั๊มสุญญากาศ (vacuum) และชุดกรองเยื่อใย

9. ถุงไนล่อนสำหรับเยื่อใย

10. ขวดน้ำกลั่น

11. บีกเกอร์สเตนแลส ขนาด 500-1000 ml.

สารเคมีและการเตรียมสาร

1. Sulfuric acid 1.25% (H_2So_4)

   - ตรวง H_2SO_4 มา 7.03 ml. ละลายน้ำกลั่นปรับปริมาณให้ครบ 100 ml.

2. Sodium Hydroxide (NaOH) หรือ Potassium hydroxide 1.25%

   - ชั่ง NaOH 12.5 g. ละลายในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1000 ml.

3. Acetone

4. น้ำกลั่น

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างใส่ลงในถุงไนล่อนสำหรับหาเยื่อใย 1 กรัม จดบันทึกน้ำหนัก

2. นำ casule ใส่เข้าไปในถุงตัวอย่าง แล้วนำไปใส่ใน glass space ในหม้อต้มตัวอย่าง

3. เปิดเครื่องทำน้ำเย็น (ตั้งอุณหภูมิที่ 10-15 °C) เพื่อให้น้ำเย็นไหลเข้าเครื่อง

4. นำหม้อต้มตัวอย่างวางบนเตา (hot pate) เปิดเครื่องวิเคราะห์เยื่อใย

5. ทำการสำรวจเครื่องก่อนใช้ทำงาน

   - สำรวจปริมาณน้ำกลั่นในถุงขนาด 100 ลิตร (ถังใส่น้ำสำหรับล้างตัวอย่าง)

   - สำรวจถังเก็บของเสีย

   - สำรวจถังหรือขวดใส่ Sulfuric acid 1.25% (H_2SO_4) และ Sodium Hydroxide 1.25%

6. ให้เครื่องทำงานตามโปรแกรมที่ตั้งค่าไว้จนครบทุกขั้นตอน

7. เมื่อเครื่องวิเคราะห์ทำงานเสร็จสิ้นแล้ว ให้นำถุงไนล่อนที่ย่อยตัวอย่างมาล้างด้วยน้ำกลั่น โดยชะล้างตัวอย่างออกจากถุงลงในถ้วยกรองเยื่อใยจนหมดถุง โดยใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศเป็นตัวล้าง

8. ล้างด้วยน้ำกลั่นต้มอุ่นๆ ล้าง (ระหว่างที่ล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นอุ่นๆ ให้เปิดเครื่องปั๊มสุญญากาศเพื่อทำการ suction ตัวอย่างลงไป

9. นำถ้วยกรองเยื่อใยไปอบที่อุณหภูมิที่ 105 °C นาน 4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก จดบันทึกน้ำหนัก

10. แล้วนำถ้วยกรองเยื่อใยไปเผาที่อุณหภูมิที่ 580 °C นาน 5 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนัก จดบันทึกน้ำหนัก

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เยื่อใย

$$\% \text{ เยื่อใย} = \frac{(X-Y)}{W} \times 100$$

X = น้ำหนักของถ้วยกรองเยื่อใย ที่มีตัวอย่างหลังต้มด้วยเครื่องและอบที่อุณหภูมิ 105 °C

Y = น้ำหนักของถ้วยกรองหลังเผาที่อุณหภูมิ 550 °C

W = น้ำหนักตัวอย่าง

การวิเคราะห์หาโปรตีน

ไนโตรเจนส่วนใหญ่ในอาหารสัตว์ คือ โปรตีนซึ่งโปรตีนเป็นสารละลายประกอบอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยปกติจะมีปริมารของไนโตรเจนอยู่ประมาณ 16 % ดั้งนั้น เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในอาหารจึงทำได้โดยการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แล้วคูณด้วยกับแฟคเตอร์ (6.25) ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร จะได้เปอร์เซ็นต์โปนตีนในตัวอย่าง

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง
2. ชุดย่อยไนโตรเจน (เตาย่อยตัวอย่างพร้อมเครื่องดูดไอกรด)
3. เครื่องกลั่นไนโตรเจน
4. ชุดไตเตรต
5. ขวดรูปชมพู ขนาด 250 ml.
6. กระบอกตรวง ขนาด 50 ml. และ 25 ml.
7. ขวดน้ำกลั่น
8. บีกเกอร์ ขนาด 250 ml. และ 100 ml.
9. หลอดย่อยตัวอย่าง
10. ช้อนตักสาร, ถุงมือกันความร้อน
11. ปิเปต

สารเคมี

1. Catalyst mixture (ประกอบด้วย Potassium sulfate 100 กรัม + Copper sulfate 7 กรัม)
2. Sulfuric acid (H_2SO_4) cone.
3. สารละลาย Sodium hydroxide 40%
4. สารละลาย Sodium hydroxide 20%
5. สารละลายมาตรฐาน Sulfuric acid 0.1 N

6. สารละลาย Boric acid 4%

7. Mix indicator

8. น้ำกลั่น

การเตรียมสารละลาย

1. สารละลาย Boric acid 4%

ชั่ง Boric acid 40 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นร้อน รอจนสารละลายเย็น ปรับปริมาณให้ได้ 1 ลิตร

2. สารละลาย Sodium hydroxide 40 %

ชั่ง Sodium hydroxide 400 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 500 ml. ปรับปริมาณให้ได้ 1 ลิตร

3. สารละลาย Sodium hydroxide 20%

ชั่ง Sodium hydroxide 200 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 500 ml. ปรับปริมาณให้ได้ 1 ลิตร

4. สารละลายมาตราฐาน Sulfuric acid 0.1 N

ตรวง Sulfuric acid เข้มข้น 95-98 % 2.25 ml. ละลายในน้ำกลั่น 500 ml. ปรับปริมาณให้ได้ 1 ลิตร

วิธีการ

1. การย่อยตัวอย่าง (Digestion)

- ชั่งตัวอย่างอาหาร 0.5 กรัม จดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ใส่ในหลอดย่อยตัวอย่าง

- เติมสารเร่งปฏิกิริยา Catalyst mixture ประมาณ 5 กรัม และเติมกรดซัลฟุริคเข้มข้นลงในหลอดย่อย 15 ml.

- นำหลอดย่อยที่บรรจุตัวอย่างใส่ลงในภาชนะบรรจุหลอด (rack) แล้วนำไปตั้งในแท่นความร้อนของเครื่องย่อยและเปิดตู้ดูดควันให้ทำงานเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ปฏิบัติ

- ปิดปากหลอดย่อยและเปิดระบบน้ำหล่อเย็นและเครื่องดักจับไอกรด เปิดสวิทช์เครื่องย่อยที่อุณหภูมิ 350-400 °C ใช้เวลาประมาณ 1.5-2 ชั่วโมง หรือตัวอย่างย่อยเสร็จสมบูรณ์

- ปิดเตาย่อย ยก rack ขึ้นพักทิ้งไว้ให้เย็นยังไม่ต้องเปิดฝาออก รอจนกว่าไอกรดหมดและหลอดย่อยเย็นอาจจะประมาณ 15-20 นาที

2.การกลั่น (Distillation)

- เปิดเครื่องทำน้ำเย็นจนได้อุณหภูมิที่ตั้งไว้ คือ 15 °C และเปิดปั้ม

- เปิดเครื่องกลั่นไนโตรเจนโดยกดสวิทช์สีดำด้านหลังเครื่องแล้วกดปุ่มสีเงินด้านหน้าเครื่อง

- นำสายสำหรับดูดสาร NaOH 40% ใส่ลงในขวดสารละลาย ให้เช็คถังน้ำกลั่นสำหรับการกลั่นให้อยู่ในระดับมากกว่าครึ่งถัง

- ตรวงสารละลาย Boric 4% ลงในขวดรูปชมพู 25 ml. หยด mix indicator ประมาณ 2 หยด จะได้สีชมพู นำไปตั้งบน platform ของเครื่องกลั่น เพื่อรองแอมโมเนียจากการกลั่น

- ใส่หลอดตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้วเข้าเครื่องกลั่น

- สารละลายที่เติมด่าง (NaOH 4%) จะมีสีดำ ถ้าไม่เป็นสีดำจะต้องเติมด่างเพิ่ม

- เมื่อกลั่นครบตามเวลาที่กำหนด เครื่องจะหยุดทำงาน นำขวดชมพูและหลอดย่อยตัวอย่างออกจากเครื่องกลั่น

- นำขวดรูปชมพู่ที่ดักจับแอมโมเนียที่ถูกกลั่นออก ไปไตเตรทหาไนโตรเจนด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริค

3. การไตเตรท

- นำสารลายที่กลั่นได้ไปไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานกรดเกลือหรือกรดซัลฟูริค 0.1 N จนได้จุดยุติ

วิธีการคำนวณ

$$\% \text{ ไนโตรเจน} = \frac{14.01 \times (V1-V2) \times N}{W \times 10}$$

14.01 = น้ำหนักมวลโมเลกุลของไนโตเจน

V1 = ปริมาตรของกรดที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง (ml.)

V2 = ปริมาตรของกรดที่ใช้ไตเตรท blank (ml.)

N = ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ไตเตรท (N)

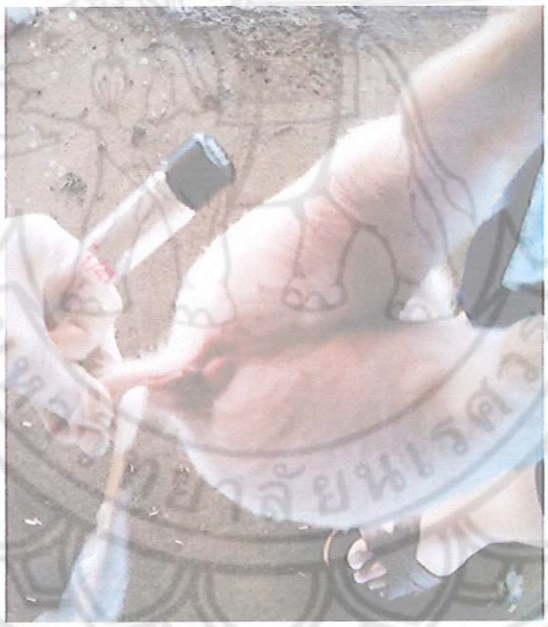
10 = ค่าคงที่ที่แปลงจากหน่วยกรัมเป็น %

% Crude Protein = % ไนโตรเจน x F

F = ค่าคงที่ในการเปลี่ยนค่าไนโตรเจนเป็นโปรตีน

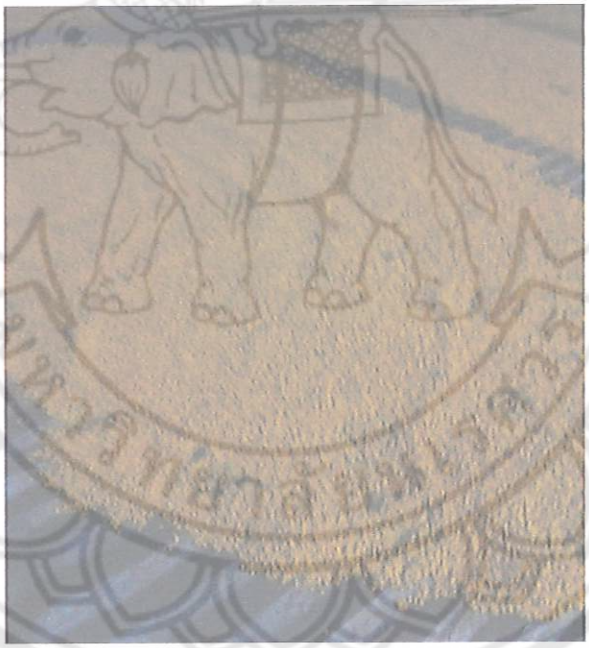
F = 6.25 สำหรับตัวอย่างอาหารหรือตัวอย่างอื่นๆที่ไม่ระบุ

ภาพที่ 1 น้ำมันมะพร้าว



ภาพที่ 2 การ Swab หาเชื้อจากทวารหนักของสุกร

ภาพที่ 3 การจดบันทึกอาหารที่สุกรกินได้ในแต่ละวัน

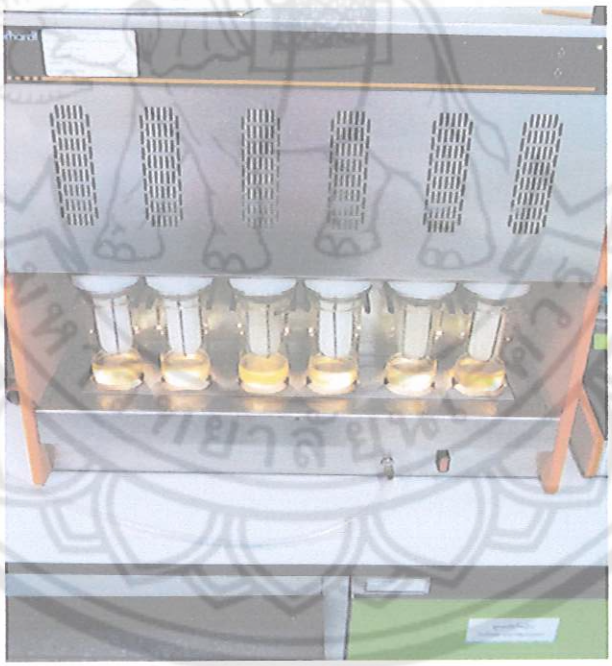


ภาพที่ 4 ลักษะทางกายภาพของเม็ดอาหารที่สุกรได้รับ

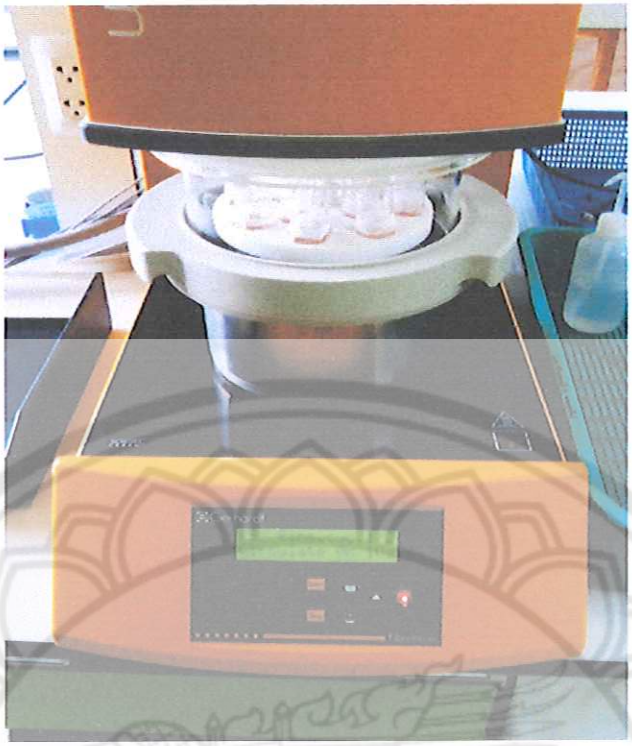
ภาพที่ 5 การเตรียมโซเดียมคลอไรด์ สำหรับการ Swab หาเชื้อจากทวารหนักของสุกร

ภาพที่ 6 การชั่งน้ำหนักสุกรรายสัปดาห์

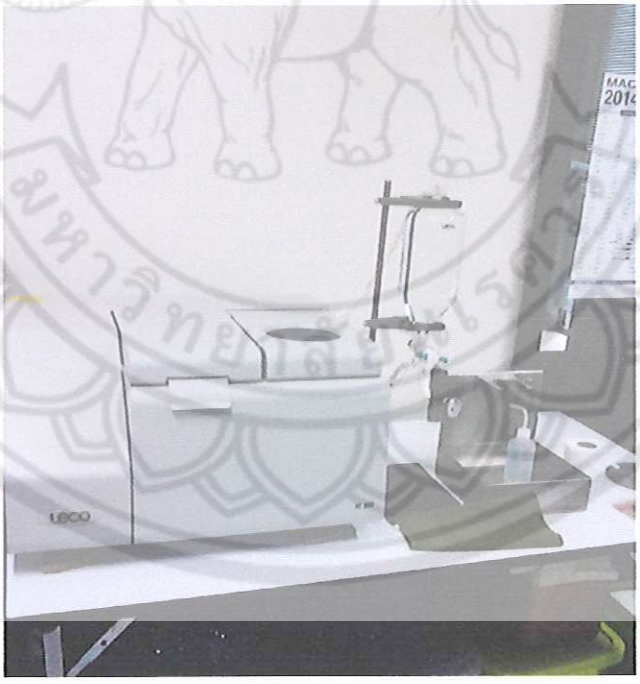
ภาพที่ 7 การวิเคราะห์โปรตีน



ภาพที่ 8 การวิเคราะห์ไขมัน



ภาพที่ 9 การวิเคราะห์เยื่อใย



ภาพที่ 10 เครื่องวิเคราะห์พลังงาน